



Javni razpis za spodbujanje raziskovalcev na začetku kariere 2.1

## KONČNO POROČILO OPERACIJE

### 1) Podatki o upravičencu

Naziv upravičenca:	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo
Sedež upravičenca/poslovna enota:	Slomškov trg 15, 2000 Maribor
Odgovorna oseba (zastopnik):	prof. dr. Zdravko Kačič, rektor
Matična številka:	5089638000
Davčna številka:	SI71674705

### 2) Podatki o operaciji

Številka pogodbe o sofinanciranju operacije:	C3330-19-952037
Operacija (e-MA št.):	OP20.04345
Vodenje računovodstva: ločeno stroškovno mesto:	3718 - 705
Naziv operacije:	VRTEC+ Razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji
Obdobje izvajanja (od - do):	1. 4. 2019 – 31. 3. 2022
Ime in priimek raziskovalca(ke):	dr. Vesna Lovec
Sodelujoči gospodarski subjekt (naziv in naslov/poslovna enota):	INTECH-LES, razvojni center, d.o.o., Unec 21, 1381 Rakek
Kohezijska regija izvajanja:	Vzhod

### 3) Finančni podatki o operaciji

Celotna vrednost operacije (višina upravičenih stroškov) v EUR po pogodbi (oziroma po zadnji veljavni pravni podlagi)	171.684,00
Vrste upravičenih stroškov	Standardni strošek na enoto

Prihodki na operaciji po njenem zaključku se ne spremljajo v skladu z 61.členom Uredbe Sveta (ES) št.1303/2013 z dne 17.12.2013.

I. Viri financiranja operacije (EUR)

VRSTA VIROV FINANCIRANJA	NAČRTOVANI VIRI FINANCIRANJA OPERACIJE	DOSEŽENI VIRI FINANCIRANJA OPERACIJE
Prispevek skupnosti (EU del 80 %)	137.347,20 EUR	137.347,20 EUR
Nacionalni javni viri (SLO del 20 %)	34.336,80 EUR	34.336,80 EUR
SKUPAJ vsi viri:	171.684,00 EUR	171.684,00 EUR

Odstopanje med načrtovano in doseženo vrednostjo virov financiranja operacije (obrazložitev):

Ni odstopanja.

**4) Vsebinsko poročilo**

I. Opis raziskovalnega projekta

Opis predmeta raziskovalnega projekta in doseženih ciljev ter rezultatov (*do 2.500 znakov s presledki*)

Raziskovalni projekt je vseboval štiri glavne sklope aktivnosti, izvedene v naslednjem zaporedju: *AKTIVNOST A1: teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji; AKTIVNOST A2: analiza parametrov kakovosti notranjega bivalnega okolja; AKTIVNOST A3: energijska analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji; AKTIVNOST A4: razvoj modelov energetske prenove.*

Projekt je zajel teoretične analize stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, katerih rezultati so zaključene analize obstoječega fonda stavb predšolske vzgoje z vidika arhitekturne tipologije, funkcionalne primernosti, gradbene fizike in energijske učinkovitosti, ki hkrati predstavljajo pregled obstoječega fonda stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

Poleg tega so v okviru projekta izvedene tudi teoretične ter eksperimentalne analize parametrov kakovosti notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje, delovno učinkovitost in zdravje uporabnikov. Zajeta so tudi energijska analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji in kot glavni cilj projekta, razvoj modelov energetske prenove. Glavni rezultat projekta so razviti modeli za prenovo stavb predšolske vzgoje. Glavni namen rezultatov projekta je preprečevanje negativnih posledic neprimernih posegov ob prenovi ali vzdrževanju vrtcev, predvsem z vidika izboljšanja energetske učinkovitosti in kakovosti bivalnega ugodja, ter posledično tudi iz vidika blaženja negativnih vplivov na okolje.

II. Predstavitev raziskovalnega projekta (izvedba)

Predstavitev izvedenega raziskovalnega projekta (realizacija): predstavitev doseženih rezultatov, ciljev/mejnikov skladno s prijavno vlogo, morebitna odstopanja s pojasnili (kakšni ukrepi so bili sprejeti za odpravo težav, ter kakšen vpliv ima predstavljeno na načrtovan projekt), sodelovanje z gospodarskim subjektom (potek sodelovanja, doseganje v prijavni vlogi načrtovanega obsega,

pojasnila o morebitnem odstopanju), pojasnilo glede načina zagotavljanja splošnega razširjanja raziskovalnih rezultatov, skladnost s predmetom, cilji in namenom javnega razpisa.

## **Doseženi rezultati**

### ***Objave v revijah z visokim faktorjem vpliva, na konferencah in delavnicah***

#### **Objave v revijah:**

V času izvedbe projekta so bile v revijah z visokim faktorjem vpliva objavljene trije članki in tri druge objave, in sicer:

- 1 recenzirani izvorni znanstveni članek v revijah, indeksiranih v SCIE ali SSCI, z IF (JCR) v 1/4;
- 1 recenzirani izvorni znanstveni članek v revijah, indeksiranih v SCIE ali SSCI, z IF (JCR) v 2/4;
- 1 recenzirani izvorni znanstveni članek v revijah, indeksiranih v SCIE, SSCI ali A&HCI;
- 1 recenzirani izvorni znanstveni članek v drugih revijah;
- 1 strokovni članek v drugih revijah;
- 1 priročnik – strokovna dejavnost.

#### **Predstavitve in posterji na konferencah in delavnicah:**

V času izvedbe projekta je bila vsebina projekta predstavljena na petih mednarodnih konferencah v tujini (dve v Beogradu, ena v Novem Sadu, dve v Skopju) s predavanji in v celoti objavljenimi znanstvenimi prispevki na konferencah, v obliki objavljenih povzetkov znanstvenega prispevka na konferenci, na forumu oz. okrogli mizi (v Sloveniji), in sicer:

- 3 v celoti objavljeni znanstveni prispevki na konferenci;
- 3 predavanja na mednarodni konferenci;
- 2 objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci;
- aktivno sodelovanje na forumu oz. okrogli mizi.

Vse objave v revijah z visokim faktorjem vpliva, na konferencah in delavnicah so zavedene v COBISS. Nekatere objave so opredeljene kot mejniki v projektu in so zajete v nadaljevanju tega poročila, v delu: *Doseženi cilji/mejniki v projektu.*

## **Doseženi cilji/mejniki**

#### **Cilji projekta so:**

Osnovni cilj raziskovalnega projekta je razvoj modelov za prenavo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Rezultati projekta v zaključku raziskave so modeli prenove stavb predšolske vzgoje, ki omogočajo praktično in teoretično uporabo rezultatov. Glavni namen rezultatov projekta je preprečevanje negativnih posledic neprimernih posegov ob prenovi ali vzdrževanju vrtcev, predvsem z vidika izboljšanja energetske učinkovitosti in kakovosti bivalnega ugodja. Rezultati projekta so uporabni kot strokovna podlaga pri načrtovanju projektov prenov in drugih posegov v stavbah za vzgojo in izobraževanje predšolskih otrok. Lahko se uporabijo tudi kot podlaga za nadaljnje teoretične in praktične raziskave.

Najpomembnejši cilj projekta, opredeljen kot razvoj modela prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, temelji na lastni metodologiji, razviti na podlagi analize dejanskega stanja v že zgrajenih objektih. V okviru zaključne aktivnosti projekta A4 so predstavljeni rezultati projekta – modeli prenov stavb predšolske vzgoje.

Doseženi so tudi dodatni cilji raziskave, in sicer:

- razvita je sistematična metodologija in analiziran so potencialni modeli prenove obstoječih objektov predšolske vzgoje;
- razvita je študija, ki obravnava multidisciplinarni pristop k funkcionalni, energijski in konstrukcijski analizi objektov predšolske vzgoje v Sloveniji s podajo variantnih rešitev za

- prenovu stavb;
- pričakovani rezultati raziskave izkazujejo znanstveni pristop k posodobitvi obstoječih stavb, pri čemer je znanstveno upoštevan tudi vidik izboljšanja energetske učinkovitosti in kakovosti bivalnega okolja;
- Izsledki raziskave so predstavljeni in strukturirani; na njihovi podlagi je mogoče podati smernice in oblikovati akcijski načrt ter potencialno vplivati na nacionalno politiko na področju sistematičnih prenov objektov predšolske vzgoje v Sloveniji;
- rezultati raziskav so preneseni v širši prostor nekdanjih republik SFRJ. S ciljem razširjanja rezultatov raziskave so izsledki predstavljeni na številnih konferencah v nekdanjih republikah SFRJ. Zgodovinske analize širšega konteksta izgradnje vrtcev v nekdanjih republikah SFRJ so pokazale, da je v obstoječem stavbnem fondu na področju celotne države lahko pričakujemo veliko število vrtcev, zgrajenih v času obstoja SFRJ, s podobnimi tehničnimi rešitvami. Prenos rezultatov raziskave VRTEC+ je tako omogočil dvig tržnega potenciala slovenskih termoizolacijskih gradbenih materialov, ki so tudi pomemben predmet raziskave v projektu, ter utemeljil pomen njihove uporabe na tujih trgih.

V sklopu razvoja metodologije smo zasledovali naslednje podcilje projekta:

- analiza obstoječega fonda stavb predšolske vzgoje z vidika arhitekturne tipologije, funkcionalne primernosti, gradbene fizike in energijske učinkovitosti. Rezultat analize je pregled obstoječega fonda stavb predšolske v Sloveniji v obliki kataloga stavb predšolske vzgoje;
- analiza in razvoj sistematičnega pristopa k celostni energetski prenovi objektov s poudarkom na ustreznih ukrepih, povezanih s toplotnim ovojem. Rezultat analize je sistematičen pregled celostne energetske prenove stavb in ustreznih posegov prenove s poudarkom na ustreznih ukrepih, povezanih s toplotnim ovojem stavbe;
- analiza praktične uporabe termoizolacijskih materialov na trgu v Sloveniji. Rezultat analize je sistematičen pregled praktične uporabe termoizolacijskih materialov, dostopnih na trgu v Sloveniji.

#### **Mejniki so:**

Predvideni mejniki so v prijavnici vlogi določeni kot objavljeni članki v časopisih in predstavitve projekta na konferencah. Vsi predvideni mejniki so uspešno doseženi, in sicer (Č: članek, K: konferenca):

#### **1 leto izvedbe projekta**

- **Č1:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. Tipološka klasifikacija energijsko učinkovitih lesenih vrtcev v Sloveniji = Typological classification of energy efficient wooden kindergartens in Slovenia. *Varčna hiša : lesena & montažna & eko*, ISSN 2232-4763, 2019, št. 14, str. 40-43, (str. 44-46 angl.), ilustr. [COBISS.SI-ID [22735126](#)]

- **Č2:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. Analysis of kindergarten buildings in Maribor, possibilities of reconstruction for improving energy efficiency and functional aspects of buildings. *South East European Journal of Sustainable Development*, ISSN 2545-4463. [Print ed.], 2019, vol. 3, [št.] 2, str. [60-70], ilustr. [COBISS.SI-ID [22987030](#)]

- **K1:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. Energy efficiency of kindergarten buildings in the municipality of Maribor. V: MRĐENOVIĆ, Tatjana (ur.). *Conference Proceedings = [editor Tatjana Mrđenović, 4th BAB International Conference Decoding Balkan: Architecture, Urbanism, Planning, Belgrade, 14-16th of November 2019. Belgrade: University, Faculty of Architecture. 2019, str. 138-143. [COBISS.SI-ID [22800406](#)]*

#### **2 leto izvedbe projekta**

- **Č3:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. Thermal comfort and indoor air quality after a partially energy-efficient renovation of a prefabricated concrete kindergarten constructed in 1980's in Slovenia = Toplinska udobnost i unutarnja kvaliteta zraka nakon djelomične energetske obnove prefabriciranog betonskog dječjeg vrtića izgrađenog 1980-ih u

Sloveniji. *Prostor : znanstveni časopis za arhitekturo i urbanizam*, ISSN 1330-0652, 2020, vol. 28, no. 2(60), str. 346-359. [https://hrcaj.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=361630](https://hrcaj.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=361630), doi: [10.31522/p.28.2\(60\).10](https://doi.org/10.31522/p.28.2(60).10). [COBISS.SI-ID [44244483](#)]

- **Č4:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. Is there any relation between the architectural characteristics of kindergartens and the spread of the new coronavirus in them? - A case study of Slovenia. *Sustainability*, ISSN 2071-1050, Dec. 2020, vol. 12, iss. 24 (10363), str. 1-19. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10363>, doi: [10.3390/su122410363](https://doi.org/10.3390/su122410363). [COBISS.SI-ID [42310403](#)]

- **K2:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. In-situ measuring indoor environmental quality in public kindergarten in Slovenia. A case study. V: ĐUKIĆ, Aleksandra (ur.), et al. *Keeping up with technologies to act responsively in urban environment : 7th International Academic Conference on Places and Technologies: proceedings*. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Architecture. 2020, str. 232-240, doi: [10.18485/arh\\_pt.2020.7.ch27](https://doi.org/10.18485/arh_pt.2020.7.ch27). [COBISS.SI-ID [43468291](#)]

### **3 leto izvedbe projekta**

- **Č5:**

LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. Practical impact of the COVID-19 pandemic on indoor air quality and thermal comfort in kindergartens. A Case Study of Slovenia. *International journal of environmental research and public health*, ISSN 1660-4601. [Online ed.], Sep. 2021, vol. 18, iss. 18 (9712), str. 1-14, ilustr., doi: [10.3390/ijerph18189712](https://doi.org/10.3390/ijerph18189712). [COBISS.SI-ID [76580867](#)]

- **K3:**

LOVEC, Vesna, IVANČIČ, Robert. Potential uses of the interior thermal insulation in kindergartens. System scientis = Potencijal upotrebe unutrašnje toplotne izolacije u zgradama predškolskih ustanova. Sistem scientis. V: RADONJANIN, Vlastimir (ur.), VUKOBRA TOVIĆ, Vladimir (ur.), LUKIĆ, Ivan (ur.). *iNDiS 2021 : zbornik radova = proceedings : 15. Međunarodna naučna konferencija [Planiranje projektovanje, građenje i obnova graditeljstva] = 15th International Scientific Conference [Planning, design, construction and building renewal] : Novi Sad, Srbija, 24-26. novembar 2021. = Novi Sad, Serbia, 24-26 November 2021*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju. 2021, str. 767-776. [COBISS.SI-ID [87582211](#)]

### **Sodelovanje z gospodarskim subjektom**

V času izvajanja raziskovalnega projekta je sodelujoči gospodarski subjekt Intech-les, razvojni center d.o.o. raziskovalki omogočil uspešno izvajanje podaktivnosti v okviru štirih glavnih sklopov aktivnosti na projektu, in sicer: **A1**: teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, **A2**: analiza parametri kakovosti notranjega bivalnega okolja, **A3**: energijska analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji in **A4**: razvoj modelov energetske prenove.

V programu dela v gospodarskem subjektu so tako naslovljeni oz. analizirani vsi aspekti zgradbe, nove ali obstoječe stavbe predšolske vzgoje, njene vsebine in njenega okolja. Sodelujoči gospodarski subjekt na projektu Intech-les, razvojni center d.o.o je raziskovalki omogočil uspešno izvajanje analiz, s katerimi se preverijo klasične in stereotipne metode gradnje, načrtovanja in projektiranja v slovenskem prostoru in širše (*aktivnost A1*). Poleg tega je sodelujoči gospodarski subjekt na projektu raziskovalki omogočil uspešno izvajanje raziskav na področjih energijske učinkovitosti stavb, parametrov bivalnega okolja in toplotnega ovoja objektov (*aktivnost A2, A3 in A4*). Pomemben segment sodelovanja sodelujočega gospodarskega subjekta so analize na področju termoregulacije in toplotne prevodnosti, kjer so izvedene analize in meritve določenih parametrov na obstoječih objektih (temperature notranjega zraka  $T_{ai}$  [C°], relativne vlažnosti notranjega zraka  $RH_{ai}$  [%] in temperature obodnih površin tal  $T_{surf}$  [C°]). Izvedene so tudi meritve parametrov kakovosti notranjega zraka, ki so merjeni *in-situ*, in sicer: koncentracija ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub> [ppm]) (*aktivnost A2*). Pri razvijanju metodologije optimalne energetske prenove vrtcev je sodelujoči gospodarski subjekt raziskovalki ponudil znanja in izkušnje iz številnih raziskovalnih projektov, katere je uspešno zaključil.

Znanja in izkušnje s področja integriranja različnih funkcij in inovativnih rešitev na področjih regulacije vlage, termoregulacije in toplotne prevodnosti, dušenja zvoka, antitoksičnosti oziroma koristi za zdravje, naravne osvetljenosti ter integracije elektronskih sistemov pametne hiše, s katerim sodelujoči gospodarski subjekt razpolaga, so analizirani skupaj s potencialom aplikacije pri določanju optimalne metodologije funkcionalne prenove vrtcev (*aktivnost A4*).

Gospodarski partner projekta, podjetje Intech-les, je s svojimi izkušnjami z interdisciplinarnimi raziskavami in razvojem z lesom povezanih tehnologij prispeval k uspešni izvedbi projekta, saj so znanja, ugotovitve in izkušnje dosedanjih raziskovalnih in aplikativnih projektov sodelujočega gospodarskega subjekta so direktno aplicirane v projektu VRTEC+. Zaradi tega je sodelujoči gospodarski subjekt predstavljal osrednjo aplikativno strokovno in razvojno silo v projektu.

Predviden obseg dela v gospodarskem subjektu je dosežen. **Raziskovalka je opravila 2550 ur dela v gospodarskem subjektu ter preostanek na UM FGPA.** Skladno z načinom razporeditve delovnega časa je raziskovalka delo opravljala izmenično po tri dni tedenske delovne obveznosti na UM FGPA in dva dni pri gospodarskem subjektu, naslednji teden pa dva dni tedenske delovne obveznosti na UM FGPA in tri dni pri gospodarskem subjektu. Glede na potrebe za učinkovito izvedbo projekta se je razporeditev delovnega časa spreminjala oz. prilagajala.

Način razporeditve delovnega časa raziskovalke se je z objavo epidemije covid-19 14. 3. 2020 v Uradnem listu RS št. 68/2020 spremenil, tako da se je prilagodil novonastalim razmeram in hkrati zagotavljal učinkovito izvedbo projekta tudi v izrednih razmerah. Od 16. 3. 2020 je delo na projektu potekalo v obliki dela na domu na podlagi odredbe za začasno opravljanje dela na domu in odrejanja drugega dela z dne 13. 3. 2020 št. 012/5-476/2020 od 16. 3. 2020 do 31. 5. 2020, ki jo je izdala Univerza v Mariboru, FGPA. Po 31. 5. 2020 se je delo na projektu nadaljevalo v gospodarskem subjektu, na UM FGPA in občasno v obliki dela na domu, odvisno od epidemiološke situacije v RS. Od 16. 3. 2020 se je zaradi epidemije covid-19 delo na projektu opravljal v obliki dela od doma, o čemer je bilo MIZŠ seznanjeno z dopisom z dne 10. 6. 2020. Razporeditev delovnega časa se je po prenehanju izrednih razmer prilagodila potrebam projekta in izpolnjevanju načrta razporeditve delovnega časa, določenega v prijavnih vlogi. Sodelovanje z gospodarskim subjektom je bilo uspešno opravljeno z izpolnjenim obsegom ur 2550 dela raziskovalke v sodelujočem gospodarskem subjektu v skladu s prijavno vlogo.

## **Razširjanje raziskovalnih rezultatov**

Razširjanje raziskovalnih rezultatov in podatkov projekta je bilo pomemben del aktivnosti in prioritarnih nalog v projektu, s čimer so doseženi trajnostni učinki multiplikacije rezultatov projekta. V sklopu izvedbe projekta je pripravljen načrt komunikacije, razširjanja in izkoriščanja rezultatov projekta.

Razširjanje raziskovalnih rezultatov projekta je potekalo prek naslednjih kanalov in aktivnosti:

### Neposredni kanali:

- javne predstavitve rezultatov projekta na znanstvenih in strokovnih konferencah (izvedene so javne predstavitve projekta v obliki petih predavanj na mednarodnih konferencah in treh v celoti objavljenih znanstvenih prispevkov na konferencah ter povzetka znanstvenega prispevka na konferenci);
- rezultati oz. posamezne aktivnosti v projektu so predstavljeni v času dela v gospodarskem subjektu različnim partnerjem podjetja INTECH-LES, razvojni center. Na ta način se je ostvarjala povezava z gospodarstvom ter prenos znanj in rezultatov projekta. V sodelujočem gospodarskem subjektu so bile v času izvedbe projekta obiskovalcem na voljo brošure o raziskovalnem projektu;
- javne predstavitve rezultatov projekta na okroglih mizah, kar je omogočilo izmenjavo mnenj in stališč s širšo strokovno in nestrokovno javnostjo v medijih, dostopnih širši javnosti

- (socialna omrežja, Instagram: različne objave, kratki promocijski video posnetki, objavljeni na socialnih omrežjih v obliki *Instagram story* in druga marketinška gradiva);
- informacije o projektu se posreduje tudi prek lastne komunikacijske mreže znotraj institucije prijavitelja projekta.

Posredni kanali:

- spletna stran prijavitelja projekta (UM FGPA) vsebuje razdelek s predstavitvijo projekta z vsemi informacijami in rezultati projekta. Tudi spletna stran sodelujočega gospodarskega subjekta INTECH-LES, razvojni center, vsebuje razdelek s predstavitvijo projekta. Na spletnih straneh so dostopni osnovni podatki o projektu ter slikovno material;
- objave v znanstvenih in strokovnih publikacijah (na presečni datum 31. 3. 2022 je bilo v znanstvenih in strokovnih časopisih objavljenih pet prispevkov). Del informacij in rezultatov projekta je aktivno objavljen tudi na strokovnem socialnem omrežju LinkedIn, uporabljena pa so tudi druga družbena omrežja;
- informacije o projektu se posreduje tudi v medijih, dostopnih strokovni javnosti, kot sta *ResearchGate* in *Orcid*;

Množični mediji:

- objave v tiskanih medijih za širšo javnost, in sicer: v časopisu *Varčna hiša: lesena & montažna & eko*, objava v hrvaškem časopisu *Prostor*, objava v časopisu *Večer*, objava *Priročnik za izvajanje meritev ogljikovega dioksida (CO2) in-situ v stavbah predšolske vzgoje* dostopna v knjižnici DKUM in objava v *Kvadratih (priloga časopisa Večer)*

K razširjanju raziskovalnih rezultatov je bistveno pripomoglo objavlanje vseh strokovnih in znanstvenih objav v odprtem dostopu, kar je omogočilo dostop do rezultatov raziskave širši znanstveni in strokovni skupnosti, organom upravljanja, gospodarstvu in širši javnosti.

Rezultati raziskave so bili predstavljeni na številnih konferencah v regiji (Makedonija, Srbija, Slovenija) in številnih strokovnih in znanstvenih publikacijah in časopisih (Hrvaška, Slovenija, Makedonija, Švica). Tako so rezultati raziskave predstavljeni širši znanstveni in strokovni skupnosti v Sloveniji in regiji in tudi zunaj meja Slovenije.

## 5) Kazalnik učinka operativnega programa

Kazalnik	Načrtovana vrednost	Dosežena vrednost
<b>CO24:</b> Raziskave in inovacije: Število novih raziskovalcev pri podprtih subjektih, izraženo v FTE (ekvivalent)	3	3
<b>CO26:</b> Raziskave in inovacije: Število podjetij, ki sodelujejo z raziskovalnimi ustanovami	1	1
Odstopanje (obrazložitev)	-	-

## 6) Doprinos k trajnostnemu razvoju

Predstavitev doprinosa operacije k trajnostnemu razvoju v njenem celotnem izvajanju skladno s predmetom, cilji in namenom javnega razpisa

Doprinos operacije k trajnostnem razvoju je razvidna v treh stebrih trajnostnega razvoja: okoljskem, družbenem in ekonomskem.

Osnovni cilj raziskovalnega projekta je razvoj modelov za prenavo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Rezultati projekta v zaključku raziskave so modeli prenavo stavb predšolske vzgoje, ki omogočajo praktično in teoretično uporabo rezultatov, ki so direkten doprinos trajnostnem razvoju predvsem z izboljšanjem energetske učinkovitosti stavb predšolske vzgoje. Torej lahko, projekt posredno doprinese k razvoju koncepta sodobne, energijsko učinkovite stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji, kar predstavlja direkten doprinos k okoljskem (zmanjšanje rabe energije, zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> in drugih negativnih okoljskih vplivov), družbenem (zdravo bivalno okolje za otroke) in ekonomskem (zmanjšani stroški ogrevanja stavb) vidiku trajnostnega razvoja.

Upravičenec je cilje operacije uresničil v skladu z načelom trajnostnega razvoja in ob spodbujanju cilja Evropske unije o ohranjanju, varovanju in izboljšanju kakovosti okolja.

### 7) Doprinos operacije k enakim možnostim

Predstavitev doprinosa operacije k enakim možnostim v njenem celotnem izvajanju

Projekt s svojimi rezultati, ki predstavljajo modele prenavo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, analizira možnosti prenavo in izboljšanja energetskih, arhitekturnih in vseh drugih lastnosti tipološko najrazličnejših stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Na ta način doprinaša k enakim možnostim za izboljšanje kakovosti bivanja uporabnikov vseh tovrstnih stavb v Sloveniji, kakor tudi k energetski učinkovitosti vseh stavb v stavbnem fondu predšolske vzgoje. Slednje pomeni, da lahko projekt posredno doprinese k enakim možnostim za kakovostno bivanje vseh predšolskih otrok v Sloveniji. Prav tako lahko rezultati projekta potencialno pripomorejo k bolj učinkoviti izvedbi pedagoškega procesa v vseh stavbah predšolske vzgoje in na ta način operacija doprinese k enakim možnostim za učinkovito delo za vse pedagoške in strokovne delavce vseh stavb predšolske vzgoje.

Upravičenec je zagotovil spodbujanje enakih možnosti moških in žensk ter preprečil vsakršno diskriminacijo, zlasti v zvezi z dostopnostjo za invalide, med osebami, ki so bile vključene v izvajanje aktivnosti v okviru tega javnega razpisa, v skladu z zakonodajo, ki pokriva področje zagotavljanja enakih možnosti.

### 8) Informiranje in obveščanje

Predstavitev ključnih aktivnosti, ki so bile izvedene v času trajanja operacije na področju informiranja in obveščanja

Obveščanje in informiranje javnosti je v času trajanja operacije potekalo preko javnih predstavitev rezultatov projekta na številnih konferencah in okrogli mizi, kar je omogočilo izmenjavo mnenj in stališč s širšo strokovno in splošno javnostjo. Obveščanje in informiranje širše javnosti je potekalo tudi preko posrednih kanalov: spletna stran prijavitelja in sodelujočega gospodarskega subjekta, objave na socialnih omrežjih, v tiskanih medijih za širšo javnost (časopisi) in pa tudi v medijih dostopnih strokovni javnosti, kot sta *ResearchGate* in *Orcid*.

Pomembno aktivnost so na področju informiranja in obveščanja javnosti predstavljale tudi objave strokovnih in znanstvenih člankov, ki so vsi objavljeni v odprtem dostopu in zaradi tega dostopni tudi širši javnosti.



Obveščanje in informiranje javnosti (pedagoških in strokovnih delavcev v stavbah predšolske vzgoje in ravnateljstev) je potekalo tudi ves čas izvajanja meritev v stavbah predšolske vzgoje (aktivnost A2), znotraj katere so vsi udeleženci v procesu bili sproti obveščani in soglašali k izvedbi aktivnosti na projektu. O izvedbi aktivnosti so prav tako bile obveščane mestne občine, lastnice stavb v katerih so bili analizirani vrtci.

Ob predstavljanju operacije na spletnih straneh upravičenca in gospodarskega subjekta in drugih javnih objavah so upošteevane objave logotipov MIZŠ in EU sklada, ESRR, z navedbo, da sta financirata operacije.

V okviru vseh aktivnosti informiranja in obveščanja javnosti, kot tudi na vseh dokumentih, ki so nastajali v okviru operacije, so bili uporabljeni ustrezni logotipi in navedba, da je operacija sofinancirana s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport RS in Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Zraven predstavitve operacije na spletnih straneh upravičenca in sodelujočega gospodarskega subjekta, je v prostorih upravičenca, na vidnem mestu izobešen plakat velikosti A3, z informacijami o operaciji, vključno za navedbo finančne podpore Evropske unije.

Upravičenec se strinja in dovoljuje ministrstvu, da vsebino tega poročila lahko uporabi za namene poročanja o izvedbi operacije. Končno poročilo operacije ni predmet poslovne skrivnosti upravičenca. Upravičenec izjavlja, da materialno in kazensko odgovarja za resničnost in verodostojnost navedb v tem poročilu.

Kraj in datum:  
24. 5. 2022

Raziskovalec(ka):  
dr. Vesna Lovec

**VESNA  
LOVEC** Digitalno  
podpisal VESNA  
LOVEC  
Datum:  
2022.05.24  
06:06:05 +02'00'

Kraj in datum:  
Maribor, 24. 5. 2022

Žig:

Odgovorna oseba upravičenca:  
(ime in priimek+podpis)  
prof. dr. Zdravko Kačič

po pooblastilu rektorja UM  
dekanica UM FGPA  
prof. dr. Vesna Žegarac Leskovar

Digitally signed by Dekanica  
DN: C=SI, S=Slovenija, O=UM  
+  
OID.2.5.4.97=VATSI-7167470  
5, G=VESNA + CN=Dekanica  
+  
SERIALNUMBER=249745331  
8019 + SN=ŽEGARAC  
LESKOVAR  
Location: your signing location  
here  
Date: 2022-05-24 08:30:34



**KAZALO POROČILA VRTEC+:**

---

**A1:** TEORETIČNA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI

**A2:** ANALIZA PARAMETROV KAKOVOSTI NOTRANJEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA  
BIVALNO UGODJE, DELOVNO UČINKOVITOST IN ZDRAVJE UPORABNIKOV

**A3:** ENERGIJSKA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI

**A4:** RAZVOJ MODELOV ENERGETSKE PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V  
SLOVENIJI



## UVOD

### Vrtec – vzgojno izobraževalna ustanova

Vrtec je vzgojno-izobraževalna ustanova za vzgojo in varstvo predšolskih otrok. Vrtce obiskujejo otroci od enega leta starosti (11mesecev) do vpisa v šolo. V zgodnjem otroštvu vrtec predstavlja prvi in dnevno ponavljajoč stik z večjo stavbo, ki ni dom. Otroci v njem preživijo skoraj polovico dneva, včasih celo več. To je prostor, kjer odraščajo, se učijo, kjer se razvija njihov socialni čut in senzibilnost do okolice. To je prostor, v katerem se otrok počuti varno.

Skrb za kakovostno vzdrževanja stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje in kakovostno izgradnjo novih vrtcev izhaja iz skrbi za otroka kot najbolj ranljivega člana naše družbe in je izrednega pomena. Stavba vrtca mora otrokom zagotoviti prijetno, varno in predvsem zdravo okolje, v katerim preživljajo veliki del svojega otroštva. Žal pa, kljub vsem naštetim dejavnikom, arhitektura stavb predšolske vzgoje v Sloveniji nikoli ni bila v ospredju razprav arhitekturne stroke, čeprav bi morala biti vedno zelo aktualna tema.

Ne nazadnje je skrb za stavbe predšolske vzgoje in za vse javne stavbe nujna, ker imajo bogato zgodovino arhitekturnih idej, idealov, ambicij in vizij, ter govorijo o tem, na kakšen način ljudje živimo in delujemo kot organizirana skupnost. Pričajo pa tudi o razvoju države in njenih institucij in o bogastvu javnih storitev in skrbi za skupno dobro.



*Slika 1.1. Vrtec V Mariboru, 1981 [VIR: Avtor]*

### Slovenski vrtci v številkah

Vrtci skupaj s šolami predstavljajo pretežni del javnega stavbnega fonda v Sloveniji. V Sloveniji se predšolska vzgoja odvija v 1026 posameznih enotah javnih vrtcev. Glede na podatke Ministrstva za



izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije imamo v Sloveniji skupno 410 javnih in zasebnih vrtcev, oziroma 1177 javnih in zasebnih vrtcev z enotami.<sup>1</sup> Vrtci v Sloveniji so nastajali v različnih časovnih obdobjih in so produkt različnih družbenih sistemov, normativov in gradbenih trendov. V Sloveniji je bilo v šolskem letu 2016/2017 v vrtce z javnim programom vključenih 78,7 % otrok v starosti 1–5 let, med temi pa jih je 95,2 % obiskovalo javne vrtce. Med populacijo v starosti 4 in 5 let je po podatkih Statističnega urad RS (2017) vrtce obiskovalo 92 % otrok. Statistične podatke o slovenskih vrtcih na razpolago ponuja Statistični urad Republike Slovenije. Pristojno ministrstvo je Ministrstvo za izobraževanje znanost in šport (MIZŠ). Lastnice stavb predšolske vzgoje so občine in Mestne občine.

Po podatkih SURS-a je bilo v šolskem letu 2019/2020 v Sloveniji v predšolsko vzgojo v vrtcih vključenih 87.708 otrok. V navedenem letu je imela vsaj en vrtec vsaka občina razen dveh (Osilnica in Jezersko). Največ vrtcev je bilo v prebivalstveno velikih občinah in v občinah z urbanimi središči. V občini Ljubljana jih je bilo 128, v občini Maribor 49, v občini Kranj 31, v občini Koper pa 25. Prebivalstveno manjše občine so imele tudi manj vrtcev.

Po velikosti – glede na število vpisanih otrok – se slovenski vrtci zelo razlikujejo. V letu 2019 je en vrtec obiskovalo povprečno 91 predšolskih otrok. Največ vpisanih otrok na vrtec je bilo v Ribnici in Metliki, in sicer več kot 300 otrok. Najmanjše vrtce po številu vpisanih otrok (pod 20 na vrtec) so imele prebivalstveno majhne občine: Šalovci, Solčava, Kobilje, Kostel in Hodoš. V slovenskih vrtcih je en zaposlen strokovni delavec (vzgojitelj ali pomočnik vzgojitelja) skrbel povprečno za 8 otrok.

Podatki jasno govorijo v prid velikemu, naraščajočemu številu otrok, ki večji del delovnega dne preživijo v stavbah predšolske vzgoje. Število otrok tudi v vrtcih po Evropi konstantno narašča, vendar je v republikah nekdanje Jugoslavije daleč pod evropskim poprečjem.<sup>2</sup> Vsa naštetá dejstva izpostavljajo pomen analize vseh aspektov vezanih na kakovost stavb predšolske vzgoje in notranjega bivalnega ugodja prostorov, v katerih bivajo številni otroci po vsej Evropi.

---

<sup>1</sup> Evidenca vzgojno-izobraževalnih zavodov in vzgojno-izobraževalnih programov (MIZŠ), 2019

<sup>2</sup> Hrvaška zaostaja za ostalo Evropsko Unijo po številu vrtcev in otrok vključenih v predšolsko vzgojo, 82.8% otrok starejših od 4. let so vključeni v programe (Key Data on Early Childhood Education and Care in Europ, 2019). V ostalih državah nekdanje Jugoslavije pa je situacija še slabša. Ob tem je potrebno poudariti dejstvo, da število otrok v vrtcih konstantno narašča in so prostorske stiske v stavbah predšolske vzgoje težko obvladljive.



## O projektu VRTEC+

Predstavljeno delo je pripravljeno v okviru raziskovalnega projekta »VRTEC+ Razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji«, ki se je izvajal v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014 – 2020 (operacija številka OP20.04345). Sofinanciranje projekta je bilo odobreno v okviru Javnega razpisa za spodbujanje raziskovalcev na začetku kariere 2.1. Ministrstva za izobraževanje znanost in šport Republike Slovenije. Naložbo sta sofinancirala Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj ([www.eu-skladi.si](http://www.eu-skladi.si)). Nosilec projekta je Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo ([www.fgpa.um.si](http://www.fgpa.um.si)).

V uvodnem delu tega končnega poročila o projektu je še enkrat potrebno izpostaviti vsa dejstva, ki govorijo v prid pomembnosti teme tega projekta. Predšolske ustanove v Sloveniji so bile zgrajene v različnih časovnih obdobjih po drugi svetovni vojni, za katera so bile značilne specifične gradbene tehnike in gradbeni predpisi. **Trenutne razmere na družbenem, tehnološkem, okoljskem in pedagoškem področju postavljajo današnje stavbe za vzgojo in izobraževanje predšolskih otrok pred velike izzive.** Hkrati so v skladu z evropsko energijsko strategijo jasno definirane tudi zahteve vezane na energijsko učinkovitost stavb. Ob tem se spreminjajo tudi sodobne zahteve vezane na družbeni vidik trajnostne gradnje, ki parametre bivalnega ugodja in njihovega vpliva na zdravje uporabnikov postavljajo kot prioriteto pri načrtovanju zdravih in okolju ter družbi prijaznih stavb.

V kontekstu energijske učinkovitosti in ob dejstvu, da je večina nacionalnih gradbenih predpisov s področja toplotne zaščite stavb uvedena šele po letu 1970, je možno sklepati, da **ima veliko število zgrajenih vrtcev slab toplotni ovoj.** V tem kontekstu je prenova starejših objektov predšolske vzgoje, grajenih pred uvedbo poostrenih nacionalnih pravilnikov, vezanih na učinkovito rabo energije v stavbah, nujen ukrep. V globalnem smislu predstavlja tak ukrep velik potencial za izboljšanje energetske učinkovitosti in posledično zmanjšanje rabe končne energije.

Dejstvo je tudi, da veliko otrok preživi v stavbi vrtca večji del dneva. Posledično ima kakovost notranjega okolja izreden pomen in velik vpliv na počutje, zdravje in delovno učinkovitost ljudi. Še zlasti za predšolske otroke, ki preživijo velik del svojega otroštva v stavbah za predšolsko vzgojo, je pomen kakovosti bivalnega okolja vrtcev zelo velik, saj ji poleg mnogoterih drugih dejavnikov pripisujemo velik vpliv na telesni in duševni razvoj otrok.



Odločitvena politika načrtovanja parcialnih posegov vzdrževanja ali prenove stavb predšolske vzgoje je danes večinoma prepuščena strokovnim delavcem - ravnateljem (vrtcev), pristojnim sektorja za vzgojo v mestnih občinah. Del stavbnega fonda vrtcev se v letih po uvedbi PURES-a sicer aktivno prenavlja, vendar pa so celostno načrtovane strategije prenove vrtcev redke ter pretežno odvisne od omejenega proračuna za investicije v obnovo.

Na podlagi predhodnih navedb je **cilj raziskovalnega projekta usmerjen v razvoj modelov za prenovo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**. V tem smislu je pričakovana praktična uporaba rezultatov projekta. Nenazadnje ima projekt s svojimi rezultati bistven namen, da preventivno prepreči negativne posledice neprimernih posegov ob prenovi ali vzdrževanju vrtcev, predvsem v aspektu izboljšanja energetske učinkovitosti in kvalitete bivalnega ugodja. Rezultati bodo uporabni kot strokovna podlaga pri načrtovanju projektov prenov in tudi drugih posegov v stavbah za vzgojo in izobraževanje predšolskih otrok.

Najpomembnejše cilje projekta lahko opredelimo kot **razvoj modela prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**, ki pa temelji na lastni metodologiji, razviti na podlagi analize dejanskega stanja v že izgrajenih objektih. Dodatne cilje raziskave lahko določimo kot:

- Razvoj sistematične metodologije in potencialnih modelov prenove obstoječih objektov predšolske vzgoje.
- Razvoj študije, ki obravnava multidisciplinaren pristop k funkcionalni, energijski in konstrukcijski analizi objektov predšolske vzgoje v Sloveniji s podajo variantnih rešitev za prenovo stavb.
- Pričakovani rezultati raziskave bodo izkazovali znanstveni pristop posodobitve obstoječih stavb, kjer je vzporedno znanstveno upoštevan vidik izboljšanja energetske učinkovitosti in kakovosti bivalnega okolja.
- Na podlagi izsledkov raziskave bo možno podati smernice, oblikovati akcijski načrt in vplivati na nacionalno politiko na področju sistematičnih prenov objektov predšolske vzgoje v Sloveniji.
- Rezultati raziskav bodo prenosljivi v širši prostor nekdanjih republik SFRJ. Veliko število vrtcev je grajenih v času obstoja SFRJ s podobnimi tehničnimi rešitvami na področju celotne države. Prenos rezultatov bo tako omogočil dvig tržnega potenciala slovenskih termoizolacijskih gradbenih materialov, ki so tudi pomemben predmet raziskave v projektu, ter utemeljil pomen njihove uporabe na tujih trgih.

V sklopu razvoja metodologije bodo zasledovani naslednji podcilji projekta:



- Analiza obstoječega stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje iz vidika arhitekturne tipologije, funkcionalne primernosti, gradbene fizike in energijske učinkovitosti.
- Analiza in razvoj sistematičnega pristopa k celostni energijski prenovi objektov s poudarkom na ustreznih ukrepih vezanih na termalni ovoj.
- Analiza praktične uporabe termoizolacijskih materialov na trgu v Sloveniji.

V projektu se združujeta raziskovalna organizacija (RO) in gospodarski subjekt INTECH-LES, razvojni center, d.o.o. s ciljem doseganja razvoja družbeno koristne strategije prenove in tehnološkega preskoka, dviga produktivnosti slovenskih podjetij, dviga znanstvene odličnosti RO, prenosa akumuliranega znanja v tržno usmerjene dejavnosti, izboljšanja pogojev za multidisciplinarno povezovanje med različnimi profili strokovnjakov ter doseganja mednarodne konkurenčnosti.



**A1:**

# TEORETIČNA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI





## KAZALO - aktivnost A1

TEORETIČNA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI.....	1
KAZALO - aktivnost A1.....	2
1. A1: TEORETIČNA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI.....	4
1.1 Zgodovinski vidik razvoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji .....	4
1.1.1. Zgodovinska analiza gradnje vrtcev v Sloveniji .....	4
1.1.2 Zgodovinska analiza namenske gradnje javnih vrtcev (Kontekst namenske gradnje vrtcev v republikah nekdanje Jugoslavije) .....	7
1.1.3 Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav .....	11
1.2 Zakonodaja .....	34
1.2.1 Splošni pregled zakonodaje.....	35
1.2.2 Zakonodaja vezana na tehnične pogoje gradnje stavb .....	41
1.2.3 Zakonodaja vezana na gradbeno-fizikalne lastnosti stavb in energetske učinkovitosti v stavbah .....	45
1.3 Tipologija stavb predšolske vzgoje .....	50
1.3.1 Podatki o obstoječem stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje .....	51
1.3.2 Določitev kriterijev za tipološko klasifikacijo .....	69
1.3.3. Analiza tipskih predstavnikov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.....	79
LITERATURA – AKTIVNOST A1 .....	90
POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST A1.....	92
Popis slik.....	92
Popis tabel.....	92
KRATICE .....	93



**A1:**

# **TEORETIČNA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE**



## 1. A1: TEORETIČNA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI

V sklopu aktivnosti A1 *Teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* so analizirani razpoložljivi podatki o obstoječem fondu stavb predšolske vzgoje za območje Slovenije. Analiza je zajela kronološke, tipološke, lokacijske, konstrukcijske, energijske ter po potrebi dodatne specifične lastnosti obstoječih stavb. V okviru aktivnosti so izvedene naslednje skupine podaktivnosti: 1.1 *Zgodovinski vidik razvoja stavb predšolske vzgoje*, 1.2 *Zakonodaja* in 1.3 *Tipologija stavb predšolske vzgoje*.

Cilj tega sklopa raziskave je priprava platforme za iskanje ustreznih modelov prenove za posamezne klasificirane kategorije stavb. Za izvedbo te aktivnosti se koristijo razpoložljivi statistični podatki, podatki iz javnih evidenc, drugi dostopni podatki in ugotovitve obstoječih izvedenih raziskovalnih projektov.

### 1.1 Zgodovinski vidik razvoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji

Izgradnja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je sledila spremembam v družbi, političnim spremembam, tehnološkemu razvoju in predvsem demografskim spremembam. Arhitekturni izraz stavb pa je bil posledica iskanja optimalnih rešitev za potrebe razvoja družbe in posledica temeljitega preučevanja pedagoških smernic in razvoja. Stavbe predšolske vzgoje predstavljajo skupaj z ostalimi javnimi stavbami neprecenljivo zgodovinsko in arhitekturno dediščino. Danes je večina teh stavb potrebna prenove in posodabljanja, predvsem pa energetske prenove.

#### 1.1.1. Zgodovinska analiza gradnje vrtcev v Sloveniji

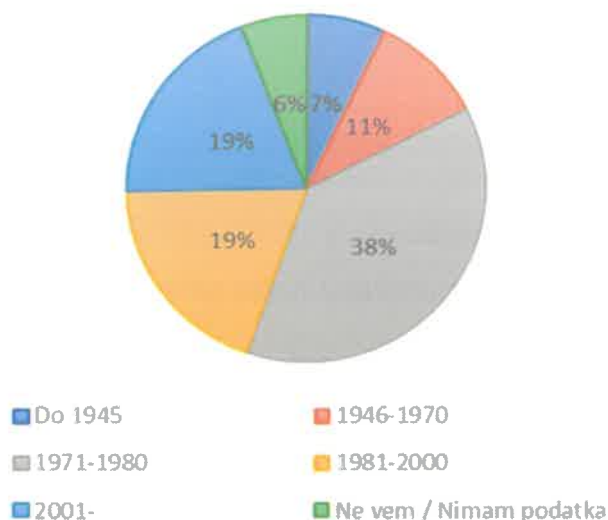
V različnih časovnih obdobjih izgradnje vrtcev v Sloveniji so bile stavbe predšolske vzgoje produkt različnih družbenih sistemov, različnih normativov in različnih gradbenih trendov. Zgodovinska analiza gradnje vrtcev je v tej raziskavi zajela splošne kronološke, tipološke, lokacijske, konstrukcijske ter po potrebi dodatne specifične lastnosti stavb grajenih v določenih časovnih obdobjih. Ugotovljeno



je, da zajema gradbeni fond stavb predšolske vzgoje zelo pester nabor stavb različnih konstrukcijskih, arhitekturnih in energijskih lastnosti.

Razvoju varovanja predšolskih otrok v našem prostoru in s tem preurejanju objektov za ta namen lahko sledimo že od začetka 19. stoletja (leta 1834 je bilo ustanovljeno prvo otroško zavetišče v stanovanjski hiši na Rožni ulici 108 (današnja Rožna ulica 21) v Ljubljani. Posamezne namensko grajene stavbe za varstvo in vzgojo predšolskih otrok v Sloveniji so bile sicer načrtovane in grajene že konec 30-ih let prejšnjega stoletja (npr. Delavska kolonija in otroško zavetišče za Bežigradom v Ljubljani, 1938–1939, arh. Boris Kobe). Večina vrtcev, ki danes gosti otroke v Sloveniji, so grajeni v 70 in 80 letih prejšnjega stoletja.

Vrtci kot predšolske vzgojne ustanove so se v Sloveniji pričeli ustanavljati v drugi polovici 19. st. po razglasitvi osnovnošolskega zakona. Za zgled so jim bili takratni vrtci v Nemčiji. Po II. svetovni vojni je predšolske ustanove prevzelo Ministrstvo za socialno politiko, potem so vrtci prešli v pristojnost Ministrstva za prosveto, ki je spodbudilo odprtje enoletne šole za vzgojiteljice na učiteljišču v Ljubljani. Povojni družbeni razvoj je zahteval, da naj se čim več otrok vključi v varstvo in vzgojo v predšolskih ustanovah, saj je žena (mati) začela prevzemati vedno več dela v proizvodnji in družbenem življenju. Po vojni je zato število teh predšolskih ustanov hitro začelo naraščati in se je začel razvoj sistema predšolske vzgoje v Sloveniji, ki ga danes poznamo in številčna izgradnja stavb predšolske vzgoje.



Slika 1.1. Delež grajenih stavb predšolske vzgoje glede na letnico izgradnje<sup>1</sup>

Obdobje najbolj intenzivne izgradnje stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je bilo v desetletju med 1970 do 1980, ko je gradnja vrtcev šla v korak z intenzivno stanovanjsko gradnjo, ter so bili v velikih blokovskih soseskah namensko grajeni vrtci. Arhitekturne in konstrukcijske lastnosti stavb so sledile aktualnim trendom v gradnji, tako je v stavbnem fondu zelo pester razpon od masivno grajenih betonskih do lahkih montažnih konstruktivnih sistemov. Zaradi potrebe po hitri izgradnji velikega števila vrtcev so se v tem obdobju razvili številni sistemi prefabrikacije in modularnih vrtcev. Delež grajenih stavb predšolske vzgoje glede na letnico izgradnje je grafično predstavljen (Slika 1.1).

Po letih vsesplošnega racionaliziranja in tipske gradnje vrtcev v 80-ih letih prejšnjega stoletja so sledili posamezni primeri bolj premišljenih zasnov skozi prerez objekta, uporaba kakovostnih naravnih materialov ter uvajanje specialnih igralnic kljub omejenim finančnim sredstvom za gradnjo (npr. Vrtec Rožle, Vrtec Mravljincek, Vrtec Biba Lek v Ljubljani). Ti primeri so predstavljali navdih za razvoj sodobnejših prostorskih rešitev in uvajanje novih pristopov pri oblikovanju prostorov

<sup>1</sup> Anketni vprašalnik VRTEC+ 2019/2020 [15]



slovenskih vrtcev v preteklih dveh desetletjih, ki jih je podprla tudi uvedba novega kurikuluma za vrtce v letu 1999 ter pravilnika iz leta 2000.

Med leti 1990 in 2000 je gradnja vrtcev izrazito upadla, kar lahko pripišemo družbenim spremembam [1]. Potem pa lahko rečemo, da v zadnjih 15 let beležimo ponovno rast gradnje vrtcev, zlasti gradnje montažnih lesenih vrtcev. Hkrati pa je to obdobje, v katerem se iz prostora varstva in skupinskega učenja otrok (t. i. otroško varstvo) vrtec konec 20. stoletja razvija v prostor vzgoje in izobraževanja (VVZ – vzgojno-izobraževalni zavod).

Pomembnejši mejnik v razvoju prostorov vrtca predstavljajo zasnove, ki upoštevajo izsledke raziskav o raznolikih potrebah otrok v različnih starostnih obdobjih konec 90-ih let prejšnjega stoletja. Arhitekt Boris Briški je s proučevanjem kakovostnih prostorskih rešitev v obstoječih vrtcih (npr. osvetlitev prostorov v globino, način naravnega prezračevanja v vrtcih Kolezija, Mladi rod / enota Čira čara) zasnoval igralnico v več nivojih oz. igralnico s podesti, ki otrokom omogočajo drugačno prostorsko perspektivo (pogled od zgoraj navzdol), intimni prostor za umik ali igro.

### **1.1.2 Zgodovinska analiza namenske gradnje javnih vrtcev (Kontekst namenske gradnje vrtcev v republikah nekdanje Jugoslavije)**

Zgodovinsko analizo gradnje stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je potrebno postaviti v kontekst množične stanovanjske gradnje po drugi svetovni vojni, na prostoru nekdanje Jugoslavije. Intenzivna gradnja urbanistično in arhitekturno premišljenih stanovanjskih sosesk na prostoru nekdanje Jugoslavije v 70' je pokrivala vse plati kreiranja stanovanjskega prostora in izgradnje stanovanjskih sosesk. Skrbno premišljene arhitekturne in urbanistične rešitve, konstrukcija, načrtovana industrijska gradnja, ekonomična uporaba sodobnih materialov, do premišljene strukture in oblikovanja odprtih prostorov. Takratna urbanistična paradigma je posvečala veliko pozornost razdalji od stanovanja do šolske oz. predšolske ustanove in poudarjala pomen razvite mreže le teh. Tako so vzporedno z množično stanovanjsko gradnjo nastali tudi številni vrtci v večjih stanovanjskih soseskah v Beogradu, Zagrebu, Ljubljani, Mariboru, Sarajevu, Podgorici itd.



V povojnem obdobju je stanovanjska politika bivše Jugoslavije stremela k hitri izgradnji velikega števila poceni, obenem pa kakovostnih in sodobnemu načinu bivanja prilagojenih stanovanj. Zaradi tega so se v 70' letih številna gradbena podjetja na prostoru bivše Jugoslavije posvečala predvsem stanovanjski gradnji in pri načrtovanju eksperimentirali z modernimi gradbenimi tehnikami. Težili so k industrializaciji gradbeništva in množični uporabi montažne gradnje, ki se je uveljavila zaradi potrebe po hitri in ekonomični graditvi stanovanj. Samo v Beogradu se je število prebivalcev vsako leto zviševalo za približno 30000 prebivalcev. Pomanjkanje stanovanj je bilo konstantno. Najbolj intenzivna stanovanjska izgradnja pa se je odvijala v koncu 60' in začetek 70' let, ko je prefabrikacija doživljala svoj vrhunec v celi bivši Jugoslaviji. V Beogradu se je v začetku 70-ih letno gradilo dobrih 12000 stanovanjskih enot [2]. V takšnem kontekstu so se razvijali številni sistemi lahke in težke montažne gradnje. Na Hrvaškem v podjetju Jugomont, v Beogradu pa montažni sistemu Žeželj (poimenovan po izumitelju skeletnega sistema srbskega Inštituta za raziskavo materialov). V Sloveniji je to bilo podjetje Obnova (ki je začelo z izdelavo betonskih elementov po sistemu Jugomont leta 1965). Vzporedno s stanovanjsko gradnjo so nastajali tudi drugi javni objekti v sistemu prefabrikacije ali delne prefabrikacije, med drugim tudi vrtci. Tako lahko podobne arhitekturne rešitve vrtcev grajenih konec 70' let najdemo v različnih mestih bivše Jugoslavije (Slika 1.2 in Slika 1.3).

V 70-ih so se poleg betonskih prefabriciranih sistemov paralelno razvijali tudi leseni prefabricirani in modularni sistemi izgradnje vrtcev. Slovensko podjetje Marles je v sedemdesetih letih načrtovalo in zgradilo veliko število vrtcev v Sloveniji. Približno 20% vrtcev zgrajenih v tem obdobju je v Sloveniji zgradilo podjetje Marles. Tudi v drugih republikah nekdanje Jugoslavije jih najdemo, v Zagrebu je v letu 1975/76, med drugimi montažnimi sistemi, bilo zgrajenih sedem vrtcev v montažnem sistemu Slovenskega podjetja *Marles*.

Potreba po hitri izgradnji velikega števila stavb predšolske vzgoje je rezultirala tudi v razvoju številnih modularnih in montažnih/polmontažnih rešitev za gradnjo stavb predšolske vzgoje na prostoru nekdanje Jugoslavije. Ideja prefabrikacije in montažne gradnje so sistemsko razvijali s številnimi arhitekturnimi natečaji za tipske in montažne rešitve, tudi za stavbe predšolske vzgoje. Številni sistemi so bili razviti z željo, da se jih lahko spreminja, prilagaja in aplicira na čim več lokaciji [3]. Posledično beležimo danes veliko stavb predšolske vzgoje, katerih zasnovo in oblikovanje

zaznamuje kompozicija tipiziranih in/ali prefabriciranih gradbenih elementov (Slika 1.2 in Slika 1.3), in ki izhajajo iz preišljene uporabe konstrukcijskih načel, gradbenih tehnik in materialov in so dediščina arhitekturne epohe množične prefabrikacije.<sup>2</sup>



*Slika 1.2. Vrtec Mladi rod, enota Vetrnica, Ljubljana 1972, arh. Stanko Kristl.<sup>3</sup>*

---

<sup>2</sup> V Nacionalni tipologiji stavb predšolske vzgoje Srbije so betonski vrtci iz tega obdobja združeni v tip stavbe C3 in imajo približno 12 % delež v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje (Jovanović-Popović, et.al., 2018), poleg tega je še veliko število šol in stavb druge namembnosti [4].

<sup>3</sup> V Nacionalni tipologiji stavb predšolske vzgoje Srbije so betonski vrtci iz tega obdobja združeni v tip stavbe C3 in imajo približno 12 % delež v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje (Jovanović-Popović, et.al., 2018), poleg tega je še veliko število šol in stavb druge namembnosti [4].





*Slika 1.3. Vrtec Slavuj v otoku 28, Novi Beograd. Za vrtcem stoji zgradba imenovana »Televizorka« v okviru stavbnega otoka (bloka) 28, zasnovana v montažnem sistemu Žeželj. Ob pripravah na gradnjo stavbnega otoka 28 v Novem Beogradu (1967–71), je sodeloval tudi sl.<sup>4</sup>*

V sedemdesetih in osemdesetih letih se je z institutom samoprispevka gradila mreža javnih vrtcev po vsej državi, kar je rezultiralo v obdobje najbolj intenzivne gradnje stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. V tem obdobju so se sočasno razvijali in oblikovali osnovni standardi in normativi prostorov vrtcev.

Po obdobju najbolj intenzivne gradnje stavb predšolske vzgoje v desetletju med 1970 do 1980, ko je gradnja vrtcev šla v korak z intenzivno stanovanjsko gradnjo, je nastopilo obdobje nekoliko manj intenzivne izgradnje stavb predšolske vzgoje, kot posledica socialno-političnih razmer in razpada nekdanje države. Med leti 1990 in 2000 je gradnja vrtcev izrazito upadla, kar lahko pripišemo družbenim spremembam [1]. Potem pa lahko ugotovimo, da v zadnjih 15 let beležimo ponovno rast gradnje vrtcev, zlasti montažnih lesenih vrtcev.

---

<sup>4</sup> V Nacionalni tipologiji stavb predšolske vzgoje Srbije so betonski vrtci iz tega obdobja združeni v tip stavbe C3 in imajo približno 12 % delež v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje (Jovanović-Popović, et.al., 2018), poleg tega je še veliko število šol in stavb druge namembnosti [4].



Torej, večina slovenskih vrtcev so namensko grajene stavbe, le majhen odstotek predstavljajo stavbe druge namembnosti prilagojene vzgojno-izobraževalni dejavnosti. Skozi dolgo časovno obdobje gradnje vrtcev so se arhitekturne in konstrukcijske lastnosti namensko grajenih stavb predšolske vzgoje spreminjale in so sledile aktualnim trendom v gradnji, zaradi česar je v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje v Sloveniji zelo pester razpon od masivno grajenih betonskih do lahkih montažnih konstrukcijskih sistemov. V Sloveniji se je v 20. stoletju za gradnjo vrtcev večinoma uporabljal masivni konstrukcijski sistem (beton in opeka). Drugi načini izvedbe so postali aktualni proti koncu 20. stoletja - skeletni konstrukcijski sistem (les in jeklo). Vrtci specifičnega arhitekturnega izraza, ki so bili odraz modernega snovanja vzgojno izobraževalnih ustanov, so danes pomemben del kulturne dediščine te epohe, hkrati pa izziv za energetska prenovo in izpolnjevanje sodobnih pogojev v energetske učinkovitosti danes.

### 1.1.3 Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav

Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav in raziskovalnih projektov (eng.: *state of the art analysis*) je narejena s pomočjo obširnega pregleda raziskav v Sloveniji in tujini. Cilj analize ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav je pregled raziskav in njihovih dosedanjih ugotovitev in identifikacija problemov.

Na podlagi pregleda dosedanjih izvedenih raziskav in analize posameznih raziskav so zbrani dosednji zaključki na posameznih področjih in identificirani problemi. Znotraj analiziranih raziskav so ugotovitve v zvezi z različnimi aspekti predšolske vzgoje Slovenije naslednje: ugotovitve v zvezi s stavbami predšolske vzgoje (zgodovinska analiza izgradnje stavb, analiza namenske gradnje vrtcev v Sloveniji), ugotovitve v zvezi z bivalnim ugodjem v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji (neustrezna temperatura zraka, previsoka raven hrupa, slaba osvetljenost, kakovost zraka ipd.), ugotovitve v zvezi z uporabo termoizolacijskih materialov pri gradnji stavb predšolske vzgoje v Sloveniji v preteklosti (zgodovinske analize, na podlagi katerih je ugotavljana uporaba TI v stavbah). Analize so pokazale, da je področje stavb predšolske vzgoje precej teoretično raziskano in da teoretične raziskave poudarjajo številne težave v sistemu vzgoje, v segmentu energetske učinkovitosti v stavbah,



pri prenovah stavb in energijskih prenovah. V tem kontekstu predstavljajo številna odprta vprašanja in problemi dodatni potencial za raziskovanje in apliciranje ugotovitev in dosežkov raziskovalnega projekta VRTEC+.

V okviru prve aktivnosti raziskovalnega projekta VRTEC+ A1: *teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* je analizirana obstoječa, dostopna strokovna in znanstvena literatura, ki zajema obstoječe znanstvene raziskave in raziskovalne projekte. Na samem začetku projekta, znotraj prve aktivnosti je narejen splošni pregled, posamezna področja pa so podrobno analizirana v nadaljevanju projekta. Obširni pregled raziskav v Sloveniji in tujini zajema:

- A. pregled raziskav na temo stavb predšolske vzgoje – splošno,
- B. pregled raziskav na temo stavb predšolske vzgoje – na prostoru RS,
- C. pregled raziskav o tipološki klasifikaciji stavb,
- D. pregled raziskav na temo uporabe termoizolacijskih materialov v javnih stavbah (delo opravljeno v gospodarskem subjektu INTECH-LES),
- E. pregled termoizolacijskih materialov, ki se trenutno uporabljajo na trgu v Sloveniji in tujini. Analiza pregled raziskav na temo uporabe termoizolacijskih materialov v javnih stavbah posameznih vrst izolacij in njihovih tehnoloških lastnosti (delo opravljeno v gospodarskem subjektu INTECH-LES),
- F. pregled raziskav na temo parametrov bivalnega ugodja (in bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje),
- G. pregled raziskav na temo energetske učinkovitosti stavb predšolske vzgoje.

#### **A. pregled raziskav na temo stavb predšolske vzgoje - splošno**

Stavbe predšolske vzgoje so predmet interesa številnih strok: arhitekture, psihologije, pedagogike ekonomije, sociologije ipd. Sodobne raziskave se ukvarjajo s posameznimi aspekti predšolske vzgoje (oblikovanje prostora, zdravo okolje, pedagogika, učni načrti ipd.) ali pa z več različnimi aspekti in medsebojnimi vplivi (prostor vrtca kot neizogibni del učnega procesa, vpliv okolja na učno uspešnost



ipd). Področje raziskav je precej razširjeno in multidisciplinarno, vendar je fokus analize ugotovitev obstoječih raziskav znotraj tega raziskovalnega projekta na stavbi v najširšem kontekstu in notranjem bivalnem ugodju.

Na splošno lahko rečemo, da arhitektura vrtcev v Sloveniji, tudi na prostorih nekdanje Jugoslavije, nikoli ni bila v ospredju razprav arhitekturne stroke, čeprav je zagotovo vedno zelo aktualna tema. V posameznih republikah nekdanje Jugoslavije so obdelana področja arhitekturne tipologije vrtcev, v Sloveniji pa ne. Poleg tega je bila tematika bivalnega ugodja predmet posameznih raziskav predvsem v Sloveniji, kljub temu pa je še vedno precej neraziskana tema. Po drugi strani pa se številne mednarodne raziskave ukvarjajo s kakovostjo bivanja v stavbah predšolske vzgoje in izpostavljajo zelo močan vpliv različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja (*indoor environmental quality, IEQ*) na razvoj in počutje predšolskih otrok.<sup>5</sup> Večina dosedanjih raziskav je analizirala kakovost notranjega zraka (*indoor air quality, IAQ*) in toplotno ugodje v vrtcih in opozarja na zvišano koncentracija CO<sub>2</sub> kar je osnovni indikator slabe kakovosti zraka. Veliko raziskav o kakovosti notranjega zraka v vrtcih se je ukvarjalo tudi z meritvami koncentracije CO<sub>2</sub>, temu segmentu bo posvečena posebna pozornost znotraj aktivnosti *A2 analiza parametrov kakovosti bivalnega ugodja*.

Veliko sodobnih raziskav se ukvarja z načrtovanjem stavb predšolske vzgoje, ob tem pa upoštevajo nove doktrine, ki izpostavljajo prostor kot učitelja. Ob tem je velika pozornost posvečena prostorni zasnovi in dizajnu vrtčevskih stavb, in sicer:

- Westberg, J. (2019). Designing preschools for an independent and social child: visions of preschool space in the Swedish welfare state. *An International Research Journal*.
- Staples, E. (1971). The Open-Space in Education. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Şahin B., Dostoğlu N. (2012). The Importance of preschoolers' experience in kindergarten design. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 29 (1), 301-320.

---

<sup>5</sup> Avtorji opozarjajo, da se otroci počutijo udobneje pri nižjih temperaturah, kot je predpisano [18]



Skupno vsem dosedanjim raziskavam na različnih področjih je poudarek na dejstvu, da so otroci najbolj ranljiva skupina uporabnikov prostora in naše družine, da so izredno občutljivi na vse vplive grajenega okolja in da je raziskavam povezanim s stavbami predšolske vzgoje potrebno posvečati posebno pozornost. V nadaljevanju bodo ugotovitve obstoječih raziskave z določenih področjih podrobno analizirane.

### **B. pregled raziskav na temo stavb predšolske vzgoje – na prostoru RS**

Največja multidisciplinarna raziskava na prostoru RS ki je obdelovala tematiko stavb predšolske vzgoje, je v okviru raziskovalnega programa »CRP 2016«. <sup>6</sup> Raziskava CRP 2016–2019, Analiza stanja na področju arhitekture javnih vrtcev in šol v Sloveniji – evidentiranje, vrednotenje in varovanje primerov kakovostne (trajnostne) arhitekturne prakse, ki je izvedena na Fakulteti za arhitekturo Univerze v Ljubljani v sodelovanju s Pedagoško fakulteto Univerze na Primorskem, je prvi korak k bolj sistematičnemu pregledu namensko grajenih objektov vrtcev. Cilj raziskave je določitev meril za vrednotenje stavb/prostorov za vzgojo in izobraževanje z interdisciplinarnega vidika (npr. arhitektura in urbanizem, pedagogika, psihologija, medicina, gradbena tehnologija...) ter prepoznavanje glavnih vzrokov za neprimerne posege v obstoječe stavbe. Naloga naj bi opredelila izhodišča za vzpostavitev temeljnih zahtev varovanja ter smernice in navodila za obravnavo kakovostne arhitekture stavb. Rezultati raziskave so uporabni kot strokovna podlaga za sprejemanje strateških odločitev, za odločitve o pripravi izobraževalnih politik, pri vrednotenju in načrtovanju projektov novih stavb ter pri prenovah in drugih posegih v stavbe za vzgojo in izobraževanje.

Raziskovalni projekt obravnava celovito in interdisciplinarno presojo kakovosti javnih vrtcev in šol v Sloveniji, na podlagi katere bodo z interdisciplinarnega vidika izdelane smernice za kakovostno

---

<sup>6</sup> Razpisodajalec: ARRS, št. projekta: V5-1654, nosilec projekta: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, odgovorna oseba: Prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, trajanje projekta: 1.10.2016 - 30.09.2019



zasnovo stavb in prostorov za vzgojo in izobraževanje otrok. Njegov namen pa je prepoznavanje kakovostnih stavb vrtcev v Sloveniji, vzpostavitev mehanizmov varovanja in določitev interdisciplinarnih kriterijev vrednotenja. Ti so temelji za nove smernice načrtovanja in gradnje vrtcev v Sloveniji. Metodo dela omenjenega Ciljno raziskovalnega projekta lahko razdelimo na tri glavne vsebinske sklope: 1. Evidentiranje: celovit pregled in izbor ključnih primerov stavb iz nabora obstoječih stavb po vnaprej določenih kriterijih, 2. Vrednotenje: kaj je pri (izbranih) obstoječih stavbah kvalitetno in zakaj? Prepoznavanje/opredelitev kvalitete prostora/ stavbe z interdisciplinarnega vidika (arhitektura, pedagogika, uporabnik), 3. Varovanje: opredelitev, kako in s kakšnimi načeli ohraniti prepoznane kvalitete. Evidentiranje glavnih normativnih ovir (kaj v predpisih »ruši« prepoznane kvalitete). Projekt tretira šole in vrtce, za potrebe tega projekta pa je pomemben le del raziskave, ki analizira stavbe predšolske vzgoje.

**Pomen projekta:** Prispevek k razvoju arhitekturne stroke: ključnega pomena so rezultati celostne analize in vrednotenja arhitekturne tipologije slovenskih javnih vrtcev in šol, kar v Sloveniji še ni bilo narejeno in predstavlja vzorčen primer evidentiranja tudi za druge oblike javnih institucij (srednje šole, visokošolske zavode, javne knjižnice, ipd.). Raziskava se osredotoča na namensko gradnjo javnih stavb vrtcev. Podrobno obravnava stavbe in prostore vrtcev z namenom določitve meril za načrtovanje kakovostnih stavb. **Zaključek projekta:** Priprava priročnika in potujoča razstava. Priročnik zajema vsebinsko zasnovano priročnika z razlago pomena kakovostne arhitekture vzgojno izobraževalnih stavb, opredelitvijo kriterijev in predstavitev evidentiranih primerov, ločeno za šole in vrtce ter s smernicami in z navodili za obravnavo stavb.

Poleg predstavljenega projekta v Sloveniji najdemo tudi posamezne raziskave ali manjše projekte, svetovanja,<sup>7</sup> strokovne seminarje, okrogle mize podprte s strani MIZS in NIJZ in ostalih inštitucij. Številne so tudi magistrske in diplomske naloge, ki obravnavajo tematiko notranjega bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje:

---

<sup>7</sup> Pomen ergonomskega oblikovanja za otroške vrtce v Arhitektura in gradnja vrtcev: zbornik povzetkov strokovnega seminarja (2014) MIZŠ.

Kukec A, Uršič S. Rezultati meritev merjenja kakovosti zraka v okviru projekta. Delavnica v sklopu projekta Interreg CE InAirQ. Kakovost zraka v notranjih prostorih, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, 18. 10. 2018.



- Poglajen, S. (2018). *Analiza kakovosti notranjega okolja v izbrani vzgojno/varstveni ustanovi s predlogi izboljšav* (magistrska naloga). Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani.
- Pajek, L. (2015). *Integralna ocena udobja igralnic v vrtcih* (magistrska naloga). Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani.
- Dugolin, N. (2015). *Analiza obstoječe OŠ Dobrova z vidika energijske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja* (diplomska naloga). Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani.
- Velikonja, A. (2015). *Variantna analiza prenove vrtca Solkan s kriteriji z skoraj nič-energijske stavbe* (magistrska naloga). Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani.
- Grahek, S. (2012). *Primerjalna analiza ključnih kazalnikov stanja vzdrževanosti objektov vrtca dr. Franceta Prešerna* (diplomska naloga). Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani.

Potrebno je omeniti še 3-letni mednarodni projekt, v katerega se je Slovenija leta 2016 vključila skladno s potrebami po oceni vpliva kakovosti notranjega zraka na zdravje otrok v vzgojno-izobraževalnih ustanovah Evropske unije (EU) in iz nje izhajajočih priporočil ter zakonskih podlag za izvedbo ustreznih ukrepov, v InAirQ (angl. Transnational Adaptation Actions for Integrated Indoor Air Quality Management). Projekt je sicer eksperimentalno tretiral šolske ustanove, vendar so ugotovitve projekta vsekakor pomembne tudi za ta projekt. Projekt je sofinanciral program Interreg CENTRAL EUROPE (CE). Osnovni namen projekta je bil oceniti povezanost med boleznimi dihal, alergijami in opazovanimi onesnaževali (lahkohlapni ogljikovodiki, aldehidi, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub>, UFP, radon in prah) ter mikroklimatskimi parametri (temperatura zraka, relativna vlaga zraka, izmenjava zraka pri različnih stopnjah prezračevanja) v notranjem zraku pri ranljivi populacijski skupini na območju CE. Projekt predstavlja celovit metodološki pristop ocenjevanja vpliva onesnaženosti notranjega zraka na zdravje otrok. REZULTATI - I. V letu 2017-2018 smo izvedli presečno raziskavo tipa HIS (angl. Health Interview Survey) o povezanosti med boleznimi dihal, alergijami in opazovanimi onesnaževali (lahkohlapni ogljikovodiki, aldehidi, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub>, UFP, radon in prah) ter mikroklimatskimi parametri (temperature zraka, relativna vlaga zraka, izmenjava zraka pri različnih stopnjah prezračevanja) v notranjem zraku med otroci starimi 9 let, ki so bili vpisani v 3. razred OŠ v ljubljanski zdravstveni regiji. Z mednarodnim anketnim vprašalnikom,



ki so ga izpolnjevali starši in vsebino katerega smo pred implementacijo prilagodili slovenskemu prostoru, smo pridobili podatke za oceno zdravja in počutja otrok. Meritve kakovosti zraka v učilnicah in na lokaciji zunaj šole (temperatura in relativna vlaga, delci v zraku (PM2.5), CO<sub>2</sub>, aldehidi (formaldehid), VOC - hlapne organske spojine (benzen), NO<sub>2</sub> in radon) smo izvajali vzporedno, in sicer 1 teden na vsaki šoli v obdobju kurilne sezone (13. 11. 2017 - 16. 3. 2018). Vse sodelujoče države so imele enoten protokol meritev (uporaba enakih merilnikov; enak način dela (izbira merilnih mest, način izvajanja meritev, ravnanje z vzorci in transport do laboratorija); analiza v istem certificiranem laboratoriju pri vodilnem projektnem partnerju v Budimpešti, kar je omogočilo skupno predstavitev rezultatov meritev vseh partnerjev in možnost njihove primerjave med partnerji. SWOT analiza je bila uporabljena kot celovito analitično orodje za analizo prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti z vidika kakovosti zraka v izbranih OŠ.

Večina izvedenih raziskav na temo notranjega bivalnega ugodja v Sloveniji poudarja pomanjkljivosti stavb predšolske vzgoje kot so slaba kakovost zraka, neprimerna temperatura, suh zraha v igralnicah ipd. Tematiki kakovosti bivalnega ugodja bo posvečena posebna pozornost znotraj aktivnosti A2 *analiza parametrov kakovosti bivalnega ugodja*.

### **C. pregled raziskav o tipološki klasifikaciji stavb**

V preteklosti je bilo na prostoru Slovenije več poskusov izdelave tipologije stavb, ki so se uporabljale za različne namene: preverjanje energetske sanacije, statistične kategorizacije stavb in preverjanje emisij ogljikovega dioksida. Večinoma so bili poskusi tipoloških klasifikacij usmerjeni na stanovanjski del stavbnega fonda. Med pomembnejšimi je bila sredi 90ih opravljena študija, ki se je osredotočala na energetska sanacija stavb (Boštjančič J, Brezar v, Zupančič D, 1993, Projekt energetska sanacija obstoječih stanovanjskih stavb) in projekt TABULA (gradbeni inštitut ZRMK — enotna evropska struktura tipologije objektov, projekt TABULA, 2012, na podlagi enotne strukture je vsaka država partnerica izdala svojo nacionalno tipologijo stavb).





Danes je področje razvoja arhitekturne tipologije vrtcev sistematično obdelano v posameznih republikah nekdanje Jugoslavije. Republika Srbija ima Nacionalno tipologijo stavb predšolske vzgoje [4], v Bosni pa je publicirana Tipologija javnih zgradb v Bosni in Hercegovini, ki je zajela tudi stavbe predšolske vzgoje. Po dostopnih podatkih v Sloveniji in na Hrvaškem ni podobnih raziskav, ki bi tipološko analizirale in klasificirale stavbe predšolske vzgoje, v kontekstu arhitekturnih lastnosti in lastnosti povezanih z energetske učinkovitostjo stavb skupaj.

Analiza tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v Srbiji (eng. *National typology of kindergarten buildings*)[4] je jasno pokazala prisotnost podobnih tipskih predstavnikov kot v Sloveniji, predvsem iz 70. in 80. let, ko je bilo zgrajeno veliko število podobnih stavb predšolske vzgoje na prostoru nekdanje Jugoslavije (Poglavje 1.1.2, Slika 1.2 in Slika 1.3). Tvrsten sistematični pregled stavb predšolske vzgoje v Srbiji je zajel najprej kronološko klasifikacijo stavb, potem pa znotraj vsake časovne kategorije tipološko klasifikacijo na podlagi različnih lastnosti stavb.

Raziskave, povezane s tipologijo stavb predšolske vzgoje, so za to raziskavo izredno pomembna tema. Zaradi tega so tudi pozorno analizirane in bo njihovim izsledkom posvečena posebna pozornost v nadaljevanju raziskave, posebej v Poglavju 1.3 te raziskave, v katerem bodo slovenski vrtci tipološko klasificirani. Na ta način se bodo zbrani podatki o stavbnem fondu sistematično obdelali, stavbe se bodo klasificirale v določene tipske predstavnike, kar bo platforma za nadaljevanje raziskave, izvajane meritev in razvoj modelov prenove za posamezne tipske predstavnike stavb predšolske vzgoje.

#### **D. pregled raziskav na temo uporabe termoizolacijskih materialov v javnih stavbah**

Številne dosedanje raziskave so se ukvarjale tudi s tematiko termalnega ovoja stavb in posledično tudi z uporabo termoizolacijskih materialov v stanovanjskih in javnih stavbah. V gradbeni industriji je tudi veliko raziskav, ki se ukvarjajo s samimi gradbenimi materiali, kar ima za posledico razvoj številnih izdelkov, dostopnih na trgu. Na podlagi pregleda raziskav o uporabi termoizolacijskih materialov v stavbah oz. javnih stavbah lahko izpostavimo nekatere splošne ugotovitve.



Obstoječi stavbni fond javnih stavb (stavbe predšolske vzgoje, šole, upravne stavbe ipd.) je v Sloveniji in drugod po Evropi iz različnih zgodovinskih obdobj, zaradi česar je nabor stavb zelo pester. Javne stavbe iz različnih obdobj so različno grajene ob različnih veljavnih zakonodajah in nimajo enakih energijskih izhodišč (nimajo enakega toplotnega ovoja, oken, sistemov ogrevanja ipd.), zato je tudi poraba energije v njih različna. Večina je previsoka, saj imajo starejše stavbe slabše toplotno zaščiteno ovoj, ki ni zrakotesen, slabše stavbno pohištvo, ogrevalne sisteme ipd. – zaradi česar prihaja do večjih toplotnih potreb. Pri teh stavbah je tudi energijska sanacija zahtevnejša, saj je hkrati potrebna še gradbena in arhitekturna sanacija. Pri starejših zgradbah se je nekaterim elementom ovoja zgradbe življenjska doba iztekla in so potrebni temeljite prenove. Pri novejših zgradbah so elementi ovoja (fasade) zgradbe zasnovani pravilno, vendar zaradi pomanjkljivosti pri gradnji in izdelavi prihaja do prevelikih toplotnih izgub. Stavbe so tako razvrščene kronološko glede na obdobja in posledično na uporabljene gradbene materiale, konstrukcijo in način gradnje. V nadaljevanju bodo stavbe kronološko predstavljene v različnih obdobjih gradnje kakor tudi lastnosti njihovega termalnega ovoja in način uporabe termoizolacijskih materialov in druge splošne lastnosti, ki so prepoznane na podlagi dosedanjih raziskav v Sloveniji (časovni okvirji so grobo nastavljeni in bodo v nadaljevanju raziskave natančno opredeljeni).

**Gradnja pred letom 1920** - Stavbe grajene pred letom 1920 imajo kamnito-opečne zidove, debele od 38 do 65 cm brez toplotne izolacije, škatlasta okna, in pogosto spomeniško zaščitene fasade, obokane kleti, lesene strome in visoke etažne višine. Toplotna zaščita tovrstnih stavb je precejšnji izziv. Velikokrat se lahko izvaja le z notranje strani, kar ima številne pomanjkljivosti. Stavbe imajo večinoma posebej izdelana škatlasta okna z dodatno zasteklitvijo, potrebno jih je toplotno izolirati in sanirati toplotne mostove, izolirati strop v kleti, strop nad zadnjo etažo oz. streho. Zaradi starosti so te stavbe po navadi potrebne celostne prenove, ki poleg celostne energijske sanacije zajema tudi arhitekturno in statično sanacijo. V delu stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje so tovrstne stavbe zelo redke.

**Gradnja od 1920 do 1945** - Stavbe predvojnega obdobja do leta 1940 so običajno solidno grajene, hkrati slabo vzdrževane, s še vedno debelimi polnimi opečnimi zunanji zidovi 38-45 cm brez toplotne izolacije, večinoma z lesenimi, tramovnimi stropi in z lesenimi okni. V tem obdobju so se



pojavi prvi betonski stropi. Njihove strehe in podstrešja so neizolirani, razen če so bili že prenovljeni in toplotno zaščiteni, vendar pogosto s premajhno debelino toplotne izolacije. Nekatere stave so spomeniško zaščitene in je toplotna izolacija možna le z notranje strani stavbe, pri večini stavb pa je možna izvedba zunanje toplotne zaščite, izolacija stropa nad kletjo in zadnjega stropa, vgradnja pasivnih oken, prezračevanje z rekuperacijo ipd. V delu stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje so tovrstne stavbe relativno redke, vendar jih nekaj je in večinoma niso prenovljene, torej so v izvirni obliki.

**Stavbe od 1945 do 1980** - Stavbe, zgrajene do sredine sedemdesetih let (stanovanjske in javne), so bile grajene v obdobju intenzivne gradnje na prostoru Slovenije in v obdobju pomanjkanja in varčevanja z gradbenimi materiali, to predvsem velja za stanovanjske stavbe, pri javnih stavbah pa je morebitna slabša kakovost posledica večinoma potrebe po hitri in množični gradnji stavb. Stene so stanjšane na 30 cm, izolacijskih materialov ni ali so za današnji standard nezadostni, fasade so preproste. Večina zgradb je grajenih z modularno opeko, kasneje se pojavlja tudi liti beton z nezadostno toplotno izolacijo. V tem obdobju so prisotni tudi začetki montažne gradnje javnih stavb. Danes so tudi te stavbe potrebne temeljite gradbene in energijske sanacije, zamenjave oken in drugih vzdrževalnih ukrepov. Pri stavbah iz tega obdobja je mogoče z minimalnimi dodatnimi investicijskimi posegi doseči občutno zmanjšanje potrebne energije za vzdrževanje bivalnega udobja v objektu. Posledice ukrepov učinkovite rabe in obnovljivih virov energije so toliko bolj vidne pri večnadstropnih stanovanjskih objektih in javnih stavbah.

**Stavbe od 1980 do 2000** - Novi predpisi so v poznih osemdesetih letih že terjali višje zahteve za termalni ovoj stavbe. Grajene so masivne stavbe z dodatnim slojem toplotne izolacije ali pa skeletne s termoizolacijskimi materiali kot fasadnimi polnili. Prevladujoči material za gradnjo večnadstropnih in javnih objektov je beton, zasebne hiše pa so bile grajene stihijsko, predvsem iz opeke. Stanovanjske hiše imajo večje tlorisne površine, nekatere so brez toplotne izolacije ali pa je ta neustrezna. Kot izolacijski material sta se uporabljala pogosto uporabljala siporeks in porolit, redkeje toplotna izolacija. Okna so velika, aluminijasta ali lesena in večinoma neustrezna zaradi enoslojne ali dvoslojne zasteklitve. Energijski in gradbeno – sanacijski ukrepi morajo pri takšnih stavbah temeljiti predvsem na zamenjavi neustreznega stavbnega pohištva in dodatni toplotni izolaciji streh in



stropov ter sanaciji večjih toplotnih mostov, na zrakotesnosti, zvočni zaščiti in uvedbi prezračevanja z rekuperacijo.

**Stavbe grajena po letu 2000** - V devetdesetih letih postaja gradnja javnih oz. stavb vseh namembnosti zelo raznolika. Povečal se je delež opečnih stavb s toplotno izolacijo vseh konstrukcijskih sklopov, zato so stavbe v povprečju še kar dobro izolirane. Vgrajena okna so PVC, lesena in aluminijasta. Povsod prevladuje dvojna zasteklitev, do leta 2000 predvsem »termopan«, po tem pa se uveljavi energijsko učinkovita dvoslojna zasteklitev. Novejši objekti, nekateri zgrajeni že po letu 1990 so bolj toplotno izolirani, zato je smiselno objekt dodatno toplotno izolirati le v primeru, ko so posamezni elementi konstrukcijskih sklopov poškodovani oziroma je predvidena njihova zamenjava. Dodatno je smiselno izolirati le poševno streho nad ogrevanim podstrešjem. Po letu 2002 se je nacionalna zakonodaja na področju učinkovite rabe energije v stavbah bistveno zaostri. V Sloveniji je prvič začel veljati Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES)[5]. Zakonodaja se na področju učinkovite rabe energije v stavbah vedno bolj zaostrojuje. V skladu z Direktivo EU EPBD<sup>8</sup> bodo po letu 2018 vse nove ali obnovljene (večje) javne stavbe morale biti *skoraj nič energijske*, kar dejansko pomeni, da je gradnja novih stavb predšolske vzgoje zahteven proces in predstavlja velik izziv za projektante. V tem smislu so tudi vse dosedanje izkušnje v gradnjah novih pasivnih in energetske varčnih stavb predšolske vzgoje bistvenega pomena, tako v smislu analize primerov dobre prakse, kako tudi v smislu analize številnih izvedbenih in projektantskih napak in ugotovitev v praksi.

#### **E. pregled termoizolacijskih materialov, ki se trenutno uporabljajo na trgu v Sloveniji in tujini. Analiza pregled raziskav na temo uporabe termoizolacijskih materialov v javnih stavbah posameznih vrst izolacij in njihovih tehnoloških lastnosti**

Trenutno so na trgu v Sloveniji dostopni različni kakovostni izolacijski izdelki. Kakovost izdelkov se stalno preverja in izboljšuje. Podjetja, ki proizvajajo termoizolacijske materiale v Sloveniji, izvajajo številne laboratorijske in druge raziskave termoizolacijskih materialov, EPS, XPS in EPP izdelkov ter izdelkov, ki bazirajo na osnovi bitumna, prav tako tudi raziskave v zvezi s sodobnimi okolju prijaznimi

---

<sup>8</sup> Evropska Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2018/844/EU



materiali za toplotno izolacijo. Cilj tovrstnih raziskav je testiranje in razvoj novih produktov. Razvijajo se tudi nove tehnologije, ki prispevajo k razvoju novih materialov za termoizolacijo stavb. Dostopne raziskave se večinoma fokusirajo na same gradbene materiale, eventualno na njihovo uporabo v stanovanjskih stavbah, ki imajo največji delež v stavbnem fondu in ob tem ustvarjene prihranke energije.

Na podlagi analiz ugotovitev obstoječih raziskav, ki so usmerjene v raziskavo toplotnoizolacijskih materialov (veliko jih je izvedel tudi sodelujoči gospodarski subjekt na projektu INTECHLES-) lahko materiale za toplotno izolacijo razvrstimo v tri glavne skupine:

- sintetični materiali: ekspandirani polistiren (EPS), ekspandirani polipropilen (EPP), poliuretanske in fenolne pene, polivinil klorid (PVC) ipd.,
- mineralni: mineralna vlakna (kamena in steklena volna), ekspandirana glina, penjeno steklo ipd.,
- rastlinskega izvora: pluta, lesna vlakna, lan itd., ki so čedalje pomembnejši v kontekstu trajnostnega razvoja in postajajo trend v svetu, v Sloveniji pa njihova uporaba še ni tako zastopana.

Izolacijski materiali so običajno razvrščeni glede na toplotno odpornost (ki jo označujemo z vrednostjo R). Ta prikazuje, koliko je material odporen na toplotne tokove. Višja kot je odpornost, bolj učinkovita je izolacija. Seveda so lastnosti toplotne izolacije odvisne od vrste materiala, njegove debeline in gostote.

Številne raziskave izpostavljajo cilje apliciranja toplotne izolacije na termalni ovoj stavbe:

- Povečanje udobja, saj ni učinka "hladnega zidu", ki nastaja ob zunanjih stenah in ob oknih (temperaturna razlika med površino zidu in sobo naj ne bi bila večja kot 4 °C).
- Zmanjša se tveganje za kondenziranje vlage, ki lahko povzroči škodo na izolaciji stavbe in njeni nosilni konstrukciji, uničevanje barve in nezdrave življenjske



pogoje. Tveganje za kondenzacijo se poveča z nižjimi temperaturami okolice.

- Preprečuje nenadne temperaturne spremembe, ščiti stavbo pred razpokami in toplotnim raztezanjem.
- Izboljša akustiko stavb

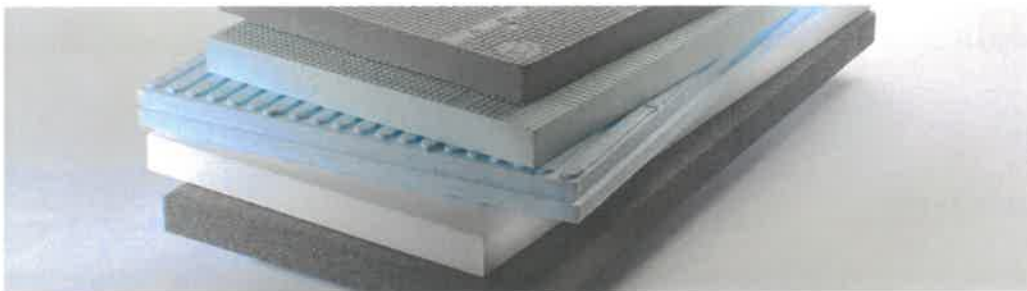
V okviru projekta VRTEC + je narejen pregled obstoječih dostopnih podatkov o termo izolacijskih materialih, ki se trenutno uporabljajo na trgu v Sloveniji in tujini, predvsem v republikah nekdanje Jugoslavije. Analizirani so termoizolacijskih materiali z najbolj razširjeno uporabo v javnih in stanovanjskih stavbah. Analizirane so posamezne vrste izolacij in njihovih tehnoloških lastnosti.

### Termoizolacije EPS

Ekspandirani polistiren (EPS) komercialno imenujemo tudi stiropor. Ekspandirani polistiren izdelujejo iz majhnih kroglic polistirena, pridobljenega iz surove nafte, ki se razširijo do 60x ob segrevanju z vodno paro s pomočjo ekspanzijske snovi (Pentan). Razširjajoče se kroglice polistirena se povežejo skupaj na mestu kontakta, zato ima polistiren deloma odprto porasto strukturo. Porasta struktura, v kateri je ujet mirujoč zrak, daje ploščam nekaj paroprepustnosti in majhno toplotno prevodnost. Ekspandirani polistiren se izdeluje v ploščah (Slika 1.4). V Sloveniji je več kot 80% stavb izoliranih s EPS-om. EPS je odporen proti vodi in vpijanju vlage iz okolice, ki mu tudi navlažitev ne poslabša mehanskih lastnosti. EPS je zdravju in okolju prijazna izolacija, omogoča možnost 100 % reciklaže, obremenitev na okolje je minimalna. Energetsko varčnih stavb in kakovostnih bivalnih prostorov si ne moremo predstavljati brez ekspandiranega polistirena (EPS). V razvitih državah je tako več kot 90 % vseh fasad izoliranih prav s stiroporom, tudi v Sloveniji več kot 80 %. V mnogih konstrukcijskih sklopih je zaradi izjemnih fizikalnih lastnosti nenadomestljiv. Uporabljamo ga povsod, kjer potrebujemo toplotno in zvočno izolacijo zidov, streh, tal in drugih konstrukcijskih sklopov za vse vrste stavb.



Ime "stiropor" je postalo sinonim za izolacijske plošče iz ekspaniranega polistirena s kratko oznako EPS. Lastnost EPS surovine je takšna, da se pod vročino raztegne do 60x. Pri penjenju surovine se v kalupu ustvarjajo veliki pritiski. Zaradi tega in visokih temperatur se material med seboj zvari brez zdravju škodljivih veziv. Medprostor zvarjenih kroglic omogoča ploščam izredno paroprepustnost in majhno toplotno prevodnost zaradi mirujočega zraka, ki je kot tak odličen izolator. Poleg tega je okolju prijazen in je edini toplotno izolacijski material, ki omogoča 100 % recikliranje, saj vsebuje samo en polimer in nima dodatnih veziv ali impregnacij. Glede propustnosti vodne pare je celo boljši od lesa. Zaradi vseh teh lastnosti se stiropor uvršča med univerzalne toplotno izolacijske materiale.



Slika 1.4. Termoizolacija EPS. [Vir: [www.Fragmat.si](http://www.Fragmat.si)]

#### Prednosti termoizolacije EPS

- odličen toplotni in zvočni izolator z odličnimi mehanskimi lastnostmi
- v življenjskem ciklu ne spreminja oblike in lastnosti kot nekatere druge izolacije
- stiroporna izolacija je primerna za celoten ovoj stavbe (temelji, zidovi, strehe)
- idealen za gradnjo nizkoenergijskih in pasivnih hiš
- stiropor je 2-krat bolj paroprepusten kot les;  $\mu\text{EPS}=35 \rightarrow \mu\text{LES}=70$
- ves gradbeni stiropor je samougasljiv, v fasadnem sistemu z zavidljivim požarnim razredom B-d1
- stiropor ohranja svoje vrhunske lastnosti celotno dobo objekta (60 let in več)



- nizek ogljični odtis glede na izolativnost
- enostavna obdelava (brušenje, rezanje, oblikovanje)
- izdelava različnih posebnih oblik in formatov
- agregat za lahke betone
- mehansko odporen na nevihte, poplave in razna zamakanja
- 20 – 30 % cenejša izvedba fasadnega sistema v primerjavi z ostalimi izolacijami
- odlični požarni razred B-d1 v fasadnih sistemih
- stiropor je celo bolj paroprepusten od smrekovega lesa
- hitra povrnitev investicije
- stiropor z leti ne spreminja svojih lastnosti, voda gasilcev mu ne škodi

EPS je ognjevaren v smislu, da se ob prisotnosti ognja topi, vendar je samougasljiv in spada v požarni razred E. Pomembno je poudariti, da ob gorenju vseh izolacij na osnovi nafte nastajajo strupene snovi. Tipična toplotna prevodnost je 0,035 do 0,04 W/mK (AURE, 2003).

### **Termoizolacije PIR**

Visoko izolativna plošča je iz trde poliizocianuratne pene, ki zaradi svoje nizke toplotne prevodnosti omogoča manjše debeline izolacije. Plošče so primerne za različne aplikativne rešitve. Plošče iz trde poliizocianuratne pene so na obeh straneh kaširane z namensko oblogo, ki definira področje uporabe. Plošče imajo v primerjavi z ostalimi klasičnimi toplotnimi izolacijami boljšo toplotno upornost, kar pomeni manjšo potrebna debelina. Posledično so primerne predvsem pri sanacijah, kjer smo omejeni z debelino toplotne izolacije (Slika 1.5).





*Slika 1.5. Termoizolacija PIR. [Vir: [www.Fragmat.si](http://www.Fragmat.si)]*

Plošče so namenjene za različne sisteme ravnih streh ter kot izolacija plavajočih tlakov, možna pa je tudi uporaba v fasadnih sistemih. POLIISO VV je toplotnoizolacijska plošča iz trde poliizocianuratne pene (PIR), na obeh straneh obložena s filcem iz steklenih vlaken. POLIISO AD je toplotnoizolacijska plošča iz trde poliizocianuratne pene (PIR), na obeh straneh obložena z reliefno AL folijo. POLIISO FB je toplotnoizolacijska plošča iz trde poliizocianuratne pene (PIR), na zgornji strani obložena s steklenim filcem z dodatkom mineralnih vlaken, na spodnji s steklenim filcem.

### **Termoizolacije XPS**

Ekstrudirani polistiren je narejen iz staljenega polistirena z dodatkom ekspanzijskega plina (HFC, CO<sub>2</sub>, Pentan), pri čemer je polistirenska masa pod tlakom ekstrudirana skozi šobo, kar povzroči, da se razširi.

XPS je v funkciji "tihega varuha okolja" in lahke izolacije za težke pogoje, kjer visoka tlačna trdnost in odpornost na navzemanje vode poskrbita za brezskrbno vgradnjo na mestih z višjimi zahtevami (Slika 1.6).



Slika 1.6. Termoizolacija XPS. [Vir: [www.Fragmat.si](http://www.Fragmat.si)]

XPS je biološko nevtralen gradbeni material. Zaradi fine strukture majhnih, zaprtih celic je XPS odličen toplotni izolator z izrednimi mehanskimi lastnostmi in nizko stopnjo vpivanja vlage, zato je zelo primeren za vgradnjo na mestih z visoko tlačno obremenitvijo in kjer sta prisotni voda ter vlaga:

- toplotna izolacija zasutih (vkopanih) delov stavb (stene, temelji, temeljna plošča),
- toplotna izolacija t. i. »obrnjenih« in kombiniranih (»duo«) ravnih streh, kjer je toplotna izolacija nad hidroizolacijo,
- tlaki v industrijskih halah itd.

Plošče s strukturirano površino (napolitanka) se lahko vgradijo v t. i. izgubljenem opažu (zalivanje z betonom) in na izpostavljenih mestih (rob medetažne plošče, betonirani vogali, preklade, konzole, stebri) preprečujejo nastanek toplotnih mostov. XPS se uporablja tudi kot izolacijska sredica znotraj stavbnega pohištva (vhodna vrata in okna) ter jedro lahkih montažnih sten.

Dolgoletna uporaba v gradbeništvu je pokazala, da se ob pravilni vgradnji lastnosti XPS ne spreminjajo, torej njegova trajnost presega pričakovano življenjsko dobo objekta, v katerega je vgrajen. Po izteku življenjske dobe je možno 100 % recikliranje, saj je sestavljen le iz polistirena, v celicah pa je zrak. Biološko je nevtralen: nima nikakršnega kemičnega vpliva na naravne procese, prav tako nima hranilne vrednosti za živali in rastline. Prednosti XPS termoizolacij so:



- odporen proti visokim mehanskim obremenitvam
- odporen proti vodi in vlagi, tudi ob stalni izpostavljenosti
- univerzalen izolacijski material za vgradnjo v različne sisteme gradbenih konstrukcij
- odličen v ekstremnih pogojih vgradnje: toplotna izolacija temeljev, izolacija pod temeljno ploščo, vkopani deli stavb, tlaki v industriji, ravne strehe itd.
- majhna specifična teža
- enostavna manipulacija, formatiranje in vgradnja
- možnost izdelave posebnih formatov plošč
- preizkušen material – več kot 60 let uspešne uporabe
- zelo primeren za izdelavo izolacijskih polnil (stavbno pohištvo, bivalne enote, kontejnerji)
- odličen toplotni izolator
- primeren za uporabo v težjih pogojih (stalna vlaga in mesta z visoko tlačno obremenitvijo)
- široko področje uporabe.

Prednost ekstrudiranega pred ekspanimiranim polistirenom je zaprta porasta struktura, zaradi katere ima še nižjo stopnjo vpijanja vlage kot EPS, zaradi česar je nepogrešljiv na mestih v neposrednem stiku z vodo ali zemljo. V primerjavi z EPS je zaradi tega še manj paroprepusten. Ostale lastnosti so podobne, ker je kemična sestava enaka. Njegova toplotna prevodnost je 0,03 do 0,035 W/mK (AURE, 2003).

### **Izolacija iz mineralnih vlaken**

Izolacija iz mineralnih vlaken je obstojna pri visokih temperaturah, kemijsko nevtralna in se ne stara. Mineralna volna je lahko steklena ali kamena.



Obe vrsti mineralne volne se proizvajata pri visokih temperaturah, ko se stopljeno snov razpihava, pri čemer nastanejo vlakna. Ta vlakna se nato povežejo z dodajanjem veziva. Kamena volna se proizvaja iz bazalta in diabaza z dodatkom koksa pri temperaturi 1600 °C. Steklana volna je narejena iz kremenčevega peska z razpihovanjem pri temperaturah okoli 1350°C. Mineralno volno proizvajajo v obliki plošč ali zvitkov. Toplotna prevodnost materiala sega od 0,03 do 0,045 W/mK. Mineralna vlakna se uporabljajo v gradbeništvu, ker so ognjeodporna in pri gorenju ne nastaja dim. V teh izolacijskih materialih se ne naseljujejo živa bitja. Njihova prednost je visoka paroprepustnost, slabost pa je veliko naraščanje toplotne prevodnosti, če pride v materialu do kondenzacije vodne pare. Temu se lahko izognemo z impregnacijo z vodoodpornimi snovmi, ki to preprečujejo. Izolacije iz mineralnih vlaken lahko vsebujejo formaldehidna veziva, ki skozi čas izhajajo v prostor in so škodljiva zdravju, čemur pa se danes podjetja skušajo izogibati z uporabo novih vrst veziv. Izolacije iz mineralnih vlaken so primerne predvsem za stavbe grajene iz poroznih materialov (AURE, 2003).

#### **Poliuretanska pena**

Poliuretan nastane pri reakcijah med izocianati in polioli. Pri teh reakcijah se snov peni in širi. Toplotna prevodnost je od 0,02 do 0,035 W/mK in je najnižja med tradicionalnimi izolacijskimi materiali. Poliuretan je odporen na vlago, plesen in na temperaturne spremembe. Slabost poliuretana je izhajanje strupenih plinov pri gorenju v primeru požara (AURE, 2003).

#### **Celulozni kosmiči**

V zadnjih letih na trgu raste zanimanje za izolacijske materiale, ki so bolj okolju prijazni in imajo boljše energetske lastnosti v smislu razmerja med potrebno energijo za proizvodnjo



materiala in prihranjeno energijo pri uporabi izolacije. Eden od takšnih ekoloških in energetske varčnih materialov je celulozna izolacija, ki je s tehniko razvlaknjevanja narejena iz časopisnega papirja. Celulozna izolacija se lahko vpahuje v prazne prostore različnih gradbenih konstrukcij. Narejena je iz zmletega časopisnega papirja in dodatkov, ki izolaciji dajejo požarno odpornost. Majhni kosmiči papirja so na suho zmešani z aditivi v prahu, ki zmanjšajo gorljivost in preprečujejo razvoj plesni. Ti aditivi so borati in anorganske soli, ki dajejo večjo požarno odpornost. Borati so človeku manj nevarne snovi, zato jih uporabljamo za impregnacijo teh izolacijskih materialov. Toplotna prevodnost je med 0,03 do 0,05 W/mK in je odvisna od gostote materiala po vpihanju (Hurtado in sod., 2015; Vejelic in sod., 2006).

Izolacija iz lesnih vlaken je okolju prijazna, ker je narejena iz obnovljivega materiala, se lahko reciklira ali pa uporabi kot gorivo. Lesnim vlaknom se dodajo mineralna veziva, s čimer se doseže visoka trdnost in negorljivost plošč. Plošče morajo biti zaščitene pred vlago, ker se v primeru kondenzacije močno poveča toplotna prevodnost. Uporablja se predvsem v lesenih konstrukcijah. Takšne plošče imajo nekoliko slabšo toplotno prevodnost. Toplotna prevodnost plošč iz lesnih vlaken se giblje med 0.04 do 0.045 W/mK, odvisna pa je predvsem od gostote (AURE, 2003).

Analiza dosedanjih raziskav je pokazala, da se poleg zgoraj naštetih izolacijskih materialov v gradbeništvu in industriji uporabljajo še: pluta, penjeno steklo, ekspanzirana glina, vermikulit, perlit, slama, trstika, ovčja volna itd. Izolacijske materiale, ki jih uporabljamo v novih stavbah, moramo poleg njihove izolacijske sposobnosti ocenjevati iz okoliškega vidika, za kar običajno uporabljamo njihov okolijski odtis v času celotne življenjske dobe.



## F. pregled raziskav na temo parametrov bivalnega ugodja (in bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje)

Bivalno ugodje v stavbah je zadnji dve desetletji izredno aktualna tema. Otroci so vedno bolj izpostavljeni kot najbolj ranljiva skupina naše družbe, izredno občutljivi na slabo bivalno ugodje v stavbah, zato jim je potrebno posvečati posebno pozornost.

Tematika bivalnega ugodja v slovenskih vrtcih je precej neraziskana, kljub temu da beležimo v Sloveniji nekaj posameznih raziskav s to tematiko. Po drugi strani pa mednarodne raziskave izpostavljajo zelo močan vpliv različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja (IEQ) na razvoj in počutje predšolskih otrok.<sup>9</sup> Večina dosedanjih raziskav je analizirala kakovost notranjega zraka (*indoor air quality, IAQ*) in toplotno ugodje v vrtcih in opozarjala na zvišano koncentracija CO<sub>2</sub>, kar je osnovni indikator slabe kakovosti zraka. Veliko raziskav o kakovosti notranjega zraka v vrtcih se je ukvarjalo tudi z meritvami koncentracije CO<sub>2</sub>. V posameznih evropskih državah so v stavbah predšolske vzgoje izmerjene naslednje povprečne koncentracije CO<sub>2</sub>: Finska 810 ppm [6], Danska 1400 ppm [7], in 640 ppm na Švedskem [8]. V portugalskih vrtcih s slabim prezračevanjem je izmerjena povprečna koncentracija CO<sub>2</sub> 2137 ± 368 ppm, v vrtcih z učinkovitim prezračevanjem 1233 ± 170 ppm [9]. V latvijskih vrtcih je med drugim izmerjena maksimalna koncentracija CO<sub>2</sub> do 1700 ppm v igralnicah s PVC okni in do 1450 ppm v igralnicah z lesenimi okni [10]. V večini vrtcev so torej izmerjene zvišane koncentracije CO<sub>2</sub>, ki so presegale vrednost 1000ppm, izjema so vrtci na Finskem in Švedskem.

Kar se tiče raziskav na prostoru nekdanje Jugoslavije, je bilo v Sloveniji nekaj raziskav usmerjenih na meritve *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje, ki so merile samo trenutne parametre ali krajša časovna obdobja in so bile izvedene v enem dnevu ali v nekaj urah z večkratnimi ponovitvami. Potrebno je izpostaviti, da v našem prostoru manjkajo raziskave s kontinuiranimi meritvami parametrov notranjega bivalnega ugodja. Tudi v Sloveniji raziskave opozarjajo na problem toplotnega neudobja

---

<sup>9</sup> Avtorji opozarjajo, da se otroci počutijo udobneje pri nižjih temperaturah kot je predpisano (Yun, H., et.al., 2014)



in slabe kakovosti notranjega zraka. Raziskava, ki je zajela integralno oceno vseh parametrov notranjega bivalnega ugodja vrtcev v Sloveniji, je pokazala, da je bila temperatura zraka previsoka v 37% igralnic, zrak je bil presuh v več kot polovici analiziranih igralnic, medtem ko je 80% igralnic imelo povprečno izmerjeno vrednost CO<sub>2</sub> več kot 1000ppm [11]. Za prostor nekdanje Jugoslavije ni evidentiranih razpoložljivih raziskav, ki bi primerjale parametre bivalnega ugodja pred prenovno vrtcev in po njej ter ugotovljale, kakšnim pogojem so otroci izpostavljeni v vrtcih pred energetske prenovne in po njej, kar je tudi cilj te raziskave.

Številne raziskave opozarjajo tudi na povezanost učne uspešnosti in kakovosti bivalnega ugodja v stavbah šolske in predšolske vzgoje (kar bo podrobno analizirano v nadaljevanju projekta znotraj aktivnosti A2).

Na podlagi analize trenutnega stanja so identificirani problemi in sumirani dosedanja zaključki. Zaključki dosedanjih raziskav poudarjajo: parametri udobja v večini igralnic niso dosegli zahtevanih oziroma priporočenih vrednosti, kar opozarja na presuh zrak, preveč hrupa in previsoke temperature zraka. Na podlagi analize dosedanjih študij, predvsem mednarodnih, lahko ugotovimo, da je področje toplotnega ugodja precej raziskano vendar problematično.

### **G. pregled raziskav na temo energetske učinkovitosti stavb predšolske vzgoje**

Raziskave na temo energetske učinkovitosti stavb so zadnjih dvajset let v fokusu vseh raziskav znotraj paradigme trajnostnega razvoja. S tematiko energetske učinkovitosti stavb v javnem sektorju se sistematično ukvarja tudi EU, država Republika Slovenija, posledično tudi lokalne samouprave, s čimer se poskuša sistemsko vplivati na izboljšanje energetske učinkovitosti vseh javnih stavb.

Številne raziskave so dokazale, da so stavbe največji posamezni porabniki energije v Evropi, saj porabijo 40 % končne energije. Spodbujanje gradnje energetske učinkovitih stavb in učinkovitih prenov pripomore k doseganju dolgoročnih ciljev razogljičenja izredno neučinkovitega obstoječega evropskega stavbnega fonda. To bo tudi eden pomembnih prispevkov EU k doseganju ciljev glede energetske učinkovitosti za leti 2020 in 2030.



Stavbe v lasti in rabi javnih organov predstavljajo okoli 10 % celotnega stavbnega fonda, posledično imajo stavbe javnega sektorja pomembno vlogo v zmanjšanju rabe energije v stavbah. Organizacije javnega sektorja smejo od leta 2018 naprej kupovati samo energetske varčne stavbe, proizvode in storitve. Vsako leto je potrebno prenoviti 3 % površine stavb v lasti in rabi osrednje vlade ali pa sprejeti alternativne stroškovno učinkovite ukrepe, s katerimi se doseže enako izboljšanje energetske učinkovitosti državnih stavb.

Nekaj znanstvenih prispevkov so objavili slovenski znanstveniki in raziskovalci v mednarodnih revijah. Raziskave se osredotočajo na temo energetske učinkovitost stavb predšolske vzgoje in na temo prenove stavb v kontekstu energetske učinkovitosti. V okviru te raziskave so analizirane ugotovitve obstoječih raziskav:

- Šuman, N., Žigart, M., Premrov, M., Žegarac Leskovar, V. (2019). **Approach to refurbishment of timber preschool buildings with a view on energy and economic efficiency.** *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(1), 27-40. <https://doi.org/10.3846/icem.2019.7593>
- Žigart M., Kovačič Lukman R., Premrov M., Žegarac Leskovar V. (2018). Environmental impact assessment of building envelope components for low-rise buildings. *Energy*, 163 (15), 501-512. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.149>
- Premrov M., Žegarac Leskovar V., Mihalič K. (2016). **Influence of the building shape on the energy performance of timber-glass buildings in different climatic conditions.** *Energy*, 108(1), 201-211. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.027>
- Shalih F., Abdin bin Akasah. Z. (2019). Green Design for the Comfort Environment of Kindergarten Building in Malaysia: A review. [10.1088/1757-899X/601/1/012020](https://doi.org/10.1088/1757-899X/601/1/012020)
- De la Cruz-Lovera C., Perea-Lovera A., De la Cruz-Fernandez J., Alvarez-Bermejo J., Manzano-Agugliaro F. (2017). Worldwide Research on Energy Efficiency and Sustainability in Public Buildings. *Sustainability*, 9(8), 1294. <https://doi.org/10.3390/su9081294>





- Garcia O., S.Alonso R., Prieto J., Corchado j. (2017). **Energy Efficiency in Public Buildings through Context-Aware Social Computing.** *Sensors*, 17(4), 826. <https://doi.org/10.3390/s17040826>
- Annunziata E., Rizzi F., Frey M. (2014). Enhancing energy efficiency in public buildings: The role of local energy audit programmes. *Energy Policy*, 69, 364-373.

Raziskave, povezane s tematiko energetske učinkovitosti stavb, izpostavljajo pomen ovoja stavbe, njegovih komponenti, in njihovega vpliva na rabo energije. Raziskave se ukvarjajo s tematiko energetske učinkovitosti in nasploh trajnosti stavb različnih namembnosti (izjemoma tudi stavb predšolske vzgoje) v kontekstu vpliva na okolico (environmental aspect) in družbeno-sociološkega aspekta (pomen ozaveščanja ljudi, vpliv na splošni razvoj družbe ipd.).

Raziskave se ukvarjajo tudi z oceno gradbenih posegov na okolje v najširšem smislu. Poleg tega so v zadnjem desetletju zelo prisotne raziskave, ki se ukvarjajo s oceno celotnega življenjskega cikla stavbe (eng: lifecycle asesment). Večina raziskav izpostavlja ogromen potencial za energetske prihranke v obnovi obstoječega stavbnega fonda.

## 1.2 Zakonodaja

V sklopu aktivnosti A1 *Teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* je izvedena aktivnost, ki je zajela pregled zakonodaje, pomemben za to raziskavo. V tem poglavju raziskave je zajet splošni pregled mednarodne in nacionalne zakonodaje s področja gradbeništva in energetske učinkovitosti ter pregled zakonodaje na specifičnih področjih pomembnih za tematiko te raziskave, in sicer: 1.2.1) Splošni pregled zakonodaje, 1.2.2) Zakonodaja vezana na tehnične pogoji gradnje stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje in 1.2.3) Zakonodaja vezana na gradbeno-fizikalnih lastnosti stavb in energetske učinkovitost v stavbah.

Pred pričetkom analiz v tem poglavju je potrebno opredeliti osnovne pojme. Zakon je sistem pravnih pravil, ki predstavlja podrobnejšo, vendar vsebinsko še vedno splošno izpeljavo ustave. Podzakonski



pravni akti so vsi drugi splošni akti, ki jih sprejemajo različni državni organi. Sem sodijo splošni pravni akti, ki jih izdajajo zlasti vlada in upravni organi. Med temi akti je najpomembnejša uredba. Poleg uredbe imamo še druge izvršilne splošne pravne akte: vlada sprejema še odloke, upravni organi pa pravilnike, odredbe in navodila. Pravilnik je pravni akt, ki razčlenjuje določila zakona (splošnega akta).

### 1.2.1 Splošni pregled zakonodaje

Slovenija mora kot članica Evropske unije upoštevati predpise, ki so določeni v zakonodaji Evropske unije, med drugim tudi na področju grajenega okolja in gradbenih proizvodov, kjer veljajo v celoti zavezujoči pravni predpisi za vse države članice. DIREKTIVA 2010/31/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb [12] je krovni zakonodajni dokument EU za področje izgradnje in prenove stavb, in so ga v lokalne zakonodaje implementirale vse države članice. Na omenjenem področju je cel niz zakonodajnih aktov, kakor na nacionalni tako tudi na evropski ravni.

Slovenija je prenesla v nacionalno zakonodajo vse zahteve direktive EPBD (Energy performance of buildings directive) in sicer večinoma z določili v Energetskem zakonu (EZ-1) oziroma Zakonu o učinkoviti rabi energije (ZURE) in njegovih podzakonskih aktih, deloma pa tudi z Gradbenim zakonom (GZ) in s podzakonskimi akti.

V okviru raziskovalnega projekta VRTEC+ je pregled zakonodaje usmerjen na poudarke iz področja energetske učinkovitosti in na stavbe predšolske vzgoje, zaradi tega je narejen sistematični pregled veljavne zakonodaje po omenjenih področjih. Hierarhično so prikazani posamezni pravni akti oz. predpisi, ki urejajo področje energetske učinkovitosti stavb (gradbeništvo, notranje bivalno ugodje) in predšolske vzgoje, kot ključne vsebine te raziskave:

- **Gradbeni zakon (GZ)** (Uradni list RS, št. 61/17, 72/17 – popr. in 65/20)
  - Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) (Uradni list RS, št. 52)



- Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (določena v PURES-u)
  - Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02 in 110/02 – ZGO-1)
- **Zakon o vrtcih (ZVrt)** (Uradni list RS, št. [100/05](#) – uradno prečiščeno besedilo, [25/08](#), [98/09](#) – ZIUZGK, [36/10](#), [62/10](#) – ZUPJS, [94/10](#) – ZIU, [40/12](#) – ZUIJF, [14/15](#) – ZUUJFO in [55/17](#))
  - Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10 in 47/13)
- **Zakon o učinkoviti rabi energije (ZURE)** (Uradni list RS, št. [158/20](#))
  - Pravilnik o metodologiji za izdelavo in vsebini energetskega pregleda (Uradni list RS, št. 41/16) (predpisuje podrobnejšo vsebino in obliko energetskih izkaznic stavbe, metodologijo za izdajo energetske izkaznice ter vsebino podatkov, način vodenja registra energetskih izkaznic in način prijave izdane energetske izkaznice za vpis v register)
  - Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Uradni list RS, št. 92/14 in 47/19)
  - Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo (Uradni list RS, št. 35/2008)
  - Pravilnik o metodologiji za izdelavo in vsebini energetskega pregleda (Uradni list RS, št. 41/16).

Aktualne razmere na družbenem, tehnološkem, okolijskem in pedagoškem področju na začetku 21. stoletja postavljajo sedanje stavbe za vzgojo in izobraževanje pred velike izzive. Spreminjajo se prostorski normativi, ki zahtevajo večje površine, pojavljajo se potrebe po prilagodljivih in raznovrstno zasnovanih prostorih. Zaostrene pa so tudi zahteve po energijski učinkovitosti, protipotresni, požarni in splošni varnosti, po neovirani dostopnosti itd. Te zahteve so prenesene v številne, neusklajene normative (pravilniki, smernice, standardi), ki podrobno urejajo področje načrtovanja, gradnje in uporabe stavb za vzgojo in izobraževanje. Področje načrtovanja, gradnje in prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji se izvaja na podlagi veljavnega Gradbenega zakona in



Zakona o vrtcih. Oba zakona se sklicujeta na uporabo pravilnikov, čigar vsebina je izrednega pomena za to raziskavo. Dva ključna pravilnika bosta predstavljena v nadaljevanju.

### **Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah**

Dne 1.7.2010 je v Sloveniji stopil v veljavo PURES 2010 (Uradni list RS, št. 52 z dne 30.6.2010), ki je začel veljati 1. januarja 2011. Pravilnik je pravzaprav prenos zahtev, usmeritev in priporočil evropske zakonodaje na uporabno raven in njihova formalizacija v lokalnem pravnem sistemu. Najstarejša pravna podlaga za PURES 2010 je direktiva o gradbenih proizvodih 89/106/EEC iz leta 1988. Ta obravnava temeljne zahteve za elemente, ki so za stalno vgrajeni v objekte, in za bivalne pogoje v grajenem okolju. Druga pravna podlaga je prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU. Ta obravnava večanje energetske učinkovitosti v stavbah z namenom zmanjšanja odvisnosti EU od uvožene energije. Tretja podlaga je direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES.

V času trajanja oz. izvedbe projekta je stopil v veljavo novi *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 70/22 in 161/22)*, s katerim so zahtevi do energetske učinkovitosti u stavbah dodatno zaostreni, sicer je aktivnost bila izvedena v času veljave PURES 2010 (Uradni list RS, št. 52 z dne 30.6.2010) in je v analizah takratna zakonodaja uporabljena kot relevantna.

PURES se v slovenski pravni red prenese na podlagi GZ in določila Direktive EPBD. Z njim se prenesejo tudi minimalne zahteve za učinkovito rabo energije pri novogradnjah in večjih prenovah stavb ter o načinu računa rabe energije v stavbah. K pravilniku sodi tudi tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije, ki določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za dosego zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna.

Smernice PURES-a zajemajo zahteve po zmanjšanju rabe energije, zmanjšanju izpustov CO<sub>2</sub>, povečanju energijske učinkovitosti in povečanju rabe obnovljivih virov. Kljub temu, da nas direktiva v polni meri ne zavezuje, smo pri obnovi obstoječih stavb dolžni poskrbeti za vse ukrepe, ki izboljšajo energetske učinkovitost stavbe.



Pravilnik se uporablja pri:

- Pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji, kjer se posega v najmanj 25 % površine toplotnega ovoja stavbe, oziroma se zamenjuje 25% sistemov v njej.
- Pri rekonstrukciji, ki posega na manj kot 25 % površine toplotnega ovoja stavbe, pri investicijskih vzdrževalnih delih, ki posegajo na več kot 25 % površine toplotnega ovoja stavbe, oziroma pri gradnji ali rekonstruiranju stavbe z bruto tlorisno površino manjšo od 50 m<sup>2</sup>, morajo biti dela izvedena tako, da so izpolnjene zahteve glede toplotne izolacije.
- Pri rekonstrukciji stavb, kjer se zamenjuje manj kot 25% sistemov v stavbi in pri vzdrževalnih delih na sistemih, podsistemih in njihovih elementih.

Ključni elementi pravilnika PURES 2010 so: predpisuje minimalne zahteve glede energijske učinkovitosti za novogradnje in večje prenove stavbe v skladu z Direktivo EPBD, uvaja tehnično smernico z računsko metodologijo za določanje energijskih kazalnikov stavb, ki se uporablja tako v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah kot v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Pures 2010 uvaja obvezno rabo OVE (obnovljivih virov energije – sončno obsevanje, biomasa, geotermalna energija in energija vetra ), ki v 8. členu zahteva, da moramo imeti v vsaki stavbi vsaj 25% potreb za gretje, hlajenje, pripravo tople vode in pogon naprav posamično ali skupno iz obnovljivih virov energije.

Najpomembnejša izhodišča za sistemsko reševanje vprašanja računanja potrebne energije v stavbi so še v dokumentu SIST-TP CEN/TR 15615:2008 (razlaga splošne povezave med različnimi standardi CEN in direktivo o energetske učinkovitosti stavb (EPBD) - krovni dokument), kjer je postopek računa razporejen na tri stopnje: na račun neto energije stavbe, račun v stavbo dovedene energije in račun kazalcev celotnega energetskega odziva stavbe, ter v SIST EN ISO 13790, energetske odziv stavb, račun potrebne energije za gretje in hlajenje s spremljajočimi standardi.

#### **Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca**

Področje predšolske vzgoje, ki jo izvajajo javni in zasebni vrtci v RS, ureja Zakon o vrtcih, na podlagi katerega Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (2010,



Spremembe 2016) določa tehnične lastnosti za objekte, igrišča in opremo (prvič je začel veljati 2000, Uradni list RS 73 (2000)).<sup>10</sup>

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca, ki podrobno določa normativne in tehnične okvire za nove objekte (Minimalne prostorske, funkcionalne in tehnične zahteve za načrtovanje in gradnjo vrtcev) velja od leta 2000. Pred tem v Sloveniji ni bilo krovnega predpisa, ki bi celostno določal okvirje za načrtovanje, čeprav se je namenska gradnja javnih vrtcev začela že po drugi svetovni vojni in v večjem obsegu nadaljevala v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Zasnova objektov, grajenih v različnih zgodovinskih obdobjih, je bila odraz takratnih splošnih družbenih, pedagoških, tehnoloških in podobnih razmer, zahtev oziroma zmožnosti. Posamezni objekti so bili kljub odsotnosti normativov načrtovani kot arhitekturne inovacije in celo kot novi eksperimenti, ki so ustrezno odgovorili na takratne izzive in postavili zgled.

### **Veljavna zakonodaja RS/EU**

Slovenija vse svoje zakonske in podzakonske akte določa v skladu z veljavno zakonodajo EU. Vse direktive EU morajo države EU prenesti v svojo nacionalno zakonodajo, kar seveda velja tudi za Slovenijo. To posledično pomeni da mora RS izpolniti številne cilje, in slediti zakonodaji EU, ki zahteva spremembe v različnih sektorjih.

Evropska zakonodaja predstavlja okvir za vrsto aktivnosti, ki danes zaznamujejo visoko energijsko učinkovito gradnjo kot prenovo obstoječih stavb, seveda pa tudi energijsko učinkovitost v fazi uporabe stavb (z zahtevami glede energetskih izkaznic, energijskih nalepk in z zahtevami za okoljsko in energijsko učinkovito zasnovo proizvodov povezanih z energijo – npr. gospodinjski aparati, grelniki, hranilniki, obtočne črpalke ipd.). Za to raziskavo so najpomembnejše Direktive s področja

---

<sup>10</sup> Pravilnik temelji na evropski direktivi EU 92/241/EEC iz leta 1999, na podlagi katere je v Sloveniji sprejet Zakon o vrtcih (ZVrt), Uradni list RS 100/05



energetske učinkovitosti: Direktiva o energetske učinkovitosti (EED),<sup>11</sup> Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD),<sup>12</sup> Direktiva o energijskih nalepkah<sup>13</sup> in Direktiva o okoljsko primerni zasnovi izdelkov, povezanih z energijo.<sup>14</sup>

V nadaljevanju bodo še posebej izpostavljene direktive EU, pomembne za področje prenove, izgradnje in energetske učinkovitosti javnih stavb.

Prenos [Direktive 2012/27/EU](#) o energetske učinkovitosti zahteva, da je potrebno do leta 2020 doseči 20 % izboljšanje energetske učinkovitosti; stavbe predstavljajo 40 % končne porabe energije. Direktiva določa, da morajo države članice pripraviti dolgoročno strategijo za spodbujanje naložb energetske prenove stavb. V novem energetske zakon (EZ-1) je dana pravna podlaga, da Vlada na predlog ministrstva, pristojnega za energijo in ministrstva, pristojnega za sistem ravnanja s stvarnim premoženjem, sprejme dolgoročno strategijo za spodbujanje naložb v energetske prenovo nacionalnega fonda javnih ter zasebnih stanovanjskih in poslovnih stavb. Strategija mora obravnavati stroškovno učinkovite celovite prenove, ki vodijo v takšno končno stanje, ki glede na izhodiščno bistveno zmanjša porabo energije, s tem pa se doseže zelo visoka energetske učinkovitost. Glede na to, da se stanje tehnike ter cene stavbnih sistemov in energije nenehno spreminjajo, je nadalje določeno, da se strategija posodablja vsaka tri leta. Direktiva vzpostavlja več ukrepov, med katerimi ima vodilno vlogo javni sektor. Stavbe v lasti javnih organov predstavljajo cca 10 % celotnega stavbnega fonda. Organizacije iz javnega sektorja bodo od leta 2018 naprej lahko kupovale samo

---

<sup>11</sup> DIREKTIVA 2012/27/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 25. oktobra 2012 o energetske učinkovitosti, spremembi direktiv 2009/125/ES in 2010/30/EU ter razveljavitvi direktiv 2004/8/ES in 2006/32/ES

<sup>12</sup> Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev)

<sup>13</sup> DIREKTIVA 2010/30/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o navajanju porabe energije in drugih virov izdelkov, povezanih z energijo, s pomočjo nalepk in standardiziranih podatkov o izdelku (prenovitev)

<sup>14</sup> Direktiva 2009/125/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. oktobra 2009 o vzpostavitvi okvira za določanje zahtev za okoljsko primerno zasnovo izdelkov, povezanih z energijo (prenovitev Direktive 2005/32/ES in sprememba Direktive Sveta 92/42/EGS ter Direktiv 96/57/ES in 2000/55/ES) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 6. julija 2005, ki je bila spremenjena z Direktivo 2012/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2012 o energetske učinkovitosti, spremembi direktiv 2009/125/ES in 2010/30/EU ter razveljavitvi direktiv 2004/8/ES in 2006/32/ES



energetsko varčne stavbe, proizvode in storitve. Vsako leto pa bo potrebno prenoviti 3 % površine stavb v lasti in rabi osrednje vlade ali pa sprejeti alternativne stroškovno učinkovite ukrepe, s katerimi se doseže enako izboljšanje energetske učinkovitosti državnih stavb. Energetski zakon (EZ-1) daje podlago, da bo Vlada v podzakonskem predpisu določila, na katere javne stavbe se ta obveznost nanaša.

V skladu z Direktivo EU EPBD po letu 2018 so vse nove ali obnovljene (večje) javne stavbe morale biti *skoraj nič energetske*: oskrba energijsko varčnih stavb z energijo za ogrevanje, prezračevanje, hlajenje, TSV in osvetlitev pretežno s pretvarjanjem obnovljivih virov energije na stavbi sami ali v bližini stavbe.

Na podlagi evropske in nacionalne zakonodaje je Vlada RS sprejela "Dolgoročno strategijo za spodbujanje naložb energetske prenove stavb". Strategija določa sledeče operative cilje do leta 2020 oz. 2030. Na podlagi strategije so določene tudi Smernice za izvajanje ukrepov izboljšanja energetske učinkovitosti v stavbah javnega sektorja po principu energetskega pogodbeništvu in Smernice za energetsko prenovo stavb kulturne dediščine.

Zahteva zakonodaje RS dodatno prispeva h kompleksnosti načrtovanja stavb predšolske vzgoje tudi s številnimi določili poslovanja v RS kot je Zakon o javnem naročanju, (Uradni list RS, št. 91/15 in 14/18) v povezavi z utečenim principom delovanja javnih služb, ki so obvezni del protokola, ko gre za javne stavbe. Princip izbora najugodnejše ponudbe po kriteriju najnižje cene ni tisto, kar je vedno optimalna izbira za prenovo posamezne stavbe in to, kar otrok potrebuje.

### 1.2.2 Zakonodaja vezana na tehnične pogoje gradnje stavb

V tem segmentu raziskovalnega projekta je analizirana zakonodaja, ki obravnava tehnične pogoje gradnje in prenove stavb predšolske vzgoje, pomembne za kontekst tega raziskovalnega projekta. Za to raziskavo so pomembni zakonski in podzakonski akti vezani predvsem na: **splošne tehnične pogoje gradnje in prenove stavb ter specifične tehnične pogoje v zvezi z gradnjo in s prenovo stavb predšolske vzgoje**, ki so predstavljeni v tabeli (Tabela 1):





Tabela 1.1. Pregled slovenske zakonodaje vezane na tehnične pogoje gradnje in prenove stavb.

vsebina	zakonski in podzakonski akti
<b>Splošni tehnični pogoji gradnje in prenove stavb</b>	
- splošni tehnični pogoji za graditev in prenovo stavb	GZ (Uradni list RS, št. 61/17, 72/17 – popr. in 65/20)
	PURES (Uradni list RS, št. 52)
	Tehnična smernica TSG-1-004:2010
	Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02 in 110/02 – ZGO-1)
	Zakon o gradbenih proizvodih (Uradni list RS, št. <a href="#">52/00</a> , <a href="#">110/02</a> – ZGO-1 in <a href="#">82/13</a> – ZGPro-1)
<b>Specifični tehnični pogoji gradnje in prenove stavb predšolske vzgoje</b>	
- posebni tehnični pogoji za graditev in prenovo stavb predšolske vzgoje	Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17)

Leta 2016 je v veljavo stopil Pravilnik o spremembah Pravilnika o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca – Uradni list RS, št. 74/2016.

Posamezni zakonski akti so posebej analizirani zaradi pomena njihove vsebine za to raziskavo in pa tudi zaradi kompleksnosti same vsebine, ki jo obravnavajo, in sicer zakonski akti, ki zagotavljajo - predpisujejo specifične tehnične pogoje za gradnjo oz. prenovo stavb predšolske vzgoje in tehnične smernice, pomembne za aspekt energetske učinkovitosti stavb.

#### Tehnični pogoji gradnje stavb predšolske vzgoje skozi zgodovino

Že zakonodaja iz obdobja Avstro-Ogrske monarhije (Ministrski razpis o »otroških vrtcih in tem sorodnih zavodih« iz leta 1872 (Pavlič, 1990)), ki je omogočala ustanavljanje vrtcev (ob osnovnih šolah) na območju Slovenije, je ustanoviteljem, poleg usposobljenosti osebja in opreme, predpisovala pogoje glede fizičnega prostora za varovanje predšolskih otrok. Otrokom je bilo treba zagotoviti varen dostop, prostori so morali biti zdravi in primerno osvetljeni, morali so imeti dovolj



prostora za neovirano gibanje, vrt in igrišče ali vsaj velik zavarovan prostor. Zahtevani so bili prostori za igranje, kuhinja, jedilnica, spalnica, umivalnica, pralnica za osebje in stanovanje za vzgojiteljico. Zakon o narodnih šolah (Kraljevina SHS, 1929), ki je urejal tudi prostore za predšolske otroke in je večinoma povzemal zakonodajo Avstro-Ogrske monarhije, je za prostore dnevnega otroškega zavetišča predpisoval od 6 do 8 m<sup>3</sup> prostora za vsakega otroka, za 30 – 40 otrok dve ločeni sobi za igro (zabavišče) ter jedilnico in prostor za počitek. Čeprav so bila določila tega zakona v mnogih pogledih le načelna, so s programsko zasnovo, opredelitvijo volumna prostora in omejitvijo števila otrok na sobo pomenila izhodišče za načrtovanje objektov v kasnejših obdobjih.

Ob začetku množične gradnje vrtcev v Sloveniji ni bilo podrobnih pravilnikov za načrtovanje prostorov vrtcev, zato so se arhitekti opirali na pravila preteklih obdobj, ki so jih nadgrajevali s tujimi zgledi (mnogokrat skandinavski vzori), s sodelovanjem s pedagogi/uporabniki ter medicinsko stroko, ki je skrbelo za zdravstveno-higienski režim v vrtcih. Načrtovanje vrtcev je v tem obdobju potekalo raziskovalno in predvsem interdisciplinarno, kar se je odražalo na novih rešitvah, ki še danes veljajo za preišljene in pogosto zelo inovativne.

Določitev velikosti prostorov za otroke je eden izmed zelo pomembnih parametrov, ki ga določa veljavna zakonodaja. Ob spreminjanju normativov glede notranje tlorisne igralne površine na otroka so se spreminjali tudi normativi glede prostornine oz. volumna notranjega prostora na otroka. V letu 1929 so v izračunu prostornine upoštevali dva osnovna prostora za otroke (prostor igralnice - »zabavišča« in prostor jedilnice/prostora za počitek), v letu 2000 pa so v izračun vključene vse površine, namenjene vzgojnim dejavnostim otrok v stavbi vrtca (kot posledica kontinuiranih prostornih stisk so se normativi v preteklosti spreminjali in zmanjševali).<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Leta 1929 : od 6 do 8 m<sup>3</sup>/otroka (Zakon o narodnih šolah, Kraljevina SHS). Leta 2000: min 9 m<sup>3</sup>/otroka do 12 m<sup>3</sup>/otroka (Uradni list RS, št. 73). Osnova za izračun v letu 2000 (pravilnik je še v veljavi) je 22 otrok na oddelek; 4 m<sup>2</sup>/otroka, ne manj kot 3 m<sup>2</sup>/otroka; višina prostora 3 m. V notranjo igralno površino so vključene vse površine, namenjene vzgojnim dejavnostim otroka v stavbi, npr. igralnica, dodatni prostor za dejavnosti otrok, osrednji prostor. Če v izračunu upoštevamo le igralnico, ki je osnovni prostor, v katerem se zadržujejo otroci večino časa, ki ga preživijo v vrtcu, vidimo, da je prostornina oz. volumen notranjega prostora igralnice na otroka bistveno manjši in primerljiv s predpisi iz leta 1929. Velikost igralnice 60 m<sup>2</sup>, 22 otrok na oddelek, višina igralnice 3 m: 8,18 m<sup>3</sup>/otroka, Velikost igralnice 55 m<sup>2</sup>, 22 otrok na oddelek, višina igralnice 3 m: 7,50 m<sup>3</sup>/otroka. Kljub temu da je osnova za izračun 22 otrok na oddelek, je število otrok v



### Tehnična smernica TSG-1-004:2010 – Učinkovita raba energije

Tehnična smernica TSG-1-004:2010 je bistvenega pomena za to raziskavo, izdalo jo je leta 2010 Ministrstvo za okolje in prostor na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov [13]. Poleg trenutno veljavnega GZ se tudi PURES sklicuje na sprejete tehnične smernice, zato je dokumenta potrebno obravnavati v tesni povezavi. Velja omeniti, da sam pravilnik podaja minimalne tehnične zahteve za posamezne konstrukcijske sklope in sisteme ter omejuje rabo energije z zagotavljanjem obveznega deleža obnovljivih virov energije.

Tehnična smernica TSG-1-004:2010 vsebuje nekatere tehnične pogoje, ki jih je potrebno upoštevati ob prenovi in izgradnji stavb, zato so izrednega pomena za to raziskavo. Ta smernica predpisuje največje dovoljene toplotne prehodnosti posameznih elementov termičnega ovoja in ločenih elementov delov stavbe. V preglednici (Tabela 1.2) so prikazane predpisane največje toplotne prehodnosti za projektiranje in so uporabne za prehod toplote v stacionarnem stanju. Z njimi računamo toplotne izgube stavb, ki so osnova za dimenzioniranje ogrevalnih naprav.

*Tabela 1.2. Največja dovoljena toplotna prehodnost posameznih pomembnejših elementov stavbe,  $U_{max}$  (Tehnična smernica TSG-1-004:2010).*

gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{max}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom (lahke stene)	0,20
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom - manjše	0,60
stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,30
stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim	0,70
notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori	0,90
zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
vertikalna okna in balkonska vrata	1.30

oddelkih večinoma višje (24 otrok), velikost igralnic pa večinoma 55 m<sup>2</sup>. Velikost igralnice 55 m<sup>2</sup>, 24 otrok na oddelek, višina igralnice 3 m: 6,87 m<sup>3</sup>/otroka.



### **1.2.3 Zakonodaja vezana na gradbeno-fizikalne lastnosti stavb in energetske učinkovitosti v stavbah**

Ta segment raziskovalnega projekta analizira zakonske in podzakonske akte, ki obravnavajo posamezne gradbeno-fizikalne lastnosti stavb in energetska učinkovitost stavb, pomembni za kontekst tega raziskovalnega dela. V preglednici (Tabela 1.3) so zbrani zakonski in podzakonski akti pomembni za to raziskavo, ki obravnavajo naslednje vsebine: **splošne gradbeno-fizikalnih lastnosti stavb (lastnosti konstrukcije, vgrajenih materialov in sistemov v stavbi), energetska učinkovitost stavb v stavbah in kakovosti notranjega bivalnega okolja.**



Tabela 1.3. Pregled slovenske zakonodaje vezane na gradbeno-fizikalne lastnosti stavb in energetska učinkovitost.

vsebina	zakonski in podzakonski akti
<b>Splošne gradbeno-fizikalnih lastnosti stavb</b>	
- graditev stavb - splošno	GZ (Uradni list RS, št. 61/17, 72/17 – popr. in 65/20)
- gradbeni materiali	PURES (Uradni list RS, št. 52)
- toplotni mostovi in difuzije vodne pare	Tehnična smernica TSG-1-004:2010
	Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02 in 110/02 – ZGO-1)
	Zakon o gradbenih proizvodih (Uradni list RS, št. <a href="#">52/00</a> , <a href="#">110/02</a> – ZGO-1 in <a href="#">82/13</a> – ZGPro-1)
<b>Energetska učinkovitost stavb</b>	
- energetska učinkovitost	Zakon o učinkoviti rabi energije (ZURE) (Uradni list RS, št. <a href="#">158/20</a> )
- energetska učinkovitost stavb	GZ (Uradni list RS, št. 61/17, 72/17 – popr. in 65/20)
	PURES (Uradni list RS, št. 52)
- energetske izkaznice	Tehnična smernica TSG-1-004:2010
- hlajenje/ogrevanje	Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02 in 110/02 – ZGO-1)
	Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Uradni list RS, št. <a href="#">92/14</a> , <a href="#">47/19</a> in <a href="#">158/20</a> – ZURE)
	Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52/10 in 61/17 – GZ)
	Pravilnikom o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št.73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10 in 47/13)
<b>Kakovosti notranjega bivalnega okolja</b>	
- splošne-notranje bivalno ugodje v stavbah	Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10 in 47/13)
- notranje bivalno ugodje v stavbah predšolske vzgoje	Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02)
- toplotno udobje	SIST EN 7726 -Toplotna okolja - instrumenti in metode za merjenje fizikalnih veličin.
- kakovost notranjega zraka	SIST EN 12831:2004 - Ogrevalni sistemi v stavbah - Metoda izračuna projektne toplotne obremenitve
	SIST EN 15251:2007 – Merila notranjega okolja za načrtovanje in ocenjevanje toplotnih lastnosti stavb z upoštevanjem notranje kakovosti zraka, toplotnega okolja, svetlobe in hrupa



Posamezni zakonski akti so posebej analizirani zaradi pomena njihove vsebine za to raziskavo in pa tudi zaradi kompleksnosti same vsebine, ki jo obravnavajo, in sicer zakonski akti, ki zagotavljajo - predpisujejo notranje bivalno ugodje v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji.

### **Zakonska podlaga (zahteve in priporočila) za zagotavljanje notranjega bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje**

Notranje bivalno ugodje je zelo kompleksna tema in je pogojeno s številnimi dejavniki, kar bo tudi podrobno analizirano v AKTIVNOSTI II tega raziskovalnega projekta. V segmentu zakonodaje so zelo splošno predstavljeni zakonodajni akti, ki direktno ali indirektno določajo posamezne parametre notranjega bivalnega ugodja: kakovost notranjega zraka in toplotno ugodje v stavbah.

**Kakovost notranjega zraka** v stavbah predšolske vzgoje je čedalje bolj izpostavljena kot izredno pomemben dejavnik za zdravje otrok. Glede na vsa izpostavljena dejstva v zadnjih dveh desetletjih o pomembnosti zraka, ki ga dihamo, je presenetljivo, da **v Sloveniji nimamo nobene posebne uredbe ali predpisa o kakovosti zraka v zaprtih prostorih**. Tematiko kakovosti notranjega zraka zajemajo posamezni zakonodajni akti s področja energetske učinkovitosti stavb ali stavb predšolske vzgoje.

Potrebno je poudariti, da je zrak v prostorih, v katerih bivajo majhni otroci še toliko bolj pomemben, kljub temu pa **v Sloveniji nimamo tudi nobenega posebnega predpisa ali uredbe, ki bi urejala kakovost zraka v prostorih stavb predšolske vzgoje**. Po drugi strani pa so kakovost zunanjega zraka in dovoljene mejne vrednosti posameznih plinov in trdnih delcev v zunanjem zraku v RS zelo natančno določeni.

Nadzorovana kontrola kakovosti notranjega zraka se v Sloveniji izvaja zgolj v delovnih okoljih, kjer so zaposleni zaradi vrste dela neposredno izpostavljeni različnim hlapnim snovem, za kar je pristojen laboratorij za ekologijo in toksikologijo na Zavodu za varstvo pri delu. V javnih, poslovnih in tudi stanovanjskih stavbah ni kontrole kakovosti zraka, prav tako je ni v slovenskih vrtcih. Dejansko to pomeni, da morajo za boljšo kakovost notranjega zraka, vsaj kolikor lahko vplivajo nanjo, poskrbeti sami uporabniki prostora.



Področje kvalitete notranjega zraka v Sloveniji opredeljuje *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji*, ki je pri nas v veljavi od leta 2002. V njem so zapisane tiste osnovne zahteve za kvaliteto zraka, ki zaradi starosti dokumenta predstavljajo minimum, ki ga je potrebno zadostiti za normalno, zdravo bivanje in nemoten učni proces v vzgojno-varstvenih ustanovah. Pravilnik opredeljuje kakovost notranjega zraka s sledečimi parametri: temperatura, relativna vlažnost, občutek pretoka zraka, koncentracije različnih onesnaževal (CO<sub>2</sub>, CO, trdni delci (predvsem PM10), radon, formaldehid, amonijak, hlapne organske snovi in ozon) ter hrupnost. Pravilnik za CO<sub>2</sub> predpisuje dopustno vrednost 3000 mg/m<sup>3</sup> (=1667 ppm). Poleg tega so v prilogi 2 Pravilnika stavb navedeni standardi, ki vplivajo na kakovost notranjega zraka in so postali obvezni po objavi v pravilniku: Metoda za izračun ventilacijskih izgub račun: SIST EN ISO 13789:2008, Metoda za določanje zrakotesnosti ovoja: SIST EN ISO 9972:2015, Prezračevanje zgradb - Merila za projektiranje notranjega okolja SIST CR 1752:1999.

Ključni zakonski akt, ki obravnava tematiko predšolske vzgoje v Sloveniji *Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca* določa posamezne parametre notranjega bivalnega ugodja (v 12. členu pravilnik določa, da je dopustna vlažnost zraka pri temperaturi zraka med 20 do 26 C od 30 do 70%, 17. člen pa določa, da je dovoljena temperatura tal med 17 in 26 C in v 3. členu je določeno, da se temperatura zraka v prostoru meri na sredini prostora na višini 1,1m) medtem ko koncentracije CO<sub>2</sub> v prostorih vrtcev pravilnik ne določa.

Pomemben zakonski akt v Sloveniji, ki se osredotoča med drugim na področje kakovosti notranjega zraka je tudi *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb*, ki na splošno določa, da mora biti zrak v prostoru svež in prijeten, brez vonjav in ne sme ogroziti zdravja ljudi v prostoru. Pravilnik tudi določa najmanjši potrebni vtok zunanjega zraka na osebo v prostorih ter da zdravju škodljive koncentracije snovi v zraku ne smejo presegati vrednosti iz standarda SIST CR 1752.

Toplotno ugodje v stavbah je v tej raziskavi zajeto z analizo dveh ključnih parametrov toplotnega ugodja v stavbah: notranja temperatura zraka in zračna vlaga. **Notranja temperatura zraka  $T_{ai}$  [°C]** v prostorih vrtcev je v Sloveniji določena s *Pravilnikom o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca*, ki predpisuje temperaturo zraka vsaj 20 °C, maksimalne temperature zraka pa ne omejuje. *Pravilnik o klimatizaciji stavb* določa parameter za toplotno ugodje sedeče osebe v



bivalni coni, in sicer temperaturo zraka v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C, priporočljivo 20 °C do 22 °C. Mednarodni standardi, ki za slovensko zakonodajo niso obvezujoči kot je npr. ASHRAE standard, ki priporoča obseg notranje temperature zraka med 23-26°C in relativne zračne vlage med 30 in 60%. **Relativna vlažnost zraka**  $RH_{ai}$  [%] je v stavbah predšolske vzgoje tudi določena s *Pravilnikom o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca*. Področje prezračevanja in z njim povezanimi parametri so v pravilniku določeni na način, da mora biti prezračevanje urejeno skladno z veljavnimi tehničnimi predpisi, torej skladno s *Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb*, ki določa, da je pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C območje dopustne relativne vlažnosti med 30 % in 70 %. Pravilnik določa tudi, da je potrebno dodatno mehansko prezračevanje pri garderobah in sanitarijah za otroke. Idealna vlažnost zraka v prostorih, kjer se zadržujemo čez dan, je med 45 in 55 % ob primerni temperaturi zraka med 20 in 22 °C.

Vlada RS je sprejela decembra 2011 uredbo o zelenem javnem naročanju (Uradni list št. 102/2011 z dne 13. 12. 2011). Uredba določa okoljske zahteve 11 skupin izdelkov in storitev. Dve skupini se nanašata na les: (1) pohištvo in (2) stavbe, vključno s projektiranjem, gradnjo, rednim in investicijskim vzdrževanjem stavb ter vgradnjo in montažo posameznih naprav in proizvodov v stavbi. Za večino kategorij stavb, ki bodo v prihodnosti zgrajene iz javnih sredstev, Uredba predpisuje, da mora delež lesa ali lesnih tvoriv, vgrajenih v stavbo (brez notranje opreme), znašati vsaj 30 % prostornine vgrajenih materialov. To velja tako za novogradnjo, dozidavo, nadzidavo ali rekonstrukcijo stavbe kot tudi za redno in investicijsko vzdrževanje.

### Zaključek - zakonodaja

Znotraj projekta VRTEC+ je narejen pregled veljavne zakonodaje po posameznih področjih v RS. V okviru raziskovalnega projekta je poudarek na analizi zakonodaje s področja energijske učinkovitosti v stavbah, bivalnega ugodja v stavbah, gradbeništva in predšolske vzgoje. Analiza in kronološki pregled zakonodaje bosta uporabljena kot podlaga za nadaljnjo tipološko klasifikacijo stavb in določanje posameznih kriterijev tipološke klasifikacije. Na podlagi analiz veljavne zakonodaje je potem določen osnovni kriterij za tipološko klasifikacijo: letnica izgradnje stavbe oziroma obdobje





gradnje stavbe. Za potrebe projekta VRTEC + v kontekstu energijske učinkovitosti stavb bodo stavbe najprej razvrščene glede na obdobje graditve, ob tem pa upoštevano dejstvo, da so bile v istih obdobjih gradnje stavbe grajene pod istimi pogoji v smislu energijske učinkovitosti in uporabljeni enaki gradbeni materiali in konstrukcijske značilnosti ter arhitekturne posebnosti. Za stavbni fond, ki je bil izgrajen v istem časovnem obdobju (ob isti veljavni zakonodaji) so značilne podobne gradbene tehnike in uporaba sorodnih gradbenih materialov, pri čemer je ob teh ugotovitvah letnica izgradnje stavbe določena kot osnovni kriterij za tipološko klasifikacijo stavb.

### 1.3 Tipologija stavb predšolske vzgoje

V sklopu aktivnosti *A1 Teoretska analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* je s prijavno vlogo načrtovana in uspešno izvedena aktivnost *1.3 Tipologija stavb predšolske vzgoje*. Znotraj aktivnosti so stavbe predšolske vzgoje tipološko klasificirane in predstavljene v katalogu stavb predšolske vzgoje.

**Na podlagi pregleda dosedanjih raziskav se lahko izpostavi dejstvo, da so stavbe predšolske vzgoje bistveno manj zastopane tudi v strokovni literaturi, v primerjavi s stanovanjskimi in poslovnimi stavbami, tudi tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje so zanemarljive v primerjavi z raziskavami, ki se ukvarjajo s tipološkimi klasifikacijami stanovanjskih in večstanovanjskih stavb, ki imajo sorazmerno največji del v stavbnem fondu Evrope. Tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v Sloveniji ni. Za presojo kakovosti stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje je nujna analiza že zgrajenih objektov in prostorov.**

Analiza že zgrajenih stavb predšolske vzgoje je sistematično narejena v prvi fazi projekta VRTEC+. Na podlagi sistematične analize stavbnega fonda in določenih kriterijev klasifikacije so stavbe tipološko klasificirane, na ta način je pripravljena platforma za nadaljevanje te raziskave.



### 1.3.1 Podatki o obstoječem stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje

Znotraj aktivnosti A1: *teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* so analizirani vsi javno dostopni podatki o obstoječem fondu stavb predšolske vzgoje za območje Slovenije.

Analizirane so baze podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS), Statističnega urada RS (SURS), Ministrstva za izobraževanje znanost in šport (MIZŠ), podatki o stavbah, pridobljeni na mestnih občinah, podatki od energetskih agencijah ipd. Na podlagi analize sta izvedena pregled dostopnih podatkov in identifikacija problemov. Ključna aktivnost tega dela raziskave je zbiranje in analiza podatkov o stavbah predšolske vzgoje s pomočjo vprašalnika, ki bo predstavljena v nadaljevanju.

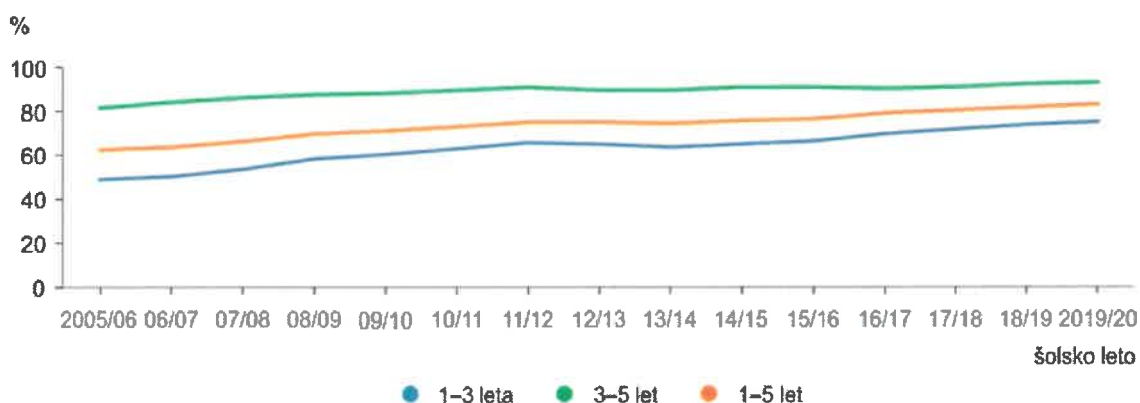
#### Zbiranje in analiza statističnih podatkov o stavbah predšolske vzgoje

Statistični Urad Republike Slovenije (SURS) je državni organ, ki je v skladu z Zakonom o državni statistiki glavni izvajalec in usklajevalec dejavnosti slovenske državne statistike. Urad je strokovna samostojna vladna služba s položajem, kot ga poleg Zakona o državni statistiki določa tudi Zakon o Vladi Republike Slovenije. SURS obdeluje statistične podatke o predšolski vzgoji v RS.

Podatki SURS-a Republike Slovenije kažejo, da je v šolskem letu 2019/2020 delež otrok vključenih v predšolsko vzgojo 82.7 % vseh otrok, starih od enega do pet let, vpisanih v programe predšolske vzgoje in izobraževanja v vrtcih. Število vpisanih otrok se od šolskega leta 2008/2009, ko je bilo v vrtce vključenih 70 % otrok, povečuje (Stat SI, 2014). V Sloveniji je v vrtce vpisanih kar 94,3 % otrok, starih 5 let. Merila o uspešnosti vrtcev Evropske unije so predvidevala, da bo do leta 2020 vsaj 95 % otrok, starih več kot štiri leta, vključenih v predšolsko vzgojo (COM, 2011; Eurostat, 2011; Stat SI, 2014). Podatki EU za 2020 kažejo da je več kot 95% otrok starosti od 4 leta do vpisa v šolo vključenih v programe predšolske vzgoje, s čimer so doseženi načrti za vključitev otrok v programe predšolske



vzgoje.<sup>16</sup> Slovenija tega cilja še ni dosegla, se mu je pa zelo približala. V šolskem letu 2019/20 je vrtec obiskovalo 94,1 % otrok te starosti, 6 odstotnih točk več kot pred desetimi leti. Tudi vključenost najmlajših (tj. otrok, starih eno in dve leti) v vrtce se povečuje; v 2019/20 je vrtce obiskovalo 67,5 % otrok te starosti (v 2009/10 polovica). Število otrok vseh starostnih skupin v slovenskih vrtcih rahlo narašča zadnji petnajst let (Slika 1.7. Vključenost otrok v vrtce po starostnih skupinah v Sloveniji [Vir: SURS].Slika 1.7).



Slika 1.7. Vključenost otrok v vrtce po starostnih skupinah v Sloveniji [Vir: SURS].

Statistični podatki jasno govorijo v prid velikemu, naraščajočemu številu otrok, ki večji del delovnega dne preživijo v stavbah predšolske vzgoje. Našteta dejstva izpostavljajo pomen analize vseh aspektov vezanih na kakovost stavb predšolske vzgoje in notranjega bivalnega ugodja prostorov, v katerih bivajo številni otroci po vsej Evropi. SURS obdeluje in hrani baze podatkov za skupino stavb predšolske vzgoje, s podatki o posameznih stavbah pa ne razpolagajo.

<sup>16</sup> Key Data on Early Childhood Education and Care in Europ, 2019



Analiza statističnih podatkov je pokazala številne pomanjkljivosti in nepopolnosti baz podatkov o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji. V tem kontekstu je evidentiran problem, vsled katerega se predvidijo druge možnosti zbiranja podatkov za potrebe raziskovalnega projekta VRTEC+.

### Zbiranje in analiza splošnih podatkov o stavbah predšolske vzgoje v RS

V začetni fazi raziskave so analizirani vsi javno dostopni podatki o stavbah predšolske vzgoje: podatki GURS-a, podatki MIZŠ in podatki, dostopni na spletnih straneh posameznih vrtcev.

GURS omogoča javni vpogled v podatke o nepremičninah, kjer so na voljo tudi podatki o posameznih stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji.<sup>17</sup> Enotne baze podatkov ni moč dobiti. Za potrebe raziskovalnega projekta VRTEC+ so iz baz podatkov GURS zbirani podatki za posamezne stavbe: etažnost, višina, tip, tip konstrukcije, pozicija stavbe na parceli ipd. Ugotovljeno je, da razpoložljivi podatki o posameznih stavbah predšolske vzgoje v javno dostopni bazi podatkov velikokrat niso verodostojni. Namreč, pri posameznih stavbah, za katere so podatki bili zbirani tudi z osebnim obiskom stavbe, se podatki z evidenco niso ujemali. To lahko komentiram za stavbe, ki sem jih osebno obiskala, seveda pa je število stavb ogromno in v projektu ni možno vseh zajeti, ostaja pa vprašanje, koliko so javno dostopni podatki relevantni? Poleg tega je z analizo podatkov ugotovljeno, da se podatki GURS-a pri stavbah ne ujemajo. npr. pri isti stavbi so razlike v preglednicah na spletni strani GURS in energetske izkaznici, dostopni na spletni strani GURS (konstrukcijski sistem, dosedanji posegi ipd, letnice posegov, etažnost stavb).

MIZŠ ne razpolaga s podatki o stavbah predšolske vzgoje, kajti stavbe so lastnina občin oziroma mestnih občin. Ministrstvo se ukvarja le s programi predšolske vzgoje, ki se v stavbah izvajajo. MIZŠ razpolaga z evidenco zavodov in programov, v kateri je seznam vrtcev s kontaktnimi podatki. Za potrebe raziskovalnega projekta VRTEC+ je uporabljen seznam, ki je tudi javno dostopen. Ugotovljeno je, da seznam (javno dostopen na spletni strani ministrstva septembra 2019) vsebuje

---

<sup>17</sup> Podatki so javno dostopni na portalu GURS (<http://prostor3.gov.si/javni/login.jsp?jezik=sl>)



ogromno napak, večinoma napačne elektronske naslove, velikokrat se ne ujemajo z elektronskimi naslovi na spletnih straneh vrtcev. Zaradi tega je bilo tudi kontaktiranje posameznih vrtcev zelo oteženo.

Za potrebe raziskovalnega projekta VRTEC+ so zbrani podatki tudi s spletnih strani in internetnih prezentacijah vrtcev. Večinoma so dostopni podatki o številu otrok oz. številu skupin, kontaktni podatki (elektronski naslov), podatki o dislociranih enotah in oddelkih, dostopna je tudi fotografska dokumentacija.

Na podlagi podatkov iz javno dostopnih evidenc, statističnih podatkov in podatkov, zbranih iz dosedanjih raziskav je ugotovljeno, da evidence o stavbah vzgojno-izobraževalnih ustanov v slovenskem prostoru niso urejene in sistematizirane, ter tudi, da dostopne enotne baze podatkov o stavbah ne obstajajo. Ugotovljeno je, da razpoložljivi podatki o obstoječem fondu stavb predšolske vzgoje za območje Slovenije niso ustrezna podlaga za nadaljevanje raziskave in pripravo tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v okvirju projekta VRTEC+. Ugotovljeno je, da dostopne statistične evidence ne ponujajo vseh potrebnih podatkov za tipološko klasifikacijo stavb. V tem smislu je evidentiran problem, zaradi česar se bo pristopilo k analizi podatkov na drugi način. V nadaljevanju raziskave bo kreirana anketa - vprašalnik, metodološko prilagojena in s pomočjo MIZŠ naslovljena na ravnatelje vrtcev. Na ta način bodo zbrani podatki in bo izvršena teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

#### **Zbiranje in analiza podatkov s pomočjo vprašalnika**

V okviru aktivnosti A1: *teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* in pod aktivnosti 1.3 *Tipologija stavb predšolske vzgoje* se zbirajo podatki o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji. Na podlagi podatkov iz javno dostopnih evidenc, statističnih podatkov in podatkov, zbranih iz dosedanjih raziskav, je ugotovljeno, da evidence o stavbah vzgojno-izobraževalnih ustanov v slovenskem prostoru niso urejene in sistematizirane, ter tudi, da dostopne enotne baze podatkov o stavbah ne obstajajo. Ugotovljeno je, da razpoložljivi podatki o obstoječem fondu stavb predšolske



vzgoje za območje Slovenije niso ustrezna podlaga za nadaljevanje raziskave in priprave tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v okvirju projekta VRTEC+.

Analiza dostopnih podatkov o stavbah predšolske vzgoje je pokazala številne pomanjkljivosti in nepopolnosti baz podatkov o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji. V tem kontekstu je evidentiran problem, zaradi katerega se predvidijo druge možnosti zbiranja podatkov za potrebe raziskovalnega projekta VRTEC+. Na podlagi vseh dosedanjih analiz je ugotovljeno, da je primeren način za zbiranje podatkov vprašalnik. Vprašalnik je kreiran za ciljno skupino ravnateljev vrtcev.<sup>18</sup> Podatki o stavbah predšolske vzgoje so zbrani s pomočjo vprašalnika (vsebina vprašalnika je dostopna v posebni obliki *PRILOGA-VPRAŠALNIK*). Na podlagi pregleda dostopnih podatkov iz javnih evidenc in analize dosedanjih raziskav je kreiran vprašalnik, metodološko prilagojen za potrebe projekta VRTEC+.

V okvirju te aktivnosti je projekt VRTEC+ predstavljen na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport RS. Predstavitev projekta je zajela prezentacijo vseh aktivnosti v projektu in nagovor za podporo MIZŠ v segmentu izvajanja vprašalnika, z namenom zbiranja podatkov o stavbah predšolske vzgoje. S prezentacijo projekta smo pridobili privolitev k sodelovanju MIZŠ in sklenili dogovor, da bo Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport RS posredovalo vprašalnik ravnateljem javnih vrtcev v Sloveniji, predvidoma septembra 2019. Podporo pri izvajanju vprašalnika in zbiranju podatkov smo dobili tudi od Združenja ravnateljev vrtcev Slovenije (<http://www.ravnateljivrtcev.si/>).

V okviru te aktivnosti je kreiran vprašalnik. Določena so vprašanja na podlagi izdelanih analiz, vprašalnik je koncipiran tako, da lahko dobimo odgovore na vsa manjkajoča vprašanja, oziroma da dobimo vse manjkajoče podatke in podatke, ki jih nismo dobili iz uradnih evidenc. Razvoj vprašalnika je končan novembra 2019. Meseca decembra 2019 so povezave do vprašalnikov poslane po

---

<sup>18</sup> V drugi fazi raziskave je dodatno bilo v planu kreiranje vprašalnika z namenom določitve lastnosti posameznih tipov/tipologij stavb predšolske vzgoje, ki bo naslovljen na strokovnjake (energetski svetovalci, upravniki stavb, ipd.). Ideja je opuščena iz dveh razlogov: 1.) veliko podatkov je že zbranih v prvi fazi s vprašalnikom, naslovljenim na ravnatelje in 2.) na podlagi vseh težav, povezanih s pomanjkanjem želje po sodelovanju ravnateljev, pristojnih ipd. je ocenjeno, da bo bolj učinkovito usmeriti se na črpanje podatkov iz vprašalnika in javno dostopnih evidenc.



elektronski pošti vsem ravnateljem v Sloveniji. Povezave so bile poslane na podlagi seznama MIZS (dostopen na spletni strani MIZŠ septembra 2020). Ugotovili smo, da je seznam vrtcev RS, dostopen na spletni strani MIZS, nepopoln, podatki manjkajo o posameznih vrtcih ali pa so napačni. Posameznih vrtcev pa sploh ni na seznamu.

Ravnateljem vrtcev v Sloveniji je poslana posebna povezava do spletnega vprašalnika. Vprašalnik je koncipiran na način, da je prvi del vprašalnika splošen s splošnimi vprašanji o vrtcu, v tem delu vprašalnika so ravnatelji morali vpisati število organizacijskih enot (stavb), potem je vprašalnik avtomatično kreiral povezave za vodje posameznih enot vrtca. Na ta način je ravnatelj dobil možnost, da vodjem enot posreduje povezavo do spletnega vprašalnika, ki vsebuje vprašanja v zvezi s stavbo - enoto vrtca in lastnosti stavbe v zvezi z energetske učinkovitostjo vrtca. Določena metodologija zbiranja podatkov o stavbah je omogočila kreiranje baze podatkov s podatki za posamezne, točno določene stavbe (vsaka enota - stavba ima svojo povezavo, podatki v bazi se beležijo za določeno stavbo). Hkrati pa je določena metodologija, nastavljena z željo, da se ravnatelje razbremeni, torej ravnatelj izpolni splošni del, vodje enot pa del vprašalnika, ki se nanaša na posamezne enote. V praksi se je izkazalo, da so ravnatelji bolj odzivni kot vodje posameznih enot vrtca.

Po pošiljanju elektronske pošte s povezavo do spletnega vprašalnika je bila odzivnost ravnateljev sprva zelo slaba. Potem se je začelo s pošiljanjem opomnikov in klicanjem ravnateljev (za podporo v smislu spodbujanja ravnateljev za izpolnjevanje vprašalnikov so bile pozvane tudi posamezne občine in mestne občine lastnic stavb, tudi Skupnost vrtcev Slovenije). Po vseh navedenih ukrepih se je odzivnost ravnateljev nekoliko zvišala. Opazna je inertnost, nezainteresiranost in pomanjkanje želje po sodelovanju pri ravnateljih, zaradi česar je bil celoten proces zbiranja podatkov precej težaven. V mesecu februarju se je proces zbiranja podatkov zaključil, nadaljevalo se je z obdelavo, predvidoma do konca marca. V delu *ugotovitve* so prezentirani glavni podatki, zbrani s vprašalnikom, vsi ostali podatki so implementirani v nadaljnje aktivnosti v projektu.



### Zbiranje in analiza podatkov o stavbah mestnih občin

V okviru aktivnosti 1.3. *Tipologija stavb predšolske vzgoje* raziskovalnega projekta VRTEC+ so z namenom zbiranja podatkov o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji vzpostavljeni kontakti z mestnimi občinami, ki so tudi lastnice objektov predšolske vzgoje (telefonski pogovori, predstavitev projekta, prošnja za sodelovanje ipd.). Kontaktiranje in povezovanje z mestnimi občinami (lastnice stavb) je potekala tudi ves čas izvajanja meritev na stavbah predšolske vzgoje s ciljem pridobivanja soglasja mestnih občin za izvajanje meritev na stavbah, pa tudi za posredovanje podatkov od lokalnih energetskega agencij.

Na začetku izvajanja projekta so posamezne občine v Sloveniji bile kontaktirane s prošnjo, da privolijo k izvedbi projekta na način, da dovolijo izvajanje meritvah na stavbah in obiske ter pregled stavb. Žal se številne občine niso hotele odzvati vabilu. Nekatere občine pa so se odzvale vabilu in vendarle omogočile uspešno izvedbo projekta.

Vsa pridobita soglasja so bila predpogoj za izvajanje meritev na stavbah znotraj aktivnosti A.2.3 *Eksperimentalna analiza*. V tem procesu uspostavljanja kontaktov z mestnimi občinami lahko izpostavimo kot težavo nezainteresiranost mestnih občin in pomanjkljivost želje po sodelovanju.

### Zbiranje in analiza podatkov od energetskega agencij

V aktivnosti A1: *teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* in aktivnosti 1.3 *Tipologija stavb predšolske vzgoje* so zbrani podatki o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji. V okvirju te aktivnosti so z namenom zbiranja podatkov o stavbah predšolske vzgoje vzpostavljeni kontakti s posameznimi lokalnimi energetskega agencijami (v Sloveniji jih je sedem).

Zbiranje podatkov od energetskega agencij je omogočilo analizo podatkov o rabi energije v stavbah, stroških in lastnostih stavb. Posebna zahvala gre Energetskega agenciji za Podravje ENERGAP (<https://www.energap.si/>), kjer so izvedbi tega projekta posvetili posebno pozornost in nam dali dostop do vseh podatkov o stavbah predšolske vzgoje, ki jih imajo v svojih evidencah. Podatki





energetskih agencij so zbrani s ciljem, da se v tem sklopu pripravi platforma za iskanje ustreznih modelov prenove za posamezne klasificirane kategorije stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

### **UGOTOVITVE - analize zbranih podatkov o obstoječem stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje**

S pomočjo vseh predstavljenih metod zbiranja podatkov so zbrani podatki o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji in je formirana baza podatkov kot osnova za nadaljnje aktivnosti raziskave VRTEC+. V tem poglavju poročila so prezentirani pomembni rezultati vseh podatkov o obstoječem stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Vsi predstavljeni podatki bodo na direkten ali indirektn način implementirani v samo tipološko klasifikacijo in uporabljeni za posamezne aktivnosti v nadaljevanju raziskave.

**Največ podatkov je zbranih s pomočjo vprašalnika VRTEC+, čigar cilj je bil seznanitev z dejanskim stanjem stavb predšolske vzgoje in seznanitev z željami, problemi in potrebami uporabnikov objekta. Raziskava je zajela vse namensko in nenamensko grajene stavbe.**

Metodologija zbiranja podatkov z vprašalnikom je predhodno predstavljena v tem poročilu. Vprašalnik je popolnoma izpolnilo 269 enot vrtcev v Sloveniji, v obdobju od oktobra 2019 do januarja 2020. Predstavljene bodo najpomembnejše ugotovitve analize rezultatov vprašalnika, vsi ostali odgovori bodo implementirani v nadaljevanje raziskovalnega projekta.

**Analize so pokazale nekaj zelo pomembnih ugotovitev: povprečna starost stavb, v katerih se izvaja predšolska dejavnost v Sloveniji je nad 45 let, kar je tudi v skladu z evropskim povprečjem. Stavbni fond stavb predšolske vzgoje je torej precej zastarel. V zadnjih dvajsetih let so bile posamezne stavbe že delno ali celostno prenovljene z namenom izboljšanja energetske učinkovitosti.**

Baza podatkov o stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji, ki je rezultat aktivnosti znotraj te raziskave, omogoča pregled o stanju arhitekture stavb in prostora naših vrtcev in je podlaga, ki omogoča zavedanje o stanju in prostorskih razmerah, v katerih potekata varstvo in vzgoja otrok v slovenskih



vrta. V nadaljevanju so tabelarično predstavljeni zbrani podatki, ki so analizirani po skupinah: 1) splošni podatki o vrta, 2) podatki o stavbah-enotah, podatki o dosedanjih prenovah stavbe, podatki o arhitekturnih in energetskih lastnostih stavbe, podatki o tehničnih in mehanskih sistemih v stavbah in na koncu vprašalnika 3) mnenje uporabnikov prostora.

### 1) Splošni podatki o vrta

Splošni podatki o vrta, zbrani v raziskavi VRTEC+, so predstavljeni v tabelah, in sicer: podatki o velikosti vrta (Tabela 1.4), podatki o delovnih procesih v stavbah (Tabela 1.5), pregled letnic izgradnje stavbe (Tabela 1.6), namembnost stavb (Tabela 1.7), pregled arhitekturnih lastnosti stavbe (Tabela 1.8).

Analiza splošnih podatkov o Slovenskih vrta je pokazala nekaj ključnih ugotovitev. Poprečna velikost vrta v Sloveniji je vrtec s 3,21 enote in 322,57 otrok. Pomemben podatek je, da ima vsak slovenski vrtec 16,55 otrok v čakalni vrsti, kar jasno govori v prid dejstvu, da se vrta spopadajo s prostorskimi stiskami. V 70,3% vrta ima vsaj eden oddelek število otrok skladno s povišanim normativom. Skoraj 70 % stavb predšolske vzgoje v stavbnem fondu so namensko grajene stavbe.

Tabela 1.4. Velikost vrta (kriterij: število otrok, število enot).

Število otrok / enot / velikost vrta			
	MIN	MAX	AVG
Število enot	1	15	3,21
Število otrok	11	1680	322,57
Število otrok v čakalni vrsti 2018 <sup>19</sup>	0	200	16,55

<sup>19</sup> Število otrok, ki so bili v letu 2018 na čakalnem in evidenčnem seznamu



**Drugi pomembni podatki:**

- 70,3% vrtcev ima v nekaterih svojih oddelkih število otrok skladno s povišanim normativom.
- Enote imajo večinoma od 3 do 8 oddelkov. Nekaj je tudi velikih vrtcev, ki imajo tudi do 26 oddelkov.

*Tabela 1.5. Podatki o delovnih procesih v stavbah predšolske vzgoje.*

**Podatki o delovnih procesih / splošni podatki / ipd.**

- 42,4% vrtcev (enot) je odprtih celo leto.
- 61% vrtcev (enot) je odprtih 10-12ur na dan.
- Ob vikendih so vsi vrtci v Sloveniji zaprti.

*Tabela 1.6. Pregled letnic izgradnje stavbe.*

Letnica izgradnje stavbe	
Obdobje izgradnje stavbe	%
Do 1945	7,1
1946-1960	5,2
1961-1970	5,2
1971-1980	37,9
1981-1990	12,3
1991-2000	7,1
2001-2010	7,8
od 2011 dalje	11,5
Ne vem / Nimam podatka	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Največ vrtcev je bilo zgrajenih v dekadi med letoma 1970 in 1980 ter 2011 in 2015. Iz prikaza razberemo, da je namenska gradnja postala sistematična v šestdesetih letih, pred tem je šlo za bolj posamične primere. V času povečane gradnje so zgradili tudi vrtce z največjim številom oddelkov.</li> <li>- Med letoma 1990 in 2000 pa je gradnja vrtcev izrazito upadla, kar lahko pripišemo družbenim spremembam.</li> <li>- 7.4% stavb so stavbe kulturne dediščine ali imajo katerikoli drugi režim zaščite.</li> </ul>	



Tabela 1.7. Namembnost stavb v katerih se v Sloveniji izvaja predšolska vzgoja.

Namensko / nenamensko grajene stavbe	
Namensko (projektirana in grajena kot vrtec)	69,1
Nenamensko	24,2
Ne vem / Nimam podatka	6,7
<ul style="list-style-type: none"><li>- 69,1% stavb predšolske vzgoje v stavbnem fondu so namensko grajene stavbe.</li><li>- Približno 30% stavb je nenamensko grajenih, večina je v stanovanjskih stavbah delno ali v celoti prilagojenih predšolski vzgoji.</li></ul>	

## 2) Podatki o stavbah - enotah, podatki o dosedanjih prenovah stavbe, podatki o arhitekturnih in energetskih lastnostih stavbe, podatki o tehničnih in mehanskih sistemih v stavbah

Podatki o stavbah - enotah, podatki o dosedanjih prenovah stavbe, podatki o arhitekturnih in energetskih lastnostih stavbe, podatki o tehničnih in mehanskih sistemih v stavbah, zbrani v raziskavi VRTEC+, so predstavljeni v tabelah, in sicer: pregled arhitekturnih lastnosti stavb predšolske vzgoje (Tabela 1.8Tabela 1.4), delež dosedanjih prenov v stavbah predšolske vzgoje. (Tabela 1.9Tabela 1.5), Pregled obsega dosedanjih prenov v slovenskih stavbah predšolske vzgoje (Tabela 1.10Tabela 1.6), energetski razred stavbe (Tabela 1.11Tabela 1.7), alternativni načini hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode v slovenskih vrtcih (Tabela 1.12Tabela 1.8), okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji (Tabela 1.13).

Analiza podatkov o stavbah - enotah slovenskih vrtcev, podatkov o dosedanjih prenovah stavbe, podatkov o arhitekturnih in energetskih lastnostih stavbe in podatkov o tehničnih in mehanskih sistemih v stavbah je pokazala nekaj ključnih ugotovitev. Večina slovenskih vrtcev je pritličnih (46,1%), grajenih v masivnem konstrukcijskem sistemu, t. j. betonu ali opeki (približno 90%). Skoraj 29 % stavb predšolske vzgoje ni bilo predmet energetskih posegov. 24% slovenskih vrtcev ima A energijski razred, na podlagi podatkov, posredovanih s strani ravnateljev. Več kot 50% slovenskih vrtcev nima alternativnih virov hlajenja ali ogrevanja stavbe.



Tabela 1.8. Pregled arhitekturnih lastnosti stavb predšolske vzgoje.

Arhitekturne lastnosti stavb	
<b>Etažnost stavbe</b>	%
Pritličje	46,1
Klet + Pritličje	14,9
Pritličje +1 nadstropje	19
Klet + Pritličje +1 nadstropje	8,9
Pritličje +2 nadstropji	3,3
Klet + Pritličje +2 nadstropji	6,7
Drugo	1,1
<b>Konstruktivni sistem</b>	
Opeka – masivni konstrukcijski sistem	48,3
Beton - masivni konstrukcijski sistem	43,9
Montažna stavba - Les	10
Montažna stavba - drugo	11,9
<b>DRUGE LASNOSTI STAVBE</b>	
<p>Od leta 1990 so trend pritlični vrtci, le redki so nadstropni, dvonadstropnih skorajda ni. Največ vrtcev je pritličnih, v obravnavani bazi podatkov jih je okoli 60 %, nadstropnih je malo manj kot 30 %, preostalih 10 % stavb pa je višjih.</p> <p>81 % slovenskih vrtcev ima streho z naklonom, le 19% ima ravno streho. Podstrešje se večinoma ne uporablja (&gt;70%).</p> <p>Okrog 43% stavb je podkletenih, delno ali v celoti, podkleteni prostori se večinoma (80%) uporabljajo kot tehnični prostori, kuhinje, pisarne ipd.</p> <p>78,9 vrtcev ima zagotovljeno naravno ali umetno senco na svojih zunanjih prostorih.</p> <p>V sedemdesetih letih opazimo povečanje montažne gradnje. Približno 20 % objektov je takrat zgradilo ali načrtovalo podjetje Marles.</p>	



Tabela 1.9. Delež dosedanjih prenov v stavbah predšolske vzgoje.

Dosedanje preнове v slovenskih vrtcih										
	Total	Do 1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	od 2011 dalje	Nimam podatka o letnici
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Enota vrtca je bila v celoti prenovljena	26,8	47,4	7,1	7,1	32,4	24,2	21,1	19	29	18,8
Enota vrtca je bila delno prenovljena	45	42,1	78,6	78,6	49	60,6	26,3	9,5	6,5	75
Enota vrtca še ni bila prenovljena	28,3	10,5	14,3	14,3	18,6	15,2	52,6	71,4	64,5	6,3

25% slovenskih vrtcev je potrebnih celotne preнове  
45% slovenskih vrtcev pa potrebuje nekatere posege



Tabela 1.10. Pregled obsega dosedanjih prenov v slovenskih stavb predšolske vzgoje.

Obseg dosedanjih prenov v slovenskih vrtcih										
	Total	Do 1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	od 2011 dalje	Nimam podatka o letnici
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Delna energijsko prenova	39,7	37,5	36,4	54,5	46	45	40	0	50	0
Delna statična prenova	8,3	12,5	18,2	9,1	4	5	20	0	0	16,7
Zamenjava stavbnega pohištva	81,8	62,5	90,9	100	88	85	60	50	50	58,3
Prenova kotlovnice	33,1	12,5	54,5	45,5	36	30	40	0	50	8,3
Prenova sanitarij	52,1	37,5	54,5	63,6	58	45	40	50	50	41,7
Prenova kuhinje	31,4	37,5	27,3	45,5	44	25	0	0	0	0
Drugo	19	25	18,2	0	16	20	40	50	50	25

Tabela 1.11. Energetski razred stavbe.

Energetski razred stavbe										
	Total	Do 1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	od 2011 dalje	Nimam podatka o letnici
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A	24,2	28,6	14,3	/	21,4	21,1	16,7	44,4	42,1	/
B	18,2		42,9	/	17,9	10,5	/	22,2	31,6	33,3
C	16,7	28,6	14,3	50	12,5	10,5	83,3	11,1	/	33,3
D	15,9	28,6	/	16,7	16,1	15,8	/	11,1	21,1	33,3
E	10,6	14,3	/	16,7	16,1	10,5	/	/	5,3	//
F	9,8	/	28,6	16,7	5,4	31,6	/	11,1	/	/
G	4,5	/	/	/	10,7	/	/	/	/	/



Tabela 1.12. Alternativni načini hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode v slovenskih vrtcih.

Alternativni načini hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode v slovenskih vrtcih	
	%
Solarni paneli	4,1
Toplotna črpalka	16,4
Prezračevalni sistem z rekuperacijo	20,4
Enota nima alternativnih načinov hlajenja, ogrevanja, prezračevanja	51,7
Drugo	21,2

57.2% vrtcev za osvetljavo vrtca uporabljate varčne žarnice  
 72.5% vrtcev ima izključno naravno prezračevanje (odpiranje oken)  
 90.3% vrtcev ima navodila za prezračevanje igralnic, ki naj bi zagotovila učinkovito prezračevanje  
 40% stavb tekom dneva prostore igralnic dodatno osvetljuje z umetno svetlobo

**HLAJENJE STAVBE:** 44,6% stavb predšolske vzgoje nima nobene oblike klimatizacije v poletnih mesecih. Od vseh klimatiziranih stavb ima 92,3% posamezne klimatske naprave, le 7,7% ima centralno klimatsko napravo.

**PRAZRAČEVANJE STAVBE:** 72,5% stavb ima izključno naravno prezračevanje z odpiranjem oken. Centralni sistem za prezračevanje ima le približno 12% stavb, vse ostale stavbe imajo mehansko prezračevanje v kuhinji in naravno





prezračevanje v sanitarnih prostorih. V 90% imajo zaposleni posebna navodila glede prezračevanja igralnic.

**OGREVANJE STAVBE:** 76% stavb ima centralni sistem ogrevanja z lastno kotlovnico, približno 20% stavb je priklopljenih na sistem daljinskega ogrevanja.

*Tabela 1.13. Okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji.*

Okna	
	%
Stanje in starost vgrajenih oken	
Prvotna niso menjana od izgradnje objekta ( več kot 80% oken	23,4
Delno zamenjana	5,2
V celoti zamenjana (več kot 80% oken na stavbi je zamenjanih	65,8
Ne vem / Nimam podatka	5,6
TIP vgrajenih oken	
PVC – umetna masa	55,8
ALU	25,7
Lesena	26,4
Drugo	1,1
SENČILA	
Žaluzije z zunanje strani okna	66,9
Senčila ali zavese z notranje strani okna	31,6
Ni zaščite	2,2
Drugo	8,6
Trend intenzivne menjave oken v slovenskih vrtcih se beleži po letu 2006	

Pri ugotovitvah oz. podatkih, ki so zbrani s pomočjo vprašalnika, je potrebno omeniti tudi omejitve pri zbiranju podatkov. Veliko ravnateljev je na vprašanja podalo odgovor NE VEM / NIMAM PODTKA. Potrebno je poudariti, da so ravnatelji večinoma strokovni delavci s področja pedagogike in nimajo



podatkov niti o zelo osnovnih podatkih o stavbi, kot so: 20% ravnateljev nima podatka, kdaj so bila okna na stavbi zamenjana, 5.9% ne ve, kdaj je bila stavba vrtca zgrajena, 10% ne ve, ali ima centralni sistem ogrevanja časovno in temperaturno regulacijo, 8,2% ravnateljev ne ve, kakšen sistem za zagotavljanje sanitarne tople vode ima stavba vrtca (toplovod, bojler, ipd.). Na tej točki je potrebno poudariti, kako pomembna je strokovna podpora za ravnatelje pri procesu prenove stavb, prav tako tudi pri načrtovanju prenove in sprejemanju odločitev o posegih prenove.

Dosedanje analize v tej raziskavi so pokazale, da v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje imajo stavbe, zgrajene v montažnem konstrukcijskem sistemu približno 25% delež (okvirni, skeletni, masivni, mešani) [15]. V sedemdesetih letih opazimo povečanje montažne gradnje, približno 20 % objektov je takrat zgradilo ali načrtovalo slovensko podjetje Marles [1]. Potem pa v 90 opažamo rahli pad gradnje vrtcev na sploh, lesenih pa še posebej. Po letu 2000 začne delež lesenih vrtcev v skupnem stavbnem fondu ponovno postopoma naraščati. Zgodovinski podatki in obstoječe stavbe potrjujejo, da je bilo v Zagrebu leta 1975/76 med drugimi montažnimi sistemi zgrajenih sedem vrtcev v montažnem sistemu Slovenskega podjetja *Marles* [3]. V tem smislu je potrebno še enkrat poudariti pomen te raziskave tudi v širšem kontekstu nekdanjih Jugoslovanskih republik. Sicer se je montažna lesena gradnja prakticirala le na hrvaškem prostoru, obstajajo pa primeri stavb predšolske vzgoje v masivnih konstrukcijskih sistemih, grajenih na podoben način, tudi na prostoru nekdanje Jugoslavije. V tem kontekstu je potrebno poudariti, da so vse energijske analize te raziskave absolutno primerljive s podobnimi stavbami na prostorih nekdanje Jugoslavije.

### 3) Mnenje uporabnikov

V okviru vprašalnika VRTEC+ so bili zaposleni strokovni delavci v vrtcu (ravnatelj, vodje posameznih enot in/ali vzgojitelji) naprošeni, da podajo svoje subjektivno mnenje ali komentar v zvezi z določenimi aspekti bivanja v stavbah predšolske vzgoje. Tukaj so izpostavljeni posamezni zaključki na podlagi analize rezultatov:

- 51.7 % zaposlenih je popolnoma zadovoljnih s temperaturo zraka v igralnicah v



zimskem času (zadovoljstvo z gretjem). Zaposleni so podali poprečna ocena 4.29 (od maksimalnih 5) za notranjo temperaturo zraka v igralnicah pozimi. Zaposleni se redko pritožujejo nad mrzlimi prostori pozimi (večina se pritožuje zaradi prevročih igralnic in intenzivnega ogrevanja), vrtci so večinoma dobro ogrevani, velikokrat tudi s previsoko temperaturo zraka, kar zaposleni rešujejo z odpiranjem oken, kar posledično pomeni velike toplotne izgube.

- Le 21.2 % zaposlenih se popolnoma zadovoljnih s temperaturo zraka v igralnicah v poletnem času (zadovoljstvo s hlajenjem). Poprečna ocena pa je 3.39 (od maksimalnih 5). Zaposleni pogošajo klimatske naprave v igralnicah in izpostavljajo, da so velik problem prevroče igralnice med poletjem.
- V vrtcih manjka notranjih prostorih za gibalno igro.
- Zaposleni izpostavljajo slabo prezračevanje v igralnicah in pogosto prisotnost neprijetnih vonjav.
- Zaposleni izpostavljajo potrebo po obnovi zunanjih igrišč.



### **1.3.2 Določitev kriterijev za tipološko klasifikacijo**

Tipološka klasifikacija stavb predšolske vzgoje ima za cilj razvrstitev stavb v določene skupine (TIP stavbe) in analizo tipskih predstavnikov stavb v določenih skupinah. Cilj te aktivnosti je tudi izdelava kataloga stavb predšolske vzgoje s ciljem pripravljanja platforme za nadalje analize v okviru projekta, ki so usmerjene predvsem na analizo možnosti energetske prenov stavb.

#### **Uvod v tipologijo stavb**

Tipologija stavb temelji na kategorizaciji. Vsaka stavba je edinstvena, ob določenih predpostavkah pa se lahko posamezne stavbe združijo v skupine, kjer se vsaka skupina predstavi s tipično stavbo. Tipična stavba neke skupine je stavba, ki je poprečen približek vseh stavb v tej skupini. Cilj je razvrstitev vseh stavb v skupine, za vsako skupino se določi tipično stavbo predšolske vzgoje v Sloveniji, čigar posamezne lastnosti so lahko predmet analize.

Tipologije stavb so lahko različne. V teoriji poznamo: arhitektonska tipologija, tipologija stavb glede na namembnost, način gradnje ipd. (npr. TABELA [14] obravnava tipologija energetske učinkovitosti stav, kjer so stavbe razvrščene v skupine tako, da imajo stavbe v skupini podobno energetsko učinkovitost). Cilj vsake tipološke klasifikacije je razvrščanje stavb v skupine s podobnimi karakteristikami.

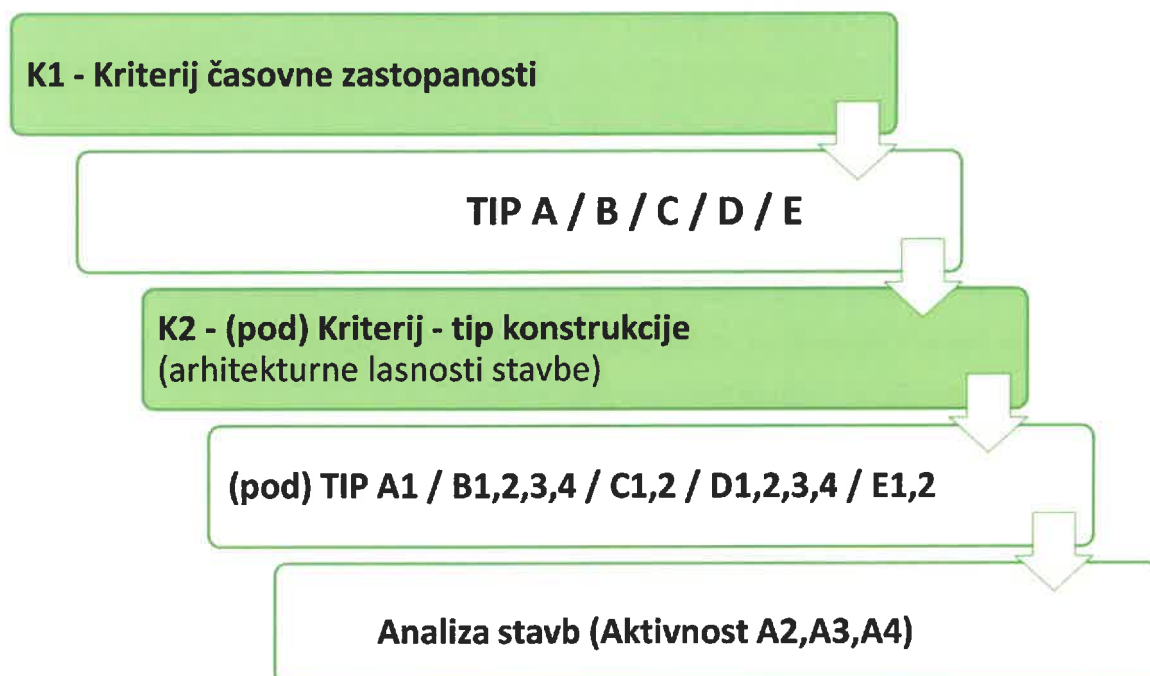
#### **Metodologija za tipološko klasifikacijo stavb predšolske vzgoje**

Kriteriji za tipološko klasifikacijo stavb so določeni na podlagi analize razvoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, analize stavbnega fonda, javno dostopnih podatkov, podatkov pridobljenih z vprašalnikom VRTEC+ ter analize dosedanjih raziskav in veljavne zakonodaje (Aktivnost A1).

Osnovni kriterij za klasifikacijo stavb predšolske vzgoje v tej raziskavi je časovno obdobje, v sklopu katerega se pojavljajo podobne arhitekturne zasnove in tehnične rešitve grajenih objektov predšolske vzgoje oz. kriterij časovne zastopanosti. Pod kriterijem za tipološko klasifikacijo, znotraj osnovnih skupin, je tip konstrukcije stavbe, ki je eden izmed arhitekturnih lastnosti stavbe. Celotna klasifikacija bo zajela še kronološke, tipološke, lokacijske, konstrukcijske, energijske ter po potrebi dodatne specifične analize obstoječih stavb. Metodologija za tipološko klasifikacijo, skupaj z



osnovnimi kriteriji klasifikacije je predstavljena shematsko (Slika 1.8). Vsi kriteriji tipološke klasifikacije so predstavljeni v nadaljevanju.



Slika 1.8. Metodologija tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, shematski prikaz.

V nadaljevanju so posebej analizirani kriteriji tipološke klasifikacije, in sicer: K1 - kriterij časovne zastopanosti, K2 - kriterij tip konstrukcije stavbe – arhitekturne lastnosti stavbe.

### 1) Kriteriji časovne zastopanosti

Za potrebe tipološke klasifikacije stavb je izvršena razdelitev stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje v različne skupine, glede na kronologijo gradnje stavb. Obdobje gradnje stavbe je izjemnega pomena; za stavbe, ki so bile zgrajene v istem časovnem obdobju, so značilni podobne gradbene



tehniko in uporaba sorodnih gradbenih materialov ter enotni predpisi in veljavna zakonodaja. **Vsa našeta dejstva govorijo v prid kriteriju časovne zastopanosti kot najpomembnejšemu kriteriju za klasifikacijo stavb predšolske vzgoje v tej raziskavi.**

Za klasifikacijo stavb na podlagi obdobja gradnje stavbe je potrebna analiza splošnih zgodovinskih in socio-demografskih dejstev ter seveda konteksta gradnje. Pomemben dejavnik za razvoj, razumevanje in vrednotenje stavb vrtcev je poznavanje razvoja normativov, ki so vplivali na zasnovo in oblikovanje prostorov. Z vzporedno analizo normativov (pedagoških, prostorskih in tehničnih), ki so začeli veljati v posameznem obdobju, lahko spremljamo spremembe tudi pri načrtovanju objektov in prostorov. Mejnike med starostnimi razredi se lahko določijo tudi s spremembami področne zakonodaje skozi zgodovino, ki predpisuje energetske lastnosti stavb ali z drugimi spremembami v zakonodaji. Prav tako so lahko časovni mejniki opredeljeni z različnimi družbeno-zgodovinskimi okoliščinami.

Zgodovinski mejniki, pomembni za analizo stavb predšolske vzgoje, ki ne bodo vsi upoštevani pri določitvi kriterija časovne zastopanosti, so pa pomembni za razumevanje širšega konteksta gradnje vrtcev v Sloveniji, so predstavljeni v nadaljevanju:

- leta 1946 začetek obnove SFRJ po drugi svetovni vojni,
- leta 1950 uveljavitev Pravilnika o ureditvi in delu vrtcev, Uradni list FLRJ št. 31, 14. 10. 1950,
- leta 1982 uveljavitev Standardov in normativov za družbeno vzgojo in varstvo predšolskih otrok,
- leta 1991 prehod v samostojno državo Republiko Slovenijo,
- kurikulum za vrtce, 1999, potrjen s strani Strokovnega sveta RS za splošno izobraževanje, nacionalni dokument, ki predstavlja strokovno podlago za delo v vrtcih
- leta 2000 uveljavitev Pravilnika o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca,
- kurikulum za vrtce, 1999, potrjen s strani Strokovnega sveta RS za splošno izobraževanje, nacionalni dokument, ki predstavlja strokovno podlago za delo v vrtcih



- Zakon o vrtcih ZVrt (Ur.l. RS. 12/1996) in Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o vrtcih ZVrt - D (Ur.l. RS. 25/2008) - ureja področje predšolske vzgoje, ki poteka v javnih in zasebnih vrtcih
- Standardni in normative za družbeno vzgojo in varstvo predšolskih otrok (1982), Skupnost otroškega varstva Slovenije - izhodišče za pravilnik 2000
- 2000, uveljavitev Pravilnika o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Spremembe 2010, 2016)
- leta 2018 zahteva po načrtovanju in gradnji skoraj nič-energijskih objektov za vse javne stavbe.

Z namenom pravilne določitve časovnih okvirjev znotraj kriterija časovne zastopanosti so analizirane splošne lastnosti stavb, grajenih v različnih zgodovinskih obdobjih v Sloveniji.

**Stavbe, grajene do 1945** – za tovrstne stavbe je značilna tradicionalna gradnja stavb, robustna zasnova, predimenzioniranost gradbenih elementov. Stavbe so brez toplotne zaščite, z zelo velikimi toplotnimi izgubami v zimskih obdobjih in značilno pregrevanje v poletnih vročinskih obdobjih. Gradnja je izvedena z uporabo navadne opeke ali kamna, debeline sten so med 30 do 60 cm, brez toplotnih mostov ali prežračevalnih linij. Možen je pojav kondenzacije vodne pare, vlažnost, prepih, hladnost konstrukcij. Večina stavb ni prenovljenih, je v izvorni obliki. Stavbe, v katerih se izvaja predšolska vzgoja, imajo velikokrat status kulturne dediščine in so prvotno grajene kot stanovanjske stavbe - vile.

**Stavbe, grajene v obdobju med 1946 do 1970** - še vedno je večina stavb v tem obdobju grajena v tradicionalni zasnovi z uporabljenimi enakimi gradbenimi materiali kot pred drugo svetovno vojno. Poleg tradicionalno grajenih stavb se v šestdesetih letih beleži večji razmah gradnje in potreba po hitrejšem načinu gradnje, ki je prinesla spremembe na področju gradenj teh objektov. Pojavila se je gradnja z armiranim betonom, vgradnja železnih povezovalnih elementov (armatur), ki so doprinesle prednosti statične stabilnosti in tanjše konstrukcije, a veliko slabše toplotne lastnosti. Pojavila se je gradnja večstanovanjskih objektov, večjih razponov stavb in z večjimi odprtinami zastekljenih površin. V energijskem smislu so stavbe v tem obdobju še slabše in še bolj potratne kot stavbe



grajene pred drugo svetovno vojno. Razlog se skriva v dejstvu, da so zaradi razvoja gradbenih materialov fasadne stene postajale bolj nosilne s tanjšo debelino, toplotna izolacija pa še vedno ni bila zadostna ali pa je sploh ni bilo. Rezultat so tanjše stene z manjšo termično maso in možnostjo akumulacije toplote, ki še vedno niso imele zadostno toplotno izolacijo.

**Stavbe, grajene v obdobju med 1971 do 1980** - so bile v energijski porabi še bolj potratne. Dejansko gre za najslabše objekte v kontekstu energijske učinkovitosti izmed vseh skupin stavb. V tem času ni bilo na mestu vprašanje potrebne energije za ogrevanje ali njen strošek. Množično so se gradili objekti vitkih betonskih konstrukcij z montažnimi elementi. Ti so bili predhodno pripravljene na drugi delovni lokaciji in na kraju samem le montirani. Zelo izrazit je razmah montažnih konstrukcij stavb, prihaja do razvoja novih materialov z izboljšanimi lastnostmi obstoječih, poveča se toplotno ugodje pri bivanju v stavbah, pojavi se še bolj izpopolnjen način vgradnje toplotnih mostov in na razpolago je vedno več tehničnih rešitev energetske varčnosti. Gradnjo je odlikovala minimalna toplotna zaščita, veliki razponi konstrukcij in vse večje steklene površine. Se pa že pojavijo gradnje sten z opečnatimi votlaki in toplotnimi mostovi. Takšni objekti so še vedno imeli težave z nerešeno kondenzacijo vodne pare, s poškodbami konstrukcij zaradi fizikalnih vzrokov, itd. Najbolj intenzivno obdobje gradnje stavb predšolske vzgoje je prav v obdobju 1971 – 1980, ko je intenzivna gradnja stavb predšolske vzgoje spremljala rastočo gradnjo enormnega števila stanovanjskih stavb in celih sosesk.

**Stavbe, grajene v obdobju med 1981 do 2001** – pri stavbah, grajenih v tem obdobju, se pojavijo prvi resni ukrepi in predpisi glede toplotne zaščite. Razlog za ukrepe je vpliv globalne naftne krize, ki je razkrila ranljivost dotedanje gradnje stavb in objektov v energetskem smislu in njihove potratnosti. Stavbe tega obdobja so že grajene s toplotnimi zaščitnimi sloji v konstrukcijskih sklopkih, ki že omejujejo toplotne izgube. Stavbe, grajene v tem obdobju, so veliko bolj ugodne za bivanje, problem kondenzacije vodne pare je bistveno manjši ali pa je ob pravilni zasnovi že odpravljen. Po letu 1991 gre za izrazito in resno upoštevanje priporočil stroke in uporabe standardov pri gradnji in energetski zasnovi objektov. Vendar se še vedno kaže odstopanje med prakso in teorijo (priporočila, standardi, upoštevanje le-teh na podlagi finančnih razlogov). Poudarja se toplotna zaščita ovojev stavb. V večjem številu se pojavijo energijsko učinkoviti izdelki za namen gradnje, ki pred desetletji niti niso





bili na razpolago niti niso bili znani. Opazno je občutno znižanje potrebne toplotne energije za ogrevanje stavb.

**Stavbe, grajene v obdobju med 2002 do danes** – stavbe, zgrajene v obdobju med 2002 ali kasneje so stavbe novejšega časa, značilnost tega časa je upoštevanje v praksi zelo strogih in že zakonsko določenih zahtev glede toplotne zaščite objektov tako stanovanjskih kakor tudi stavb drugih namembnosti. Pri gradnji se uporablja vrhunsko stavbno pohoštvo, izrazita je vloga montažnih elementov, zelo hiter razvoj novih materialov in proizvodov z izboljšanimi toplotnimi lastnostmi, dobro toplotno ugodje, zelo sodobne gradbene fizikalne rešitve. Potrebna energija za ogrevanje objektov znaša med 40 in 100 kWh/m<sup>2</sup>a. Poleg tega ne gre samo za pristope pri rešitvah posameznih segmentov gradnje ali vgrajene opreme, ampak za pristop celovite zasnove objekta ali stavbe v smislu energijske samooskrbe, samozadostnosti, nič-energijske zasnove objekta itd., sploh pri stavbah javne namembnosti.

Vseh zgodovinskih mejnikov jasno ni moč uvrstiti v tipološki klasifikacijo. Prav tako je potrebno pojasniti, da se meje med starostnimi razredi določijo okvirno, vendar s fleksibilnostjo. Kajti v praksi je nemogoče pri posameznih stavbah z natančnostjo določiti točno letnico izgradnje. Gradnja stavbe je dolgotrajen proces, ki lahko traja več let in se zelo težko loči začetek obratovanja od trajanja izgradnje stavbe, sploh pri stavbah na prehodu iz enega v drugo časovno obdobje. Pri posameznih stavbah na prehodu iz enega v drugo obdobje gradnje, določeno v tej raziskavi, se letnica stavbe upošteva fleksibilno, v kolikor za to obstaja utemeljen razlog (npr. stavba, za katero v GURS-u obstaja podatek 1981, je grajena predvidoma v poznih sedemdesetih in z vsemi svojimi lastnostmi sodi v to skupino; tovrstne izjeme so označene z \*).

Pri analizi stavbnega fonda so podatki o letnici stavbe pridobljeni iz baze podatkov GURS-a, z iskanjem podatkov za posamezne stavbe v online aplikaciji. GURS namreč nima enotne baze podatkov po namembnosti stavb in tudi za potrebe raziskovalnih projektov ne izvaja storitve obdelave podatkov. Poleg tega so posamezni podatki dostopni pri lokalnih energetske agencijah ali na spletnih straneh stavb predšolske vzgoje. Podatki o letnicah stavb so zbrani tudi s pomočjo



vprašalnika VRTEC+. Na podlagi vseh zbranih podatkov je opredeljen kriterij zastopanosti stavb v posameznih časovnih obdobjih za tipološko klasifikacijo stavb v raziskavi VRTEC+.

Ob upoštevanju pomembnih prelomnih točk v zgodovini družbenega razvoja v Sloveniji, razvoja arhitekture in pedagogike, ob upoštevanju posameznih pomembnih točk v veljavni zakonodaji skozi zgodovino in glede na dejstvo, da se oblikovne lastnosti stavb zgodovinsko gledano niso tako hitro spreminjale, niti lastnosti termalnega ovoja in uporabljeni tehnični sistemi v stavbah, so za potrebe formiranja tipološke klasifikacije v tej raziskavi določena naslednja obdobja oz. naslednji kriteriji časovne zastopanosti (

Tabela 1.14):

*Tabela 1.14. Kriterij časovne zastopanosti*

Kriterij – časovna zastopanost (mejniki – letnica izgradnje stavbe)
• Do 1945
• 1946-1970
• 1971-1980
• 1981-2001
• od 2002 – danes (zaključeno z 2018)

Na podlagi analiz je torej določen osnovni kriterij za tipološko klasifikacijo stavb predšolske vzgoje: letnica izgradnje stavbe oziroma obdobje gradnje stavbe. Za potrebe projekta VRTEC + v kontekstu energijske učinkovitosti stavb bodo stavbe najprej razvrščene glede na obdobje graditve, ob tem pa bo upoštevano dejstvo, da so v istih obdobjih gradnje bile stavbe grajene pod istimi pogoji v smislu energijske učinkovitosti in enakega gradbenega materiala in konstrukcijske značilnosti ter arhitekturne posebnosti. Za stavbni fond, ki je bil izgrajen v istem časovnem obdobju (ob isti veljavni zakonodaji), so značilne podobne gradbene tehnike in uporaba sorodnih gradbenih materialov, pri



čemer je ob teh ugotovitvah letnica izgradnje stavbe določena kot osnovni kriterij za tipološko klasifikacijo stavb.

## 2) Kriteriji – arhitekturne lastnosti stavb

Drugi kriterij za klasifikacijo stavb je kriterij arhitekturne lastnosti stavb. Ta kriterij je izrednega pomena za nadaljnje analize v tej raziskavi in mu bo zaradi tega posvečena posebna pozornost. Znotraj kriterija so številne arhitekturne lastnosti stavb, ki lahko stavbe uvrstijo v različne tipološke skupine, in sicer: **namembnost stavbe, velikost stavbe, tip konstrukcije, etažnost stavbe in lastnosti stavbe, povezane z energijskimi lastnosti stavbe**. Lastnosti stavb, ki se bodo uporabile za tipološko klasifikacijo stavb predšolske vzgoje v tej raziskavi, se predstavijo v nadaljevanju.

- **namembnost stavbe** (namensko/nenamensko grajene stavbe)

Kriterij namembnosti stavb je opredeljen kot namensko/nenamensko grajene stavbe. Namensko grajene stavbe so grajene namensko za potrebe vzgoje in izobraževanje otrok. Nenamensko grajene stavbe so grajene s prvotno drugačno namembnostjo, večinoma kot stanovanjske, velikokrat kot stanovanjske stavbe, prilagojene vzgojno-izobraževalni dejavnosti. Namensko grajeni vrtci so večinoma srednje velikosti ali veliki, medtem ko so manjše enote vrtcev pogosto nenamensko grajene stavbe.

- **velikost stavbe**

Velikost stavbe predšolske vzgoje lahko določimo s kvadraturu stavbe ali številom otrok oz. številom starostnih skupin oz. oddelkov. Na podlagi dosedanjih analiz v tej raziskavi, je razdelitev stavbnega fonda na različne velikostne razrede opredeljena na podlagi naslednjih kriterijev:

- majhen vrtec (stavba predšolske vzgoje) – do 4 oddelkov
- srednji vrtec (stavba predšolske vzgoje) – 5 do 10 oddelkov
- veliki vrtec (stavba predšolske vzgoje) – 10 do 20 oddelkov
- zelo veliki vrtec (stavba predšolske vzgoje) – več kot 20 oddelkov



Velikost stavbe predšolske vzgoje je kriterij izrednega pomena, funkcionalna shema stavbe je tesno povezana s številom oddelkov. Poleg tega so vsi dodatni prostori v stavbi zelo tesno povezani z velikostjo vrtca oz. s številom oddelkov. Analize v tej raziskavi so pokazale, da imajo majhni vrtci do 4 oddelkov po navadi zelo malo skupnih prostorov (garderobe in sanitarije) in razdeljevalno kuhinjo, nimajo telovadnice, skupnih prostorov za strokovne delavce ipd. Pri srednjih vrtcih je potrebno poudariti, da je pomembno ali gre za glavno enoto vrtca (po navadi z upravo in dodatnimi prostori) ali je enota srednje velikosti dodatna enota velikega vrtca (kar je po navadi slučaj v večjih mestih, kjer večinoma nimajo dodatnih prostorov). Velike enote vrtca imajo po navadi vse dodatne prostore, poleg igralnic še kuhinje, pralnice, tehnične prostore, telovadnice ipd.

Torej, velikost vrtca je direktno povezana s tlorisom in namembnostjo stavbe, kar posledično vpliva na arhitekturno-oblikovne lastnosti stavbe in predstavlja pomemben dejavnik pri tipološki klasifikaciji stavb.

- **tip konstrukcije**

Tip konstrukcije lahko načelno opredelimo kot skeletne stavbe, masivno grajene stavbe, ali kombinacijo različnih konstrukcijskih sistemov. Uporabljeni konstrukcijski sistem pogojuje uporabo različnih gradbenih materialov. Posledično lahko tip konstrukcije opredelimo preko tipa gradbenega materiala, in sicer: **opeka, beton, železobeton, les**. Za tipološko klasifikacijo stavb so v tej raziskavi uporabljeni podatki o tipu konstrukcije posameznih stavb iz javno dostopne evidence GURS-a.

- **etažnost stavbe**

Kriterij etažnosti stavbe klasificira stavbo na podlagi števila etaž v zgradbi. Za tipološko klasifikacijo stavb so v tej raziskavi uporabljeni podatki o etažnosti posameznih stavb iz javno dostopne evidence GURS-a in iz terenskih ogledov oz. obiskov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Evidentirana etažnost stavb se označi kot: K-klet, P-pritličje, +1/4 število etaž nad pritličjem. Etažnost stavbe je kriterij, ki pomembno vpliva na funkcionalnost stavbe. V pritličnih vrtcih so bolj dostopni zunanji prostori, otrokom ni treba hoditi po stopnišču, kar je za mlajše starostne skupine precejšnji izziv. Nadstropni



vtenci so velikokrat omejujoči v smislu, da so nadstropja rezervirana le za starejše starostne skupine. Velikokrat so nadstropni vtenci posledica majhnostjo lokacije – prihranek zemljišča – večje dvorišče - cenovna optimizacija.

- **lastnosti stavbe, povezane z energijskimi lastnosti stavbe**
  - **toplotni ovoj stavbe** – klasifikacija na podlagi podatka o prisotnosti oz. debelini toplotne izolacije v termalnem ovoju stavbe (analize, povezane z ovojem stavbe - delo opravljeno v gospodarskem subjekt INTECH-LES d.o.o.).
  - **okna** - klasifikacija na podlagi tipa okna, in sicer: lesena, PVC, ALU ali kombinacija različnih materialov.
  - **ogrevanje in hlajenje stavbe** - klasifikacija na podlagi načina ogrevanja in hlajenja stavbe, in sicer: daljinsko ogrevanje ali lastna kotlovnica.
  - **alternativni viri grajenja in hlajenja stavbe** - klasifikacija na podlagi podatka ali stavba ima alternativne vire ogrevanja in hlajenja oz. jih nima.
  
- **oblika stavbe**

Oblika stavbe vpliva na arhitekturno-oblikovne lastnosti stavbe. Poleg tega ima vpliv na transmisijske izgube, ki se večajo sorazmerno z večanjem zunanje površine stavbe. Za optimiziranje transmisijskih izgub je zaželeno, da ima stavba razmerje med zunanjo površino in volumnom stavbe (faktor oblike) čim manjše. Pri stavbah s razčlenjenim ovojem je faktor oblike precej večji kot pri stavbah s kompaktno zasnovo. Raziskava je pokazala različne oblike stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (Slika 9), ob tem je tudi potrebno izpostaviti, da je oblika stavbe povezana z velikostjo stavbe, tipom konstrukcije in obdobjem, v katerem je bila stavba grajena.



*Slika 9. Stavbe predšolske vzgoje različne oblike - shematski prikaz.*

Energetske lastnosti fasadne stene kot dela termalnega ovoja so se skozi zgodovino spreminjale. Novejši leseni vrtci so, kar se tiče energijskih lastnosti, grajeni po bistveno višjih standardih, ki so se od 70. let postopoma spreminjali. Zaradi tega je v tej raziskavi poudarek na analizi montažnih stavb iz 70-ih, zaradi večjega števila stavb v stavbnem fondu in zaradi dejstva, da je večina stavb potrebna prenove in ne zadostuje današnjim standardom. Računska analiza kakovosti termalnega ovoja je izvedena za tip fasadne stene, ki je ocenjena kot najbolj pogosta v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, v skladu s predhodno narejeno tipsko klasifikacijo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (A1 aktivnost). Montažne stavbe, grajene po letu 2000, večinoma zadostujejo sodobnim standardom in bodo v analizirane sklopu aktivnosti A3, vendar zaradi vseh naštetih dejavnikov ni potrebno, da se tretirajo znotraj aktivnosti A4.

Kriterij tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v Sloveniji - arhitekturne lastnosti stavb predstavlja torej seštevek različnih lastnosti stavb, ki so pogosto med seboj zelo povezane oz. pogojene, in bodo uporabljene pri analizi oz. izdelavi kataloga stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

### **1.3.3. Analiza tipskih predstavnikov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**

Cilj celotnega sklopa – *AKTIVNOST 1 – teoretična analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* je priprava platforme za iskanje ustreznih modelov prenove za posamezne klasificirane kategorije stavb



predšolske vzgoje. Cilj se realizira z izdelavo kataloga stavb predšolske vzgoje, ki je predstavljen v nadaljevanju poglavja. Razvoj modelov prenove za tipološko klasificirane stavbe se nadaljuje v naslednji fazi raziskovalnega projekta VRTEC+ v skladu s predvidenimi aktivnostmi v prijavnici projekta.

Osnovni kriterij, ki razvršča stavbe v skupine na podlagi obdobja izgradnje stavbe, je kriterij časovne zastopanosti. Znotraj skupin, ki razvrščajo stavbe na podlagi obdobja izgradnje, se z drugim kriterijem - tip konstrukcije stavbe razvrstijo v podskupine. Za vsako skupino se potem v tipološki klasifikaciji stavb analizirajo arhitekturne, gradbene, energetske in druge lastnosti stavbe. Analiza zajame: stanje objektov, starost, uporabljene materiale pri gradnji, velikost stavbe, vrsta vgrajenih sistemov za oskrbo z energijo in starost vgrajenih sistemov ipd.

Na podlagi tipološke klasifikacije bo formiran ustrezen katalog stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Ob tem je pomembno poudariti, da se v okviru analizirane tipologije vrtcev pojavljajo tipi, ki so se množično postavljali na območju nekdanje republike Jugoslavije s podobnimi tehničnimi rešitvami. Torej bodo izsledki analize prenosljivi na velik delež stavnega fonda predšolske vzgoje in vrtcev, zato je posledično uporaba rezultatov projekta možna tudi izven meja Slovenije.

### **Katalog stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**

Stavbe predšolske vzgoje so razvrščene v skupine s podobnimi, najbolj pogostimi lastnostmi. Na ta način je oblikovana tipologija stavb predšolske vzgoje. Tipične stavbe predstavljajo model stavbe, ki je v podobnih pojavnih oblikah prisotna v stavbnem fondu in se lahko na podlagi določenih kriterijev opredeli kot tipski predstavnik za določen tip stavbe. Katalog stavb predšolske vzgoje s tipskimi predstavniki je prikazan v nadaljevanju: *katalog stavb slovenskih vrtcev* (osebne izkaznice tipskih predstavnikov + kronološki pregled tipskih stavb).

## Katalog stavb slovenskih vrtcev

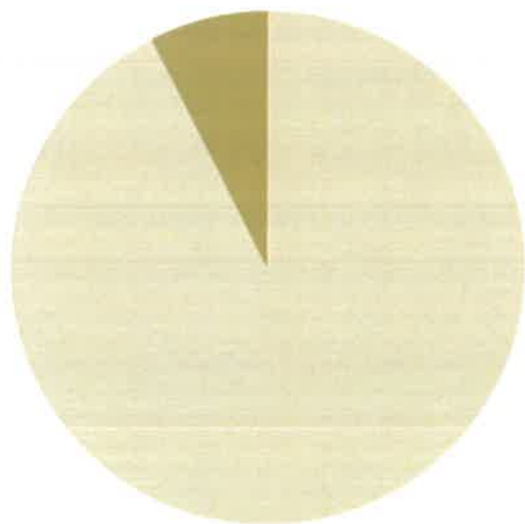
<b>Tip stavbe predšolske vzgoje</b>	<b>Letnica stavbe (obdobje izgradnje)</b>	<b>Delež v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje</b>
<b>A</b>	<b>do 1945</b>	<b>8%</b>
<b>B</b>	<b>1946 - 1970</b>	<b>16%</b>
<b>C</b>	<b>1971 - 1981</b>	<b>27 %</b>
<b>D</b>	<b>1982 - 2001</b>	<b>21%</b>
<b>E</b>	<b>2002 - danes</b>	<b>8%</b>




A

do 1945

8%



## A 1

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i> 
letnica	do 1945	
velikost (št.oddelkov)	do 5	
konstrukcija	opeka	
etažnost	do K+P+2	
tip stavbe	samostoječa	

## Tipski predstavniki - fotografija



## POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE

\*stanovanjska stavba prilagojena vzgojno-izobraževalni dejavnosti

\*praviloma je stavba manjša enota vrtca kateri ima glavno enoto z večim številom skupin in z upravo

## ZNAČILNOSTI TIPA - ostale lasnosti stavbe

lokacija	Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v stanovanjskih soseskah z enodružinskimi hišami. Vrtec je stanovanjska stavba prilagojena izvajanju predšolske vzgoje. Relativno majhno dvorišče. Stavbe so večinoma podkletene v celoti ali delno (servisni prostori).
velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma majhni vrtci površine do 650 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Zunaje stene stavbe so večinoma opečnate brez termo izolacije. Streha poševna, opečnata kritina z termoizolacijo v podstrešju. Številne stavbe imajo status kulturne dediščine.
okna	Lesena (enojna) z dvojnimi razmaknjenimi okvirjem, večinoma v izvorni obliki. Notranje žaluzije ali zavese.
ogrevanje	Stavbe večinoma imajo lastne kurilnice na kurilno olje.

## ENERGETSKE LASTNOSTI

Stopnja energetske prenove – večinoma so stavbe neprenovljene. Mejhno število stavb ima zamenjana okna. Ostali posegi so zelo redki.

Energija namenjena pretvorbi v toploto

kWh/m <sup>2</sup> a	170
----------------------	-----

## Primeri stavb TIP A1 – nenamensko grajene stavbe

**Vrtec PTUJ/Narcis**  
Letnica stavbe 1907



**Vrtec VRHNIKA**  
Ni podatka o letnici

\*Obnovljena stavba je varovana stavba kulturne dediščine.



**Vrtec PTUJ/Tulipan**  
Letnica stavbe 1900



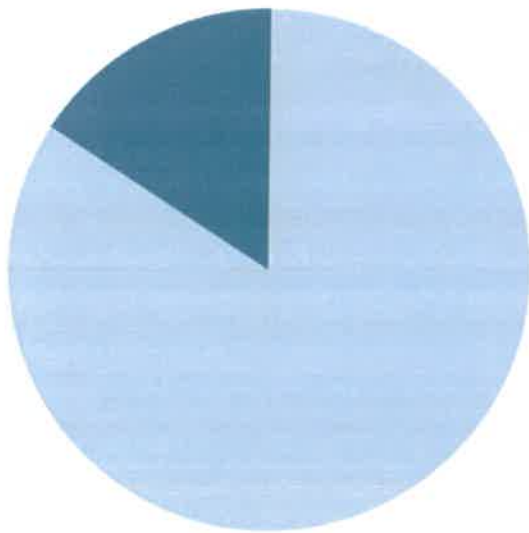
**Vrtec KRANJ / Čiračara**  
Letnica stavbe 1945-1947\*




# B

1946 – 1970

16%



## B 1

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>
letnica	<b>1946-1970</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 5</b>	
konstrukcija	<b>opeka</b>	
etažnost	<b>P</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	

*Tipski predstavniki - fotografija***POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE**

\*namensko grajena stavba predšolske vzgoje

\*praviloma je stavba manjša enota vrtca, ki ima ločeno glavno enoto z večim številom skupin in z upravo

**ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe**

lokacija	Stavbe so vedno pritlične. Poševna streha, podstrešje neogrevano. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v stanovanjskih soseskah z večstanovanjskimi ali enodružinskimi hišami. Srednje veliko dvorišče. Stavbe so večinoma podkletene v celoti ali delno (servisni prostori).
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma majhni ali srednji vrtci površine do 800 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Zunaj stene stavbe so večinoma opečnate brez termo izolacije. Streha poševna z opečnato ali položevinasto kritino. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Večinoma že zamenjana (prvotna okna lesena). Zunanje rolete ali žaluzije.
Ogrevanje	Stavbe večinoma imajo lastne kurilnice na kurilno olje.

**ENERGETSKE LASTNOSTI**


Stopnja energetske prenove – stavbe so večinoma delno energetske prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino. Posamezne stavbe imajo tudi prenovljene kurilnice.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

kWh/m<sup>2</sup>a

**144**

## B 2

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>  
letnica	<b>1946-1970</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 5</b>	
konstrukcija	<b>montažna stavba</b>	
etažnost	<b>P</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	

*Tipski predstavniki - fotografija*



**POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE**

\*namensko grajena stavba predšolske vzgoje

\*praviloma je stavba manjša enota vrtca, ki ima glavno enoto z večim številom skupin in z upravo

**ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe**



lokacija	Stavbe so vedno pritlične in niso podkletene. Poševna streha. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v stanovanjskih soseskah z večstanovanjskimi ali enodružinskimi hišami. Montažno grajene stavbe so bile primerna rešitev za stavbe predšolske vzgoje v času množične stanovanjske izgradnje v šezdesetih in sedemdesetih. Srednje veliko do veliko dvorišče.
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma majhni in srednji vrtci površine do 800 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Zunaj stene stavbe so večinoma narajene iz montažnih elementov, ki jih sestavlja lesena nosilna konstrukcija z oblogami. Debeljina stene je približno 23cm. Streha je poševna z pločevinasto kritino in z izolacijo na tleh podstrešja približno 12cm. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Večinoma že zamenjana (prvotna okna lesena). Zunanje rolete.
Ogrevanje	Stavbe večinoma imajo lastne kurilnice na kurilno olje.

**ENERGETSKE LASTNOSTI**


Stopnja energetske prenove – stavbe so večinoma delno energetske prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino. Posamezne stavbe imajo tudi prenovljene kurilnice.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>104</b>
---------------------------	------------

<b>B 3</b>		
letnica	<b>1946-1970</b>	<p><i>Shematski prikaz tlorisa</i></p> 
velikost (št.oddelkov)	<b>do 14</b>	
konstrukcija	<b>beton/železobetón</b>	
etažnost	<b>P do P+1</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	
<i>Tipski predstavniki - fotografija</i>		
		
<b>POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE</b>		
*namensko grajena stavba predšolske vzgoje		
*praviloma je stavba velika z velikim številom oddelkov, vsemi dodatnimi prostori in upravo vrtca		
<b>ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe</b>		
lokacija	Stavbe so večinoma nadstropne (P+1) in podkletene (servisni prostori). Poševna streha. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v stanovanjskih soseskah z večstanovanjskimi bloki. Praviloma majhno dvorišče.	
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma veliki vrtci površine do 1800 m <sup>2</sup> .	
ovoj stavbe	Zunaje stene stavbe so večinoma narajene iz opečnatih elementov, z termoizolaciji do 15cm. Debeljina stene je približno do 45cm. Streha je poševna z pločevinasto kritino in z izolacijo na tleh podstrešja približno 12cm. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.	
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Večinoma že zamenjana (prvotna okna lesena). Zunanje rolete.	
Ogrevanje	Stavbe imajo večinoma daljinsko ogrevanje.	
<b>ENERGETSKE LASTNOSTI</b>		
Stopnja energetske prenove – stavbe so večinoma delno energetsko prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino.		
<b>Energija namenjena pretvorbi v toploto</b>		
kWh/m <sup>2</sup> a	<b>273</b>	

## B 4

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>  
letnica	<b>1946-1970</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 5</b>	
konstrukcija	<b>beton / železobetona</b>	
etažnost	<b>do K+P+11</b>	
tip stavbe	<b>vrstna</b>	

*Tipski predstavniki - fotografija***POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE**

\*stanovanjska stavba delno prilagojena vzgojno-izobraževalni dejavnosti

\*praviloma je stavba manjša enota vrtca 9idane ima ločeno glavno enoto z večim številom skupin in z upravo

**ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe**

lokacija	Tip stavbe je praviloma pozicioniran v gosto naseljenih urbanih conah večih mest, v večstanovanskih soseskah. Vrtec je v pritličju večstanovanjske stavbe. Relativno majhno dvorišče ali brez dvorišča.
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma majhni vrtci površine do 200 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Zunaje stene stavbe so večinoma opečnate brez termo izolacije.
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Večinoma že zamenjana (prvotna okna lesena). Zunanje rolete.
Ogrevanje	Stavbe imajo daljinsko ogrevanje.

**ENERGETSKE LASTNOSTI**

Stopnja energetske prenove – stavbe imajo večinoma zamenjana okna.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

kWh/m<sup>2</sup>a

N



**Primeri stavb TIP B1****Vrtec VODMAT / Ljubljana**

Letnica stavbe 1964

**Vrtec Murska Sobota****/ENOTA RINGERAJA**

Letnica stavbe 1963



**Primeri stavb TIP B2**

Vrtec GLEDALIŠKA,  
Maribor, EMOTA  
Sapramiška

Letnica stavbe 1970

**Primeri stavb TIP B3**

Vrtec RADOVLJICA / enota  
RADOVLJICA

Letnica stavbe 1962



Vrtec PEDENJPE, Ljubljana  
/ enota POTEPUH

Letnica stavbe 1953



**Primeri stavb TIP B4****Vrtec MOJCA, ENOTA ROŽLE,  
Ljubljana**

Letnica stavbe 1970

**Enota Koseski, Kolezija  
Ljubljana**

Ni podatka o letnici



**VRTEC ŠENTVID, Ljubljana /  
Enota MIŠMAŠ**

Letnica stavbe 1966





C 1		Shematski prikaz tlorisa
letnica	1971-1981	
velikost (št.oddelkov)	od 5 do 10	
konstrukcija	opeka/beton	
etažnost	P	
tip stavbe	samostoječa	
		
<b>Tipski predstavniki - fotografija</b>		
		
<b>POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE</b>		
*namensko grajena stavba predšolske vzgoje		
*praviloma je stavba manjša enota vrtca 14idane ima glavno enoto z večim številom skupin in z upravo		
<b>ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe</b>		
lokacija	Stavbe so vedno pritlične. Poševna streha. Neogrevan tavanski prostor. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v stanovanjskih soseskah z večstanovanjskimi ali enodružinskimi hišami.	
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma srednji in veliki vrtci površine do 1500m <sup>2</sup> .	
ovoj stavbe	Zunaje stene stavbe so večinoma 14idane brez ali s minimalno termoizolacije. Debeljina stene je do 45cm. Streha je poševna z pločevinasto ali opečnato kritino in z izolacijo na tleh podstrešja približno 12cm. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.	
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Večinoma že zamenjana (prvotna okna lesena). Zunanje rolete.	
Ogrevanje	Stavbe večinoma imajo lastne kurilnice na kurilno olje.	
<b>ENERGETSKE LASTNOSTI</b>		
Stopnja energetske prenove – stavbe so večinoma delno energetsko prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino. Posamezne stavbe imajo tudi prenovljene kurilnice.		
<b>Energija namenjena pretvorbi v toploto</b>		
kWh/m <sup>2</sup> a	<b>106</b>	

<b>C 2</b>		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>
letnica	<b>1971-1981</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 10</b>	
konstrukcija	<b>montažna stavba</b>	
etažnost	<b>P</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	
<i>Tipski predstavniki - fotografija</i>		
		
<b>POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE</b>		
<p>*namensko grajena stavba predšolske vzgoje</p> <p>*Tip ima dva podtipa, opredeljena na podlagi kriterija-velikost stavbe. C2' praviloma manjša enota vrtca in C2'' glavna enota vrtca z večim številom skupin in s upravo</p>		
<b>ZNAČILNOSTI TIPA- ostale lasnosti stavbe</b>		
lokacija	Stavbe so vedno pritlične. Poševna streha. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v stanovanjskih soseskah z večstanovanjskimi ali enodružinskimi hišami. Montažno grajene stavbe so bile primerna rešitev za stavbe predšolske vzgoje v času množične stanovanjske izgradnje v šezdesetih in sedamdesetih. Dvorišča različnih velikosti.	
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma so stavbe od majhnih stavb 400 m <sup>2</sup> do velikih enot 2000 m <sup>2</sup> .	
ovoj stavbe	Zunaj stene stavbe so večinoma narajene iz montažnih elementov, ki jih sestavlja lesena nosilna konstrukcija z oblogami. Debeljina stene je približno 23cm. Streha je poševna z pločevinasto kritino in z izolacijo na tleh podstrešja približno 12cm. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.	
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Okna večinoma že zamenjanja (prvotna okna lesena z enoslojno zastaklitvijo). Zunanje rolete.	
ogrevanje	Stavbe večinoma imajo lastne kurilnice na kurilno olje.	
<b>ENERGETSKE LASTNOSTI</b>		
Stopnja energetske prenove – stavbe so večinoma delno energetske prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino. Posamezne stavbe imajo tudi prenovljene kurilnice.		
<b>Energija namenjena pretvorbi v toploto</b>		
<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>155</b>	

**Primeri stavb TIP C1****Vrtec OZ enota MEHURČKI****Vrtec PEDENJPED Novo Mesto**

Letnica stavbe 1978

**Vrtec DRAVOGRAD / enota ROBINDVOR**

Letnica stavbe 1978



## Primeri stavb TIP C2

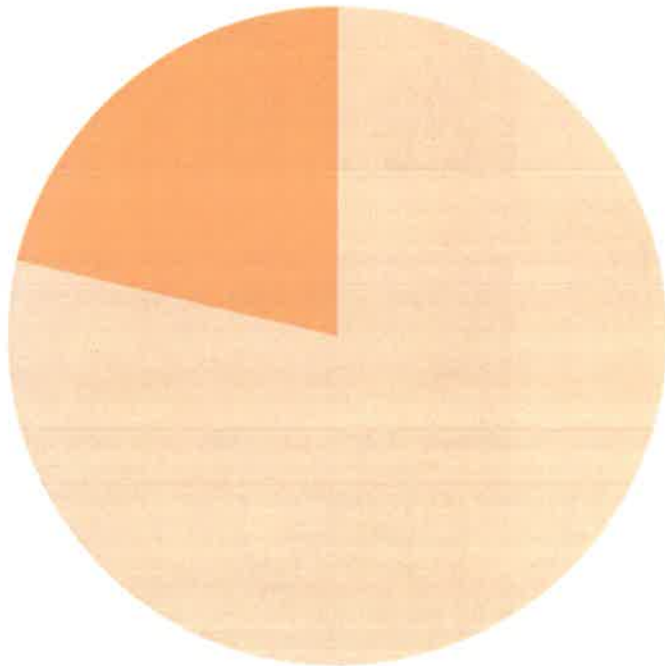
**Vrtec PRUJ/TROBENTICA**  
1980**Vrtec PTUJ/MARJETICA**  
Letnica stavbe 1978**Vrtec KRANJ/ Enota ŽIVŽAV**  
Letnica stavbe 1973



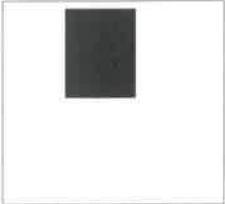
# D

1981 – 2001

21%



# D1

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>
letnica	<b>1981-2001</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>5 do 10</b>	
konstrukcija	<b>beton/železobeton</b>	
etažnost	<b>K+P+3</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	



*Tipski predstavniki - fotografija*

## POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE

\*namensko grajena stavba predšolske vzgoje

\*praviloma je stavba srednja ali velika z vsemi dodatnimi prostori in upravo vrtca

## ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe

lokacija	Stavbe so večinoma podkletene (servisni prostori) in večnadstropne (K+P+2 do 3). Poševna streha. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večjih mestih, v ožjem središču mesta. V kleti so servisni prostori, v pritličju manjše starosne skupine v nadstropjih pa starejše. Praviloma majhno dvorišče.
Velikost (m <sup>2</sup> )	Srednji in veliki vrtci površine do 1200 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Zunaje stene stavbe so večinoma naražene iz opečnatih elementov, z termoizolaciji do 15cm. Debeljina stene je približno do 45cm. Streha je poševna z pločevinasto kritino in z izolacijo na tleh podstrešja približno 12cm. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Zunanje rolete.
Ogrevanje	Stavbe imajo večinoma daljinsko ogrevanje.

## ENERGETSKE LASTNOSTI

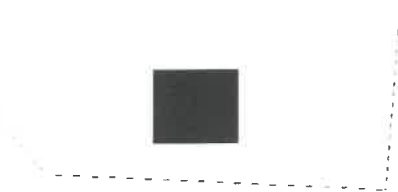
Stopnja energetske prenove – stavbe so večinoma delno energetske prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

**kWh/m<sup>2</sup>a**

**250**

# D 2

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i> 
letnica	<b>1981- 2001</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 10</b>	
konstrukcija	<b>montažna stavba</b>	
etažnost	<b>P</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	

## Tipski predstavniki - fotografija



## POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE

\*namensko grajena stavba predšolske vzgoje

\*praviloma so stavbe majhne ali srednje velikosti in so enote vrtna 20ateri ima glavno enoto z večim številom skupin in z upravo

## ZNAČILNOSTI TIPA – ostale lasnosti stavbe

lokacija	Stavbe so vedno pretlične, niso podkletene. Poševna streha. Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v stanovanjskih soseskah z večstanovanjskimi ali enodružinskimi hišami. Montažno grajene stavbe so bile primerna rešitev za stavbe predšolske vzgoje v času množične stanovanjske izgradnje v šezdesetih, sedamdesetih in osamdesetih.
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma stavbe do 1000 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Zunajne stene stavbe so večinoma narajene iz montažnih elementov, ki jih sestavlja lesena nosilna konstrukcija z oblogami. Debeljina stene je približno 23cm. Streha je poševna z pločevinasto kritino in z izolacijo na tleh podstrešja približno 12cm. Tla objekta imajo minimalno izolacije v estrihu.
Okna	PVC z dvojno zastaklitvijo. Zunanje rolete.
Ogrevanje	Stavbe večinoma imajo lastne kurilnice na kurilno olje.

## ENERGETSKE LASTNOSTI


Stopnja energetske prenovitve – stavbe so večinoma delno energetska prenovljene z zamenjanimi okni in zamenjano strešno kritino. Posamezne stavbe imajo tudi prenovljene kurilnice.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

**kWh/m<sup>2</sup>a**

**130**

# D 3

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>  
letnica	<b>1981-2001</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 17 (26)</b>	
konstrukcija	<b>beton/železobetón</b>	
etažnost	<b>do K+P+3</b>	
tip stavbe	<b>krajna</b>	

## Tipski predstavniki - fotografija



### POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE

\*Namensko grajena stavba predšolske vzgoje

### ZNAČILNOSTI TIPA – Ostale lasnosti stavbe

lokacija	Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, v mestnih jedrih. Igralnice razporejene v 2,3 ali 4 etaže (v kleti servisni prostori, v pritličju manjše starsosne skupine v nadstropjih pa starejše). Servisni prostori v kleti. Relativno majhno dvorišče.
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma velliki vrtci površine do 2000 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Beton/železobetón ali opeka. Termalni ovoj stavbe ima večinoma nezadostno termoizolacijo. Debljina termoizolacije do maksimalno 10cm.
okna	PVC z dvoslojno zastaklitvijo. Zunaje rolete.
Ogrevanje	Stavbe imajo daljinsko ogrevanje.

### ENERGETSKE LASTNOSTI

Stopnja enereske prenovе – večinoma so stavbe delno energetsko prenovljene, najboljogosto s zamenjanimi okni. Ostali posegi so zelo redki.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

<b>kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>100</b>
---------------------------	------------

# D 4

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>
letnica	<b>1981-2001</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>do 10</b>	
konstrukcija	<b>beton/železobeton</b>	
etažnost	<b>P (K+P)</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	

*Tipski predstavniki - fotografija*



## **POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE**

**\*Namensko grajena stavba predšolske vzgoje**

## **ZNAČILNOSTI TIPA – Ostale lasnosti stavbe**

lokacija	Tip stavbe je praviloma pozicioniran v večih mestih, stavbe so betonske, prefabricirane praviloma grajene skupaj z velikimi stanovanjskimi soseskami grajenimi tudi v sistemu prefabrikacije. Praviloma niso podkletene.
Velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma veliki vrtci površine do 2000 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Beton/železobeton ali opeka. Stavbe večinoma brez ali z nezadostno termoizolacijo (do maksimalno 10cm).
okna	PVC z dvoslojno zastaklitvijo. Zunaje rolete.
Ogrevanje	Stavbe večinoma imajo daljinsko ogrevanje.

## **ENERGETSKE LASTNOSTI**

Stopnja energetske prenove – večinoma so stavbe delno energetske prenovljene, najbolj pogosto s zamenjanimi okni. Ostali posegi so zelo redki.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

kWh/m <sup>2</sup> a	<b>200</b>
----------------------	------------

**Primeri stavb TIP D1**

**Vrtec KRANJ/MOJCA**

Letnica stavbe 1981



**VRTEC TRŽIČ / enota  
PALČEK**

Letnica stavbe 1987



**Primeri stavb TIP D2**

**Vrtec CELJE/ZARJA /RINGE  
RAJA**

Letnica stavbe 1982



**Primeri stavb TIP D3**

**VRTEC LEDINA /  
LJUBLJANA**

Letnica stavbe 1981



**Primeri stavb TIP D4**

**Vrtec ANDERSEN /  
Ljubljana**

Letnica stavbe 1981



**Vrtec /NG/enota KEKEC**

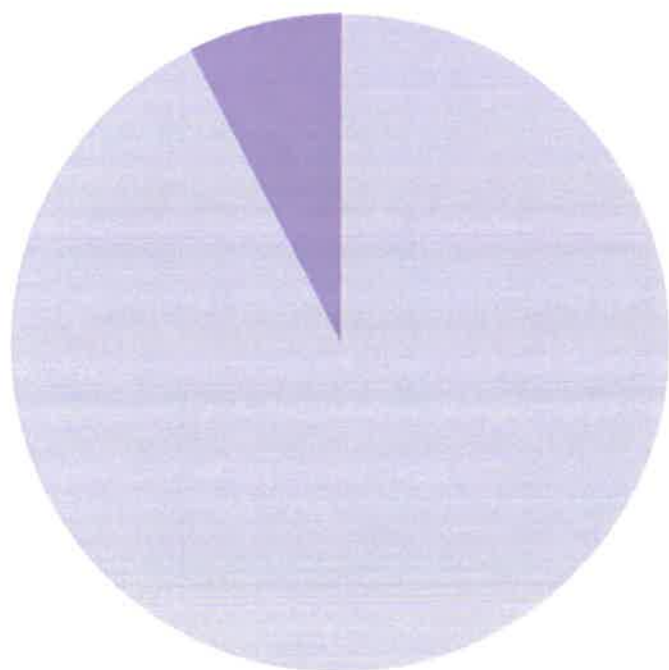
Letnica stavbe 1981



# E

2002 – danes

8%





<b>E 1</b>		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>
letnica	<b>2002 – danes</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>5 do 15</b>	
konstrukcija	<b>beton/železobetons/opeka</b>	
etažnost	<b>P do P+1</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	
<i>Tipski predstavniki - fotografija</i>		
		
<b>POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE</b>		
*Namensko grajena stavba predšolske vzgoje		
<b>ZNAČILNOSTI TIPIA - Ostale lasnosti stavbe</b>		
lokacija	Tip stavbe je praviloma pozicioniran dislocirane iz mestnih jeder in ožjega centra mest.	
velikost (m <sup>2</sup> )	Praviloma srednji do veliki vrtci površine do 2000 m <sup>2</sup> .	
ovoj stavbe	Beton/železobetons ali opeka. Termalni ovoj stavbe v skladu z vso veljavno zakonodajo. Termoizolacija zunanjih sten minimalno 15cm.	
okna	ALU ali PVC z dvoslojno zastaklitvijo. Zunaje rolete.	
ogrevanje	Stavbe večinoma imajo daljinsko ogrevanje in različne alternativne vire ogrevanja stavbe – najbolj pogosto toplotno črpalko. Večina stavb ima tudi sisteme za rekuperacijo.	
<b>ENERGETSKE LASTNOSTI</b>		
Stopnja energetske prenove – stavbe niso potrebne energetske prenove. Grajeni so skladno s vsemi veljavnimi standardi od leta 2002 dalje.		
<b>Energija namenjena pretvorbi v toploto</b>		
kWh/m <sup>2</sup> a	<b>70</b>	

## E 2

		<i>Shematski prikaz tlorisa</i>
letnica	<b>2002-danes</b>	
velikost (št.oddelkov)	<b>5 do 15</b>	
konstrukcija	<b>lesena</b>	
etažnost	<b>P do P+1</b>	
tip stavbe	<b>samostoječa</b>	

*Tipski predstavniki - fotografija***POSEBNOSTI / LASNOSTI STAVBE**

\*Namensko grajena stavba predšolske vzgoje

**ZNAČILNOSTI TIPIA - Ostale lasnosti stavbe**

lokacija	Tip stavbe je praviloma pozicioniran dislocirane in mestnih jeder in ožjega centra mest. Stavbe so lesene, velikokrat je les izpostavljen v enterijeru in eksterijeru stavbe. Pestre forme. Veliko dvorišče.
velikost (m <sup>2</sup> )	Vrtci različnih velikosti od majhnih (2 oddelka) do veliki vrtci površine do 2000 m <sup>2</sup> .
ovoj stavbe	Termalni ovoj stavbe v skladu z vso veljavno zakonodajo. Konstrukcijski gledano najdemo v izbranem analiziranem vzorcu dva osnovna tipa: 1. lesena okvirna-panelna konstrukcijain 2. lesena masivno panelna konstrukcija iz lesenih križno lepljenih panelov.
okna	Leseni ali PVC z dvoslojno zastaklitvijo. Zunaje rolete.
ogrevanje	Stavbe večinoma imajo daljinsko ogrevanje in različne alternativne opcije ogrevanja stavbe – najbolj pogosto toplotno črpalko. Večina stavb ima tudi sisteme za rekuperacijo.

**ENERGETSKE LASTNOSTI**

Stopnja energetske prenove – stavbe niso potrebne energetske prenove. Grajeni so skladno s vsemi veljavnimi standardi od leta 2002 dalje.

**Energija namenjena pretvorbi v toploto**

**kWh/m<sup>2</sup>a**

**50**

**Primeri stavb TIP E1****Vrtec PTUJ/Podlesek**

Letnica stavbe 2011

**Vrtec ILIRSKA BISTRICA**

Letnica stavbe 2016

**Primeri stavb TIP E2****Vrtec ŠENTRUPERT**

Letnica stavbe 2010





### Tipologija sodobnih lesenih vrtcev v Sloveniji

Analize energijsko učinkovitih lesenih vrtcev v Sloveniji predstavljajo del aktivnosti vezanih na tipološko klasifikacijo lesenih vrtcev in aktivnosti *A 1.3 tipologija stavb*. Kot poseben del projekta je ločeno analizirana tipologija sodobnih energijsko učinkovitih lesenih vrtcev, TIP E v splošni tipologiji stavb predšolske vzgoje, razlog za to je izreden potencial, ki ga imajo lesene stavbe v kontekstu energetske učinkovite novogradnje.

Del stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje predstavljajo tudi leseni vrtci. Skupino lahko razdelimo na lesene vrtce, grajene v šestdesetih in sedemdesetih (TIP B in TIP C v tipološki klasifikaciji) in sodobne lesene stavbe, grajene v zadnjih petnajstih letih, pri katerih beležimo veliko število novozgrajenih (TIP E). Gradnja sodobnih lesenih vrtcev je časovno določena na obdobje po letu 2002, oziroma po poostreni zakonodaji na področju energijske učinkovitosti v stavbah. Po letu 2002 vsi novozgrajeni leseni vrtci sledijo sodobnim standardom in predstavljajo usmeritev, kako je potrebno graditi tudi v prihodnje. Prav zaradi tega jim je v tej raziskavi posvečena posebna pozornost, zato je splošna tipologija analizirana bolj podrobno.

### Analiza vzorca

Analiza več kot štirideset lesenih vrtcev je pokazala zanimive rezultate. Grajeni vrtci so velikosti od 2 do 17 oddelkov. Stavbe so večinoma grajene kot samostojne, majhno število novozgrajenih enot so prizidki že obstoječim osnovnim šolam ali vrtcem (večinoma so prizidki majhnih kvadratur z majhnim številom skupin). Površina analiziranih zgrajenih lesenih vrtcev se giba med 130 do 5783 m<sup>2</sup>. Večina stavb je pritličnih, izjemoma so stavbe grajene do P+2 v primerih, ko je vrtec grajen skupaj z osnovno šolo. Majhno število stavb je podkletenih (manj kot 10% analiziranega vzorca). Podatki o stavbah so pridobljeni iz evidence Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS), s spletnih strani posameznih proizvajalcev lesenih stavb in spletnih strani vrtcev.

Konstruktivsko gledano najdemo v izbranem analiziranem vzorcu **leseni vrtcev, grajenih po letu 2002**, dva osnovna tipa: 1. **lesena okvirna-panelna konstrukcija** in 2. **lesena masivno panelna**



**konstrukcija iz lesenih križno lepljenih panelov.** V smislu rabe energije pa med analiziranimi stavbami najdemo od nizkoenergijskih stavb do pasivnih stavb. V smislu arhitekturno oblikovnih lastnosti stavb lahko ločimo 1. tipsko zgrajene vrtce (določeni proizvajalci imajo tudi modularne rešitve), dostopne v kataloški ponudbi proizvajalcev lesenih stavb in 2. načrtovane in grajene vrtce izven tipske ponudbe (večinoma prilagojene rešitve po arhitekturnih natečajih). V okviru delne analize vzorca v tipološki klasifikaciji stavb so analizirane tudi lastnosti stavb v zvezi s termalnim ovojem stavbe, oziroma z uporabo termoizolacijskih materialov pri tipskih predstavnikih v določeni tipski klasifikaciji.

#### **Tipološka klasifikacija sodobnih lesenih vrtcev**

Predhodno so predstavljeni kriteriji za tipološko klasifikacijo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, ki so upoštevani tudi pri subklasifikaciji sodobnih lesenih vrtcev. V kontekstu izgradnje energijsko učinkovitih stavb je oblika stavbe zelo pomemben faktor, ko teče beseda o rabi energije v stavbi. Faktor oblike predstavlja razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in neto ogrevano prostornino stavbe.<sup>20</sup> Preprosto povedano, stavbe kompaktne, nerazgibane volumetrije imajo manjše transmisijske toplotne izgube skozi ovoj stavbe. Številne raziskave so pokazale, da so stavbe kompaktne volumetrije, izredno učinkovite v domeni ogrevanja in hlajenja stavbe.<sup>21</sup> To ne pomeni, da stavba z razgibano obliko ne more biti energetska učinkovita, le nekoliko več bo treba investirati v toplotno izolacijo, posebno pozornost pa moramo posvetiti tudi drugim elementom energijske učinkovitosti: pravilni razporeditvi in kvaliteti stavbnega pohištva, toplotnem zoniranju, orientacija stavbe na parceli, ipd.

Na podlagi analize vzorca je narejena tipološka klasifikacija energijsko učinkovitih lesenih vrtcev v Sloveniji. Za analizo in tipološko klasifikacijo lesenih vrtcev je v tej raziskavi kot ključni kriterij

---

<sup>20</sup> Lylykangas, K. (2009). Shape Factor as an Indicator of Heating Energy Demand. *15<sup>th</sup> Internationales Holzbau-Forum*. Germany. [http://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09\\_Lylykangas.pdf](http://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09_Lylykangas.pdf) [10.08.2019.]

<sup>21</sup> Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, 2002, Uradni list RS, št. 42-2002



določena oblika stavbe, torej so stavbe kategorizirane kot: kompaktne, delno kompaktne, razgibane, izredno razgibane (Slika 1 do Slika 7 v Tabela 1.15). Za vsaki tip je določena še namembnost stavbe (vrtec ali OŠ+vrtec), etažnost stavbe in lega.



**Legenda za Tabela 1.15**

**Slika 1: TIP 1** predstavniki tipa: **A. Vrtec IG, enota Krimček B. Vrtec Tinje**

*oblika:* kompaktna oblika  
*namembnost:* OŠ+vrtec  
*etažnost:* P+1 do P+2  
*lega:* samostoječa stavba

**Slika 2: TIP 2** predstavniki tipa: **A. Vrtec Šmartno B. Vrtec Loče, Slovenske Konjice**

*oblika:* kompaktna oblika (volumetrija stavbe z manjkajočimi kubusi)  
*namembnost:* vrtec  
*etažnost:* P+1  
*lega:* samostoječa stavba

**Slika 3: TIP 3** predstavniki tipa: **A. Vrtec Kekec, Ljubljana B. Vrtec Jelka, Ljubljana**

*oblika:* kompaktna oblika  
*namembnost:* vrtec  
*etažnost:* P  
*lega:* prizidek obstoječi stavbi

**Slika 4: TIP 4** predstavniki tipa: **A. Vrtec Mokronožci, Mokronog B. Vrtec Šentilj**

*oblika:* delno kompaktna oblika (linijska struktura)  
*namembnost:* vrtec  
*etažnost:* P  
*lega:* samostoječa stavba

**Slika 5: TIP 5** predstavniki tipa: **A. Vrtec Urša, Domžale B. Vrtec Lenart, Lenart v SL. Goricah**

*oblika:* razgibana oblika (stavba v obliki črke L ali P)  
*namembnost:* vrtec  
*etažnost:* P do P+1  
*lega:* samostoječa stavba

**Slika 6: TIP 6** predstavniki tipa: **A. Vrtec Mavrica, Brežice B. Vrtec Šoštanj, Ljubljana**

*oblika:* izredno razgibana oblika  
*namembnost:* vrtec  
*etažnost:* P do P+1  
*lega:* samostoječa stavba

**Slika 7: TIP 7** predstavniki tipa: **A. Vrtec Legenj, Slovenj Gradec B. Vrtec Pedenjped, Ljubljana**

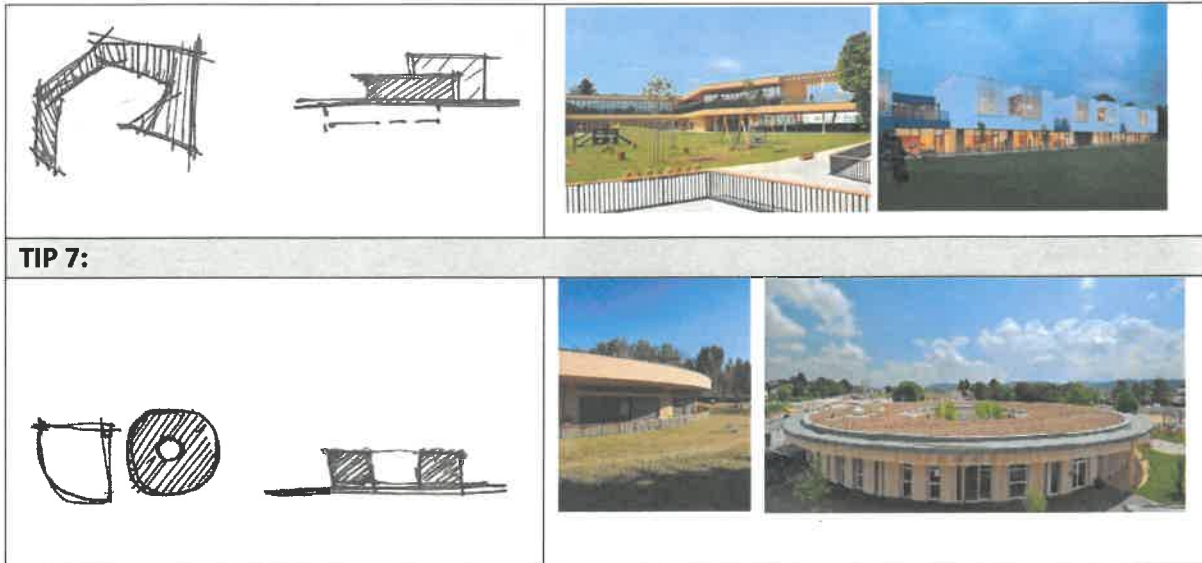
*oblika:* kompaktna oblika (stavbe krožne oblike)  
*namembnost:* vrtec  
*etažnost:* P  
*lega:* samostoječa stavba



Tabela 1.15. Tipologija sodobnih lesenih vrtcev v Sloveniji [Avtor].

<b>TIP 1:</b>	
<b>TIP 2:</b>	
<b>TIP 3:</b>	
<b>TIP 4:</b>	
<b>TIP 5:</b>	
<b>TIP 6:</b>	







### Drugi primeri vrtcev v Sloveniji

Poleg predstavljenega kataloga stavb predšolske vzgoje obstaja v Sloveniji še peščica stavb, ki jih ne moremo uvrstiti v nobeno od skupin predstavljenih v katalogu, in so dejansko izjeme. Lahko jih uvrstimo v posebno skupino, ki jo bomo tukaj predstavili, vzorec stavb pa nima potenciala posebnega tipa v tipološki klasifikaciji.

### Modularni vrtci

- Vrtec Šentlovrenc (Slika 1.10Slika 1.10. Vrtec Šentlovrenc, 2015. [16]): Zaradi želje po hitrejši gradnji so se odločili za montažni sistem modularne gradnje, zahtevali pa so, da mora vrtec po končanih delih dosegati standard skoraj nič-energijske stavbe. Objekt je sestavljen iz 29 predizdelanih modulov, ki so postavljeni na točkovne temelje. Streha je izvedena kot dvokapnica z jekleno konstrukcijo in pločevinasto kritino, ki je na notranji strani obdelana s protikondenčnim obrizgom. Za izgradnjo objekta je bil uporabljen sistem modularne gradnje REM modul PLUS, ki omogoča veliko prilagajanje tlorisni zasnovi, prav tako pa je prilagojen doseganju najvišjih energetske standardov.
- Vrtec Ajda (Slika 1.11Slika 1.10Slika 1.10. Vrtec Šentlovrenc, 2015. [16]): Zaradi naraščajočega števila otrok je obstoječemu vrtcu dograjen prizidek z uporabo zabojnikov ISO, ki se hitro postavijo in so stroškovno učinkoviti.



*Slika 1.10. Vrtec Šentlovrenc, 2015. [16]*

*Slika 1.11. Vrtec Ajda, Jure Kotnik, 2009. [17]*



V Sloveniji je danes že postavljenih nekaj kontejnerskih oz. modularnih vrtcev. Vodilni slovenski proizvajalec je podjetje Trimo d. d. Ugodna cena in hitra postavitve so glavne prednosti modularnih vrtcev (poleg vrtca Ajda in Šentlovtenc jih najdemo še v Škofji Loki, Ilirski Bistrici in v Ravnah na Koroškem). Namen kontejnerske gradnje je zagotoviti finančno dostopno bivalno ali delovno enoto; montaža je enostavna in hitra, postavitve takih objektov pa je lahkočasna, kot pomoč pri prostorskih stiskah, ali trajna. Kontejnerje standardnih dimenzij je možno preoblikovati v sestave različnih oblik, iz katerih se lahko ustvari kreativne sodobne objekte.



## LITERATURA – AKTIVNOST A1

- [1] Gregorski Mojca, Zaviršek-Hudnik Damjana, and Nardoni-Kovač Damjana, "Pomen evidentiranja in vrednotenja stavb vrtcev v Sloveniji / The importance of registration and evaluation of kindergarten buildings in Slovenia," Ljubljana, 2017. Accessed: Jan. 09, 2020. [Online]. Available: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-NDL3T4TJ/1ff769a4-a7e9-4541-9664-f3ae0178c290/PDF>.
- [2] Ljiljana Djukanovic, "Tipologija i valorizacija stambenih zgrada Beograda sa stanovišta komforna stanovanja," Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2015.
- [3] M. Rot-Čerina, "ZNANSTVENI ČASOPIS ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM A SCHOLARLY JOURNAL OF ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING," *Prostor*, vol. 1, no. 53, pp. 20–39, 2017, Accessed: Mar. 30, 2020. [Online]. Available: [https://doi.org/10.31522/p.25.1\(53\).2](https://doi.org/10.31522/p.25.1(53).2).
- [4] M. . I. D. . R. A. . Đ. L. . N. M. . S. B. . Ć.-I. N. . Ž. B. . S. A. . Đ. Ž. . K. D. Jovanović-Popović, *National Typology of Kindergarten Building in Serbia*. Belgrade: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and University of Belgrade, Faculty of Architecture, 2018.
- [5] *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52 z dne 30.6.2010)*. .
- [6] R. . J. J. J. Ruotsalainen, "Ventilation and indoor air quality in Finnish daycare centers," *Environ. Int.*, vol. 19, 1993.
- [7] J. . C. G. . S. D. . Q. D. . I. G. . Z. Y. . F. P. O. Pejtersen, "Air pollution sources in kindergartens," 1991.
- [8] H. . P. C. . H. A. Cars, "Infectious diseases and day-care center environment," *Scand. J. Infect. Dis.*, vol. 24, no. 4, pp. 525–528, 1992.
- [9] D. G. de Matos *et al.*, "The Impact of Measures Recommended by the Government to Limit



- the Spread of Coronavirus (COVID-19) on Physical Activity Levels, Quality of Life, and Mental Health of Brazilians,” *Sustainability*, vol. 12, no. 21, p. 9072, Oct. 2020, doi: 10.3390/su12219072.
- [10] A. Borodinecs and Z. Budjko, “Indoor air quality in nursery schools in Latvia,” 2009.
- [11] L. . K. Ž. . K. M. . K. Ž. K. . D. M. Pajek, “Indoor environmental quality (IEQ) in Slovenian children daycare centres,” *Int. J. Sanit. Engeneering Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 4–19, 2017.
- [12] *DIREKTIVA 2010/31/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb. .*
- [13] MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR, “Tehnična smernica T SG - 1 - 0 0 4: 2010UČINKOVITA RABA ENERGIJE.” Accessed: Oct. 28, 2019. [Online]. Available: [http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf).
- [14] “TABULA.” <https://episcope.eu>.
- [15] Lovec Vesna, *UM, FGPA rezultati neobjavljene raziskave VRTEC+*. 2019.
- [16] 1-2 Gradbenik, “Vrtec Šentlovrenc.” <https://www.gradbenik.net/revija> (accessed Mar. 05, 2021).
- [17] “Vrtec Ajda, Jure Kotnik.” [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com) (accessed Feb. 05, 2020).
- [18] S. Pan *et al.*, “Air quality implications of COVID-19 in California,” *Sustain.*, vol. 12, no. 17, Sep. 2020, doi: 10.3390/su12177067.



## POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST A1

### Popis slik

Slika 1.1. Delež grajenih stavb predšolske vzgoje glede na letnico izgradnje .....	6
Slika 1.2. Vrtec Mladi rod, enota Vetrnica, Ljubljana 1972, arh. Stanko Kristl.....	9
Slika 1.3. Vrtec Slavuj v otoku 28, Novi Beograd. Za vrtcem stoji zgradba imenovana »Televizorka« v okviru stavbnega otoka (bloka) 28, zasnovana v montažnem sistemu Žeželj. Ob pripravah na gradnjo stavbnega otoka 28 v Novem Beogradu (1967–71), je sodeloval tudi sl. ....	10
Slika 1.4. Termoizolacija EPS. [Vir: <a href="http://www.Fragmat.si">www.Fragmat.si</a> ].....	24
Slika 1.5. Termoizolacija PIR. [Vir: <a href="http://www.Fragmat.si">www.Fragmat.si</a> ].....	26
Slika 1.6. Termoizolacija XPS. [Vir: <a href="http://www.Fragmat.si">www.Fragmat.si</a> ].....	27
Slika 1.7. Vključenost otrok v vrtce po starostnih skupinah v Sloveniji [Vir: SURS]. ....	52
Slika 1.8. Metodologija tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, shematski prikaz..	70
Slika 9. Stavbe predšolske vzgoje različne oblike - shematski prikaz. ....	79
Slika 1.10. Vrtec Šentlovrenc, 2015. [16] .....	88
Slika 1.11. Vrtec Ajda, Jure Kotnik, 2009. [17] .....	88

### Popis tabel

Tabela 1.1. Pregled slovenske zakonodaje vezane na tehnične pogoje gradnje in prenove stavb. ....	42
Tabela 1.2. Največja dovoljena toplotna prehodnost posameznih pomembnejših elementov stavbe, U <sub>max</sub> (Tehnična smernica TSG-1-004:2010).....	44
Tabela 1.3. Pregled slovenske zakonodaje vezane na gradbeno-fizikalne lastnosti stavb in energetska učinkovitost. ....	46
Tabela 1.4. Velikost vrtca (kriterij: število otrok, število enot). ....	59



Tabela 1.5. Podatki o delovnih procesih v stavbah predšolske vzgoje. ....	60
Tabela 1.6. Pregled letnic izgradnje stavbe.....	60
Tabela 1.7. Namembnost stavb v katerih se v Sloveniji izvaja predšolska vzgoja.....	61
Tabela 1.8. Pregled arhitekturnih lastnosti stavb predšolske vzgoje.....	62
Tabela 1.9. Delež dosedanjih prenov v stavbah predšolske vzgoje. ....	63
Tabela 1.10. Pregled obsega dosedanjih prenov v slovenskih stavb predšolske vzgoje.....	64
Tabela 1.11. Energetski razred stavbe. ....	64
Tabela 1.12. Alternativni načini hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode v slovenskih vrtcih.....	65
Tabela 1.13. Okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji.....	66
Tabela 1.14. Kriterij časovne zastopanosti.....	75
Tabela 1.15. Tipologija sodobnih lesenih vrtcev v Sloveniji [Avtor].....	86

## KRATICE

MIZŠ – Ministrstvo za Znanost, Izobraževanje in Šport

IEQ, *indoor environmental quality* – Notranje bivalno ugodje

IAQ, *indoor air quality* – Kakovost zraka

NIJZ- Nacionalni Institut za Javno Zdravje

SURS - Statistični Urad Republike Slovenije

GURS – Geodetska Uprava Republike Slovenije

**A2:**

**ANALIZA      PARAMETROV      KAKOVOSTI**  
**NOTRANJEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA**  
**BIVALNO              UGODJE,              DELOVNO**  
**UČINKOVITOST              IN              ZDRAVJE**  
**UPORABNIKOV**





## KAZALO – AKTIVNOST A2

ANALIZA PARAMETROV KAKOVOSTI NOTRANJEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA BIVALNO UGODJE, DELOVNO UČINKOVITOST IN ZDRAVJE UPORABNIKOV .....	1
KAZALO – AKTIVNOST A2 .....	2
A2: ANALIZA PARAMETROV KAKOVOSTI NOTRANJEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA BIVALNO UGODJE, DELOVNO UČINKOVITOST IN ZDRAVJE UPORABNIKOV .....	4
2.1 Teoretična analiza parametrov kakovosti notranjega okolja .....	4
2.1.1 Opredelitev osnovnih pojmov .....	4
2.1.2 Pomen bivalnega ugodja .....	7
2.1.3 Analiza parametrov kakovosti notranjega okolja .....	8
2.1.4 Dejavniki, ki vplivajo na kakovost notranjega okolja .....	16
2.1.5 Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav - <i>State of the art</i> .....	19
2.1.5.1 Pregled slovenskih raziskav in dostopne literature .....	21
2.1.5.2 Pregled mednarodnih raziskav in dostopne literature .....	23
2.1.6 Zdravstveni vidik .....	25
2.1.6.1 Vpliv kakovosti zraka na zdravje in počutje ljudi .....	25
2.1.6.2 Vpliv toplotnega (ne)ugodja na zdravje in počutje .....	29
2.1.6.3 Sindrom bolnih stavb .....	31
2.1.6.4 Sodobna zdravstvena priporočila v zvezi s kakovostjo notranjega okolja. ....	31
2.1.7 Zaključek teoretične analize parametrov kakovosti notranjega okolja .....	34
2.2 Računska analiza kakovosti notranjega okolja .....	36
2.2.1 Uvod .....	36
2.2.2 Opredelitev osnovnih pojmov .....	37
2.2.3 Metodologija izračuna .....	39
2.2.4 Komparativna računska študija .....	41
2.2.4.1 Komparativna študija – NEPRENOVLJENA/PRENOVLJENA stavba .....	42
2.2.4.2 Komparativna študija – PRED/V ČASU COVID-19 pandemije .....	44
2.3 Eksperimentalna analiza parametrov kakovosti notranjega okolja .....	45



2.3.1	Metodologija meritev <i>in situ</i> .....	46
2.3.1.1	Načrtovanje merilnega procesa.....	46
2.3.1.2	Izbira vzorca.....	49
2.3.1.3	Soglasja za izvajanje meritev .....	52
2.3.1.4	Evidence .....	52
2.3.1.5	Čas izvajanja meritev .....	61
2.3.1.6	Obdobje izvajanja meritev.....	61
2.3.1.7	Potek merilnega procesa.....	62
2.3.2	Oprema – merilne naprave, položaj merilnikov v prostoru .....	62
2.3.2.1	Merilne naprave .....	63
2.3.2.2	Položaj merilnih naprav.....	65
2.3.3	Rezultati.....	67
2.3.3.1	Analiza izmerjenih parametrov .....	67
2.3.3.2	Analiza zbranih evidenc.....	83
2.3.4	Zaključek eksperimentalne analize .....	87
LITERATURA – AKTIVNOST A2 .....		92
POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST A2.....		97
Popis slik.....		97
Popis tabel.....		98
Kratice in simboli.....		99



## **A2: ANALIZA PARAMETROV KAKOVOSTI NOTRANJEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA BIVALNO UGODJE, DELOVNO UČINKOVITOST IN ZDRAVJE UPORABNIKOV**

V sklopu Aktivnosti A2 - *analiza parametrov kakovosti notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje, delovno učinkovitost in zdravje uporabnikov* so v projektu VRTEC+ izvedene tri podaktivnosti: 1. *Teoretična*, 2. *Računska* in 3. *Eksperimentalna analiza parametrov kakovosti notranjega okolja*. V prvi fazi so analizirani parametri kakovosti notranjega bivalnega okolja (teoretična analiza), za izvedbo te aktivnosti se koristijo ugotovitve dostopne strokovne in znanstvene literature, obstoječih izvedenih raziskovalnih projektov, ipd. V drugi fazi aktivnosti je predvidena računska analiza posameznih parametrov kakovosti notranjega bivalnega okolja. V tretji fazi aktivnosti so predvidene meritve določenih parametrov na obstoječih stavbah, oziroma eksperimentalna analiza kakovosti notranjega bivalnega okolja.

### **2.1 Teoretična analiza parametrov kakovosti notranjega okolja**

V okviru podaktivnosti A 2.1: *teoretična analiza parametrov kakovosti notranjega okolja* so na začetku aktivnosti opredeljeni osnovni pojmi s področja kakovosti notranjega okolja in je definiran pomen bivalnega ugodja. Izvedena je teoretična analiza parametrov kakovosti notranjega okolja, analiza ugotovitev obstoječih raziskav z obširnim pregledom literature s področja kakovosti notranjega okolja in posamičnih parametrov notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje, delovno učinkovitost in zdravje uporabnikov. Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav in raziskovalnih projektov (eng.: *state of the art analysis*) je narejena s pomočjo obširnega pregleda raziskav v Sloveniji in v tujini. Teoretična analiza osnovnih pojmov je zajela analize toplotnega ugodja, kakovosti zraka, vizualnega in akustičnega ugodja ter analizo prezračevanja kot pomembnega dejavnika kakovostnega notranjega okolja. Analiziran je zdravstveni vidik vpliva kakovosti notranjega okolja na zdravje uporabnikov prostora, ki je zajel teoretične analize sodobnih raziskav o vplivu kakovosti notranjega okolja v kontekstu stavb predšolske vzgoje otrok.

#### **2.1.1 Opredelitev osnovnih pojmov**

Znotraj omenjene tematike obstajajo številni pojmi v slovenskem in angleškem jeziku, ki so si precej podobni, hkrati pa tudi zelo različni. Tematika, povezana z okoljem (eng.: *environment*), bivanjem (eng.: *existence*), ugodjem (eng.: *comfort*), kakovostjo bivalnega ugodja (eng.: *Indoor*



*Environmental Quality*), ipd., je v slovenski jezik in slovensko zakonodajo prenešena iz angleškega jezika in zakonodaje EU. Zaradi tega je v tej raziskavi pomembna opredelitev posameznih pojmov tudi v angleškem jeziku.

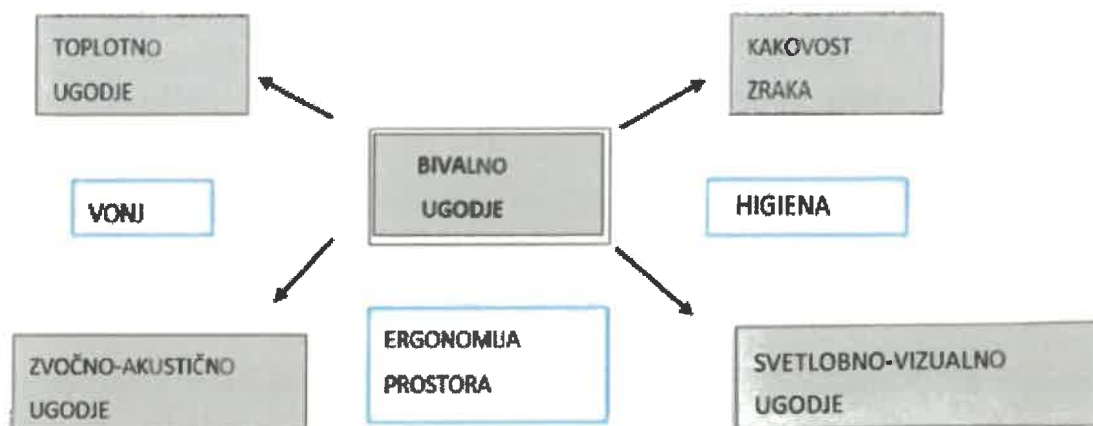
**Notranje okolje** oz. **bivalno okolje** (okolje, v katerem bivamo) obsega v najširšem pomenu besede bivalno okolje z vsem, kar povzroča telesno in duševno ugodje človeka. Takšna definicija zajema tako področja sociale, psihologije osebnosti kot fizične pogoje bivanja. Notranje okolje je okolje v zaprtih prostorih doma, v šoli, službi ipd.

Najpomembnejša je opredelitev pojma **ugodje / comfort**, ki je v strokovni mednarodni literaturi označen kot:

- ... *relief from discomfort* [1]  
... odsotnost neugodja,
- ... *the state of having met basic human needs for relief, and transcendence* [1]  
... stanje izpolnjevanja osnovnih človekovih potreb po olajšanju,
- ... *a feeling of contentment, a sense of coziness, or a state of physical and mental well-being* [2]  
... občutek zadovoljstva, občutek prijetnosti ali stanje fizičnega in duševnega dobrega počutja.

**Splošna opredelitev pojma torej indicira, da ugodje pomeni, da v določenem prostoru ni neugodja, oz. pomeni prisotnost občutka prijetnosti in fizičnega in mentalnega blagostanja.**

Posamezni parametri **notranjega** oz. **bivalnega okolje** vplivajo na **ugodje uporabnika prostora**. Eksaktno bivalno ugodje v notranjem okolju lahko opredelimo kot skup različnih dejavnikov, ki vplivajo na kakovost bivanja v nekem prostoru (Slika 2.1). Nekateri parametri so eksperimentalno ali računsko merljivi.



Slika 2.1. Dejavniki bivalnega ugodja, shematski prikaz.

Torej, kakovost notranjega okolja lahko ocenimo s kakovostjo bivalnega ugodja (*IEQ, Indoor Environment Quality*), oz. s parametri bivalnega ugodja kot so: toplotno ugodje, kakovost zraka (*IAQ, Indoor Air Quality*), zvočno ugodje in svetlobno – vizualno udobje. Poleg tega obstajajo še drugi parametri bivalnega ugodja (higiensko ugodje, ergonomija prostora, ipd.), ki niso predmet te raziskave.

Notranje okolje predstavlja presek uporabnikovih potreb in želja z zunanjimi naravnimi danostmi specifične lokacije stavbe in mora velikokrat uskladiti veliko število pogosto kontradiktornih danosti in zahtev. Zaradi tega je ključnega pomena pri oblikovanju notranjega okolja prav zunanji ovoj stavbe, ki z različnimi elementi omogoča usklajevanje notranjih in zunanjih pogojev. Ključni faktorji za oblikovanje notranjega okolja z vidikov ugodnega počutja uporabnikov so:

- **toplotno ugodje (CR 1752 1998):** temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, temperatura površin, sevanje, hitrost premikanja zraka, faktor obleke uporabnikov, nivo metabolizma uporabnikov;
- **kvaliteta zraka/kakovost zraka (CR 1752 1998):** prisotnost plesni, vonjave, relativna vlažnost zraka, hitrost izmenjave zraka, količina polutantov ( $CO_2$ ,  $SO_2$ , kancerogene spojine ipd.);
- **vizualno udobje (ISO 8995 1989):** dnevna in umetna osvetlitev, nivo in enakomernost osvetlitve, bleščanje, kontrast, pogled (vizualna povezava z



okolico), barvno odražanje;

- **prostorska akustika/akustično udobje:** zvočna izolativnost, reverberacijski čas, rezidenčni šum;
- **ergonomija prostora:** razmerje in oblika prostora, orientacija prostora, materiali, oprema, barve.

Na podlagi zgoraj naštetih faktorjev je očitno, da **notranje okolje vsebuje številne interakcijske in povratne povezave, ki tvorijo kompleksen sistem.** V nadaljevanju bodo analizirani posamezni faktorji vpliva oz. elementi notranjega bivalnega okolja.

### 2.1.2 Pomen bivalnega ugodja

Spremembe življenjskega sloga konec dvajsetega stoletja, ko smo ljudje začeli preživljati veliko časa v zaprtih prostorih, so vplivale tudi na arhitekturne doktrine. Kakovost notranjega/bivalnega ugodja v stanovanjskih, poslovnih in javnih stavbah postaja eden izmed imperativov arhitekturne stroke zaradi pomembnega vpliva na zdravje in počutje ljudi in otrok.

V svetovnem merilu postaja vse bolj očitna nevarnost izpostavljenosti onesnaženju v zaprtih prostorih. Po navedbah Svetovne zdravstvene organizacije naj bi bila kakovost notranjega zraka osmi najpomembnejši dejavnik tveganja za zdravje. Dobra kakovost notranjega zraka, ki ga dihamo, zagotavlja udobje, zdravje in varnost ter vpliva na dobro počutje ljudi.

Vrtec je posebno okolje, saj mora tako otrokom kot vzgojiteljem (pedagoškim delavcem) zagotoviti optimalne pogoje za bivanje. Kakovost notranjega okolja je še posebej pomembna v stavbah predšolske vzgoje, v katerih večina otrok preživi poprečno 9 ali več ur na dan (tretjino ali četrtno svojega časa tekom dneva). **Številni otroci v igralnicah po vsej Sloveniji preživijo veliko časa v zaprtem prostoru, v katerem se vsak dan odvijajo učne in pedagoške dejavnosti, prehrana, nega, igra in različne druge aktivnosti, vse v istem prostoru, tj. v igralnici vrtca, zaradi česar je izredno pomembno, da je bivalno okolje, v katerem se zadržujejo, optimalno za njihovo zdravje in počutje.** Statistični podatki Republike Slovenije kažejo, da kar 81,7 % vseh otrok v Sloveniji starih od 1 do 5 let preživi zgodnje otroštvo v vrtcih [3], kar dodatno govori v prid skrbi za zdravje velikega števila otrok.

Otroci so najbolj ranljiva populacijska skupina, predvsem zaradi razlik v anatomiji, fiziologiji in zrelosti imunskega sistema. Dodatno prispeva k razlikam njihova večja telesna aktivnost v



primerjavi z odraslimi, kar zaradi večje frekvence dihanja pomeni vdihavanje večjih volumnov (potencialno onesnaženega) zraka v igralnicah vrtcev. Poleg tega so raziskave pokazale, da so otroci, ki so v fazi intenzivnega razvoja in rasti, bolj občutljivi na okoljske vplive kot odrasli. Zaradi tega je **bivalno ugodje v stavbah (IEQ) predšolske vzgoje eden izmed najbolj pomembnih dejavnikov, ki vpliva na fizično zdravje vrtčevskih otrok**. IEQ je predmet številni raziskav, ki izpostavljajo, da je bivalno okolje kompleksno in pogojeno s številnimi parametri notranjega bivalnega ugodja, ki medsebojno vplivajo drug na drugega. Številne raziskave analizirajo posamezne parametre bivalnega ugodja v stavbah, kot so: toplotno ugodje, kakovost zraka (IAQ), svetlobno in zvočno ugodje ipd. Poleg tega številne raziskave ugotavljajo vpliv posameznih parametrov IEQ na zdravje in počutje ljudi, otroci so izpostavljeni kot najbolj ranljiva skupina, izredno občutljiva na slabo bivalno ugodje v stavbah.

### 2.1.3 Analiza parametrov kakovosti notranjega okolja

Človek ugodnih klimatskih pogojev skoraj ne občuti, občuti pa neugodne. Kakovost notranjega okolja je vitalnega pomena za počutje, zdravje in tudi delovno učinkovitost uporabnikov. V kontekstu stavb predšolske vzgoje je potrebno pomen kakovosti bivalnega prostora še posebej poudariti, saj v prostorih bivajo otroci nižjih starostnih skupin, od enega do šestih let. Pri stavbah predšolske vzgoje (pa tudi pri vseh ostalih javnih stavbah in hišah) je nujen **cilj doseči zdravo, udobno, ugodno in prijetno** notranje okolje, ki ga determinirajo kakovostni parametri vseh elementov notranjega okolja.

V tem poglavju raziskave so teoretično analizirani parametri kakovosti notranjega okolja, ki izhajajo iz arhitekturne, tehnične in materialne zasnove. Analiza je strukturirana v enote, katerih parametri opredeljujejo posamezne aspekte notranjega okolja, in sicer: toplotno ugodje, kakovost zraka, vizualno in akustično ugodje.

- **Toplotno ugodje**

Toplotno ugodje je stanje uma, ki izraža zadovoljstvo s toplotnim okoljem (SIST EN ISO 7730:2006) [4]. Kot temperaturno ugodno okolje se v večini primerov definira okolje, v katerem nam ni niti prevroče niti prehladno oz. je termo-regulacijski sistem človeškega telesa najmanj obremenjen. Oblikovanje temperaturno primerne notranjega okolja je s pomočjo tehnološko napredno oblikovanega stavbnega ovoja ter s široko dostopnostjo energetskih virov omogočilo, da danes obravnavamo le relativno ozek razpon temperatur kot temperaturno ugoden.

Toplotno ugodje v prostoru je primarno odvisno od treh dejavnikov: **temperatura zraka v**



prostoru, vlaga v prostoru in temperatura površine notranjih sten (srednje sevalne temperature), poleg tega je še odvisno od površinske temperature tal, asimetrične sevalne temperature, hitrosti gibanja zraka in vertikalnega temperaturnega gradienta zraka. Toplotno okolje je v funkciji naštetih okoljskih dejavnikov (T zraka, T sevalnih površin, hitrost pretoka zraka, relativna vlažnost), poleg tega je odvisno še od osebnih dejavnikov (človeški parametri - oblačila, metabolizem, individualne značilnosti) in pa tudi od zasnove stavbe in sistemov.

V strokovni literaturi so opredeljeni posamezni parametri toplotnega ugodja. Svetovna zdravstvena organizacija (The World Health Organization -WHO) definira toplotni komfort kot stanje, v katerem so ljudje zadovoljni s toploto v svojem okolju (*"a condition when people are satisfied with thermal environment"*). Ameriški standard ASHRAE označuje toplotno ugodje kot stanje uma, v katerem se izraža zadovoljstvo s toploto v okolju in njeno subjektivno oceno (*"that condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment and is assessed by subjective evaluation"*) [5].

**Osnovni fizikalni parametri, s katerimi določamo toplotno ugodje v prostoru so:** temperatura zraka v prostoru [Ti], srednja poprečna sevalna temperatura pohodnih površin v prostoru [Ts], hitrost gibanja zraka v prostoru [v] in vlažnost zraka v prostoru [H]. V tej raziskavi bosta eksperimentalno preučevana dva parametra: temperatura zraka in zračna vlaga, v posameznih igralnicah tudi srednja poprečna sevalna temperature pohodnih površin v prostoru.

**Temperatura zraka** je osnovni parameter toplotnega ugodja in je v slovenski zakonodaji za stavbe predšolske vzgoje določena v Pravilniku o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [6]. Prostori za otroke morajo biti enakomerno ogrevani, in sicer:

- na 20 °C v prostorih za otroke,
- na 23 °C v prostorih za nego otrok do starosti 3 let,
- na 18 °C do 19 °C v športni igralnici.

V ostalih prostorih v vrtcu (npr. prostori uprave) je temperatura zraka lahko opredeljena na podlagi določil Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [7].

- v času brez ogrevanja med 22 °C in 26 °C,
- priporočljivo od 23 °C do 25 °C,
- v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C,
- priporočljivo od 20 °C do 22 °C.

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca predpisuje





temperaturo zraka vsaj 20 °C, maksimalne temperature pa ne omejuje [6]. Številne raziskave pa priporočajo temperaturo zraka v vrtcih 21°C in opozarjajo, da se otroci počutijo udobneje pri nižjih temperaturah kot je predpisano [8][9]. Pravilnik o klimatizaciji in ventilaciji stavb določa parametre za toplotno ugodje sedeče osebe v bivalni coni, in sicer temperaturo zraka v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C, priporočljivo 20 °C do 22 °C [7]. Poleg tega pravilnik določa, da mora biti navpična temperaturna razlika zraka med glavo in gležnji za sedečo osebo (med 0,1 m in 1,1 m nad tlemi) manjša od 3 °C. Pravilnik določa tudi površinsko temperaturo tal med 17 °C in 26 °C.

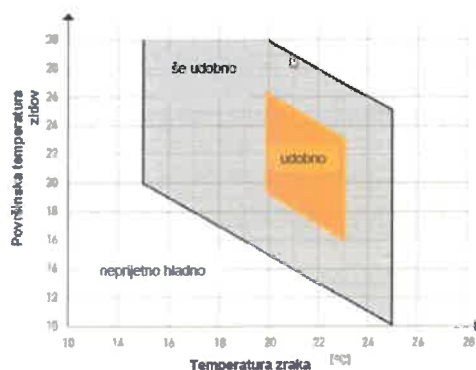
**Relativna vlažnost zraka** je drugi zelo pomemben parameter toplotnega ugodja. Na vlažnost notranjega zraka vpliva dejavnost uporabnikov, njihove bivalne navade ter intenziteta prezračevanja prostorov. Pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti splošno določeno med 30 % in 70 % [7]. Po specialnih določilih predpisa za vrtce pa mora biti v prostorih za otroke relativna vlaga zraka med 40 % in 60 % [6]. V prostorih mora biti zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oz. posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroča nastanka površinske kondenzacije na stenah. Relativna vlažnost dovedenega zraka ne sme biti nižja od 30 %.

Relativna vlažnost zraka v stavbah predšolske vzgoje je v slovenski zakonodaji določena s Pravilnikom o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca [6]. Področje prezračevanja in z njim povezanimi parametre je v pravilniku določeno na način, da mora biti prezračevanje urejeno skladno z veljavnimi tehničnimi predpisi, torej skladno s pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki določa, da je pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C območje dopustne relativne vlažnosti med 30 % in 70 % (12 čl. pravilnika). Pravilnik določa tudi, da je potrebno dodatno mehansko prezračevanje pri garderobah in sanitarijah za otroke. V kuhinji, sanitarijah in prostorih za nego je treba prezračevanje načrtovati tako, da ustvarja podtlak, ki onemogoča širjenje vonjav v igralnico. Idealna vlažnost zraka v prostorih, kjer se zadržujemo čez dan, je med 45 in 55 odstotki ob primerni temperaturi zraka med 20 in 22 °C po priporočilih Društva pljučnih in alergijskih bolnikov Slovenije [10].

**Hitrost gibanja zraka** je določena s Pravilnikom o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca, ki predpisuje, da mora biti v prostorih za otroke prezračevanje urejeno skladno z veljavnimi tehničnimi predpisi, pri tem pa hitrost gibanja zraka ne sme presegati 0,2 m/s [6]. Priporočena srednja hitrost zraka: v času ogrevanja in hlajenja 0,15 m/s, in v ostalem času 0,2 m/s. V primeru mehanskega prezračevanja (ni obvezno, če obstaja naravno prezračevanje): količina vtoka (zunanjega) zraka se uravnava po dejanskih potrebah

obremenjenosti in času zasedenosti prostorov z uporabniki. Zaradi varčevanja z energijo se v stavbah ali v delih stavb, ki se prezračujejo mehansko in kjer je volumska izmenjava zraka v bivalni coni ali v celotnem prostoru večja  $n > 0,7 \text{ h}^{-1}$ , vgradijo naprave za pridobivanje toplote zavrženega ali odtočnega zraka. Naprave za pridobivanje toplote zavrženega ali odtočnega zraka morajo imeti pri projektnih pogojih učinek  $\eta > 65 \%$ , razen:  $\eta \geq 50 \%$  pri vgradnji ploščnega prenosnika toplote in toku zraka  $> 15.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $\eta \geq 45 \%$  pri vgradnji ploščnega prenosnika toplote in toku zraka  $\leq 15.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ali toplotne cevi,  $\eta \geq 40 \%$  pri vgradnji lamelnega prenosnika toplote ali če je obratovanje prezračevalne naprave občasno (do 150 ur letno). Kadar se vgrajuje mehansko prezračevanje, je potrebno zadostiti naslednjim izmenjavam zraka v pomožnih prostorih (prostor - število izmenjav na uro) garderoba/1, kopalnica/5, Umivalnica/1, stranišče/4-8, soba za počitek/1.

Na podlagi predstavljenih dejstev se lahko zaključi, da je **toplotno ugodje** kompleksno in pogojeno s številnimi parametri. **Teoretične analize toplotnega ugodja so pokazale, da je območje, ki ga večina ljudi občuti kot prijetnega, običajno med 18 in 24°C, vendar se spreminja glede na relativno vlažnost zraka, ki naj bi bila med 30 in 65%.** Toplotno udobje ob zmerni dejavnosti kot funkcija površinske temperature zidov in temperature zraka je v dosedanjih raziskavah opredeljeno kot na prikazu (Slika 2.2).



Slika 2.2. Dejavniki bivalnega ugodja, shematski prikaz.

Zaradi tesne povezanosti toplotnega ugodja in sončnega sevanja oz. vizualnega ugodja je pri zagotavljanju ugodnih temperaturnih pogojev v notranjem okolju posebno pozornost potrebno posvetiti interakciji med tema dvema aspektoma notranjih bivalnih razmer. Prav tako je potrebno posvečati posebno pozornost načrtovanju in izbiri sistemov za ohlajevanje in ogrevanje, ki absolutno vpliva na toplotno ugodje notranjega prostora.



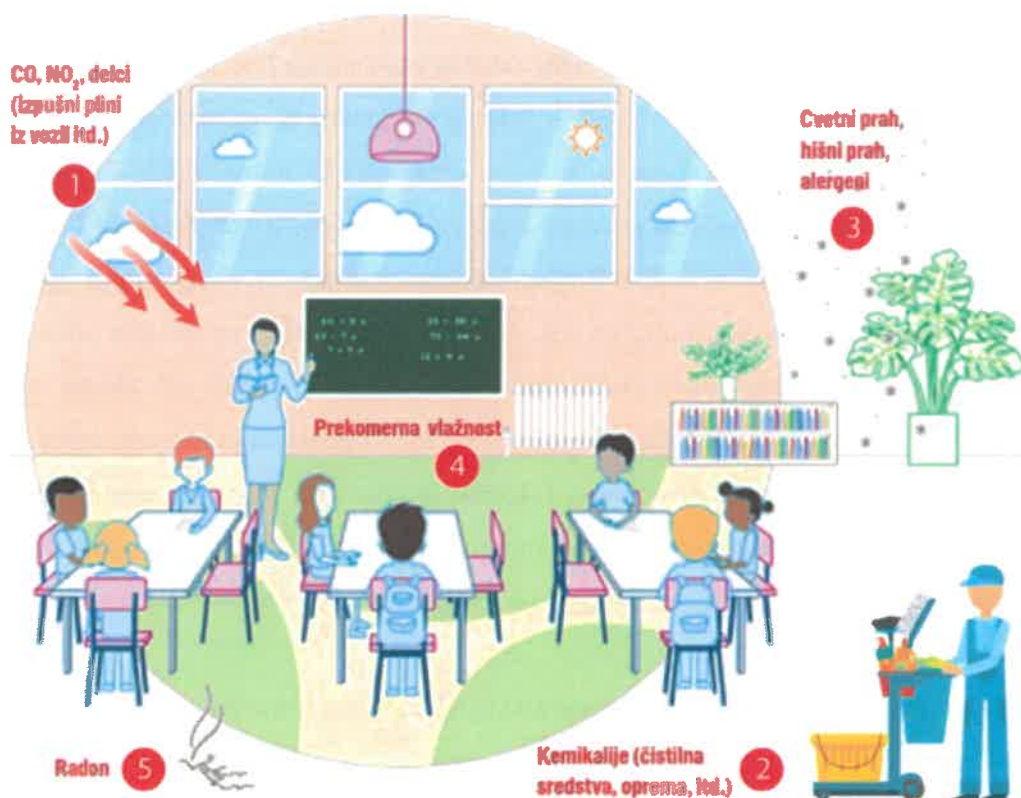
Poleg vsega omenjenega je potrebno še poudariti, da bi v splošnem kontekstu **lahko boljši nadzor nad temperaturo zraka vplival na znižanje stroškov energije za ogrevanje**, ker je v današnjem času, v katerem stremimo k boljši energetski učinkovitosti na vseh področjih, imperativa energetskih prihrankov izrednega pomena.

- **Kakovost zraka**

Problematiki kakovosti zraka v prostoru se v zadnjih letih posveča vedno večja pozornost. Različne raziskave so pokazale, da velik del človeške populacije preživi v zaprtih prostorih večino svojega časa, kar dodatno poudarja pomen te problematike. Eden od osnovnih pokazateljev slabe kakovosti zraka je koncentracija ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) v zraku, ki je izražena v enotah [ppm], kar predstavlja število delcev na milijon (eng.: *parts per milion*). **Zrak v prostoru mora biti svež in prijeten, brez vonjav in ne sme ogroziti zdravja ljudi v prostoru [7].** Slaba kakovost notranjega zraka lahko vpliva na zdravje in počutje uporabnikov prostora, zlasti otrok v vrtcih in pri šolskih otrocih, pri katerih je dokazano, da vpliva tudi na sposobnost koncentracije in učenja.

Zrak je zmes plinov. Čist, suh zrak je blizu nivoja morja sestavljen iz približno 21 % kisika, 78 % dušika, 1 % argona in 0,04 % ogljikovega dioksida. Zrak vsebuje tudi delce vodika, neona, helija, ozona, kriptona in ksenona v odvisnosti od variabilne količine vodne pare ter submikronskih majhnih delcev.

Na kakovost zraka v prostoru vplivajo številne snovi. Osnovne vire onesnaževanja v šolskih prostorih opredeljuje tudi slovenski Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) kot je prikazano na ilustraciji (Slika 2.3), za predšolske stavbe viri niso določeni, vendar se lahko zaključí, da so podobni virom onesnaževanj kot v šolah.



Slika 2.3. Diagram-dejavniki vpliva na bivalno ugodja (NIJZ).

Onesnaževalci v zraku so: 1. viri onesnaževanja iz zunanjega zraka CO, NO, izpušni plini iz vozil, industrija, ipd.; 2. kemikalije, čistilna sredstva, oprema, ipd.; 3. cvetni prah, hišni prah, alergeni; 4. prekomerna vlažnost; 5. radon. Večino CO<sub>2</sub> v prostoru proizvede človekovo dihanje [12]. Zaradi tega je število uporabnikov in njihova dejavnost v prostoru ključni faktor za koncentracijo CO<sub>2</sub> in posledično kakovost zraka. Otrok, sorazmerno s svojo težo, nadiha večjo prostornino zraka kot odrasel človek, poleg tega je v igralnicah večja koncentracija uporabnikov kot npr. v pisarnah in se zato onesnaževalci notranjega zraka kopičijo bistveno hitreje [13]. Poleg človeškega faktorja (dihanje) se kot faktorji vpliva na koncentracijo CO<sub>2</sub> v strokovni literaturi navajajo še: oprema za ventilacijo, pohištvo in aktivnosti v prostoru (število uporabnikov in aktivnosti v prostoru) [14]. Na kakovost zraka v stavbah vpliva tudi kakovost zunanjega zraka, kajti vrtci so v Sloveniji različno pozicionirani v gosto naseljenih prometnih mestnih conah, na podeželju ali v industrijskih conah. Raziskave so pokazal tudi, da je zrak v stavbah lahko bistveno bolj onesnažen kot zunanji zrak, kajti prostor je zaprt in se koncentracije škodljivih snovi hitreje in lažje kopičijo.

Pravilnik o klimatizaciji in prezračevanju stavb RS določa, da je maksimalna dovoljena



koncentracija CO<sub>2</sub> v notranjem prostoru 1667ppm (3000mg/m<sup>3</sup>) [7]. Po podatkih ameriškega združenja ASHRAE in priporočilih, je zadovoljiva raven koncentracije CO<sub>2</sub> odvisna od zunanje koncentracije CO<sub>2</sub> [5]. Razlika med notranjo in zunanjo vrednostjo koncentracije CO<sub>2</sub> ne sme presegati 700ppm. Ob predpostavki, da so poprečne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v zunanjem zraku 500ppm, mora biti v notranjem prostoru zagotovljena vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> pod 1200ppm. Priporočila ASHRAE so v tem pogledu mnogo ostrejša od slovenskih predpisov. Poleg omenjenega je visoka koncentracija CO<sub>2</sub> lahko tudi pokazatelj prisotnosti preostalih onesnaževalcev, kot so ogljikov monoksid in formaldehid (ASHRAE, 1986) [5]. Slednji lahko negativno vpliva na zdravje dihal (Šestan in sod., 2013) [15]. Preostali onesnaževalci zraka niso predmet te raziskave (ki so določeni tudi v zakonodaji), vsekakor je pa njihova prisotnost indicirana v obdobjih z izmerjeno močno zvišano koncentracijo CO<sub>2</sub> v igralnici vrtca. Druge zdravju škodljive koncentracije snovi v zraku pa ne smejo presegati vrednosti iz Standarda SIST CR 1752, dodatek E [16].

Pravilna izbira gradbenih proizvodov in elementov pohištva lahko bistveno vpliva na kakovost zraka v prostoru. Pregled študij je pokazal, da koncentracije formaldehida v notranjem zraku pogosto presežejo zunanje vrednosti. Koncentracija formaldehida v stavbah je odvisna od starosti vira, vrste materialov, načina ogrevanja in prezračevanja, mikroklimatskih razmer in prisotnosti sekundarnih virov. Zaradi njegove široke uporabe ter ob nezadostnem prezračevanju lahko koncentracije dosežejo vrednosti, ki pri uporabnikih povzročajo nezadovoljstvo in imajo negativen vpliv na zdravje.

Kakovost zraka je tesno povezana tudi s prezračevanjem. Lahko se zaključi, da je prezračevanje najbolj pomemben dejavnik vpliva kakovosti zraka v zaprtih prostorih, zaradi tega bo posebej obravnavan na koncu tega poglavja.

- **Vizualno udobje**

Zagotavljanje vizualnega udobja v bivalnih in delovnih prostorih, prav tako v stavbah predšolske vzgoje, je ključnega pomena za funkcioniranje celotnega sistema notranjega okolja in predstavlja eno od primarnih zahtev za zadovoljivo počutje uporabnikov.

Osvetljevanje prostorov, ki je sicer glavni dejavnik vizualnega udobja, lahko razdelimo na dva tipa, in sicer glede na izvor na dnevno in umetno svetlobo. Skozi zgodovino oblikovanja grajenega okolja se je dnevna svetloba izkazala kot ključni faktor pri vzpostavljanju kvalitetnega bivalnega okolja, kar so dokazale številne raziskave novejšega datuma.

Indikatorji vizualnega ugodja so dostopnost dnevne svetlobe v prostoru, ki se lahko eksaktno



preveri z meritvami, vendar tovrstne meritve niso predmet te raziskave. Med kazalnike kakovostnega vizualnega ugodja sodijo količina dnevne svetlobe, relativna letna izpostavljenost dnevni svetlobi, delež strehe s prosojnimi strešnimi okni, delež sob s stikom z zunanostjo ter njihova osvetljenost, barva in prilagajanje osvetlitve ter zasteklitev.

Vizualno udobje ustvarjata tako naravna kot primerna umetna razsvetljava, pri čemer ima prednost naravna osvetlitev prostorov. Pomemben je tudi vizualni stik z zunanostjo (pogled skozi okno na zelenje), odsotnost bleščanja dnevne svetlobe, umetna osvetlitev, ki mora izpolnjevati minimalne zahteve, upravljanje dnevne svetlobe in pa izpostavljenost dnevni svetlobi, ki jo prostor sprejme. Svetloba v bivalnih prostorih je zelo pomemben del našega življenja, kajti omogoča nemoteno odvijanje vsakdanjih dejavnosti v šolah, vrtcih, službenih in poslovnih prostorih, poleg se tega naš življenjski ritem ravna po naravni svetlobi.

Dnevna svetloba zagotavlja bolj kakovostno osvetlitev in je pomembna komunikacija med zunanjim in notranjim prostorom (posreduje informacije o dnevnem času, vremenskih razmerah, sezoni...). Vpliv dnevne svetlobe na zdravje in produktivnost je izrednega pomena. Po podatkih US Green Building Council iz leta 2006 poveča dnevna svetloba produktivnost za skoraj 7%, v šolah so rezultati testov za 20% boljši. Raziskava (eng.: *Daylighting in schools*), ki je zajela več kot 21000 učencev v treh državah Združenih držav Amerike, je prva študija, ki nedvomno kaže povezavo med dnevno svetlobo in učinkovitostjo v šolah. Učenci v prostorih z naravno svetlobo so bili za 26% boljši pri branju in za 20% boljši pri matematiki.

Osnovna zahteva svetlobnega ugodja je **nivo osvetlitve**, ki je opredeljen z gostoto svetlobnega toka na kvadratni meter osvetljene površine  $lm/m^2=lx$ . Potreben nivo osvetlitve v prostoru je odvisen od zahtevnosti vizualnih opravil v prostoru (npr. 750lx zahtevna vizualna opravila: dobro prepoznavanje barv, samopostrežne trgovine, biroji, risalnice ali 500lx srednje zahtevna vizualna opravila: jedilnice, učilnice, sejne sobe, pisarne). Potrebna je enakomerna osvetlitev po vsej globini prostora. Kakovostna in energijsko varčna osvetlitev je rezultat optimalne in usklajene kombinacije naravne in električne osvetlitve, ob tem pa je zaželena uporaba energijsko učinkovitih sijalk in svetilk.

Vizualno-svetlobno ugodje ni predmet te raziskave, vendar je v tem poglavju raziskave prikazan splošni, teoretični pregled tega parametra bivalnega ugodja.

- **Akustično udobje**

Hrup je neželeni zvok, ki ga v prostoru povzročajo naprave in ljudje v stavbi ali zunaj nje. Hrup negativno vpliva na zdravje, počutje in storilnost ljudi in je osnovni parameter zvočnega oz.



akustičnega ugodja. Zvočno ugodje v prostorih stavb (predvsem vrtcev) dosežemo tako, da zagotovimo kakovostno zaznavanje govora in zvoka in zmanjšanje hrupa na nivo, ko le-ta ni več moteč. Zahteve za zagotavljanje primerne kakovosti zaznavanje govora dosežemo z analizami akustike v prostorih in vgradnjo primernih materialov oz. gradbenih izdelkov. Zahteve za primerno izoliranost pred hrupom dosežemo s tem, da izvedemo primerno zvočno zaščito pred hrupom iz okolja, sosednjih prostorov in sistemov v stavbah. Dopusna ekvivalentna raven hrupa na delovnem mestu za vzgojo in izobraževanje je 45 dB(A) in velja za splošni hrup na delovnem mestu zaradi drugih proizvodnih virov v okolici delovnega mesta.

Pri stavbah predšolske vzgoje je potrebno upoštevati naslednje zahteve v zvezi z zvočnim ugodjem:

- zaščita pred zunanjim hrupom - zvočna izolacija zunanjih in notranjih ločilnih elementov mora biti dovolj velika, da hrup v varovanih prostorih (igralnicah, učilnicah ipd.) v posameznih obdobjih dneva ne bo presegal mejnih ekvivalentnih ravni hrupa  $L_{Aeq} = 35$  dB. Za doseganje aдекватne zaščite pred zunanjim hrupom je potrebno v stavbo vgrajevati ustrezne gradbene materiale, elemente in tesnila;
- zaščita pred hrupom v stavbi - izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku, mora biti dovolj velika. Izoliranost pred zvokom v zraku in maksimalne ravni zvočnega tlaka udarnega hrupa za posamezne notranje ločilne konstrukcije – glede na namembnost prostorov, ki jih te konstrukcije ločijo – morajo dosegati vsaj minimalne vrednosti, ki so določene z veljavno zakonodajo. Določene so tudi največje dopustne ekvivalentne ravni hrupa (velja za hrup zaradi virov, kot so ventilacija, klimatizacija, instalacije ...).

Zvočno-akustično ugodje ni predmet te raziskave in je v tem poglavju raziskave prikazan splošni, teoretični pregled tega parametra bivalnega ugodja.

#### **2.1.4 Dejavniki, ki vplivajo na kakovost notranjega okolja**

Teorijske analize so pokazale, da so številni elementi ki tvorijo kakovostno notranje okolje, med seboj zelo povezani. Na kakovostno notranje okolje vplivajo: notranji zrak (čigar kakovost je močno pogojena s prezračevanjem), toplotno ugodje (pogojeno tudi s prezračevanjem in načinom ogrevanja), osvetlitev (količina dnevne svetlobe in vizualni pogledi), zvočno ugodje in raven elektromagnetnega sevanja. Najbolj pomembni dejavnik za to raziskavo je vsekakor prezračevanje, ki bo tudi posebej analizirano v nadaljevanju.



- **Prezračevanje kot pomemben dejavnik kakovosti notranjega okolja**

Kakovostno notranje okolje v stavbah predšolske vzgoje je odvisno od številnih dejavnikov, vendar se lahko kot najpomembnejši dejavnik izpostavi prezračevanje. Teoretične analize parametrov kakovosti notranjega okolja so pokazale, da gre za izredno pomemben dejavnik kakovostnega zraka in termalnega ugodja v zaprtih prostorih. **Prezračevanje ima trojno funkcijo: zagotavlja svež zrak, odstranjuje nakopičena onesnaževala ali vsaj redči njihove koncentracije in znižuje temperaturo zraka.**

Pri stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji so prisotni različni tipi prezračevanja, in sicer:

- Naravno prezračevanje;
- Mehansko prezračevanje:
  - Mehansko prezračevanje z rekuperacijo,
  - Mehansko prezračevanje brez rekuperacije;
- Spontano prezračevanje oz. infiltracija zraka, prisotna v manjši ali večji meri v vseh stavbah.

Prezračevanje ima močan vpliv na kakovost zraka. Ob prisotnosti človeka v zatesnjenem prostoru narašča koncentracija CO<sub>2</sub> nad začetnimi 400 ppm približno sorazmerno s pretečenim časom od zadnjega prezračitja. Primer: v zelo dobro tesnjenem prostoru površine 16 m<sup>2</sup> in prostornine 40 m<sup>3</sup> sta dve osebi. Prostor je pred vstopom dobro prezračen, začetna koncentracija CO<sub>2</sub> je 400 ppm. Osebi skupno oddajata 36 litrov CO<sub>2</sub> na uro, kar pomeni, če zanemarimo nepopolnost tesnjenja, naraščanje koncentracije okrog 900 ppm na uro. Če bi prostor prezračili čez 8 ur, bi koncentracija dotlej narasla za 7200 ppm. Skupaj z začetnimi 400 ppm bi koncentracija dosegla 7600 ppm, povprečna 8-urna koncentracija pa 4000 ppm, kar bistveno presega priporočeno. Ob tem je seveda tudi koncentracija HOS in mogoče tudi radona previsoka. Če bi prostor prezračili čez 2 uri, bi dotlej koncentracija dosegla 2200 ppm, poprečna 2-urna koncentracija pa 1300 ppm, kar je sprejemljivo. Kopičenje ogljikovega dioksida je bistveno večje v vrtčevskih prostorih, v katerih bivajo od 14 do 24 otrok in vzgojitelji, odvisno od velikosti skupine.

Prezračevanje vpliva tudi na toplotno ugodje. Teoretične raziskave so pokazale, da naravno prezračevanje prostorov v času ogrevalne sezone neznatno zniža temperaturo zraka, hkrati pa vsekakor rezultira v toplotnih izgubah, ki niso predmet tega poglavja raziskave in bodo





obravnavani znotraj aktivnosti A3 in A4.

Pomemben dejavnik pri prezračevanju stavbe je tudi spontano prezračevanje oz. infiltracija zraka, ki je odvisna od zrakotesnosti same stavbe. Z zrakotesnostjo se označuje intenzivnost nekontroliranega pretoka zraka skozi konstrukcijo v zgradbo ali iz nje zaradi tlačne razlike. Nekontrolirani pretok zraka se pojavi v fugah, špranjah in drugih netesnih mestih na ovoj stavbe. Taka izmenjava zraka je odvisna od temperaturne razlike, tlaka vetra in največkrat ne zagotavlja kakovostne bivalne klime. Direktno je odvisna tudi od arhitekturnih lastnosti same stavbe. V starejših stavbah se zaradi oken, ki zelo slabo tesnijo, zunanje stene pa niso toplotno izolirane, naravno izmenja več kot en volumen, lahko pa tudi dva volumna celotne količine zraka na uro. **Spontana infiltracija zraka absolutno ne zadostuje potrebam po prezračevanju, dodatno za svež zrak poskrbimo z odpiranjem oken.** V stavbah se razmere povsem spremenijo, ko zamenjamo okna in vgradimo toplotno izolacijo. Sodobna okna so veliko bolj zrakotesna, ob okenskih krilih in okvirjih ne piha več, stavba je bolj zrakotesna tudi zaradi toplotne izolacije, če je ta pravilno in natančno vgrajena. Naravna in nenadzorovana izmenjava zraka je zato bistveno manjša. Zaradi tega je treba okna odpirati veliko več, kot jih je bilo treba prej, da ne bi prihajalo do kopičenja ogljikovega dioksida in drugih škodljivih snovi v zraku, neprimernih temperatur zraka in zvišane vlage. Zaradi tega je ob energetski sanaciji stavbe, ki bistveno vpliva na zrakotesnost stavbe, smiselna vgradnja prisilnega - mehanskega prezračevanja.

Pri prisilnem - mehanskem prezračevanju je izjemno pomembno redno in ustrezno vzdrževanje oziroma čiščenje filtrov, saj so lahko v nasprotnem primeru velik vir različnih bakterij, virusov, plesni ipd. Ti lahko skozi prezračevalni sistem prodrejo v prostor in povzročijo resna bolezenska stanja, zaradi tega je zelo pomembno, kje zajemamo zrak za prezračevanje (npr. z glavnih prometnih cestah ali s strani parka).

Učinkovito prezračevanje pomeni, da zagotovimo približno 40 - 50m<sup>3</sup> svežega zraka na uro vsaki osebi. Na potrebo po količini svežega zraka vplivajo zasedenost prostora, dejavnost, starost in zdravstveno stanje uporabnikov, velikost in uporaba prostorov. **Enotnega napotka, kako in koliko prezračevati ter koliko svežega zraka na uro potrebuje človek, ni, saj je to odvisno od vrste dejavnikov: števila uporabnikov, velikosti prostora, aktivnosti v prostoru.** Po nekaterih priporočilih naj bi se na uro izmenjalo 0,7 prostornine zraka v prostoru, po mnenju nekaterih in smernicah iz strokovne literature pa je potrebno prezračevati štirikrat na dan po 15 minut, in sicer tako, da se ustvari prepih. Vendar je vse odvisno od vlažnosti in temperature zraka, dejavnosti, ki jo počnemo v prostoru, oblačil, ki jih imamo na sebi, hitrosti gibanja zraka in sevanja predmetov. Številne sodobne raziskave poudarjajo, da je prezračevanje le z



odpiranjem oken premalo za udobje v hiši, sploh v javnih stavbah z velikim številom uporabnikov, kot so vrtci. Poleg tega je potrebno poudariti, da pogosto odpiranje oken pomeni velike toplotne izgube pozimi in pregrevanje prostorov poleti. Pri stavbah predšolske vzgoje glede na zahtevano talno površino 2 m<sup>2</sup> /otroka v učilnici in višino stropa približno 3 metre je potreba zraka za otroka v učilnici 6 m<sup>3</sup>. Da bi zadostili potrebam po svežem zraku 30 m<sup>3</sup> /uro na osebo, je treba skupno količino zraka v učilnici izmenjati 5-krat na uro. Zato je pravilno prezračevanje izrednega pomena. Za šolske stavbe to dejansko pomeni temeljito prezračevanje učilnic pred in po pouku ter med odmori ter poskrbeti tudi za primerno prezračevanje drugih prostorov (hodniki, omare, telovadnice), pri stavbah predšolske vzgoje je ta proces bistveno bolj zahteven.

Osnovni zakonodajni akt, ki v Sloveniji tretira prezračevanje je Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (PPKS), ki določa tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo [7]. Prezračevanje je v aktualni zakonodaji pogosto omenjeno, celo prevečkrat, hkrati pa se določila razlikujejo in si nasprotujejo. Prezračevanje je urejeno z več predpisi, primer nejasnosti je definicija klimatizacije, pri kateri je po prvi definiciji ključno tudi prezračevanje, po drugi pa prezračevanje sploh ni potrebno: 1. »klimatizacija« je mehansko prezračevanje, pri katerem so temperatura, vlažnost, prezračevanje in čistoča zraka kontrolirani; Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji [7], 2. »klimatski sistem« je kombinacija elementov, ki zagotavljajo obdelavo zraka, pri kateri je temperatura zraka regulirana in se lahko zniža, lahko tudi v kombinaciji z regulacijo prezračevanja, vlažnosti in čistoče zraka; Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [17]. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah definira prezračevanje precej ohlapno, ker določa, da če ni mogoče izvesti naravnega prezračevanja za doseganje kakovosti zraka v prostorih v skladu s predpisi, ki urejajo prezračevanje in klimatizacijo stavb, se sme projektirati in izvesti sistem hibridnega ali mehanskega prezračevanja. Podobno ohlapna je tehnična smernica, ki dopušča naravno prezračevanje v stavbah. Lahko se zaključi, da je prezračevanje v slovenski zakonodaji (ne)urejeno v vrsti nasprotujočih si predpisov. Vse nacionalne predpise, ne le gradbene, je treba prevetrili tako, da bo prezračevanje predpisano le v enem, na katerega naj se sklicujejo vsi.

#### **2.1.5 Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav - *State of the art***

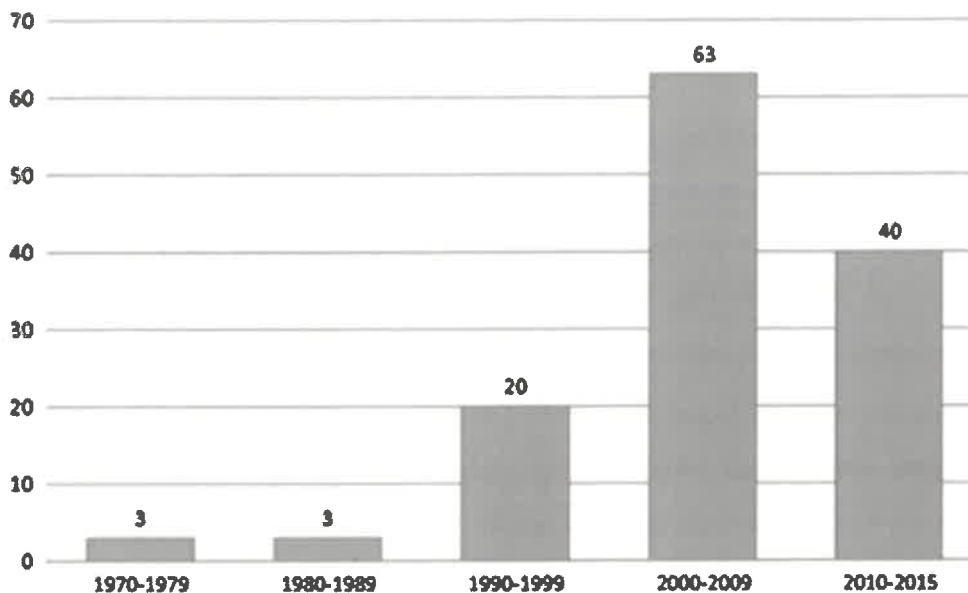
Analiza ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav je zajela sistematičen pregled raziskav iz baz podatkov kot so scient direct, cobiss, ipd. Cilj analize ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav in raziskovalnih projektov je izvesti sistematičen pregled raziskav s področja kakovosti bivalnega



ugodja v stavbah predšolske vzgoje v najširšem smislu. Zaradi tega je tudi v pregledu dosedanjih raziskav zajeta široka tematika v povezavi z notranjim okoljem. Številne raziskave imajo tudi holistični pristop, v katerem se prepletajo različna področja. Za potrebe projekta VRTEC+ so pri analizi obstoječih izvedenih raziskav upoštevane naslednje tematike:

- kakovost zraka in toplotno ugodje,
- možni vplivi kakovosti notranjega okolja na zdravje, udobje in storilnost uporabnikov,
- pregled raziskav na temo energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja,
- pregled raziskav na temo potencialnega vpliva fizikalnih lastnosti termo-izolacijskih materialov na kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah,
- pregled raziskav na temo vpliva energetskih prenov stavb (analiza celovitih energetskih prenov in parcialnih energetskih prenov, dodajanje termo-izolacije na zunanji ovoj) na kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah.

Raziskave o kakovosti notranjega bivalnega ugodja oz. o vplivu kakovosti notranjega bivalnega ugodja na počutje uporabnika prostora in ugodje v prostoru se v svetovnem merilu zelo intenzivno posveča pozornost zadnjih dvajset let [18]. Število publikacij po določenih časovnih obdobjih je grafično prikazano (Slika 2.4).



Slika 2.4. Število publikacij o IEQ in vplivu na počutje in ugodje uporabnikov prostora.

Po končani analizi obstoječih raziskave (*state of the art*) so vse ugotovitve predstavljene v dveh glavnih skupinah: **pregled slovenskih raziskav** in **pregled mednarodnih raziskav**. Tovrsten prikaz ugotovitev je metodološki ustrezen, kajti pomembno je ugotovitve raziskave VRTEC+ tudi jasno umestiti v lokalni slovenski kontekst, po drugi strani pa ugotovitve primerjati z ugotovitvami mednarodnih raziskav, ki imajo drugačne mikroklimatske, kulturološke, zakonske in druge okoliščine.

#### 2.1.5.1 Pregled slovenskih raziskav in dostopne literature

Pregled slovenskih raziskav je zajel pregled in analizo ugotovitev magistrskih in diplomskih nalog in raziskav, objavljenih v znanstvenih revijah. Tematika, s katero se ukvarjajo raziskave, pokriva splošno tematiko kakovosti notranjega bivalnega ugodja, predvsem kakovost zraka in toplotno ugodje, tudi možnega vpliva kakovosti notranjega okolja na zdravje, udobje in storilnost uporabnikov. Zastopana je tudi tematika energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja ter potencialnega vpliva fizikalnih lastnosti termo-izolacijskih materialov na kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah z analizami možnosti prenove stavb predšolske vzgoje. Delno se pojavlja tudi tematika vpliva energetskih prenov stavb (analiza celovitih energetskih prenov in parcialnih energetskih prenov, dodajanje termo-izolacije na zunanji ovoj) na kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah. Analizi slovenskih raziskav je posvečana posebna pozornost, ker je pomembno umestiti ugotovitve raziskave VRTEC+ v lokalni kontekst.



Analizirane so naslednje raziskave:

- Prva raziskava v Sloveniji, ki se je začela ukvarjati s tematiko rabe energije in možnostjo energetskih prihrankov v stavbah predšolske vzgoje in tematiko notranjega okolja, je raziskava Butala in Novak (1999) [19]. Raziskava je pokazala, da je bila v šolah, ki so bile največje porabnice energije, tudi kakovost notranjega zraka slaba, s koncentracijami CO<sub>2</sub> nad 4000 ppm [19]. Visoke koncentracije so bile kljub slabemu tesnjenju oken izmerjene kmalu po začetku pouka.
- Predmet raziskave (magistrske naloge) Poglajen, S. (2018) je deset let star kontejnerski objekt vrtca, enota Mojca v Grosuplju [20]. Raziskava je zajela meritve izbranih parametrov notranjega okolja v igralnicah in anketiranje uporabnikov o notranjih razmerah, na koncu še definira možne ukrepe za izboljšanje kakovosti notranjega okolja. Raziskava zajema tudi primerjalno studijo svetlobnega in toplotnega ugodja med montažnim in klasično zgrajenim vrtcem.
- Raziskava Pajek, L. (2015) se ukvarja 7 Integralno ocena udobja v 25 igralnicah v 18 vrtcih v osrednji Sloveniji. Raziskava je koncipirana v štiri faze: pregled obstoječih raziskav, identifikacija problema, določitev kriterija za integralno oceno; meritve parametrov toplotnega ugodja, svetlobnega ugodja, kakovost zraka in zvočno udobje; subjektivna ocena toplotnega ugodja na podlagi validiranega vprašalnika; integralna ocena udobja [21].
- Analizirane so ugotovitve raziskave (diplomske naloge), kjer je Pirc (2014) ugotovil, da je v dveh različnih vrtcih v Sloveniji, klasično grajeni in montažni vrtec, kakovost zraka slaba in neprimerna. Najvišja izmerjena vrednost v času meritev je bila  $cCO_{2i,max} = 3550$  ppm [22].
- Analizirane so ugotovitve raziskave (diplomske naloge) Dugolin, N. (2015), ki je zajela analizo osnovne šole z vidika energetske učinkovitosti, proučevanja parametrov z uporabo programske opreme TOST in primerjave z obstoječo zakonodajo in energetsko izkaznico [23]. Kakovost notranjega okolja je analizirana tudi s pomočjo vprašalnika (mnenje zaposlenih po prenovi in pred prenovi).
- Analizirane so ugotovitve raziskave (magistrske naloge) Velikonja, A. (2015), ki je obravnavala vrtec v Solkanu [24]. Raziskava analizira trenutno stanje ovoja stavbe in sistemov in predlaga različne variante prenov v skladu s smernicami Energetskega zakona. Raziskava obravnava poseg dodajanja plasti izolacijskega materiala, zamenjave stavbnega pohištva, vgradnje mehanskega prezračevanja z rekuperacijo odpadne



toplote in vgradnje toplotnih črpalk. Raziskava zajema tudi izračun ekonomskih kazalcev – prihrankov ter uporablja program URSA gradbena fizika za izračun trenutnega stanja in izračun variante energetske prenove. Vsebuje tudi analizo stroškov energetske prenove.

#### 2.1.5.2 Pregled mednarodnih raziskav in dostopne literature

Pregled mednarodnih raziskav je zajel pregled dostopne literature in objav v znanstvenih časopisih, ki je po kvantiteti bistveno večji od obsega slovenskih raziskav. Zajeta tematika je zelo pestra: od splošne tematike kakovosti notranjega bivalnega ugodja, predvsem kakovosti zraka in toplotnega ugodja, tudi možni vplivi kakovosti notranjega okolja na zdravje, udobje in storilnost uporabnikov do energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja ter potencialnega vpliva fizikalnih lastnosti termo-izolacijskih materialov na kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah preko analiz možnosti prenove stavb predšolske vzgoje. Zastopana je tudi tematika vpliva energetskih prenov stavb (analiza celovitih energetskih prenov in parcialnih energetskih prenov, dodajanje termo-izolacije na zunanji ovoj) na kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah. Z ozirom na izredno veliko število mednarodnih raziskav, povezanih z omenjenimi tematikami, so ugotovitev glede na tematiko, s katero se ukvarjajo, sumirane v dve skupini: **kakovost zraka v notranjih prostorih in toplotno ugodje**.

- **Kakovost zraka v notranjih prostorih – analize ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav**

Na podlagi analize dosedanjih študij je ugotovljeno, da je področje kakovosti zraka precej raziskano, vendar problematično. Veliko število raziskav o kakovosti notranjega zraka v vrtcih je bilo narejenih v skandinavskih državah. Izmerjene so bile naslednje povprečne koncentracije CO<sub>2</sub>: Finska 810 ppm [25], Danska 1400 ppm [26] in 640 ppm na Švedskem [27]. Raziskava Araújo-Martins in sod. (2014) v portugalskih vrtcih s slabim prezračevanjem je na podlagi izmerjenih parametrov ugotovila povprečno koncentracijo CO<sub>2</sub> natanko 2137 ± 368 ppm, v vrtcih z učinkovitim prezračevanjem pa nižje, 1233 ± 170 ppm [28]. V 85 % vrtcev, ki jih je obravnavala raziskava St-Jean in sod. (2012) je koncentracija CO<sub>2</sub> presegla vrednost 1000 ppm, najvišja izmerjena vrednost pa je bila 2252 ppm [29]. Podobno sta odkrila Stankeviča in Lešinskis (2012), saj je koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnicah vrtcev presegla vrednost 1000 ppm v 75 % primerov, vendar je bila najvišja izmerjena vrednost le 1356 ppm [30]. Raziskava Cano in sod. (2012) je izmerila koncentracije CO<sub>2</sub> višje od 1000 ppm v 50 % igralnic. Tudi raziskava Daneault in sod. (1992) je pokazala podobno, saj je v 90 % obravnavanih igralnic koncentracija CO<sub>2</sub>



preseгла vrednost 1000 ppm [28]. Raziskave v deželah z bolj toplo klimo opozarjajo na zvišano poprečno koncentracijo CO<sub>2</sub> (1596ppm) v klimatiziranih učilnicah v primerjavi z učilnicami, ki so naravno prezračevane CO<sub>2</sub> (708ppm)[31].

V okviru raziskave Gładyszewska-Fiedoruk (2013) so zaradi slabše stopnje prezračevanja v popoldanskem času v vrtcu izmerili tudi do 4-krat višje koncentracije CO<sub>2</sub> kot v dopoldanskem času [32]. Cano in sod. (2012) so opozorili, da vzgojiteljice ne odpirajo oken zaradi nizkih zunanjih temperatur zraka [28]. Borodinecs in Budjko (2009) sta preučevala kakovost notranjega zraka latvijskih vrtcev in izmerila maksimalne koncentracije CO<sub>2</sub> do 1700 ppm v igralnicah s PVC okni in do 1450 ppm v igralnicah z lesenimi okni [33]. Poleg vsega omenjenega je visoka koncentracija CO<sub>2</sub> lahko tudi pokazatelj prisotnosti preostalih onesnaževalcev, kot so ogljikov monoksid in formaldehid. Slednji lahko negativno vpliva na zdravje dihal [15]. Prisotnost večine kemičnih in bioloških onesnaževalcev lahko škoduje dihalom, zlasti pri otrocih, ki so zaradi rasti, razvijajočih organov in nedozorelega imunskega sistema na onesnaževalce še toliko bolj občutljiva populacijska skupna.

- **Toplotno ugodje – analize ugotovitev obstoječih izvedenih raziskav**

Na podlagi analize dosedanjih študij se lahko ugotovi, da je področje toplotnega ugodja tudi precej raziskano, vendar problematično, kajti večina stavb predšolske vzgoje ima previsoko temperaturo zraka in suh zrak v igralnicah v času ogrevalne sezone. Dosedanje izvedene raziskave večinoma ocenjujejo toplotno ugodje na podlagi meritev parametrov toplotnega ugodja v stavbah šolske in redkeje v stavbah predšolske vzgoje. Raziskave najbolj pogosto eksperimentalno raziskujejo temperaturo zraka v notranjem prostoru [Ti] in vlažnost v zraku [H]. Poleg tega so dosedanje raziskave primerjale izmerjene parametre z zakonskimi odredbami.

Raziskava v kanadskih vrtcih je ugotovila, da je bila v 83 % igralnic  $RH_{ai}$  ustrezna glede na lokalno zakonodajo. Podobno so v nizozemskih šolah odkrili, da je bila  $RH_{ai}$  v večini primerov nizka, vendar znotraj meja udobja. V Franciji so v več kot treh četrtinah igralnic izmerili  $RH_{ai}$  med 40 in 60 %. Povprečna  $RH_{ai}$  v portugalskih vrtcih s slabim prezračevanjem je bila  $57,4 \pm 5,0$  %, v vrtcih, kjer je bilo prezračevanje učinkovito pa  $45,6 \pm 5,9$  % [28]. Na vlažnost notranjega zraka vpliva dejavnost uporabnikov, njihove bivalne navade ter intenziteta prezračevanja prostorov. Posledica slabega nadzora nad vlažnostjo zraka v bivalnih prostorih so ugodni pogoji za rast in razvoj plesni, ki imajo na zdravje uporabnikov dokazano negativen vpliv [21].

Posamezne raziskave so analizirale tudi oceno uporabnikov prostora. Ugotovitve teh raziskav



so na podlagi analiz vzorca 240 vrtcev v Maleziji ocenile ventilacijo in kakovost zraka v stavbah z velikim številom uporabnikov kot slabo [34]. Raziskava v desetih vrtcih v Koreji je s pomočjo PMV (eng. *predicted mean vote*) ocenila, da so otroci bolj občutljivi na visoke temperature zraka, dejansko je bila zaželena temperatura zraka nižja od predvidene (PMV) [9].

#### 2.1.6 Zdravstveni vidik

Znotraj te podaktivnosti so analizirani različni zdravstveni vidiki kakovosti notranjega okolja in vpliv kakovosti bivalnega ugodja na zdravje in počutje uporabnikov prostora. Narejen je pregled sodobnih raziskave o vplivu kakovosti notranjega okolja na zdravje in počutje uporabnikov stavb predšolske vzgoje. Raziskave so večinoma medicinske. Narejen je tudi pregled sodobnih priporočil. Zdravstvenemu vidiku bivanja v stavbah predšolske vzgoje posveča veliko pozornosti tudi Nacionalni inštitut za javno zdravje NIJZ [35], vendar je tematika bolj usmerjena na stavbe šolske vzgoje in vsekakor ni zadosti obravnavana.

Zdravstveni vidik kakovosti notranjega okolja in vpliv kakovosti bivalnega ugodja na zdravje in počutje uporabnikov prostora je v vrtcih izrednega pomena, kajti v stavbi vrtca preživijo številni otroci poprečno 9 ur vsak dan. Pomembno je, da otrokovo bivanje v vzgojno-izobraževalni ustanovi ne pomeni zdravstvenih tveganj [36]. Slaba kakovost notranjega okolja v vrtcih lahko negativno vpliva na udobje in zdravje uporabnikov – otrok in tudi zaposlenih. Številne raziskave v Sloveniji in po svetu so opozorile na vrsto pomanjkljivosti v stavbah vzgojno-izobraževalnih ustanov, ki lahko vplivajo na zdravje uporabnikov, in sicer: problem toplotnega neudobja [37], svetlobnega neudobja [38], slabe kakovosti notranjega zraka [19][22][8], ter zvočnega neudobja [39].

Kot je že prikazano pri kakovosti notranjega okolja, najbolj vplivajo naslednji parametri bivalnega ugodja: kakovost zraka, toplotno ugodje, zvočno in svetlobno ugodje. Največji vpliv na zdravje in počutje ljudi pa vsekakor ima kakovost zraka in parametri toplotnega ugodja. Zaradi tega je v tem delu raziskovalnega projekta posebej analiziran vpliv teh dveh parametrov na zdravje in počutje uporabnikov prostora. Poleg tega sta tudi eksaktno merljiva, kar bo tudi v nadaljevanju raziskave prikazano. Analiziran je tudi pojav sindroma bolnih stavb.

##### 2.1.6.1 Vpliv kakovosti zraka na zdravje in počutje ljudi

V zraku zaprtih prostorov lahko najdemo številne škodljive snovi in onesnaževalce, ki lahko vplivajo na naše zdravje in počutje. Študije kažejo, da so lahko nekatera nevarna onesnaževala





zraka v zaprtih prostorih prisotna v višjih koncentracijah kot na prostem. V tem poglavju je raziskano vprašanje, kako kakovost zraka vpliva na počutje in zdravje ljudi, zlasti otrok.

**Alergije in pljučne bolezni, med njimi astma, so se v industrijskih državah v zadnjih dveh desetletjih podvojile. Obsegajo enega večjih problemov javnega zdravja, z ogromnimi stroški za zdravljenje, zdravljenja in odsotnost z dela. V številnih razvitih državah trpi polovica šolarjev zaradi alergijskih bolezni, ki so tudi glavni razlog za odsotnost v šolah.** Kakovost notranjega zraka se je v zadnjih dveh desetletjih poslabšala v večini razvitih držav, predvsem zaradi varčevanja z energijo, zmanjšanjem prezračevanja in zaradi vgradnje številnih novih materialov oz. virov onesnaženja v prostorih. Povečanje zahtev po energijski učinkovitosti vse pogosteje vpliva na tesnjenje stavb, tovrstne stavbe niso dovolj prezračevane, saj naravno prezračevanje ne zadošča, stanovalci pa niso spremenili bivalnih navad niti vgradili mehanskih prezračevalnih naprav. Poslabšanje kakovosti zraka v stavbah lahko delno pripišemo tudi obsežnim kampanjam za varčevanje z energijo v stavbah. Hkrati pa se je v večini industrijsko razvitih držav v zadnjih desetletjih močno izboljšala kakovost zunanega zraka. Na slabo kakovost zraka vplivajo tudi novi materiali, predvsem polimeri in številne elektronske naprave, ki so vgrajene v zaprtih prostorih. Vsi naštetih dejavniki poudarjajo pomen kakovosti notranjega zraka in vpliv na zdravje in počutje ljudi.

Raziskave so pokazale tudi resne zdravstvene težave, ki jih povzroča slaba kakovost notranjega zraka: legionarska bolezen, pljučni rak zaradi izpostavljenosti radonu, okužba s pljučno tuberkulozo (TB), sindrom akutnega oteženega dihanja (SARS), nove nalezljive bolezni in zastrupitev z ogljikovim monoksidom (CO).

Največji vpliv na zdravje in počutje ljudi ima vsekakor kakovost notranjega zraka. Osnovni indikator kakovosti notranjega zraka je koncentracija ogljikovega dioksida v zraku, ki lahko negativno vpliva na zdravje in počutje ljudi, poleg tega indicira še zvišane koncentracije drugih škodljivih snovi v zraku. Običajna koncentracija CO<sub>2</sub> v zaprtih prostorih po prezračevanju znaša 400ppm in je zdravju popolnoma neškodljiva, zato večina uporabnikov ob tej koncentraciji zrak v prostoru dojema kot svež in se prijetno počuti. Vendar pa v otroški igralnici vrtca začne ta koncentracija hitro naraščati in dosega tudi petkratne vrednosti. Veliko število dosedanjih raziskav o kakovosti notranjega zraka in koncentraciji CO<sub>2</sub> v stavbah različnih namembnosti izpostavlja, da se možnost pojava simptomov bolnih stavb drastično zmanjšuje z znižanjem koncentracije CO<sub>2</sub> pod 800 ppm [40]. Priporočila mednarodnih zdravstvenih organizacij pa omenjajo mejo 1000 ppm, kar zagotavlja zdravje in dobro počutje.

**Izpostavljenost večjim koncentracijam CO<sub>2</sub> je povezana z različnimi simptomi, ki lahko**



odvisno od prisotne koncentracije v prostoru povzročijo: draženje oči, nahod, suha sluznica, suha koža, glavobol in letargija (bolezenska zaspanost) [41]. Pri bistveno zvišanih koncentracijah CO<sub>2</sub> pa lahko pride do vrtoglavice, utrujenosti, težkega dihanja, slabosti, bruhanja, razdražljivosti, zaspanosti, zmedenosti, dezorientacije in izgube zavesti (pri izredno zvišanih koncentracijah). **Raziskave so pokazale, da pri otrocih kontinuirana (vsakodnevna) izpostavljenost zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub> povečuje tveganje za respiratorna obolenja.** Raziskavi Hagerhed- Engman in sod. [42] ter Haby in sod. [43] poročata o večjem tveganju za obolenje z astmo in alergije otrok v vrtcih v primerjavi z otroki, ki vrtca ne obiskujejo [42]. Obstajajo tudi povezave med manjšo odsotnostjo otrok v šolah in vrtcih ob izpostavljenosti nižji koncentraciji CO<sub>2</sub> [44][43]. V šolah pa je prekomerno onesnažen zrak v učilnicah povezan tudi z neželenimi vplivi na produktivnost in uspešnost [45][27][46][47] ter absentizem učencev [48][49].

**Otroci so glede vplivov onesnaževal v zraku na zdravje obravnavani kot občutljivejša populacijska skupina.** Prekomerno onesnažen zrak negativno vpliva na njihovo zdravje, pri nekaterih se zaradi še razvijajočega imunskega sistema poveča možnost nastanka kroničnih bolezni in alergijskih reakcij [50]. Kakovost zraka v prostorih, v katerih se izvaja predšolska vzgoja, ima zato zelo pomembno vlogo predvsem pri zdravstvenem stanju otrok, ki tam redno bivajo. S to tematiko se ukvarjajo številne mednarodne raziskave, ki izpostavljajo zelo močan vpliv kakovosti notranjega zraka in različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja (IEQ) na razvoj in počutje šolskih in predšolskih otrok [9]. Preučevanje vpliva šolskega okolja na zdravje otrok je tudi bil predmet številnih medicinskih in epidemioloških raziskav. Takšne študije potrebujejo skrbno načrtovanje in izvajanje v vsaki fazi študije (vzorčenje, ocena izpostavljenosti in vplivov na zdravje, statistična analiza in razlaga). V zadnjih dveh desetletjih so bile v Evropi izvedene zelo uspešne mednarodne epidemiološke študije, ki so prinesle jasna sporočila o potrebi po izboljšanju načrtovanja, gradnje, vzdrževanja in delovanja šol, da bi tako otrokom kot učiteljem zagotovili zdravo okolje. Ob tem velja poudariti, da so tudi pri epidemioloških raziskavah šolske ustanove večkrat obravnavane kot predšolske.

Glede na izpostavljenost različnim koncentracijam in različni škodljivosti onesnaževal v predšolskih in šolskih objektih, se lahko simptomi kažejo kot akutni učinki izpostavljenosti (draženje, napadi astme, glavoboli, slabost), kakor tudi z dolgotrajnimi posledicami škodljivih vplivov na zdravje.

#### **Vpliv določenih koncentracij ogljikovega dioksida na zdravje ljudi**

Osnovnih pokazatelj slabe kakovosti zraka, ki hkrati lahko ogroža zdravje uporabnikov prostora,



je kopičenje ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) v zraku, ki ga večinoma v prostoru proizvede človekovo dihanje. Pri stavbah predšolske vzgoje je število ljudi/otrok v eni igralnici poprečno od 16 (pri mlajših starostnih skupinah 14 otrok in dve vzgojiteljici) do 26 (pri starejših starostnih skupinah 24 otrok in dve vzgojiteljice), ki s svojim dihanjem proizvedejo veliko količino ogljikovega dioksida. Pomemben je tudi podatek, da otrok, sorazmerno s svojo težo, nadiha večjo prostornino zraka kot odrasel človek. Zaradi tega in tudi zaradi števila uporabnikov se onesnaževalci notranjega zraka kopičijo bistveno hitreje v vrtcih in je koncentracija CO<sub>2</sub> konstantno zvišana. Vpliv zvišane koncentracije CO<sub>2</sub> na zdravje in počutje je predmet številnih mednarodnih raziskav. Raziskave potrjujejo, da je raven CO<sub>2</sub> pomemben faktor kakovosti notranjega zraka z močnim vplivom na zdravje in počutje ljudi. Simptomi in posledice izpostavljenosti zvišanju CO<sub>2</sub> so lahko akutni ali imajo dolgoročne posledice. Izpostavljenost večjim koncentracijam je povezana z različnimi simptomi kot so nahod, draženje oči, suha sluznica, glavobol, suha koža in letargija (bolezenska zaspanost) [41] [51]. Dolgoročne posledice se lahko kažejo v vidu kroničnih bolezni dihal, kroničnega slabega počutja ipd. Simptomi so povezani tudi s trajanjem izpostavljenosti zvišani koncentraciji ogljikovega dioksida. Z različnimi koncentracijami CO<sub>2</sub> so povezane naslednje težave z zdravjem (*Wisconsin department of health services, 2014*):

- 250–350 ppm – običajna koncentracija CO<sub>2</sub> v zunanjem zraku;
- 350–1,000 ppm – običajna koncentracija CO<sub>2</sub> v prostorih z učinkovitim prezračevanjem;
- 1,000–2,000 ppm – koncentracija CO<sub>2</sub>, povezana s pritožbami o zaspanosti in slabi kakovosti zraka;
- 2,000–5,000 ppm – koncentracija CO<sub>2</sub> povezana z iztrošenim, zatohlim zrakom. Lahko povzroča glavobole, zaspanost, slabo zbranost, izgubo pozornosti, pospešen srčni utrip in rahlo slabost.

Poleg akutnih zdravstvenih težav lahko zvišana koncentracija ogljikovega dioksida pomeni tudi večje tveganje za različna kronična obolenja dihal. Raziskave so pokazale, da za otroke v vrtcih, ki so na dnevni ravni izpostavljeni zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>, obstaja večje tveganje za obolenja z astmo in alergijami v primerjavi z otroki, ki vrtca ne obiskujejo [43][42].

Visoka koncentracija CO<sub>2</sub> je lahko tudi pokazatelj prisotnosti preostalih onesnaževalcev v notranjem zraku, kot so ogljikov monoksid in formaldehid [52]. Slednja lahko tudi negativno vplivata na zdravje dihal [15]. Prav tako lahko prisotnost večine kemičnih in bioloških onesnaževalcev škoduje dihalom, zlasti pri otrocih, ki so zaradi rasti, razvijajočih organov in nedozorelega imunskega sistema na onesnaževalce še bolj občutljivi [53].



### Vpliv onesnaženosti zraka na boleznih dihal pri otrocih

S tematiko vpliva onesnaženega zraka na boleznih dihal se ukvarjajo številne medicinske študije. Onesnaževala v zraku (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, trdi delci) lahko poškodujejo lokalno obrambo v pljučih, kot so sluz in migetalčne celice ter alveolarni makrofagi v spodnjih dihalnih poteh, zlasti pri otrocih. Prav tako vplivajo na alveolokapilarno membrano, preko katere v pljučih poteka izmenjava plinov. Lokalno vnetje povzroča zadebelitev te membrane. Do leta 1990 so se raziskave o vplivu onesnaženega zraka na zdravje osredotočale na proučevanja vpliva na dihala, saj onesnažen zrak vstopa v telo skozi pljuča. Pozneje je postalo jasno, da vnetni mediatorji, ki se sproščajo v dihalih, po krvi potujejo tudi v druge organe, zlasti srce, in povzročajo vnetje tudi tam. Vplivi na različne organske sisteme so akutni in kronični. Najpogostejši akutni oz. takojšnji učinki so povečana umrljivost zaradi srčno-žilnih in dihalnih zapletov, povečano število sprejemov v bolnišnico zaradi srčnih obolenj in obolenj dihal, povečana poraba zdravil za srce in dihala ter povečana odsotnost z dela in iz šole. Najpogostejši kronični vplivi onesnaženosti zraka na zdravje ljudi pa so povečano tveganje za pojav astme in kronične obstruktivne pljučne bolezni (KOPB), nižja pljučna funkcija in povečano tveganje za pojav pljučnega raka. V okolju z visoko stopnjo onesnaženosti zraka z delci je bila ugotovljena večja pogostost nizke porodne teže pri otrocih ter prezgodnjih porodov. Številne raziskave objavljene konec osemdesetih let so pokazale, da imajo otroci, ki živijo v okolju z visoko stopnjo onesnaženosti s SO<sub>2</sub> in z NO<sub>2</sub>, pogosteje kašelj in bronhitis kot njihovi sovrstniki iz čistejših okolij.

Slab vpliv na zdravje otrok in ljudi na sploh ima tudi nekakovosten zunanji zrak, predvsem prašni delci PM<sub>10</sub> v zunanjem zraku. Sicer kakovost zunanjega zraka ni predmet te raziskave, vendar močno vpliva na kakovost notranjega zraka, kot je že predstavljeno v poglavju 2.1.3 te raziskave. Izpostavljenost povišanim koncentracijam PM<sub>10</sub> nad dovoljenimi ima lahko številne škodljive učinke na zdravje ljudi, saj povzroča nevarne posledice na srčno žilnem sistemu in dihalih, povzroča vnetne procese v telesu, rakava obolenja ter povečuje smrtnost. Po podatkih Evropske okoljske agencije je bilo v Sloveniji v letu 2005 kar 44,6 % prebivalcev Slovenije izpostavljeno prekomernim preseganjem dnevne mejne vrednosti za koncentracijo delcev PM<sub>10</sub> v zunanjem zraku.

#### 2.1.6.2 Vpliv toplotnega (ne)ugodja na zdravje in počutje

Parametri toplotnega ugodja (temperatura zraka in zračna vlaga) prav tako lahko vplivajo na zdravje in počutje ljudi. Ljudje različno občutimo toplotno ugodje, kar še posebej velja pri zaznavi temperature v bivalnem ali delovnem okolju, ki skupaj z zračno vlago lahko vpliva na



dobro počutje uporabnikov prostora.

Pri stavbah predšolske vzgoje je optimalna temperatura zraka izrednega pomena, kajti nizke temperature v prostorih za bivanje in posebej nego otrok lahko vplivajo na zdravje občutljivih otrok (otrok lahko zboli). Tudi previsoke temperature zraka, posebej z neprimerno zračno vlago lahko vplivajo na zdravje in počutje uporabnikov prostora.

**Posledica slabega nadzora nad vlažnostjo zraka v bivalnih prostorih so ob zvišani zračni vlagi ugodni pogoji za rast in razvoj plesni, ki imajo na zdravje uporabnikov dokazano negativen vpliv [54][21]. Suh zrak, ki je večinoma posledica previsoke temperature zraka, lahko vpliva na zdravje uporabnikov prostora in povzroča simptome kot so: draženje oči, nahod, suha sluznica, suha koža, glavobol in letargija (bolezenska zaspanost). V prostorih mora biti zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oziroma posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah [7].**

Neprimerno temperaturo zraka oz. neadekvatno toplotno ugodje (ki ga določajo vsi naštetih parametri) v prostoru spremlja tudi občutek neugodja, funkcionalne motnje celega organizma. Previsoka temperatura zraka v bivalnih prostorih ima za posledico občutek utrujenosti in zaspanosti. Slabe toplotne razmere v prostoru negativno vplivajo na otrokovo zdravje, počutje in sposobnost učenja (EPA, 2003). Poleg tega so otroci bolj občutljivi na visoke temperature zraka kot odrasli ljudje [55] in otroci so tudi bolj kot odrasli občutljivi na spremembe toplotnega okolja, na kar vpliva njihov metabolizem [9]. V nedavnem poročilu je Evropska federacija za alergije (*The European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients' Associations EFA*) potrdila zaskrbljujočo oceno, da bo do leta 2015 vsak drugi Evropejec trpel za alergijo [1], veliko ravno zaradi slabe kakovosti zraka v stavbah. Nedavna raziskava projekta EnVIE [2] ocenjuje, da je opazno skrajšana življenjska doba prebivalcev EU zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku v zaprtih prostorih. Mnogim od teh negativnih vplivov na zdravje bi se lahko izognili z ustreznim prezračevanjem ob povečani energijski učinkovitosti.

Temperaturno območje, v katerem se človek dobro počuti, je individualno, odvisno od več različnih dejavnikov, kot so: starost, spol, prehrana, oblačila, letni čas. Občutek nelagodja (neudobja) lahko povzroči tudi nihanje temperature v prostoru, neustrezna osvetljenost, kakovost zraka in hrup.



### 2.1.6.3 Sindrom bolnih stavb

Sodoben termin, ki se pojavlja v znanstveni literaturi v povezavi z zdravstvenim aspektom bivalnega ugodja, je **sindrom bolnih stavb**. Obstaja več definicij sindroma bolnih stavb (angl.: *Sick building syndrome*, v nadaljevanju SBS), različni avtorji navajajo primerljive razlage, saj še ne obstaja poenotena definicija. Vsem definicijam je skupno, da imajo ljudje ob prisotnosti v problematičnem objektu (delu objekta) probleme z zdravjem. Pojem "sindrom bolne stavbe" (*sick building syndrome*) je opredeljen kot sinonim za bivanjske pogoje, pri katerih vsaj 20 % ljudi, ki živijo ali delajo v takšni stavbi, poroča o bolezenskih znakih, ki so povezani z bivanjem v stavbi.

Termin je novejšega datuma, njegov nastanek lahko povežemo z energetske kriza na začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ki je botrovala miselnosti, da je treba z energijo varčevati za vsako ceno. Stavbe so postale zrakotesne, zmanjšale so se količine v stavbo dovedenega svežega zraka z mehanskimi prezračevalnimi sistemi. To je neposredno zmanjšalo kakovost zraka v notranjem okolju stavb. V nasprotju z zmanjševanjem količin svežega zraka v stavbah pa se je pojavilo čedalje več izvorov onesnaženja zraka, obstoječi izvori onesnaženja pa so imeli večji vpliv zaradi zmanjšane količine svežega zraka. Novi gradbeni materiali, pohištvo, laserski tiskalniki, fotokopirni stroji, čistila in ljudje sami (vonjave, dihanje, parfumi ...) predstavljajo izvor številnih onesnaževalcev, ki pomenijo potencialno nevarnost za človekovo oz. otroško ugodje ter zdravje. Posledica je nastanek bolnih stavb. Že leta 1984 je poročilo svetovne zdravstvene organizacije (WHO) pokazalo, da je po svetu najmanj 30 % novih in prenovljenih stavb, ki lahko povzročijo težave, povezane s kakovostjo zraka v stavbah [3].

Agencija EPA (eng.: *The environmental protection agency*) identificira SBS, ko imajo ljudje v objektih naslednje akutne simptome: zgornji respiratorni problemi (kihanje, nahod, draženje oči, hripavost), kašelj, problemi s kožo (srbenje, rdečica, suhost), glavobol, povišana telesna temperatura, utrujenost, slabost, omotica in psihosocialni simptomi (nespečnost, osamljenost, brezup). Omenjeni simptomi SBS so začasni, pojavijo se takrat, ko se nahajamo v objektu in izzvenijo, ko zapustimo stavbo (v minutah, urah). Vzroki so na splošno nespecifični, bolezen pa je nediagnosticsirana. O sindromu bolnih stavb lahko govorimo v povezavi s stavbami različnih namembnosti, tudi s šolami in z vrtci, čeprav je potrebno poudariti, da strokovna literatura v glavnem obravnava pisarne oz. poslovne stavbe.

### 2.1.6.4 Sodobna zdravstvena priporočila v zvezi s kakovostjo notranjega okolja.

Pregled sodobnih zdravstvenih priporočil v zvezi s kakovostjo notranjega okolja je zajel pregled



zdravstvenih priporočil in standardov s področja kakovosti zraka in toplotnega ugodja. Poleg tega je vzporedno zajet tudi pregled veljavne zakonodaja RS, ki bi za vse stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji morala biti obvezujoča. Kajti slovenska zakonodaja določa posamezne parametre IEQ pomembne za zdravje ljudi, vendar ni posodobljena in ni dovolj natančna v svojih zahtevah v zvezi s parametri IEQ za stavbe predšolske vzgoje.

Pregled sodobnih zdravstvenih in zakonskih priporočil v zvezi s parametri kakovosti notranjega okolja vsebuje naslednje parametre: temperatura zraka v prostoru, srednja sevalna temperatura, operativna (ali tudi občutena temperatura), relativna vlažnost, osvetljenost in koncentracija CO<sub>2</sub> (Slika 2.4Tabela 2.1). Vsi predstavljeni parametri niso predmet te raziskave, vendar so tukaj predstavljeni s ciljem celotnega pregleda priporočil v kontekstu kakovosti notranjega bivalnega ugodja.

Na podlagi analiz veljavne zakonodaje s področja kakovosti notranjega okolja je potrebno poudariti ugotovljena dejstva. Slovenska zakonodaja določene parametre kakovosti notranjega zraka zelo splošno obravnava in določa bistveno manj stroga priporočila v primerjavi z določili številnih mednarodnih priporočil in standardov. Poleg tega je potrebno poudariti, da stavbe predšolske vzgoje večinoma niso obravnavane posebej. Glede na to, da so v vrtcih otroci, ki so v fazi razvoja in so hkrati za številna obolenja bolj občutljivi kot odrasli, bi bilo nekatere vrednosti parametrov udobja v vrtcih priporočljivo določiti bolj eksplicitno za otroke kot ogroženo populacijo.

Tabela 2.1. Parametri kakovosti notranjega bivalnega okolja.

<p><b>Temperatura zraka v prostoru</b> <math>T_{air,in}</math> (°C)</p>	<p>Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02)</p> <p>Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 47/10, 126/08, 47/10 in 47/13)</p> <p>ANSI /ASHRAE Standard 62.2: 2004</p>	<p>V času brez ogrevanja med <b>22 °C in 26 °C</b>, priporočljivo <b>23 °C do 25 °C</b>,</p> <p>v času ogrevanja med <b>19 °C in 24 °C</b>, priporočljivo <b>20 °C do 22 °C</b></p> <p>Prostori za otroke morajo biti enakomerno ogrevani, in sicer <b>20°C</b> v prostorih za otroke in <b>23 °C</b> v prostorih za nego otrok do 3 let.</p> <p><b><math>23\text{ °C} \leq T_{air,in} \leq 26\text{ °C}</math></b></p>
<p><b>Srednja sevalna temperature <math>T_{mr}</math></b> (°C)</p>	<p>Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02)</p>	<p>Največja sevalna temperaturna asimetrija:</p> <p>za hladno steno &lt; <b>13 °C</b>,</p> <p>za toplo steno &lt; <b>35 °C</b>,</p> <p>za hladen strop &lt; <b>18 °C</b>,</p> <p>za topel strop &lt; <b>7 °C</b></p>
<p><b>Operativna (ali tudi občutena temperatura) <math>T_o</math></b> (°C)</p>	<p>Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02), CEN CR 1752:1998</p>	<p>Optimalna <math>T_o</math> za otroški vrtec v času ogrevanja je <b><math>20,0 \pm 3,5\text{ °C}</math></b>, v času hlajenja je <b><math>23,5 \pm 1,0\text{ °C}</math></b></p>
<p><b>Relativna vlažnost <math>RH_{in}</math></b> (%)</p>	<p>Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02)</p>	<p>Pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti med <b>30 % in 70 %</b></p>
<p><b>Osvetljenost L (lx)</b></p>	<p>Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 47/10, 126/08, 47/10 in 47/13)</p>	<p>V igralnicah - <b>300 Lx</b>, v prostoru za nego - <b>500 Lx</b>, na delovnih površinah - <b>350 Lx</b>, v drugih prostorih po veljavnem standardu</p>
<p><b>Koncentracija <math>CO_2</math> (ppm)</b></p>	<p>Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02), ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004</p>	<p>Dopustna vrednost <math>CO_2</math> v prostorih znaša <b>1667 ppm</b>, priporočena vrednost znaša <b>1000 ppm</b></p>





### 2.1.7 Zaključek teoretične analize parametrov kakovosti notranjega okolja

Teoretična analiza parametrov kakovosti notranjega okolja je zajela opredelitev in analizo osnovnih pojmov in parametrov kakovosti notranjega okolja. Poleg tega so analizirane ugotovitve obstoječih raziskav. Analiziran je tudi zdravstveni vidik kakovosti notranjega bivalnega ugodja oz. vpliv posameznih parametrov na zdravje in počutje ljudi.

Teoretična analiza osnovnih pojmov, povezanih z notranjim okoljem, je pokazala, da so pri oblikovanju kakovostnega bivalnega ugodja pomembni: ergonomija bivalnega in delovnega prostora, subjektivna zaznava toplotnega udobja, kakovost zraka, škodljive snovi v zraku in snovi, ki povzročajo smrad, vizualno udobje in zvočno okolje. Pojem ima v arhitekturi in v drugih strokah zelo široko opredelitev, na njega vplivajo različni faktorji, gre za kombinacijo fizioloških zaznav in psiholoških predstav. Na podlagi teoretičnih analiz parametrov kakovosti notranjega okolja, ki izhajajo iz arhitekturne, tehnične in materialne zasnove, kot so toplotno ugodje, akustično ugodje, vizualno udobje in kakovost zraka sta v tej raziskavi določena dva parametra, ki bosta bolj podrobno raziskana, in sicer: **kakovost zraka in toplotno ugodje**. Izbrana parametra notranjega okolja imata lahko od vseh naštetih parametrov najmočnejši vpliv na zdravje in počutje otrok, zaradi tega sta tudi zbrana za nadaljnje eksperimentalne analize.

Na podlagi analize literature iz področja parametrov kakovosti notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje, delovno učinkovitost in zdravje uporabnikov, so identificirani problemi in sumirani dosedanja zaključki. Na podlagi analize dosedanjih študij lahko izpostavimo, da je področje toplotnega ugodja v notranjih prostorih stavb predšolske in šolske vzgoje (in splošno v notranjih prostorih) precej raziskano, vendar problematično. Področje kakovosti notranjega zraka v vrtcih je prav tako raziskano, vendar so koncentracije CO<sub>2</sub> v vrtcih še vedno previsoke. Na področju Republike Slovenije so tudi izvedene raziskave z meritvami in eksperimentalno analizo parametrov notranjega bivalnega ugodja v vrtcih, vendar je raziskav malo in ne zajemajo kontinuiranih meritev za daljša časovna obdobja, kot je v projektu VRTEC+. Na podlagi analize dosedanjih raziskav lahko poudarimo: parametri notranjega bivalnega ugodja v večini raziskav, ki so se ukvarjale z meritvami in-situ v igralnicah stavb predšolske vzgoje niso dosegli zahtevanih oziroma priporočenih vrednosti.

Analiza dosedanjih izvedenih raziskav je pokazala, da **so številne raziskave v Sloveniji in po svetu v vzgojno-izobraževalnih ustanovah opozorile na problem toplotnega neudobja [37] in slabe kakovosti notranjega zraka [19][22][8] ter zvočnega [39] in svetlobnega neudobja [38]**. Na podlagi analize dosedanjih študij se lahko ugotovi, da je področje toplotnega ugodja precej



raziskano, vendar problematično. V igralnicah slovenskih vrtcev je zrak presuh, temperature previsoke, koncentracije ogljikovega dioksida in drugih škodljivih snovi v zraku so zvišane. Raziskave kažejo tudi na preveč hrupa v igralnicah slovenskih vrtcev, vendar to ni predmet te raziskave. **Zaključki dosedanjih raziskav kažejo tudi na dejstvo, da parametri udobja v večini igralnic niso dosegli zahtevanih oziroma priporočenih vrednosti.** Poleg tega je potrebno omeniti tudi pomanjkanje zakonskih odredb, ki imajo veliko pomanjkljivosti, ne tretirajo posebej občutljivih skupin uporabnikov kot so otroci, posamezni parametri so zelo slabo zastopani ipd. Poleg tega ugotovitve dosedanjih raziskav izpostavljajo problem zrakotesnosti novogradenj in še posebej energetske prenovljenih stavb ter pojava sindroma bolnih stavb. Raziskave poudarjajo tudi izreden pomen prezračevanja v stavbah, ku mu je potrebno posvečati posebno pozornost.

Na podlagi analiz metodologije dosedanjih raziskav se lahko zaključi, da v slovenskih (tudi mednarodnih raziskavah) manjkajo kontinuirane meritve, meritve, ki se izvajajo v stavbah predšolske vzgoje neprekinjeno za daljše časovno obdobje. Vse dostopne meritve, izvedene v Sloveniji, so bile narejene v kratkih časovnih intervalih ali trenutno (s ponavljajočimi meritvami dva do trije vzorci).

Teoretične analize zdravstvenega vidika kakovosti notranjega okolja so pokazale, da je kakovostno okolje v stavbah predšolske vzgoje izrednega pomena, ker lahko vpliva na zdravje in počutje uporabnikov - otrok. Dosedanje raziskave so pokazale, da slabe toplotne razmere v prostoru negativno vplivajo na otrokovo zdravje, počutje in sposobnost učenja [56]. Poleg tega je dokazano, da so otroci bolj občutljivi na visoke temperature zraka in na spremembe toplotnega okolja kot odrasli ljudje [55], na kar vpliva njihov metabolizem [9]. Izpostavljenost zvišani koncentraciji ogljikovega dioksida ima zelo močen negativen vpliv na zdravje otrok. Slabe toplotne razmere v prostoru negativno vplivajo na otrokovo zdravje, počutje in sposobnost učenja.

Na podlagi analize in kritične ocene dosedanjih raziskav, standardov in veljavne zakonodaje so v tej raziskavi določeni referenčni parametri kakovosti zraka in toplotnega ugodja za prostore igralnic vrtca. Kot iztočna točka je v tej raziskavi določena sprejemljiva koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnici vrtca 1500 ppm,<sup>1</sup> zaželena pa je koncentracija do 1000ppm oz. koncentracija ogljikovega dioksida večja za 700 ppm od zunanje koncentracije ogljikovega dioksida, ki je približno 300-400ppm [5]. Priporočena temperatura zraka v igralnicah pa je v razponu od 20 °C

---

<sup>1</sup> According to the Representatives of European Heating and Ventilation Associations (REHVA), the acceptable limit for CO<sub>2</sub> levels is 1500 ppm



do 22 °C [7].<sup>2</sup> Idealna vlažnost zraka v prostorih, kjer se otroci zadržujejo čez dan, je med 45 in 55 % ob primerni temperaturi zraka med 20 in 22 °C, območje dopustne relativne vlažnosti pa je med 30 % in 70 % [7].

## 2.2 Računska analiza kakovosti notranjega okolja

Računska analiza kakovosti notranjega okolja je v tej raziskavi zajela izračun PMV in PPD, ki je pokazal odstotek ljudi v prostoru, ki z okoljem niso zadovoljni (PMV- eng.: *predicted mean vote*) in odstotek ljudi, za katere se predvideva, da bodo občutili lokalno nelagodje (PPD - eng.: *predicted percentage of dissatisfied*).

V projektu je predvidena delna računski analiza kakovosti notranjega okolja, ki zajema analizo nekaterih kazalnikov, ki vplivajo predvsem na toplotno ugodje, indirektno pa tudi na akustično ugodje, vizualno ugodje in kakovost zraka. Računski model se osredotoča na toplotno ugodje, ki je v praksi pogojeno s številnimi dejavniki prostora: okolica stavbe, način prezračevanja in orientacija prostora, ki hkrati vplivajo na ostale elemente ugodja v prostoru. Denimo, v kolikor je okolica stavbe gozd, narava, park vsekakor bo pregrevanje mikroklimatskega območja poleti manjše kot v gosto poseljenih urbanih conah, hkrati pa tovrstna okolica zagotovi manj hrupa in bolj kakovosten zrak. Orientacija igralnice jug-sever direktno vpliva na toplotno ugodje, hkrati pa tudi na vizualno ipd. Akustično, vizualno ugodje in kakovost zraka so veliko manj podprti v strokovni in znanstveni literaturi z računskimi metodami. Zanesljiv način analize je vsekakor eksperimentalna analiza, zaradi tega je tudi v tej raziskavi računski analiza usmerjena le na toplotno ugodje. Eksperimentalna analiza je v tej raziskavi zajela določene parametre kakovosti bivalnega ugodja in je predstavljena v poglavju 2.3.

### 2.2.1 Uvod

Z računskimi metodami lahko ovrednotimo toplotno ugodje s pomočjo integralnega kazalnika PMV (*predicted mean vote*) oz. napovedane stopnje toplotnega ugodja in s predvidenim odstotkom nezadovoljnih ljudi v prostoru PPD (*predicted percentage of dissatisfied*).

Dosedanje izvedene raziskave PMV in PPD v vrtcih kažejo na dejstvo, da so zadovoljivi izračunanih parametrov doseženi v 83% igralnic [36]. Poprečna vrednost parametra PMV je 0,7,

---

<sup>2</sup> Pravilnik o klimatizaciji stavb Republike Slovenije določa parameter za toplotno ugodje sedeče osebe v bivalni coni, in sicer temperaturo zraka v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C, priporočljivo 20 °C do 22 °C.



medtem ko je  $PPD < 15\%$ . Raziskave kažejo, da tudi v najbolj ugodnih razmerah obstaja približno 5% nezadovoljnih in, da v primeru, ko je 90% zadovoljnih, lahko rečemo, da ima prostor visok nivo kakovosti bivalnega ugodja. Ob tem je potrebno poudariti, da dosednji računski modeli bazirajo na študijah z odraslimi osebami, večinoma v pisarnah in dejansko ne obstaja zanesljiv dokaz, da so obstoječe študije in računski modeli sprejemljivi tudi za otroke, ki imajo specifičen metabolizem, hkrati pa ne morejo izraziti svojega občutka o udobju v določenem prostoru. Kakorkoli, računske metode se lahko uporabijo tudi za prostore, v katerih bivajo otroci.

### 2.2.2 Opredelitev osnovnih pojmov

- **PMV indeks (eng.: *predicted mean vote*)**

**PMV (*predicted mean vote*)** pove kako se bo o stanju bivalnega ugodja izrekla večina ljudi v prostoru. Za izračun so potrebni podatki o bivalnem okolju, oblačilih ljudi, ter naporu, ki so mu ljudje izpostavljeni.

Merilo udobja PMV po Fangerju (Povl Ole Fanger) sodi med najbolj priznane modele računske analize toplotnega udobja, metodo povzema standard SIST ISO 77 30 (Ergonomija toplotnega okolja - Analitično ugotavljanje in interpretacija toplotnega ugodja z izračunom PMV in PPD vrednosti ter merili za lokalno toplotno ugodje). Razvit je bil z uporabo načel toplotne uravnoveženosti in eksperimentalnih podatkov, zbranih v kontrolirani klimatski komori v stanju dinamičnega ravnovesja. Osebe nadzirajo svoje toplotno okolje z oblačili, okni, ventilatorji, osebnimi grelci in senčili. Človekov termo-regulacijski sistem spreminja temperaturo z izločanjem znoja, da ga ohranja v ravnovesju in da se izogne lokalnemu nelagodju. Za oceno tega uporabimo različne metode za različne kombinacije metabolične hitrosti, izolacije, temperature, hitrosti zraka, srednje sevalne temperature in relativne vlažnosti, način računanja je obravnavan v nadaljevanju.

**PMV je indeks, katerega namen je napovedati povprečno vrednost glasov skupine ljudi na sedem-točkovni lestvici toplotnega občutka.** Toplotno ravnotežje dobimo, kadar je toplota metabolizma enaka toplotnim izgubam človeka. Na toplotno bilanco posameznika vplivajo parametri toplotnega okolja, ravni telesne aktivnosti in izolacija oblačil. Indeks PMV se izračuna po enačbi:

$$PMV = (0,303e^{-2,100 \times M} + 0,028) \cdot L$$

Kjer je  $M$  = *metabolizem oz. presnovna hitrost*, in  $L$  = *termični napor*, ki je opredeljen kot razlika med notranjo proizvodnjo toplote in izgubo toplote v dejanskem okolju, za osebo pri ugodni temperaturi kože in izgubo toplote zaradi izhlapevanja s potenjem na dejanski ravni aktivnosti [57]. Znotraj indeksa PMV se +3 prevaja kot prevroče, -3 pa kot prehladno, kot je prikazano na Slika 2.5

-3	-2	-1	0	1	2	3
MRZLO	HLADNO	RAHLO HLADNO	UDOBNO	ZMerno TOPLO	TOPLO	VROČE

Slika 2.5. Lestvice merila PMV.

PMV, enak nič, predstavlja toplotno nevtralnost. **Težimo k temu, da bi bila večina izračunov okoli oznake 0 na sredini in da nobeno zasedeno območje v prostoru ne bi smelo presežati +/-0,5 od toplotne nevtralnosti (0), da bi zagotovili toplotno udobje [58].** Za oceno in zbiranje informacij za različne kombinacije hitrosti metabolizma, izolacije, temperature, hitrosti zraka, srednje sevalne temperature in relativne vlažnosti, ki so dejavniki v PMV, je mogoče uporabiti različne metode, ki so opisane v standardih ASHRAE 55 in SIST EN ISO 7730:2006 za nekatere vrste okolja [59]. Čeprav je napovedovanje toplotnega občutka prebivalstva pomemben korak pri določanju ugodnih pogojev, je bolj koristno razmisliti, ali bodo ljudje zadovoljni ali ne. Fanger je razvil drugo enačbo za povezavo PMV z napovedanim odstotkom nezadovoljnih (PPD). To razmerje je temeljilo na študijah, ki so preiskovale osebe v sobi, kjer je bilo mogoče natančno nadzorovati notranje pogoje. Vsaj približno 5% ljudi v skupini bo nezadovoljnih s toplotno klimo, tudi ko je  $PMV=0$  [59], kar bo tudi v nadaljevanju predstavljeno.

- **PPD (eng.: predicted percentage of dissatisfied)**

Preko PMV lahko napovemo toplotni občutek populacije, vendar to ne prikaže celotne slike. Upoštevati moramo tudi raven zadovoljstva ljudi v nekem prostoru, da dobimo bolj celostno predstavo o tem, če in kako lahko dosežemo toplotno udobje. Fanger je za to razvil drugo enačbo, s katero je PMV povezal s predvidenim odstotkom nezadovoljnih (PPD) [59]. Ko se izračuna PMV, je mogoče določiti PPD ali indeks, ki vzpostavi kvantitativno napoved odstotka s toploto nezadovoljnih oseb (tj. pretoplo ali prehladno). **PPD v bistvu daje odstotek ljudi, za katere se predvideva, da bodo občutili lokalno nelagodje.** Glavni dejavniki, ki povzročajo lokalno nelagodje, so neželena hlajenje ali segrevanje človeškega telesa. Pogosti dejavniki so prepihi, nenormalno visoke vertikalne temperaturne razlike med gležnji in glavo ter/ali temperatura tal [59].



Enačba, po kateri se izračuna PPD v odvisnosti od vrednosti PMV je:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV_4 - 0,2179 \cdot PMV_2)$$

Z uporabo obeh indeksov standard SIST EN ISO 7730:2006 narekuje, da je mogoče doseči toplotno udobje na podlagi 80% ali večje stopnje zadovoljstva oseb. Preostali odstotek ljudi lahko doživi 10% nezadovoljstvo, ki temelji na nelagodju po celem telesu (vsi navedeni vplivajo na dejavnike PMV) in 10% nezadovoljstvo, ki temelji na lokalnem nelagodju/delnem nelagodju v telesu (vključuje manj dejavnikov kot celotno telo). SIST EN ISO 7730:2006 ima priporočeno toplotno mejo na 7-točkovni lestvici PMV med -2 in +2, za obstoječe stavbe med -0,7 in +0,7, za nove stavbe pa med -0,5 in +0,5. PPD lahko znaša od 5% do 100%, odvisno od izračunanega PMV. Te vrednosti udobja se razlikujejo glede na to, kje se oseba nahaja. Da bi območja udobja ustrezala standardom, nobena zasedena točka v prostoru ne sme biti nad 20% PPD [59].

### 2.2.3 Metodologija izračuna

Računska analiza kakovosti notranjega okolja se v tej raziskavi osredotoča na toplotno ugodje in se računa za obdobje, v katerem so izvedene meritve, z uporabo fizičnih parametrov, izmerjenih v praksi. Ocenjene vrednosti, ki se nanašajo na oblačila ljudi v prostoru (eng.: *clothing*) in vrednosti metabolizma, ki so odvisne od aktivnosti (eng.: *metabolic rate*), so določene v skladu s standardom.

Splošna priporočila Projektirani ali izmerjeni občutek človekovega toplotnega okolja se izrazi skladno z zahtevami Standarda SIST ISO 7730 (točki 3.1 in 4). Če oblačila in aktivnost nista opredeljeni, znašata vrednosti za obleko v povprečju 0,5 clo (0,078 m<sup>2</sup> K/W) v času brez ogrevanja (letnem) in 1,0 clo (0,155 m<sup>2</sup> K/W) v ogrevalnem (zimskem) obdobju pri aktivnosti 1,2 met (sedenje).

Glede na ocenjeno situacijo na terenu in oceno, kako so bili vzgojitelji in otroci poprečno oblečeni v igralnicah, je vrednost za obleko ocenjena z 1,0 clo (0,155 m<sup>2</sup> K/W) in vrednost za aktivnost 2 met (ker otroci v igralnicah izvajajo različne aktivnosti). Hitrost gibanja zraka  $V$  – (eng.: *velocity*) ocenjena vrednost je 0,1 m/s. Temperatura zraka in zračna vlažnost sta parametra izmerjena *in situ* in sta uporabljena za računsko analizo. V nadaljevanju je prikazana računsko analiza PMV in PPD za eno stavbo predšolske vzgoje v Sloveniji (Slika 2.6). Prikazano je le dvanajst merilnih točk, so pa rezultati analizirani na podlagi tridnevnega merilnega obdobja



za vsako stavbo, v kateri so meritve bile izvedene, z upoštevanjem merilnih točk v času bivanja otrok v vrtcu (cc ob 07-15h).

Datum in ura:	Zunanja relativna vlažnost $R_{wz}$ (%):						Vreme:					
	Gibanje zraka $v_{z,un}$ (m/s):						Oblačnost:					
	Temperatura zunaj:											
min $T_{1,1}$ = 18,94 max $T_{1,1}$ = 22,39	min $T_{0,1}$ = 18,94 max $T_{0,1}$ = 22,39	°C	PRENIZKA TEMPERATURA	min $\Delta T$ = max $\Delta T$ =	0,00 22,39	PREVISOKA T RAZLIKA	min $v$ = max $v$ =	0,10 0,10	m/s m/s	min RH= 26,30 max RH= 43,30	% %	PRENIZKI RH

Meritve:

TOPLLOTNO OKOLJE IN UGODJE V PROSTORU - INTEGRALNA OCENA TOPLLOTNEGA OKOLJA																		
Zap. št. / MM	Merilno mesto / pozicija / SM	$T_z$ °C	$T_{o,1}$ °C	$T_{1,1}$ °C	$T_{1,1}-T_{o,1}$ °C	$T_z-T_{0,1}$ °C	$T_z-T_{1,1}$ °C	$T_o$ °C	$T_p$ °C	$T_r$ °C	$v$ m/s	RH %	$I_{cl}$ clo	M met	PMV	PPD %	SO	OC
1				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,5	0,50	2,0	0,26	6	2	+
2				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,4	0,50	2,0	0,26	6	2	+
3				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,4	0,50	2,0	0,26	6	2	+
4				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,4	0,50	2,0	0,26	6	2	+
5				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,4	0,50	2,0	0,26	6	2	+
6				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,3	0,50	2,0	0,26	6	2	+
7				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,4	0,50	2,0	0,26	6	2	+
8				21	21,00	0,00	-21,00	21,00	21	21,00	0,10	35,4	0,50	2,0	0,25	6	2	+
9				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,3	0,50	2,0	0,26	6	2	+
10				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,3	0,50	2,0	0,26	6	2	+
11				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,1	0,50	2,0	0,26	6	2	+
12				21,06	21,06	0,00	-21,06	21,06	21,06	21,06	0,10	35,2	0,50	2,0	0,26	6	2	+

Slika 2.6. Računska analiza PMV in PPD za stavbo predšolske vzgoje v Sloveniji.

Torej, veljavni predpisi narekujejo, da mora toplotno okolje biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah  $-0,7 < PMV < +0,7$ . Optimalna občutena temperatura v odvisnosti od aktivnosti in oblačil uporabnika prostora se določi skladno s SIST CR 1752.

Računska analiza kakovosti zraka bo v tej raziskavi le teoretično raziskana, ker je eksperimentalna analiza dala zanesljive podatke, medtem ko se računski tudi v teoriji ne uporablja. Do sedaj nimamo jasnih definicij in kriterijev za kakovost zraka v prostorih. Kakovost notranjega zraka je opredeljena pavšalno, s stopnjo prezračevanja, najpogosteje z zamenjavo zraka na uro, na bivalno površino ali na osebo. Če bi na analogen način definirali potrebo po ogrevanju ali hlajenju prostorov, bi za zagotovitev toplotnega ugodja določili le moč ogrevanja in hlajenja v vatih. Tudi če bi imeli standarde in smernice za oceno zahtevane najnižje stopnje prezračevanja, ne bi zadoščalo. Cilj je, da lahko izračunamo zahtevano stopnjo prezračevanja na podoben način kot izračunamo potrebo po hlajenju. Moramo poznati zahteve za sprejemljivo kakovost notranjega zraka, ki zagotavlja zdravje in udobje glede na emisije notranjih virov. Žal pa to ni tako enostavno kot v izračunih hladilne obremenitve, kjer upoštevamo sobno in zunanjo temperaturo (°C), notranje toplotne vire (W), toplotno akumulacijo in sončno sevanje (W/m<sup>2</sup>), vse ovrednotimo z enakimi enotami in ocenimo vpliv na človeško telo (toplotna bilanca). Za ocenjevanje kakovosti notranjega zraka moramo upoštevati veliko število snovi, ki se sproščajo iz ljudi, pohištva, naprav, ki vdirajo od zunaj in



podobno, vsaka od teh snovi pa lahko vpliva na enega ali več organov v telesu.

Imamo dovolj znanja, da določimo potrebe prezračevanja za osebe, medtem ko vrednosti prezračevanja zaradi vpliva objekta in opreme niso znane. Potrebujemo boljše certificiranje in označevanje materialov, ki se uporabljajo v zgradbah in potrebujemo tudi prezračevalne standarde, ki podpirajo rabo dobrih materialov z nizko stopnjo onesnaževanja

Človek zaznava kakovost zraka z dvema čutiloma, in sicer z vohalnim organom v nosni votlini, ki zaznava več sto tisoč različnih vonjav, ter z drugim čutilom, ki je občutljivo na podobno število kemičnih dražljajev in je v membrani sluznice nosu ter oči. Občutek kakovosti zraka je kombinacija zaznav obeh organov. Občuteno kakovost zraka lahko izrazimo kot odstotek nezadovoljnih oseb, ki neposredno po vstopu v prostor začutijo zrak kot neprijeten.

Sama kemična sestava zraka ne daje zanesljive informacije o kakovosti zraka v prostoru. Odstotek nezadovoljnih ljudi  $PD$  v odvisnosti od količine dovedenega svežega zraka  $q$  na eno standardno osebo se lahko določi po enačbi [58]:

$$PD = 395 \cdot (-1,83 \cdot q 0,25) \text{ za } q \geq 0,32 \text{ [ l/s} \cdot \text{olf]}$$

$$PD = 100 \text{ za } q < 0,32 \text{ [ l/s} \cdot \text{olf]}$$

Račun prikazuje odstotek nezadovoljnih ljudi v odvisnosti od količine dovedenega svežega zraka  $q$  na eno standardno osebo za zrak, ki je onesnažen samo zaradi prisotnosti ljudi. Žal ostale onesnaževalce v prostoru ni moč računski napovedati, zaradi tega tudi metoda izračuna ni v praksi veliko uporabljana in bo tudi v tej raziskavi le teoretično predstavljena.

#### 2.2.4 Komparativna računska študija

Računska analiza kakovosti notranjega okolja je zajela tudi primerjalno komparativno študijo med obstoječim ne obnovljenim in obnovljenim vrtcem istega tipa, ki je bila predvidena tudi s prijavno vlogo. Poleg načrtovane komparativne študije je dodatno izvedena še primerjalno komparativna študija kakovosti notranjega okolja pred časom pandemije COVID-19 in po njem, ki je izbruhnila v času izvajanja projekta. Novonastale okoliščine so močno spremenile izvajanje dejavnosti predšolske vzgoje, zaradi česar je morala biti problematika COVID-19 neizogibno uvrščena v izvajanje projekta VRTEC+ na način, da se je obstoječa vsebina projekta dopolnila. O nadgradnji vsebine projekta (ob hkratni neokrnjeni izvedbi projekta, kot je bil načrtovan ob





prijavi), je bilo MIZŠ obveščeno z dopisom ter z dodatnimi pojasnili glede vsebinske nadgradnje obstoječe vloge dne 20. 11. 2020, skladno s 15. členom pogodbe o sofinanciranju izvedbe operacije.

#### 2.2.4.1 Komparativna študija – NEPRENOVLJENA/PRENOVLJENA stavba

Računska analiza kakovosti notranjega okolja je zajela tudi primerjalno komparativno študijo med obstoječim ne obnovljenim in obnovljenim vrtcem, oziroma igralnico vrtca istega tipa. Torej, za potrebe te raziskave je izvedena računska komparativna analiza kakovosti notranjega okolja dveh igralnic, ki so v merilnem procesu označene kot meritve št.2 in meritve št.3. Kot je že v metodologiji računske analize pojasnjeno, so uporabljeni tudi parametri, izmerjeni *in situ* (meritve št.2 in meritve št.3) v igralnici vrtca pred prenovo in po njej.

Za to raziskavo je izbran vrtec, zgrajen 1981, tip gradnje – betonska prefabricirana konstrukcija, v katerem sta dva trakta levi in desni - prenovljen oz. neprenovljen, na ta način je izpolnjen kriterij izbire stavbe za komparativno študijo. Vrtec je gradilo gradbeno podjetje Konstruktor sočasno s stanovanjsko sosesko Nova vas I v Mariboru.<sup>3</sup> Stavba vrtca je del urbanistične celote blokovega naselja v Mariboru (latitude 46°33' and longitude 15°38' E).<sup>4</sup> Površina vrtca je 852 m<sup>2</sup>, etažnost je pritlična, ima 7 igralnic, razporejenih v dva trakta, v enem za mlajše starostne skupine v drugem za starejše. Zunanje stene objekta so narejene iz montažnih betonskih elementov, ki jih sestavlja betonska nosilna konstrukcija z oblogami iz porobetona. Debelina stene je 25 cm. Streha je poševna, pokrita s pločevinasto kritino in z izolacijo v konstrukciji podstrešja, debelina izolacije strehe je približno 10 cm. Tla objekta imajo minimalno izolacijo v estrihu.

S pregledom stavbe je bilo ugotovljeno, da je polovica igralnic prenovljena - zamenjava oken leta 2018 (igralnice, v katerih se nahajajo mlajše starostne skupine otrok). Druga polovica igralnic ni prenovljena, ima prvotna enoslojna, lesena okna, prav tako so pohoštvo, talne in stenske obloge prvotne. V skupnih prostorih, hodnikih in pomožnih prostorih so tudi prvotna lesena enoslojna okna. Strešna kritina je zamenjana. Ostalih posegov na stavbi ni bilo.

---

<sup>3</sup> Sosesko sta v obdobju od 1978 do 1982 leta gradila podjetja Konstruktor in Stavbar v delno montažnem sistemu gradnje, saj so zunanje stene iz montažnih segmentov [62].

<sup>4</sup> Maribor ima *moderate continental climate*, ogrevalna sezona je v poprečju doiga 187 ogrevalnih dni. Različna mesta na prostoru bivše republike pa seveda imajo odstopanja v dolžini ogrevalne sezone in poprečnih temperaturah.



Stavba, izbrana za komparativno študijo, predstavlja zelo specifičen primer, saj v eni stavbi združuje dva najbolj pogosta primera igralnice vrtca danes: 1. Igralnica v izvorni obliki s konca 70' (*meritve št.2*) in 2. Igralnica s konca 70', v kateri je izveden ukrep delne energetske prenovljenjava oken (*meritve št.3*). Tovrsten specifični primer omogoča izvajanje meritev *in-situ* v eni stavbi in primerjavo toplotnega ugodja v dveh igralnicah iste stavbe s posegom prenove in brez njega. Stavba ima daljinsko ogrevanje. V igralnici so radiatorji neposredno pod oknom. Ponoči in v dneh, ko vrtec ne obratuje (sobota, nedelja), se temperatura vode v sistemu za ogrevanje zniža, v času ogrevalne sezone pa se ogrevanje ne izklaplja. Igralnici nimata klimatskih naprav, niti sistema za prezračevanje. Prezračevanje je izključno naravno z odpiranjem oken. Primerjava lastnosti igralnic je prikazana v tabeli (Tabela 2.2):

Tabela 2.2. Osnovne lastnosti igralnici: meritve št.2 in meritve št.3

	meritve št.2	meritve št.3
<b>Tehnični podatki o igralnici</b>		
Okna	Lesena / enojna	PVC / dvoslojna
Orientacija igralnice	jug-zahod	vzhod-jug
Senčila	Zavese (blago)	Zunanje rolete
Prezračevanje	Naravno-odpiranje oken	Naravno-odpiranje oken
Klimatizacija	/	/
Ogrevanje	Radiatorji	Radiatorji
Tlorisna površina igralnice [m <sup>2</sup> ]	45	51
Floor area per occupant [m <sup>2</sup> /occ]	1.875	3.642
Površina oken[m <sup>2</sup> ]	15.7	13.2
Volume [m <sup>3</sup> ]	170	190
Pozicija v stavbi	Končna igralnica	Končna igralnica
Št. zunanjih sten	2 (1 zastekljena + 1 polna)	3 (1 zastekljena + 2 polni)
<b>Podatki o uporabnikih prostora</b>		
Št. vpisanih otrok	24	14
Št. vzgojiteljev	2	2
Starost otrok	5-6 let	2-3 let
<b>Podatki o toplotnem ovoju U [W/m<sup>2</sup>K]</b>		
Zunanji zid	090	0.90
Okna	3.30	1.40
Tla	0.30	0.30
Streha	0.25	0.25



Računska analiza kakovosti notranjega okolja je zajela izračun PMV in PPD v igralnici, označeni v merilnem procesu s številko 2 in 3. Upoštevana je predhodno predstavljena metodologija. Rezultati poprečnih vrednosti (avg) PMV in PPD so prikazani v tabeli (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Rezultati komparativne študije kakovosti notranjega okolja med obstoječim neobnovljenim in obnovljenim vrtcem istega tipa.

	meritve št.2	meritve št.3
PMV (avg)	0,42	0,21
PPD% (avg)	10,93	7,31

Veljavni standardi narekujejo takšno toplotno okolje, da je indeks PPD oz. odstotek ljudi, za katere se predvideva, da bodo občutili lokalno toplotno neugodje manjši od 15 %, kar je računsko dokazana vrednost pri obeh igralnicah. Nekoliko večji Indeks PPD oz. potencialno večji odstotek ljudi, ki čutijo toplotno neugodje, je v neprenovljeni igralnici, označeni s številko 2. PMV je z veljavnimi standardi določen v mejah  $0,7 < PMV < + 0,7$ , kar v izvedeni računski analizi za neprenovljeno in prenovljeno igralnico vrtca ni bil slučaj. Na podlagi tega se lahko zaključi, da je PMV indeks pokazal, da večina ljudi v prostoru igralnic označenih s številko 2 in 3 toplotno udobje v prostoru čuti kot *udobno do zmerno toplo*.

#### 2.2.4.2 Komparativna študija – PRED/V ČASU COVID-19 pandemije

Računsko primerjalno komparativno študijo kakovosti notranjega okolja v stavbi predšolske vzgoje je pred časom in v času epidemije COVID-19 izvedeno na podlagi merilnih podatkov v sezoni 2019/20 in 2020/21. Ta del komparativne študije je zajel oceno kakovosti toplotnega ugodja treh igralnic pred pandemijo (ogrevalna sezona 19/20) in tri v času COVID-19 pandemije (ogrevalna sezona 20/21). Igralnice so v merilnem procesu označene kot meritve št.1, 2, 3 v merilnem obdobju pred pandemijo in meritve št.18, 19, 20 v merilnem obdobju v času pandemije COVID-19. Kot je že v metodologiji računске analize pojasnjeno, so uporabljeni tudi parametri, izmerjeni *in situ*. Upoštevana je predhodno predstavljena metodologija. Rezultati poprečnih vrednosti (avg) PMV in PPD so prikazani v tabeli (Tabela 2.4).

Tabela 2.4. Rezultati komparativne študije kakovosti notranjega okolja v stavbah predšolske vzgoje pred in v času pandemije COVID-19.

	Št.meritev		PMV	PPD%	
<b>2019/20</b>					
	<b>1</b>		0,65	14,33	
	<b>2</b>		0,42	10,93	
	<b>3</b>		0,21	7,31	
<b>2020/21</b>					
	<b>18</b>		0,79	7,31	
	<b>19</b>		0,51	11,49	
	<b>20</b>		0,38	9,74	

Veljavni standardi narekujejo takšno toplotno okolje, da je indeks PPD oz. odstotek ljudi, za katere se predvideva, da bodo občutili lokalno toplotno neugodje, manjši od 15 %, kar je računsko dokazana vrednost pri vseh igralnicah pred in v času pandemije COVID-19. Nekoliko večji Indeks PPD oz. potencialno večji odstotek ljudi, ki čutijo toplotno neugodje, je evidentiran v igralnicah pred epidemijo v ogrevalni sezoni 2019/20. PMV je z veljavnimi standardi določen v mejah  $0,7 < PMV < + 0,7$  kar se je v izvedeni računski analizi pokazalo tudi za večino igralnic. Na podlagi tega se lahko zaključi, da je PMV indeks pokazal, da večina ljudi v prostoru toplotno udobje v vrtčevskih igralnicah v Sloveniji v prostoru čuti kot *udobno do zmerno toplo*, pred in tudi v času pandemije COVID-19 in upoštevanju ukrepov za zaježitev širjenja virusa.

### 2.3 Eksperimentalna analiza parametrov kakovosti notranjega okolja

V okvirju aktivnosti A2: *Analiza parametrov kakovosti notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje, delovno učinkovitost in zdravje uporabnikov* je izvedena podaktivnosti A 2.3 *Eksperimentalna analiza parametrov kakovosti notranjega okolja*.

Namen te podaktivnosti je eksaktna ocena parametrov notranjega bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje, na podlagi eksperimentalno izmerjenih parametrov *in situ*. Ocena zajema analizo posameznih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti notranjega zraka na podlagi rezultatov, izvedenih z meritvami v igralnici vrtca.



### 2.3.1 Metodologija meritev *in situ*

Protokol izvajanja meritev *in situ* je v raziskavi jasno določen in enoten. Metodologija je opredelila: načrtovanje merilnega procesa, izbiro vzorca, evidence, časa in obdobja izvajanja meritev, uporabo merilne opreme (izbira merilnih mest, način izvajanja meritev, merilna obdobja), evidence vseh podatkov v raziskavi (število uporabnikov prostora, način prezračevanja) ipd.

V nadaljevanju bo predstavljena metodologija in vsi elementi protokola izvajanja meritev *in situ* v stavbah predšolske vzgoje v raziskovalnem projektu VRTEC+.

#### 2.3.1.1 Načrtovanje merilnega procesa

Meritve *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje so načrtovane s ciljem analize in ocene kakovosti bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji, in sicer kakovost zraka in toplotno ugodje v igralnicah vrtcev.

Pri načrtovanju merilnega procesa je določen vzorec stavb in časovna opredelitev merilnih obdobjih. Poleg tega je načrtovanje merilnega procesa zajelo načrtovanje vseh birokratskih in organizacijskih dejavnosti v procesu: načrtovanje evidenc in merilnih obrazcev, pridobivanje soglasja lastnikov stavb za izvajanje meritev v stavbah ipd. Pri načrtovanju merilnega procesa so določene tudi vse ostale morebitne aktivnosti na terenu ob izvajanju meritev (evidentiranje, popis, fotografska dokumentacija ipd.).

Na začetku merilnega procesa so določeni parametri, ki se bodo merili v okviru eksperimentalne analize v tej raziskavi, in sicer parametri, ki vplivajo na kakovost notranjega okolja:

- kakovost zraka - merjeni parameter **koncentracija ogljikovega dioksida v zraku CO<sub>2</sub> [ppm]**,
- toplotno ugodje: merjeni parameter - **temperature notranjega zraka T<sub>ai</sub> [C°], relativne vlažnosti notranjega zraka RH<sub>ai</sub> [%] in temperature obodnih površin T<sub>surf</sub> [C°]**.

Na začetku merilnega procesa je določen načrt raziskave: datumsko, časovno in lokacijsko opredeljene meritve v posameznih stavbah, s ciljem časovne in finančne optimizacije (Tabela 2.5). Merilni proces je za posamezne stavbe načrtovan kontinuirano v trajanju 7 do 15, izjemoma 20 dni za vsako igralnico, v ogrevalni sezoni 2019/20 in 2020/21. Aktivnost se je



zaradi epidemije nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (COVID-19) nenačrtovano ustavila, načrt izvajanja meritev je bil spremenjen in sproti prilagajan razmeram, povezanim z epidemijo nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (COVID-19), o čemer je bilo MIZŠ seznanjeno z dopisom dne 10.06.2020 in v Poročilu o delu raziskovalca za poročevalsko obdobje 01.03.2020 do 31.08.2020. Načrt izvajanja meritev je prilagojen skladno z novonastalimi razmerami glede možnosti izvajanja meritev zaradi epidemije bolezni COVID 19 in skladno s potekom ostalih aktivnosti v projektu. Nadaljevanje meritev *in-situ* je sproti prilagajano epidemiološki sliki v RS in predpisanim ukrepi za zajezitev širjenja okužb SARS-CoV-2 (COVID-19).



Tabela 2.5. Kronološki seznam izvedenih meritev.

stavba	TIPOLOGIJA	LETNICA	št.igralnice št.meritev	OBDOBDOLJE IZVAJANJA MERITEV	trajanja meritev (št.)
<b>2019/20</b>					
	TIP D	1981	1.	19.12.2019-07.01.2020	20
	TIP B	1981	2.	07.01.2020-14.01.2020	7
	TIP B	1981	3.	14.01.2020-21.01.2020	7
	TIP C	1981	4.	21.01.2020-28.01.2020	7
	TIP E	2012	5.	28.01.2020-11.02.2020	14
	TIP E	2012	6.	11.02.2020-25.02.2020	14
	TIP B	1956	7.	25.02.2020-03.03.2020	7
	TIP B	1956	8.	03.03.2020-10.03.2020	7
	TIP A	1927	9.	10.03.2020-17.03.2020*	7*
<b>2021</b>					
	TIP D	1980	10.	03.02.2021-10.02.2021	7
	TIP B	1959	11.	03.02.2021-10.02.2021	7
	TIP C	1975	12.	03.02.2021-10.02.2021	7
	TIP D	1980	13.	10.02.2021-17.02.2021	7
	TIP B	1959	14.	10.02.2021-17.02.2021	7
	TIP C	1975	15.	10.02.2021-17.02.2021	7
	TIP D	1981	16.	17.02.2021-03.03.2021	14
	TIP D	1981	17.	17.02.2021-03.03.2021	14
	TIP D	1981	18.	17.02.2021-03.03.2021	14
	TIP C	1975	19.	03.03.2021-17.03.2021	14
	TIP C	1975	20.	03.03.2021-17.03.2021	14
	TIP C	1975	21.	03.03.2021-17.03.2021	14

Vsi elementi merilnega procesa so določeni pred začetkom izvajanja meritev. Pred začetkom merilnega procesa je določeno: v katerih stavbah se bodo meritve izvajale (tip stavbe, oz. konkretni kontakt - naslov), koliko meritev se bo izvedlo (število) in v kakšnem času (datumsko opredeljeni intervali izvajanja meritev. Pripravljeni so tudi obrazci za evidenco na terenu, ter obrazci za soglasja lastnikov stavbe za izvajanje meritev.



### 2.3.1.2 Izbira vzorca

Prvi korak pri izvajanju meritev je izbira vzorca stavb. Torej, določeno je, v katerih stavbah oz. v katerih vrtcih se bodo izvajale meritve. Vzorec stavb, v katerih so izvedene meritve *in situ* je zajel minimalno enega tipskega predstavnika za vsaki tip stavbe TIP A / B / C / D / E.





Glavni kriterij pri izbiri vzorca so značilnosti stavbe, ki stavbo uvrstijo v določeni tip. Lastnosti stavb so podrobno evidentirane v merilnih obrazcih: starost stavbe, konstrukcija, arhitekturne lastnosti, lokacija, prezračevalni sistemi v stavbi, dosedanji posegi ipd.

Vzorec je zajel 21 igralnic v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji v desetih vrtcih. Meritve so izvedene v skupnem trajanju 209 dni, v ogrevalni sezoni 2019/20 in 2020/21. Izbrani vzorec stavb je prikazan v Tabeli 2.6. Meritve so označene kronološko po zaporedju izvedbe, stavbe so uvrščene v tipološko klasifikacijo in so označene po pripadnosti določenem arhitekturnem tipu TIP A do TIP E, igralnice so označene kronološko po zaporedju izvajana meritev št.1 do št.21.





Tabela 2.6. Vzorec stavb za izvedbo meritev *in situ* v projektu VRTEC+


Št. meritev:	1	
Tip stavbe	TIP D	
Letnica stavbe	1981	
Čas izvajanja	2019/2020	
Št. meritev:	2-3	
Tip stavbe	TIP B	
Letnica stavbe	1981	
Čas izvajanja	2019/2020	



Št. meritev:	4	
Tip stavbe	TIP C	
Letnica stavbe	1981	
Čas izvajanja	2019/2020	
Št. meritev:	5-6	
Tip stavbe	TIP E	
Letnica stavbe	2012	
Čas izvajanja	2019/2020	
Št. meritev:	7-8	
Tip stavbe	TIP B	
Letnica stavbe	1956	
Čas izvajanja	2019/2020	
Št. meritev:	9	
Tip stavbe	TIP A	
Letnica stavbe	1927	
Čas izvajanja	2019/2020	



Št. meritev:	10/13	
Tip stavbe	TIP D	
Letnica stavbe	1980	
Čas izvajanja	2020/2021	
Št. meritev:	11/14	
Tip stavbe	TIP B	
Letnica stavbe	1959	
Čas izvajanja	2020/2021	
Št. meritev:	12/15	
Tip stavbe	TIP C	
Letnica stavbe	1975	
Čas izvajanja	2020/2021	
Št. meritev:	16/17/18	
Tip stavbe	TIP D	
Letnica stavbe	1981	
Čas izvajanja	2020/2021	

Št. meritev:	19/20/21	
Tip stavbe	TIP C	
Letnica stavbe	1975	
Čas izvajanja	2020/2021	

### 2.3.1.3 Soglasja za izvajanje meritev

Predšolska vzgoja v vrtcih je sestavni del sistema vzgoje in izobraževanja in znotraj vsake občine v Sloveniji obstaja mreža javnih in zasebnih vrtcev. Stavbe, v katerih se izvaja javni program predšolske vzgoje (javni vrtci), so v lasti občin in so predmet te raziskave. **Pri izvajanju meritev na stavbah predšolske vzgoje je pred začetkom merilnega procesa v tej raziskavi pridobljeno soglasje lastnika stavbe za izvajanje meritev.** Ob tem je potrebno poudariti, da je proces pridobitve soglasja za izvajanje meritev na stavbah dolgotrajen, izkušnje pa so pokazale, da **občine oz. mesne občine ne želijo sodelovati v tovrstnih raziskovalnih projektih.**

### 2.3.1.4 Evidence

Kot že omenjeno, je pri izvajanju meritev potrebno evidentirati še številne druge parametre v prostoru: število prisotnih otrok v igralnici, način prezračevana, dejavnosti v prostoru, podatke o stavbi ipd. Vsi naštetih dejavniki lahko vplivajo na kakovost notranjega ugodja, in sicer na kakovost notranjega zraka (koncentracijo CO<sub>2</sub>) in toplotno ugodje. Zaradi tega je za pravilno analizo izmerjenih podatkov potrebno spremljati in voditi ustrezno evidenco.

Kreirani so obrazci za evidentiranje – *merilni obrazci*, v katerih so združeni vsi naštetih parametri.

Za potrebe evidenc v raziskavi VRTEC+ so kreirani naslednji merilni obrazci:

- **Merilni obrazec I:** evidentiranje podatkov o stavbi (Slika 2.7).

Namen obrazca je evidentiranje splošnih podatkov o stavbi. Obrazec vsebuje splošne podatke



o igralnici (število otrok, starost otrok) in podatke o stavbi, ki lahko vplivajo na energetska učinkovitost stavbe (ogrevanje, hlajenje, okna, ipd.). Obrazec izpolni raziskovalec na začetku merilnega procesa (Slika 2.8).

- **Merilni obrazec II:** evidentiranje intervala prezračevanja in dejavnosti v igralnici (Slika 2.9).

Namen obrazca je evidentiranje intervala prezračevanja in dejavnosti v igralnici vrtca in evidenca prisotnosti (število prisotnih). Obrazec izpolni vzgojitelj vsak dan v času izvajanja meritev v igralnici. V preglednico vpiše približno časovnico aktivnosti in opis. V preglednico vpiše tudi, ob kateri aktivnosti se je prostor prezračeval. Evidence o prezračevanju prostora v času izvajanja meritev se lahko prepusti strokovnem delavcu v skupini (vzgojitelju) z jasno določenimi navodili (Slika 2.10).

- **Merilni obrazec III:** mnenje uporabnikov prostora (Slika 2.11).

Namen obrazca je evidentiranje mnenja uporabnikov prostora: vzgojitelji, strokovni delavci. Izpolnijo vsi prisotni odrasli uporabniki prostora igralnice.



MERILNI OBRAZEC I – evidentiranje podatkov o stavbi	
Ogled stavbe opravil:	
Datum ogleda:	
Splošni podatki o stavbi – enoti vrtca:	
Občina:	
Vrtec:	
Enota:	
Letnica stavbe:	
Dosedanje prenove:	
Št. oddelkov v enoti:	
Naslov enote:	
Kontaktna oseba:	
Podatki o igralnici:	
Igralnica – skupina – oddelek:	
Starost otrok:	
Število otrok:	
Število vzgojiteljev:	
Kontaktna oseba:	
Ostali podatki o stavbi: *ob prvem ogledu igralnice evidentirati in opisati naslednje elemente	
Stavba	
Okolica	
Igralnica	
Ogrevanje	
Hlajenje	
Okna – način odpiranja	
Senčila	
Prezračevanje	

*Slika 2.7: Primer merilnega obrazca I: evidenca podatkov o stavbi. Raziskovalec v obrazcu evidentira vse podatke o vrtcu in skupini in opiše vse arhitekturne lastnosti stavbe.*



Splošni podatki o stavbi – enoti vrtca:	
Občina:	MOM
Vrtec:	OTONA ŽUPANČIČA
Enota:	OBLAKOVA
Letnica stavbe:	1980
Dosedanje prenove:	ZAMENJANA STREHA, OKNA V IGRALNICAH, TERASE
Št. oddelkov v enoti:	17
Naslov enote:	OBLAKOVA ULICA 5, HARIBOR
Kontakt oseba:	RAVNATELJICA STANISLAVA LEŠNIK 02 3302440 STANISLAVA.LESNIK@GUEST.ARNES.SI

Podatki o igralnici:	
Igralnica-skupina-oddelek:	PIŠČANČKI
Starost otrok:	1-2 (MEŠNA SKUPINA DO 3 LET)
Število otrok:	14
Število vzgojiteljev:	2
Kontakt oseba:	MARIJA ŠKRJANEC

Izhodiščno stanje: *ob prvem ogledu igralnice evidentirati in opisati naslednje elemente	
Stavba	STAVBA POVEZANA Z STANOVANJSKIM BLOKOM, NAJ VRTECI DO STANOVANJA, SKUPNI KLETNI PROSTORI.
Okolica	STANOVANJSKA SOSENA, NI PROMETNE CEST MAJHNO IGRISČE, VSAKA IGRALNICA IMA DRASO
Igralnica	NEČINOVNA V IZVIRNI OBLIKI, LITRO POHISTVO, DOTRAJAN PARET, ZAMENJANA SO OKNA, NI KLIME, 2 RADIJATORA (1 IMA DO VEDNO ZAPRTOGA). DO
Okna – način odpiranja	KLASIKNA PVC (FIKSNI DEL + ODPIRANJE)
Senčila	• ROLETE • TENDA
Prezračevanje	- V ČASU KO SO OTROCI NA SPREKODU CC 30 MIN - V ČASU POČITKA CC 10-15 MIN

Slika 2.8: Primer izpolnjenega merilnega obrazca I: evidenca podatkov o stavbi. Raziskovalec v obrazec evidentira vse podatke o vrtcu in skupini. Dodatno evidentira in opiše vse arhitekturne lastnosti stavbe.

Skica:	
Dimenzije prostora (m)	
Svetla višina igralnice	
Orientacija igralnice	
Dimenzije in pozicija oken	
Pozicija pohištva	
Predvidena pozicija merilcev v prostoru	
Fotografije:	✓

Skica:	
Pozicija igralnice v stavbi in okolica	
Fotografije:	✓

- STAVBA IMA V KLETI KUHINJO, SERVISNE PROSTORE  
 TELEFONICO
- K+P+2

Slika 2.8: Primer izpolnjenega merilnega obrazca I: evidenca podatkov o stavbi. Raziskovalec v obrazec evidentira vse podatke o vrtcu in skupini. Dodatno evidentira in opiše vse arhitekturne lastnosti stavbe.



MERILNI OBRAZEC II – evidentiranje intervala prezračevanja in dejavnosti v igralnici	
<ul style="list-style-type: none"><li>izpolni vzgojitelj vsak dan v času izvajanja meritev v igralnici. V preglednico vpišite približno časovnico aktivnosti in opis. V preglednico vpišite tudi, ob kateri aktivnosti se je prostor prezračeval.</li></ul>	
Datum	
Igralnica	
Število prisotnih otrok	
Število prisotnih vzgojiteljev	
aktivnost	ura
Prihod otrok v igralnico	
Zajtrk	
Malica	
Kosilo	
Počitek - Spanje	
Malica	
Odhod otrok iz igralnice	

Slika 2.9: Primer merilnega obrazca II: evidenca prisotnosti, prezračevanja in dejavnosti. V obrazcu so zajete osnovne dejavnosti, ki se v vsakem vrtcu izvajajo po programu ob določenih urah. Vzgojitelj dodatno evidentira dejavnosti v vmesnem času in evidentira, ob katerih dejavnostih se je prostor prezračeval in za koliko časa.





Potek dnevnih aktivnosti v igralnici: <b>PIŠČANČKI</b> <b>DAY 9</b>	
• izpolni vzgojitelj vsak dan v času izvajanja meritev v igralnici. V preglednico vpišite približno časovnico aktivnosti in opis. V preglednico vpisovati tudi ob kateri aktivnosti se je prostor prezračeval.	
Datum	31. 12. 2019
Igralnica	PIŠČANČKI
Število prisotnih otrok	15
Število prisotnih vzgojiteljev	2
aktivnost	ura
<b>PREZRAČEVANJE</b>	cca 10 min
Prihod otrok v igralnico	5 <sup>00</sup>
<b>JUTRANJSI KOTIČKI</b>	
Zajtrk	8 <sup>00</sup>
<b>RAZGIBAVANJE V GARDEROBI</b>	<b>PREZRAČEVANJE</b> cca 30 min
Malica	10 <sup>00</sup>
<b>IGRA + NEGA</b>	
Kosilo	11 <sup>15</sup>
<b>PREZRAČEVANJE</b>	cca 10 min
Počitek - Spanje	DO 14 <sup>00</sup>
Malica	14 <sup>30</sup>
<b>IGRA V KOTIČKIH</b>	
Odhod otrok iz igralnice	15 <sup>00</sup>

Slika 2.10: Primer izpolnjenega merilnega obrazca II. Vrtec v Mariboru, meritve izvedene v okviru projekta VRTEC+.



1. Kako močno se strinjate s spodaj navedenimi trditvami. Z 1 (nikoli) do 5 (popolnoma).  
 (1 = nikoli, 2 = skoraj nikoli, 3 = nekoliko, 4 = precej, 5 = popolnoma)

	Spoln se ne strinjam	1	2	3	4	Povsem se strinjam	5
S temperaturo zraka v igralnicah v zimskem času sem zadovoljen/a (zadovoljstvo z gretjem)							
S temperaturo zraka v igralnicah v poletnem času sem zadovoljen/a (zadovoljstvo s hlajenjem)							
Z osvetlitvijo igralnic sem zadovoljen/a							
S kakovostjo zračne klime v igralnicah (ni neprijetnih vonjav) sem zadovoljen/a							
Z akustiko v igralnicah (dobra zvočna izolacija igralnic) sem zadovoljen/a							
Zunanje igralne površine namenjene otrokom so ustrezne kakovosti							

2. Prosimo, označite vaše mnenje o enoti vašega vrtca. Ali menite, da...

	Premalo	Dovolj	Preveč
	1	2	3
...je notranjih površin, namenjenih otrokom...			
...je zunanjih površin, namenjenih otrokom...			
...je notranjih površin, namenjenih pedagoškim delavcem...			
...je zunanjih površin, namenjenih pedagoškim delavcem...			
...je notranjih površin, namenjenih drugim zaposlenim...			
...je zunanjih površin, namenjenih drugim zaposlenim...			
...je na lokaciji enote vrtca zelenih površin (v lastništvu vrtca ali javnih zelenih površin)...			
...je v sklopu enote vrtca prostora za parkiranje (namenjenih staršem pri prihodu in odhodu otroka v vrtec)			

3. Ob toplen / vročem vremenu, je temperatura v igralnici:

Vedno prevroča

Pogosto prevroča

Občasno prevroča

Občasno premrzla



Pogosto  
prehladna

Vedno prehladna

4. Ob hladnem / mrzlem vremenu, je temperatura v igralnici:

Vedno prevroča

Pogosto  
prevroča

Občasno  
prevroča

Občasno  
premrzla

Pogosto  
prehladna

Vedno prehladna

5. Ali v povezavi s stavbo, v kateri je enota vrtca, opazate kakršnekoli pomanjkljivosti in imate kakršnokoli pripombo, ki bi jo želeli sporočiti?

---

---

---

---

Slika 2.11: Primer merilnega obrazca III: mnenje uporabnikov prostora



### 2.3.1.5 Čas izvajanja meritev

Predšolske ustanove – vrtci so specifične stavbe z velikim številom uporabnikov v dopoldanskem času in s specifičnim ponavljajočim vzorcem uporabe prostora: igra, spanje, obroki, učne dejavnosti, nega. Meritve parametrov kakovosti zraka in toplotnega ugodja se izvajajo v igralnicah vrtcev, kjer se pogoji mikroklimne nenehno spreminjajo in so odvisni od aktivnosti v prostoru in temu primernega metabolizma otrok. Poleg tega se tudi število otrok dnevno spreminja, kar prav tako vpliva na parameter mikroklimne. Zaradi tega je **pri izvajanju meritev potrebno upoštevati daljša časovna obdobja in poprečje merilni rezultatov**. Ob tem je priporočena uporaba naprave z zapisom podatkov (ang.: *data logger*), ki je lahko nastavljena v prostoru in beleži izmerjene parametre v časovnih intervalih za daljša časovna obdobja.

Optimalna nastavitvev naprav je beleženje merilnih podatkov na 10 ali 15 minut, ker prihaja do sprememb postopoma in ni potrebe po pogostejšem beleženju podatkov. Priporočljivo je, da se meritve izvajajo minimalno teden dni, da se na ta način zajame pet delovnih dni in dva dni vikenda. Tudi daljša časovna obdobja so zaželena in so bila upoštevana, ko se je pokazalo, da so bile igralnice v času izvajanja meritev slabo obiskane zaradi epidemij nalezljivih bolezni, počitnic ali razmer povezanih s COVID-19. V teh primerih je bil čas izvajanja meritev 14 dni.

### 2.3.1.6 Obdobje izvajanja meritev

Meritve *in-situ* je v stavbah predšolske vzgoje optimalno izvajati v zimskih mesecih zaradi številnih dejavnikov, ki v zimskem času vplivajo na toplotno ugodje in kakovost notranjega zraka:

- zaradi nizkih zunanjih temperatur zraka se prostori v vrtcih manj zračijo, kar posledično pomeni manj izmenjav zraka in slabšo kakovost zraka z visokimi koncentracijami CO<sub>2</sub>. Izven ogrevalne sezone, ob višjih zunanjih temperaturah, se prostori bolj pogosto prezračujejo in ob meritvah dejansko beležimo boljše kakovost zraka, ki ne odraža dejanskega stanja,
- prostori se ogrevajo, zaradi česar je zrak bolj topel in suh, zaradi prevelikih toplotnih izgub se okna ne odpirajo pogosto, kar privede do kopičenja škodljivih snovi v zraku. Poleg nizke stopnje prezračevanja pripomore tudi tesnjenje gradbene konstrukcije k temu, da so koncentracije škodljivih snovi v zaprtih prostorih zvišane [60],
- povečana koncentracija delcev in ozona naraste pozimi v urbanih conah predvsem zaradi kurjenja fosilnih goriv, kar se odraža tudi na kvaliteti notranjega zraka v vrtcih, posebej še na gosto poseljenih območjih,
- in nenazadnje je pomembno izpostaviti, da je zima oz. obdobje od oktobra do maja

dejansko obdobje, v katerem so vrtčevske skupine najbolj obiskane s polnim številom otrok, kar odraža dejansko stanje kakovosti zraka v igralnicah. Poleti ob zmanjšanem obsegu dela in številu otrok, ki večji del dneva preživijo v zunanjih prostorih vrtca, kakovost zraka v igralnicah ne odraža dejanskega stanja kvalitete zraka, ki ga dihaajo otroci v igralnicah naših vrtcev.

Vsi naštetih dejavniki indicirajo, da je najbolj verodostojen vpogled v kakovost toplotnega ugodja in kakovosti zraka v stavbah predšolske vzgoje na podlagi meritev v zimskem času, kar je tudi upoštevano v tej raziskavi.

### **2.3.1.7 Potek merilnega procesa**

Meritve na stavbah predšolske vzgoje so se izvajale v ogrevalni sezoni 2019/20 od 19.12.2019 do marca 2020, ko so se zaradi razglasitve pandemije nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (COVID-19) in popolnega zaprtja stavb predšolske vzgoje meritve prisilno ustavile. Nadaljevanje meritev in-situ je bilo prvotno načrtovano za začetek kurilne sezone 2020/21, vendar epidemiološka slika v RS in predpisani ukrepi za zajezitev širjenja okužb SARS-CoV-2 (COVID-19) tega niso omogočali. Z meritvami se je potem nadaljevalo, ko so se vrtci odprli v polnem obsegu, in sicer 03.02.2021, vendar je bilo zaradi aktualne epidemiološke situacije število otrok v vrtcih občutno manjše. Merilni proces je zaključen 17.03.2021.

Ob izvajanju meritev so se dejavnosti v igralnicah izvajale nemoteno, vzgojiteljice so bile naprošene, da ne spreminjajo običajne dneve rutine. V sklopu meritev je vsaki dan vodena evidence o številu prisotnih otrok v igralnicah in poteku običajnih dnevnih aktivnosti v igralnici. Evidenca je zajela tudi popis intervalov prezračevanja. Igralnici sta bili zasedeni povprečno 9 ur vsak delovni dan. Tekom dneva je bil prostor igralnice povprečno trikrat prezračen v trajanju od 10 do 30 minut. Dinamiko in intenzivnost prezračevanja prostora so določile vzgojiteljice same po ustaljeni praksi.

Merilni proces v posamični igralnici predvidoma poteka 7 dni. V primerih, ko igralnice niso bile obiskane 70% zaradi epidemij nalezljivih bolezni, počitnic ali razmer povezanih s COVID-19, je merilni proces podaljšan na 14 dni.

### **2.3.2 Oprema – merilne naprave, položaj merilnikov v prostoru**



### 2.3.2.1 Merilne naprave

Naprave za izvajanje meritev v igralnici stavb predšolske vzgoje morajo biti čimbolj neopazne, majhne, brez preveč napeljav, kablov, stojal ipd. Kajti v prostoru bivajo radovedni, igrivi otroci, ki jih vsaka sprememba v igralnici zmoti oz. pritegne njihovo pozornost in bodo zelo verjetno vse dostopne in nezavarovane naprave tarča otrok. Meritve so potekale nemoteno. Naprave so nastavljene na način, da ne predstavljajo potencialne nevarnosti za otroke, hkrati so tudi zavarovane ali skrite, da otroci ne bi s svojimi dejavnosti ogrožali procesa merjenja.

V tem projektu so se izvajale meritve v daljših časovnih obdobjih (7 do 14 dni) in so zaradi metodoloških zahtev v procesu meritev uporabljeni avtomatski merilniki, ki so nameščeni v prostor za daljše časovno obdobje, razen merilnikov za kontaktno temperaturo tal, sten in stropa. Meritve z ročnimi merilniki načeloma niso priporočljive za stavbe predšolske vzgoje. Kot že pojasnjeno, se v igralnicah tekom dneva vrstijo številne dejavnosti, pri čemer meritve z ročnim merilnikom, ki omogoča meritve v trenutku bivanja v prostoru, ne more zagotoviti realnih podatkov o različnih parametrih na dnevni ravni. Poleg tega to terja obisk in prisotnost osebe z merilnikom, kar lahko ovira ustaljene dnevne rutine v stavbah predšolske vzgoje in moti otroke.

Meritve v zunanjem okolju stavbe niso predmet te raziskave, po potrebi so podatki o zunanjih izmerjenih parametrih povzeti iz arhiva Agencije za okolje Republike Slovenije.

- **Merilniki temperature, zračne vlage in koncentracije CO<sub>2</sub>**

Za meritve koncentracije CO<sub>2</sub>, temperature zraka  $T_{ai}$ , in zračne vlage  $RH_{ai}$  je uporabljen merilnik z zapisom podatkov *rotronic CL 11* (Slika 2.12). Naprava velikosti 157x120x45mm tehta približno 200g, in ima monitor, na katerem se izpisujejo trenutni podatki. Naprava potrebuje električno napajanje, je cenovno optimalna izbira in je opremljena s senzorji, ki merijo:

- CO<sub>2</sub> infrardeči senzor z avtomatsko korekcijo (eng.: infrared sensor (NDIR) with automatic baseline correction (ABC)),
- $T_{ai}$  temperaturo zraka (sensor-thermistor),
- $RH_{ai}$  zračno vlago v prostoru (rotronic higromer IN-1).



Slika 2.12: Naprava rotronic CL 11

Natančnost naprave pri  $23 \pm 5$  °C za CO<sub>2</sub> meritve znaša  $\pm 30$  ppm  $\pm 5$  % izmerjene vrednosti, za meritve zračne vlage  $< 2.5$  %RH (10...90 %RH) in za meritve notranje temperature zraka  $\pm 0.3$  °K. Merilni obseg za izmerjene parametre znaša: 0...5'000ppm; 0...100%RH; -20...60°C.

V merilni sezoni 2019/20 je uporabljen en merilnik *rotronic CL 11*. Zaradi časovne zamude v izvajanju aktivnosti, ki je bila posledica razmer povezanih z epidemijo COVID-19, se je v merilni sezoni 2020/21 za izvajanje meritev uporabilo tri merilnike *rotronic CL 11*, ki so istočasno merili parametre v treh različnih igralnicah.

Poleg osnovne merilne naprave (data logger) *rotatronic CL 11*, za meritve  $T_{ai}$ ,  $RH_{ai}$  so bili v prostoru dodatno razporejeni merilniki *volcraft*. Naprave so bile nastavljane po prostoru igralnic pri nekaterih meritvah z namenom meritev temperature zraka in vlage v različnih delih igralnic in analize morebitnih odstopanj in primerjave rezultatov (Slika 2.13). V drugi sezoni izvajanja meritev in situ se merilniki *volcraft* niso uporabljali zaradi razmer, povezanih s predpisanimi ukrepi za zaježitev širjenja okužb SARS-CoV-2 (COVID-19). Kajti zaradi omejitev stikov in potrebe po čim krajšem zadrževanju v igralnicah se je v drugi sezoni izvajanja meritev koristila izključno ena naprava *rotatronic CL 11*. Nastavitev večjega števila naprav v prostor zahteva daljše zadrževanje v prostoru igralnic, kar v dani situaciji ni možno.



Slika 2.13: Naprava volcraft, merilnik podatkov T in H

- **Sevalni termometer**

Za meritev kontaktnih temperatur termalnega ovoja je uporabljen merilnik ALMEMO 2690-8A. (Slika 2.14). Sevalni termometer je uporabljen za kontaktne temperature sten in tal v igralnicah vrtca. Tekom izvajanja meritev je zaradi izbruha pandemije merilni proces prilagojen ukrepom za zaježitev širjenja virusa in so zaradi tega meritve kontaktnih površin tal in sten izključene iz merilnega procesa, kajti zadrževanje v prostorih stavb predšolske vzgoje je minimizirano.



Slika 2.14: Naprava ALMEMO 2690-8A.

### 2.3.2.2 Položaj merilnih naprav

Kot je že izpostavljeno, spremlja izvajanje meritev v stavbah, v katerih bivajo otroci, veliko ovir. Položaj in višina merilnih naprav v prostoru mora biti prilagojena specifikam samih dejavnosti v prostoru in uporabnikom prostora v igralnici vrtca. Ker gre za igralnice z majhnimi otroki, je potrebno naprave nastaviti na način, da ne predstavljajo potencialno nevarnost za otroke, hkrati pa morajo biti zavarovane ali skrite, da otroci ne bi s svojimi dejavnostmi ogrožali procesa merjenja (Slika 2.15 A in B).





Slika 2.15 A in B: Merilna naprava rotatronic CL 11 v igralnici vrta v Mariboru, projekt VRTEC+

Merilne naprave so nastavljene tako, da niso pod direktnim vplivom virov toplote (radiatorja) ali radiacije sonca in izven cone dihanja otrok, kar je približno na 0.5-0.7 m višine.

Temperaturo v prostoru je skladno s Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb potrebno meriti na višini 1,1m, skladno s 3. členom. Druge raziskave priporočajo optimalno postavitve senzorjev na višino  $h=1,5$  m. V vseh igralnicah so bile naprave *rotatronic CL 11* postavljene na višini od 1,1 do 1,7m v skladu s tehničnimi možnostmi v igralnici. V nekaterih igralnicah so bile naprave *volcraft* namenoma nastavljene na viši 10cm od tal s ciljem primerjanja temperature zraka po višini igralnice.

Pravilnik zahteva merjenje temperature zraka na sredini prostora. Številna priporočila pa zahtevajo, da so naprave oddaljene od okna, nastavljene približno v sredino igralnice in oddaljene od stene, če gre za 1 m.<sup>5</sup> Nastavitev naprav na sredino igralnic ni bilo moč zagotoviti zaradi možnosti oviranja otrok med igro in zagotavljanja varnosti. Naprave so nameščene na policah, v skladu z razpoložljivimi možnostmi posameznih igralnic, v kolikor je možno, so oddaljene od stene do 1m. Če pa naprave ni možno nastaviti na opisan način, je potrebno upoštevati navodila, kolikor se da. V vsakem primeru pa se položaj merilnih naprav v prostoru prilagodi specifikam in uporabnikom prostora.

---

<sup>5</sup> *School Environment: policies and current status, 2015*



### 2.3.3 Rezultati

Po končanem merilnem procesu, ki je opravljen v skupnem trajanju 209 merilnih dni v ogrevalni sezoni 2019/2020 in 2020/2021, so analizirani zbrani podatki in rezultati. Vsi rezultati, zbrani v procesu eksperimentalne analize, so analizirani in razdeljeni v dve skupini: **analiza izmerjenih parametrov kakovosti notranjega okolja** in **analiza evidenc**.

#### 2.3.3.1 Analiza izmerjenih parametrov

Eksperimentalna analiza je zajela kontinuirane *in situ* meritve posameznih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka. Izvedene so meritve na terenu za vsak predhodno določen tip stavbe vrtca (za po minimalno enega predstavnika oz. eno stavbo TIP A – TIP E). Meritve so označene s števkami, po kronološkem zaporedju od meritev št. 1 do 21.

Na področju toplotnega ugodja so opravljene meritve temperature notranjega zraka  $T_{ai}$  [°C] in relativne vlažnosti notranjega zraka  $RH_{ai}$  [%], medtem ko je kakovost zraka ocenjena na podlagi koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm]. Vsi izmerjeni parametri so shranjeni v obliki Excelovih preglednic, z zabeleženimi merilnimi točkami na vsakih 15 minut. Za potrebe posameznih analiz so podatki analizirani in predstavljeni tabelarično ali grafično, v obliki diagramov. Meritve so se izvajale minimalno teden dni v posamezni igralnici, oz. po potrebi od 7-14 dni. Na ta način so merilna obdobja zajela pet delovnih dni in dva dni vikenda (oz. 10 delovnih dni in štiri dni vikenda). Za določitev poprečnih vrednosti posameznih parametrov je upoštevano čim večje število merilnih točk oz. njihova aritmetična sredina. Kajti dejstvo je, da na toplotno ugodje in kakovost zraka vplivajo številni parametri, ki se med dnevom spreminjajo, kar posledično rezultira s spremembami v izmerjenih parametrih in je za relevantno poprečje izmerjenih rezultatov potrebno upoštevati čim večje število merilnih točk.

Predšolske ustanove – vrtci so specifične stavbe z velikim številom uporabnikov v dopoldanskem času in s specifičnim ponavljajočim se vzorcem uporabe prostora: igra, spanje, obroki, učne dejavnosti, nega. Ob upoštevanju specifične uporabe prostora v stavbah predšolske vzgoje je smiselno upoštevati parametre, izmerjene v času, ko otroci dejansko bivajo v vrtcu, torej povprečje merilnih točk npr. med 7 in 16 uro (odvisno od zasedenosti igralnice). V kolikor se analizira 24 urni vzorec izmerjenih podatkov, bo povprečje izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> bistveno manjše, prav tako ne bodo realno ocenjene vrednosti kakovosti zraka in toplotnega ugodja, katerim so izpostavljeni otroci v času bivanja v stavbi predšolske vzgoje. Zaradi vseh naštetih dejstev se je v tej raziskavi k analizi zbranih podatkov pristopilo z dvema strategijama:



## 1. Analiza rezultatov v času bivanja otrok v vrtcu in 2. Analiza rezultatov celotnega merilnega obdobja (zajeti popoldnevi, noči in vikend).

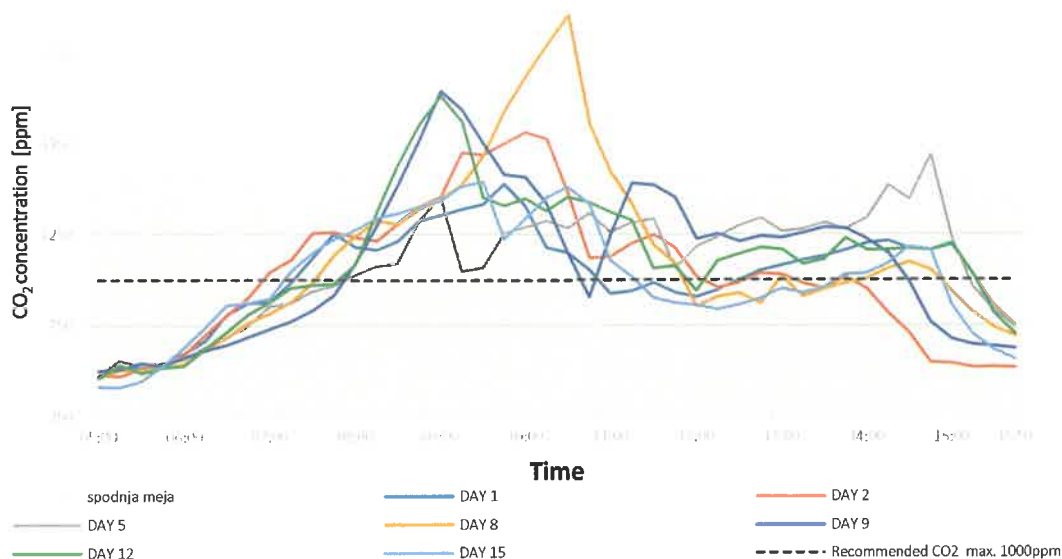
### 1. Analiza rezultatov v času bivanja otrok v vrtcu

Analiza je zajela časovno obdobje, v katerem otroci bivajo v igralnici vrtca, od jutranjega prihoda otrok v igralnico (ob 5.30h/7.30h, odvisno od delovnega časa vrtca in igralnice) do popoldanskega odhoda iz igralnice (ob 16h). Cilj je ocena in analiza parametrov kakovosti notranjega zraka in toplotnega ugodja, katerim so izpostavljeni otroci v času bivanja v vrtcu. Zaradi tega so v prvi strategiji analize upoštevane merilne točke, zabeležene v času bivanja otrok v vrtcu, merilne točke, ko so igralnice zaprte, pa v tej strategiji analize niso bile upoštevane.

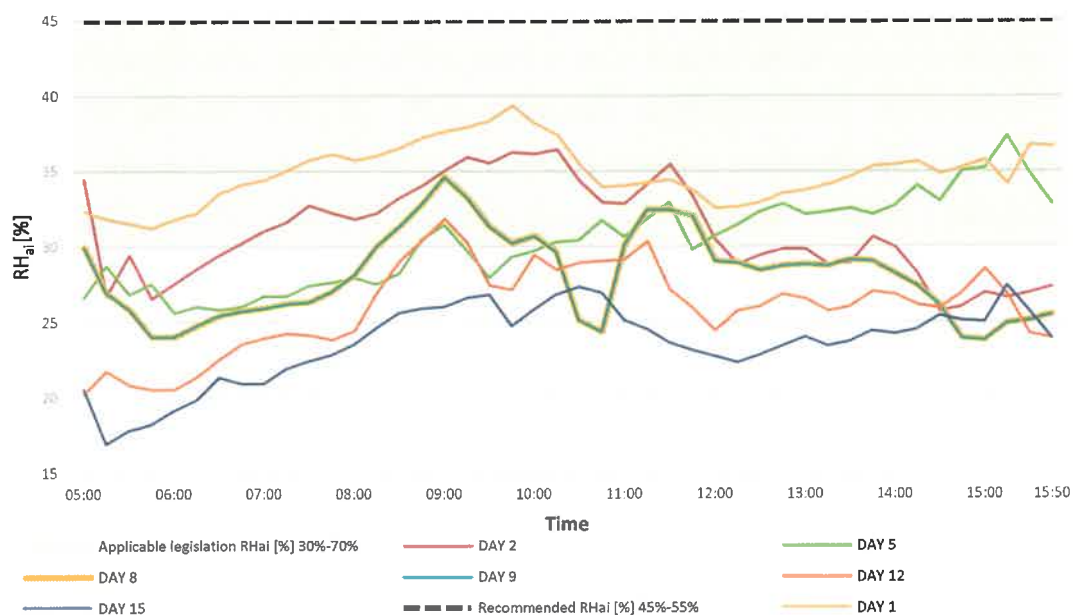
Prikazan je primer igralnice vrtca (meritve številka 1). Trije grafi prikazujejo dnevne koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], temperaturo zraka  $T_{ai}$  [C°] in relativne vlažnosti notranjega zraka  $RH_{ai}$  [%] na dnevni ravni, v času bivanja otrok v igralnici vrtca za določeno merilno obdobje (Slika 2.16: Graf A/B/C). Na grafih je označen zakonsko določen obseg posameznih parametrov in priporočena vrednost. Grafična dokumentacija je objavljena v prispevku konference *PLACESANDTECHNOLOGISE*, v katerem so predstavljene nekatere ugotovitve znotraj eksperimentalne analize projekta VRTEC+.<sup>6</sup>

---

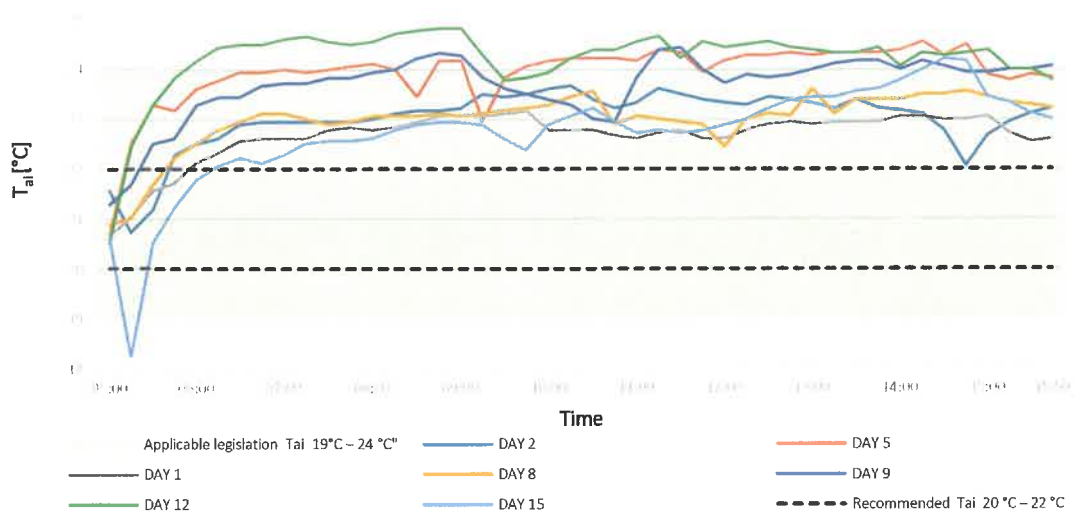
<sup>6</sup> LOVEC, Vesna, PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna. In-situ measuring indoor environmental quality in public kindergarten in Slovenia. A case study. *7th International Academic Conference on Places and Technologies : proceedings*. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Architecture. doi: [10.18485/arh\\_pt.2020.7.ch27](https://doi.org/10.18485/arh_pt.2020.7.ch27).



Slika 2.16 A: Graf – koncentracija CO<sub>2</sub> [ppm] v igralnici vrtca v času bivanja otrok v vrtcu, meritve številka 1. Grafična analize so delo avtorja in so objavljene v prispevku konference PLACESANDTECHNOLOGISE



Slika 2.16 B: Graf – relativne vlažnosti notranjega zraka RH<sub>ai</sub> [%] v igralnici vrtca v času bivanja otrok v vrtcu, meritve številka 1. Grafična analize so delo avtorja in so objavljene v prispevku konference PLACESANDTECHNOLOGISE



Slika 2.16 C: Graf – temperaturo zraka  $T_{ai}$  [°C] v igralnici vrtca v času bivanja otrok v vrtcu, meritve številka 1. Grafična analize so delo avtorja in so objavljene v prispevku konference PLACESANDTECHNOLOGISE

Analiza rezultatov v času bivanja otrok v vrtcu je poleg grafične analize podatkov zajela tudi tabelarično-numerično analizo podatkov. Tabelarična analiza in prikaz podatkov vsebuje: datum, uro, povprečne izmerjene vrednosti posameznih parametrov (MIN-minimalno, MAX-maksimalni, AVG-povprečno). Na prikazanem primeru so v tabelaričnem prikazu označeni tudi intervali prezračevanja (črtasta linija) in pa intervali z zadovoljivo, rahlo zvišano ali močno zvišano koncentracijo  $CO_2$  (v barvnih odtenkih, od svetlo do zelo temne rdeče, kar nakazuje na močno zvišano koncentracijo  $CO_2$ ) (Tabela 7). Referenčni parametri so v tej raziskavi (v poglavju 2.1 te raziskave) določeni na podlagi analize in kritične ocene dosedanjih raziskav, standardov in veljavne zakonodaje kakovosti zraka in toplotnega ugodja za prostor igralnice vrtca (Tabela 7). Glede na dejstvo, da gre za izrazito občutljivo populacijo, so referenčni parametri določeni bistveno bolj strogo v primerjavi z določili slovenske zakonodaje, kar je predhodno predstavljeno v poglavju 1.2 te raziskave.



Tabel 7: Referenčni parametri koncentracije CO<sub>2</sub>, temperature zraka T in zračne vlage H

koncentracija CO <sub>2</sub> [ppm]: * koncentracija 300-450ppm ni zabeležena v igralnicah				
300-450ppm Svež zrak (običajna zunanja konc.)	<1000ppm Notranji zrak normalne kakovosti	1000 – 1500 ppm Rahlo zvišana	1500 – 2000 ppm Močno zvišana	≥2000 ppm Izredno močno zvišana

temperatura zraka T [°C]:		
<20 °C Rahlo premlzla	20 °C - 22 °C Optimalna temperatura zraka	22 °C - 26°C Rahlo zvišana

zračna vlaga H [%]:* koncentracija preko 45% nije zabeležena v igralnicah				
<30 % Suh zrak	≥30 Sprejemljiva zračna vlaga H	45-55 % Optimalna vlaga	≤70 Sprejemljiva zračna vlaga H	≥70 Močno zvišan % vlage

Tabel 8: Primer tabelarične analize izmerjenih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka, primerjava z referenčnimi parametri

ura	DAN 1			DAN 2			DAN 3			
	Rh [%]	T [°C]	CO2[ppm]	Rh [%]	T [°C]	CO2[ppm]	Rh [%]	T [°C]	CO2[ppm]	
07:00:00	35,4	21	1195	35,4	21,11	1168	35,9	21,33	1112	
	35,3	21,06	1194	28,3	20,56	730	36	21,11	1080	
	35,3	21,06	1193	30,4	20,89	817	26,3	20,06	473	
	35,1	21,06	1191	31	21	831	29,9	20,78	573	
	35,2	21,06	1189	31,6	21,06	850	30,5	21,11	601	
	35,1	21,06	1189	32,2	21,17	906	31,2	21,28	635	
	36,8	21,44	1373	33,3	21,39	1033	32,6	21,44	765	
	37,8	21,56	1500	34,5	21,44	1149	33,9	21,56	897	
	38,8	21,44	1537	35,3	21,61	1269	34,8	21,67	1041	
	39	21,5	1709	36,2	21,72	1396	35,9	21,72	1173	
10:00:00	39,4	21,5	1827	37,6	21,78	1511	37,9	21,72	1382	
	40	21,56	1988	38,1	21,89	1635	38,2	21,78	1512	
	39,6	21,5	2011	38,5	22,06	1832	38,7	21,89	1669	
	37,3	20,94	1540	38,4	22,28	1941	35,8	21,11	1159	
	34,3	20,61	1196	37,7	22,28	1912	33,5	21,28	1012	
	32,3	20,72	1072	37,9	22,17	1990	35	21,72	1193	
	32,7	21,11	1138	39	22,39	2107	36,7	21,78	1362	
	34,1	21,39	1273	39,2	22,28	2117	38,9	21,83	1520	
	36,1	21,44	1363	40,9	22,28	2207	40	21,78	1619	
	37,3	21,56	1439	42,1	22,22	2300	40,8	21,83	1761	
12:00:00	38,6	21,56	1558	43,1	22,11	2379	41,8	21,83	1895	
	40,2	21,56	1704	38,6	21,83	1840	42,4	21,83	2069	
	41	21,44	1821	38,9	22,11	1863	42,6	21,67	2138	
	40,9	21,44	1886	39,7	22,17	1871	42	21,56	2080	
	41	21,44	1944	41	21,94	2060	42,3	21,67	2107	
	41	21,44	2000	41,7	21,78	2119	42,1	21,67	2130	
	40,9	21,44	2011	41,7	21,83	2153	41,5	21,72	2090	
	39,6	21,33	1839	41,6	21,83	2178	41,2	21,67	2078	
	39,4	21,39	1817	41,8	21,83	2207	41,2	21,56	1999	
	39,9	21,44	1901	41,2	21,78	2107	41,5	21,5	2012	
14:00:00	40,4	21,5	1942	41,8	21,78	2178	42	21,61	2087	
	40,8	21,5	2036	42,7	21,94	2350	42,3	21,67	2154	
	41	21,44	2084	43,1	22,06	2439	42	21,67	2204	
	41,5	21,5	2144	43	21,94	2483	42,1	21,67	2217	
	41,5	21,61	2201	43,3	21,89	2530	42,5	21,67	2243	
	41,5	21,39	2222	43	21,72	2507	42,3	21,5	2110	
	41,3	21,33	2187	42,7	21,61	2466	42,2	21,33	1706	
	40,9	21,28	2139	42,3	21,56	2414	40,6	21,33	1358	
	MIN	32,3	20,61	1072	28,3	20,56	730	26,3	20,06	473
	MAX	41,5	21,61	2222	43,3	22,39	2530	42,6	21,89	2245
AVG	38,37632	21,33158	1676,737	38,65263	21,77079	1840,289	38,34474	21,52395	1562,947	

--- prezračevanje igralnice

\* prikazani so intervali prezračevanja. Zajeti so 4 delovni dnevi.

Prikazani način analize podatkov je uporabljen v posameznih primerih in jasno nakazuje zelo dolge intervale izpostavljenosti otrok močno zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>, rahlo zvišano temperaturo zraka v igralnica in suh zrak. V kolikor analizo rezultatov izmerjenih parametrov v času bivanja otrok prenesemo na vse tipske predstavnike stavb (predhodno določene v poglavju 1.3), ki so določeni na podlagi analize stavbnega fonda, lahko primerjamo minimalne, maksimalne in poprečne vrednosti posameznih izmerjenih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka. Rezultati so prikazani v tabeli 8 in jasno kažejo na slabo kakovost zraka, rahlo zvišane temperature zraka in precej suh zrak. Rezultati so predstavljeni po skupinah TIP



A/B/C/D/E, vsaka izvedena meritev ima zaporedno številko po kronološkem redu izvajanja meritev (Tabela 9).

Tabela 2.9: Pregled rezultatov izvedenih meritev v projektu VRTEC+

št. meritev	T [C°]			CO2 [ppm]			HUMIDITY [%]			tip stavbe
	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG	
9	18,72	24,06	21,35	412	1211	693,43	21,6	40,6	32,71	TIP A
	<b>18,72</b>	<b>24,06</b>	<b>21,35</b>	<b>412</b>	<b>1211</b>	<b>693,43</b>	<b>21,6</b>	<b>40,6</b>	<b>32,71</b>	
2	17,94	24,72	22,21	413	2628	939	19,8	37,2	28,05	TIP B
3	18,94	22,39	20,85	473	2530	1422,98	26,3	43,3	36,96	TIP B
7	17,67	23,17	21,48	391	2859	1175,76	19	50,6	38,41	TIP B
8	19	24,5	22,65	410	3343	1513,9	22,6	55,4	39,37	TIP B
11	18,33	21,83	20,43	440	1512	1067,47	37,2	59	48,57	TIP B
14	20	24,78	22,16	414	2175	1198,21	14,5	51,7	37,41	TIP B
	<b>18,64667</b>	<b>23,565</b>	<b>21,63</b>	<b>423,5</b>	<b>2507,833</b>	<b>1219,593</b>	<b>23,23333</b>	<b>49,53333</b>	<b>38,12833</b>	
4	18,72	23,17	21,13	372	2673	1612,02	26,9	44,4	36,82	TIP C
12	18,06	24,22	21,45	504	2059	1103,44	35,8	52	45,91	TIP C
15	20,39	24,39	22,47	444	2108	1022,52	16	46,8	33,77	TIP C
19	20,06	25,17	22,78	394	1796	897,63	17,7	40,8	28,71	TIP C
20	16,89	26,72	21,96	388	1947	739,018	17,9	48,6	28,06	TIP C
21	14,61	24,78	22,21	383	1994	855,015	17,2	37,9	27,37	TIP C
	<b>18,12167</b>	<b>24,74167</b>	<b>22</b>	<b>414,1667</b>	<b>2096,167</b>	<b>1038,274</b>	<b>21,91667</b>	<b>45,08333</b>	<b>33,44</b>	
1	18,22	24,83	23,11	410	2452	1067,38	16,9	39,3	28,63	TIP D
10	19,39	24,83	23,33	398	1398	644,09	22,5	37,5	29,69	TIP D
13	15,56	26,11	21,98	409	905	605,519	10,3	33,7	20,33	TIP D
16	20,61	35,11	24,78	395	1374	623,99	14,4	33,4	25,88	TIP D
17	21,78	26,72	23,31	384	1548	664,094	19,8	38,8	31,95	TIP D
18	21,56	27,22	24,25	405	2213	891,812	18,5	43,1	28,44	TIP D
	<b>19,52</b>	<b>27,47</b>	<b>23,46</b>	<b>400,1667</b>	<b>1648,333</b>	<b>749,4808</b>	<b>17,06667</b>	<b>37,63333</b>	<b>27,48667</b>	
5	19,5	23,22	22,04	353	1862	703,93	13,1	40	28,46	TIP E
6	20,33	24,11	22,96	393	1301	775,46	18,1	41,9	28,46	TIP E
	<b>19,915</b>	<b>23,665</b>	<b>22,5</b>	<b>373</b>	<b>1581,5</b>	<b>739,695</b>	<b>15,6</b>	<b>40,95</b>	<b>28,46</b>	
	<b>18,98467</b>	<b>24,70033</b>	<b>22,188</b>	<b>404,5667</b>	<b>1808,967</b>	<b>888,0946</b>	<b>19,88333</b>	<b>42,76</b>	<b>32,045</b>	

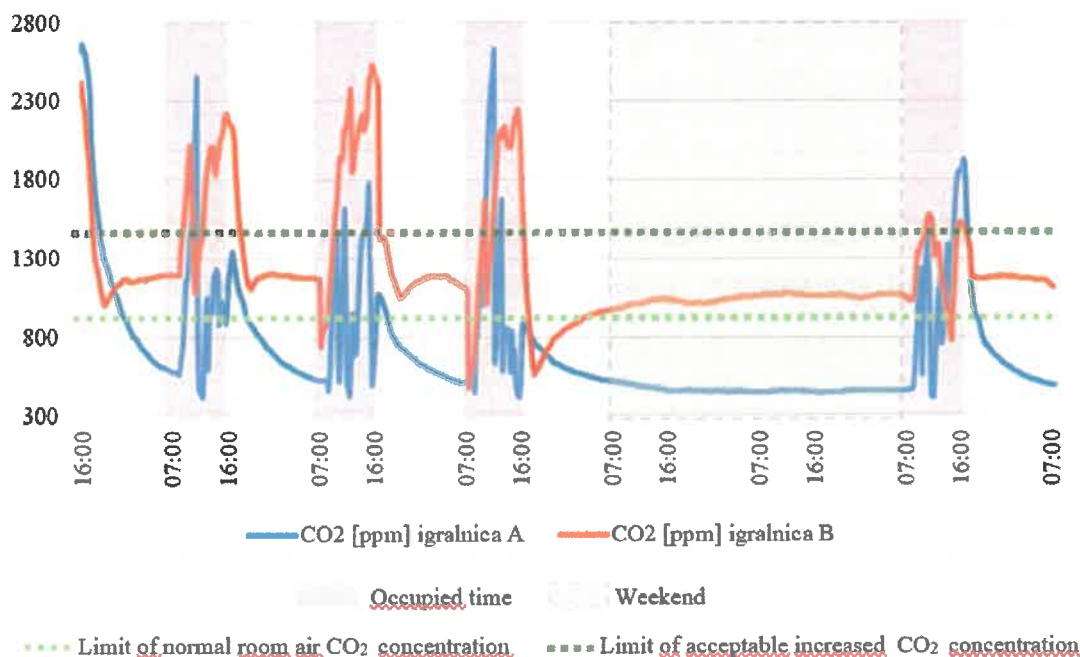
Analiza poprečnih izmerjenih parametrov je pokazala, da so izmerjene poprečne vrednosti temperature zraka T, koncentracije ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub> v skladu z zakonskimi regulativi. Vendar je potrebno poudariti, da se z analizami v posameznih merilnih obdobjih pokaže, da so otroci v daljših časovnih intervalih izpostavljeni močno zvišanim koncentracijam ogljikovega dioksida. Poleg tega je slovenska zakonodaja bistveno manj rigorozna od drugih in dejansko dejstvo, da izmerjeni parametri izpolnjujejo z zakonom določene parametre, ne pove prav veliko. Najboljšo kakovost zraka so pokazale stavbe z umetnim prezračevanje (TIP D in E), novejša stavba (TIP E) in stavbe z neprenovljenimi okni, v katerih je infiltracija zraka bistveno boljša (TIP A).



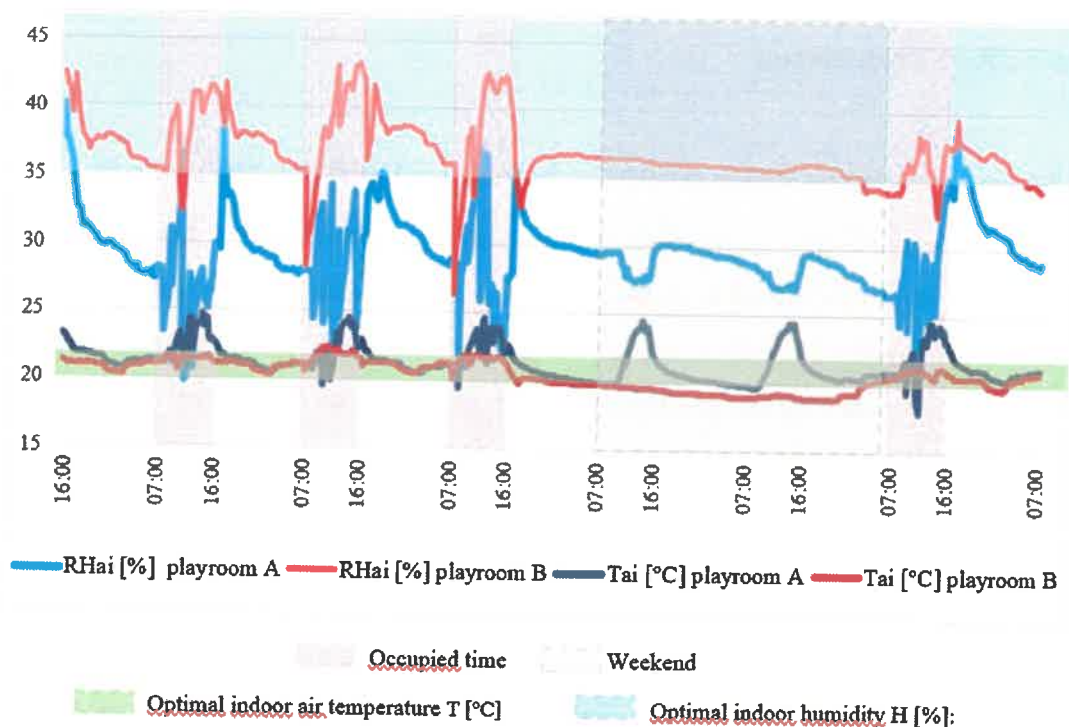
## 2. Analiza rezultatov celotnega merilnega obdobja (zajeti popoldnevi, noči in vikend)

Analiza celotnega merilnega obdobja, ki zajema za vsako posamezno meritev čas bivanja otrok v vrtcu, popoldneve, noči, vikende in praznike, je uporabljena pri posebnih analizah. Analize kot so npr. ugotavljanje, kako se spreminja temperatura zraka in koncentracija ogljikovega dioksida po odhodu otrok iz igralnice, tekem noči in med vikendi, ko je prostor prazen in zaprt, imajo za cilj oceno vpliva zrakotesnosti gradbene konstrukcije (ki je vsekakor različna pri različnih igralnicah) in oceno parametrov energetske učinkovitosti stavbe v širšem kontekstu (kar se bo nadaljevalo v sklopu aktivnosti *A3 energijska analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji*). Cilj je ugotoviti, kako se spreminja temperatura zraka in koncentracija ogljikovega dioksida po odhodu otrok iz igralnice, tekem noči in med vikendi, ob tem ko je prostor prazen in zaprt. Cilj je tudi ocena vpliva zrakotesnosti gradbene konstrukcije na merjene parametre, ki je vsekakor različna pri igralnicah/stavbah z različnimi posegi energetske prenove.

Kontinuirano izvajanje meritev *in-situ* je omogočilo uvid v merilne podatke po odhodu otrok iz igralnice in med vikendom. Rezultati za celotno merilno obdobje s parametri relativne vlažnosti zraka  $RH_{ai}$  [%], temperature zraka  $T_{ai}$  [°C] in koncentracije ogljikovega dioksida  $CO_2$  [ppm] so prikazani na grafu za meritve št. 2 in št. 3 (Slika 2.17A/B).



Slika 2.17 A: Graf – koncentracija  $CO_2$  [ppm] za celotno merilno obdobje, primerjava rezultatov meritev številka 2 in 3.



Slika 2.17 B: Graf – temperatura zraka in zračna vlaga za celotno merilno obdobje, primerjava rezultatov meritev številka 2 in 3.

Kot je razvidno, se temperatura zraka in koncentracija CO<sub>2</sub> s prihodom otrok v igralnico prične dvigovati vsak dan, saj so okna zaprta, v prostoru pa se število prisotnih zvišuje. Ob prisotnosti otrok v igralnici narašča koncentracija CO<sub>2</sub> sorazmerno s pretečenim časom od zadnjega prezračevanja. Na koncu delovnega dne je poprečna koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnicah zvišana in znaša poprečno od 1080 ppm do 2252 ppm. Od odhoda otrok iz igralnic ob 16h do prihoda otrok v igralnico naslednji dan med 5.30 in 7 ur preteče poprečno 15 ur. V tem času se v igralnicah koncentracija CO<sub>2</sub> in temperatura zraka postopoma znižujeta. Hitrost zniževanja omenjenih parametrov je odvisna od zrakotesnosti igralnice, kar je pogojeno tudi s tipom stavbe. **Tip konstrukcije in lastnosti termalnega ovoja direktno pogojujejo zrakotesnost stavbe, ki močno vpliva na kakovost zraka v igralnicah in termalno ugodje.**

Analiza podatkov celotnega merilnega obdobja je uporabljena v posameznih primerih, in jasno kaže na problem preveč zrakotesnih prostorov z nezadostnim prezračevanjem: zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>, rahlo zvišano temperaturo zraka v igralnica in suh zrak. Analiza rezultatov izmerjenih parametrov v celotnem merilnem obdobju ne bo analizirana skupno za vse stavbe v



zajetem vzorcu. Tovrstna analiza ne zagotovi realnih poprečnih vrednostih za posamezne izmerjene parametre, temveč bodo merilni podatki uporabljeni za analizo posameznih stavb (aktivnost/poglavje 3 te raziskave).

### 3. Analiza rezultatov merilnega obdobja pred časom in v času COVID-19 pandemije

Meritve so izvajane tekom zime v dveh ogrevalnih sezonah 2019/20 in 2020/21. Marca 2020 je razglašena pandemija COVID-19, ki je močno prizadela vse aspekte življenj na globalni ravni. Stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji so bile ob novonastalih razmerah, povezanih s COVID-19, močno prizadete in bodo primorane svoje delovne procese tudi v prihodnje prilagajati novonastalim razmeram. Stavbe predšolske vzgoje so bile v Sloveniji zaprte po razglasitvi pandemije COVID-19 v mesecu marcu 2020. Po skoraj dvomesečnem zaprtju so se vrtci ponovno začeli odpirati konec maja. Začetek novembra 2020 smo se soočili s ponovnim zapiranjem vrtcev zaradi hitrega naraščanja števila okuženih s COVID-19 v Sloveniji, kar je bil eden izmed ukrepov za zajezitev širjenja virusa. Vsa našeta dejstva so vplivala na zmanjšano število otrok v vrtcih v času od razglasitve epidemije, kar je tudi vplivalo na merilne procese v projektu VRTEC+.

Metodologija raziskave je prilagojena novonastalim okoliščinam in je dodatno zajela komparativne analize eksperimentalno izmerjenih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji, v ogrevalni sezoni pred časom in v času COVID-19 pandemije. S kontinuiranimi meritvami *in situ* je opravljen monitoring temperature notranjega zraka  $T_{ai}$  [C°], relativne vlažnosti notranjega zraka  $RH_{ai}$  [%] in koncentracije ogljikovega dioksida  $CO_2$  [ppm]. Podatki o zunanji temperaturi zraka in zračni vlagi so prevzeti iz arhiva Agencije Republike Slovenije za Okolje. V sklopu izvajanja meritev je poleg monitoringa parametrov kakovosti zraka in toplotnega ugodja vsak dan vodena evidence o številu prisotnih otrok v igralnicah in o intervalih prezračevanja.

Meritve so izvedene v skupno 21 igralnicah predšolske vzgoje, 9 igralnicah pred časom in 12 v času pandemije COVID-19. Za primerjavo rezultatov pred časom in v času COVID-19 je analiziran vzorec stavb predšolske vzgoje, ki je zajel 8 namensko grajenih stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (Tabela 2.10). Slovenija, kot tudi vse evropske države, ima izredno pester stavbni fond stavb predšolske vzgoje, zaradi česa je za ta del raziskave izbran vzorec stavb z različnimi arhitekturnimi, konstrukcijskimi in energetskimi lastnosti. **Cilj je, da se s skrbno izbranim vzorcem stavb zajame čim večje število različnih tipskih predstavnikov stavb v stavbnem fondu in se na ta način z zbranimi podatki podajo generalni zaključki o učinkih**



### **pandemije COVID-19 na kakovost zraka v stavbah predšolske vzgoje.**

Vzorec stavb je enakomerno zajet v obe merilni obdobji pred časom (A merilno obdobje) in v času COVID-19 (B merilno obdobje). Meritve so izvedene v 4 arhitekturnih tipih stavb (od 1 do 4 oznake merilnih intervalov v tabeli), v dveh merilnih obdobjih oz. v 12 igralnicah v trajanju skupaj 125 dni v dveh ogrevalnih sezonah. Torej **je bila v vsakem merilnem obdobju predmet meritev po ena stavba z enakimi lastnostmi: betonska/lesena, naravno/umetno prezračevana, pritlična/nadstropna**. Stavbe so grajene v različnih zgodovinskih obdobjih od 1950 do 2010, v različnih konstrukcijskih sistemih, različne velikosti, različno orientirane igralnice z različnimi sistemi za ogrevanje oz. prezračevanje. **Zajet vzorec pa je zagotovil približno enakomerne pogoje v vseh parametrih izbranega vzorca v obeh merilnih obdobjih pred časom in v času COVID-19**. Vzorec je predstavljen v tabeli 2.10.

Ob izvajanju meritev so se dejavnosti v igralnicah izvajale nemoteno, vzgojiteljice so bile naprošene, da ne spreminjajo običajne dneve rutine, čeprav so se nekoliko razlikovale pred časom in v času pandemije COVID-19 predvsem v načinu prezračevanja stavbe. Pred epidemijo COVID-19 so imeli slovenski vrtci ustaljene lastne protokole naravnega prezračevanja, medtem ko so po izbruhu epidemije upoštevali navodila NIJZ, ki slonijo na priporočilih WHO.

Tabela 2.10: Vzorec stavb za analizo rezultatov pred časom in v času pandemije COVID-19

VZOREC STAVB	2020/19	2020/21
	A. merilno obdobje pred COVID-19 pandemijo	B. merilno obdobje v času pandemije COVID-19
<p>-K+P+2</p> <p>-obdobje izg.: 1970-1980</p> <p>-masivni konst. sistem</p> <p>-naravno prezračevanje</p> <p>-orientacija igralnice: jug/vzhod</p>	<p><b>1.A merilni interval</b></p> 	<p><b>1.B merilni interval</b></p> 
	<p>- P</p> <p>-obdobje izg.: 1950-1960</p> <p>-masivni konst. sistem</p> <p>-naravno prezračevanje</p> <p>-orientacija igralnice: jug-vzhod/jug</p>	<p><b>2. A merilni interval</b></p> 
<p>- P</p> <p>-obdobje izg.: 1960-1970</p> <p>-montažni konst. sistem</p> <p>-naravno prezračevanje</p> <p>-orientacija igralnice: jug-vzhod/jug</p>	<p><b>3.A merilni interval</b></p> 	<p><b>3.B merilni interval</b></p> 
	<p>- P do P+2</p> <p>-obdobje izg.: 1980-2010</p> <p>-masivni konst. sistem</p> <p>-mehansko prezračevanje</p> <p>-orientacija igralnice: jug- vzhod/vzhod</p>	<p><b>4.A merilni interval</b></p> 



Analiza rezultatov je zajela primerjavo podatkov izmerjenih v merilnem obdobju pred časom (merilno obdobje A) in v času COVID-19 pandemije (merilno obdobje B) v izbranih vrtcih v Sloveniji. Monitoring je zajel štiri različna arhitekturna tipa stavb predšolske vzgoje, označenih od 1 do 4, najbolj zastopanih v stavbnem fondu (označena kot meritve št. 1 do 4). V tabeli so prikazani parametri pred časom in v času COVID-19 pandemije, izmerjeni v času bivanja otrok v igralnicah: relativna vlažnost zraka  $RH_{ai}$  [%], temperatura zraka  $T_{ai}$  [°C] in koncentracija ogljikovega dioksida  $CO_2$  [ppm] (Tabela 2.11).

Tabela 2.11: Izmerjeni parametri: temperature zraka  $T_{ai}$ , relativna vlažnost  $RH_{ai}$  in koncentracija ogljikovega dioksida  $CO_2$  (MIN-minimalna izmerjena vrednost, MAX-maksimalna izmerjena vrednost, AVG-poprečna izmerjena vrednost v času bivanja otrok v vrtcu) v merilnem obdobju pred časom in v času pandemije COVID-19.

Št. meritev	T [°C]			CO <sub>2</sub> [ppm]			H [%]		
	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG
1 A	18,22	24,83	23,11	410	2452	1067,38	16,9	39,3	28,63
2 A	18,97	23,44	21,57	441,50	2936,5	1468,44	24,45	49,35	39,37
3 A	18,72	23,17	21,13	372	2673	1612,02	26,9	44,4	36,82
4 A	19,91	23,66	22,50	373	1581,5	739,69	15,6	40,95	28,46
<b>2019/2020</b>	<b>18,22</b>	<b>24,83</b>	<b>22,0775</b>	<b>372</b>	<b>2936,5</b>	<b>1221,88</b>	<b>15,6</b>	<b>49,35</b>	<b>33,32</b>
1 B	21,56	27,22	24,25	405	2213	891,81	18,5	43,1	28,44
2 B	19,165	23,305	21,95	427	1843,5	1132,84	25,85	55,35	42,99
3 B	16,89	26,72	21,96	388	1947	739,018	17,9	48,6	28,06
4 B	17,47	25,47	22,65	403,5	1151,5	624,8	16,4	35,6	25,01
<b>2020/2021</b>	<b>16,89</b>	<b>27,22</b>	<b>21,955</b>	<b>388</b>	<b>2213</b>	<b>847,12</b>	<b>16,4</b>	<b>55,35</b>	<b>31,125</b>

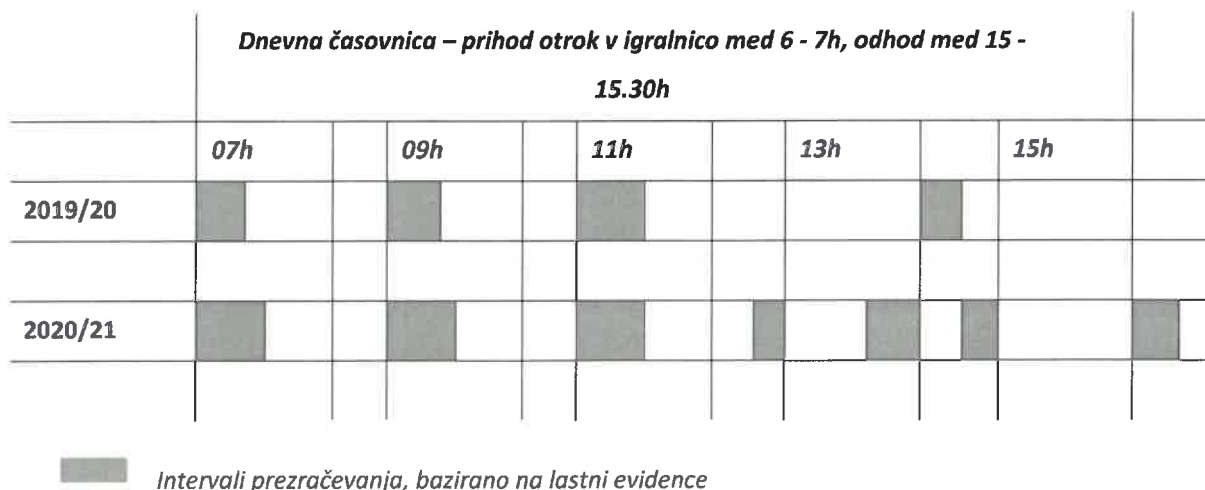
Za celostno analizo parametrov toplotnega ugodja so v tej raziskavi evidentirani tudi parametri zunanje zraka, in sicer: temperature zunanje zraka T [°C] in zračna vlažnost H [%], ki so prikazane v Tabeli 2.12.

Tabela 2.12: Parametri za zunanji zrak: temperature zraka  $T_{ai}$ , relativna vlažnost  $RH_{ai}$  (MIN-minimalna izmerjena vrednost, MAX-maksimalna izmerjena vrednost, AVG-poprečna izmerjena vrednost v času bivanja otrok v vrtcu).

Measuring period	AVG. T [°C]	min. T [°C]	max. T [°C]	AVG. H [%]
<b>2019/20</b>	3,84	-8	21	73,36
<b>2020/21</b>	4,77	-9	22	69,52

**Prezračevanje** je ključni element, ki vpliva na kakovost zraka in termalno ugodje, zaradi tega je dejanski vzorec prezračevanja, ki se izvaja v praksi, spremljan v času izvajanja meritev. V ogrevalni sezoni 2019/20 pred pandemijo COVID-19 je bil prostor igralnice tekom dneva prezračevan v skladu z ustaljeno prakso, ki jo je vsaka ustanova predšolske vzgoje določila samostojno. Dinamiko in intenzivnost prezračevanja prostora so prilagajale vzgojiteljice. Medtem ko je bilo v ogrevalni sezoni 2020/21 prezračevanje nekoliko bolj intenzivno, v skladu s predhodno predstavljenimi *Navodili za prezračevanje prostorov izven zdravstvenih ustanov v času širjenja okužbe COVID-19*. V izbranem vzorcu stavb imajo mehansko prezračevanje le stavbe v merilnem procesu, označenem s številko 4, ki je bil v merilnem obdobju pred pandemijo edini modus prezračevanja stavbe, medtem ko je bil v času pandemije prostor prezračevan kombinirano: mehansko + naravno. Vzorec prezračevanja igralnic je predstavljen na podlagi dejanskega vzorca prezračevanja evidentiranega *in situ* (Tabela 2.13). Prihod otrok v igralnico je med 06 in 07 h, odhod med 15 in 15.30, intervali prezračevanja so v trajanju od 10 do 30 minut. Intervali prezračevanja so v merilnem obdobju v času trajanja COVID-19 pandemije evidentno pogostejši in daljši.

Tabela 2.13: Poprečni vzorec prezračevanja v stavbah predšolske vzgoje v merilnem obdobju 2019/20 (stavbe 1-3, stavba št. 4 je umetno prezračevana) pred 2020/21 (stavbe 1-4) v času COVID-19 pandemije.



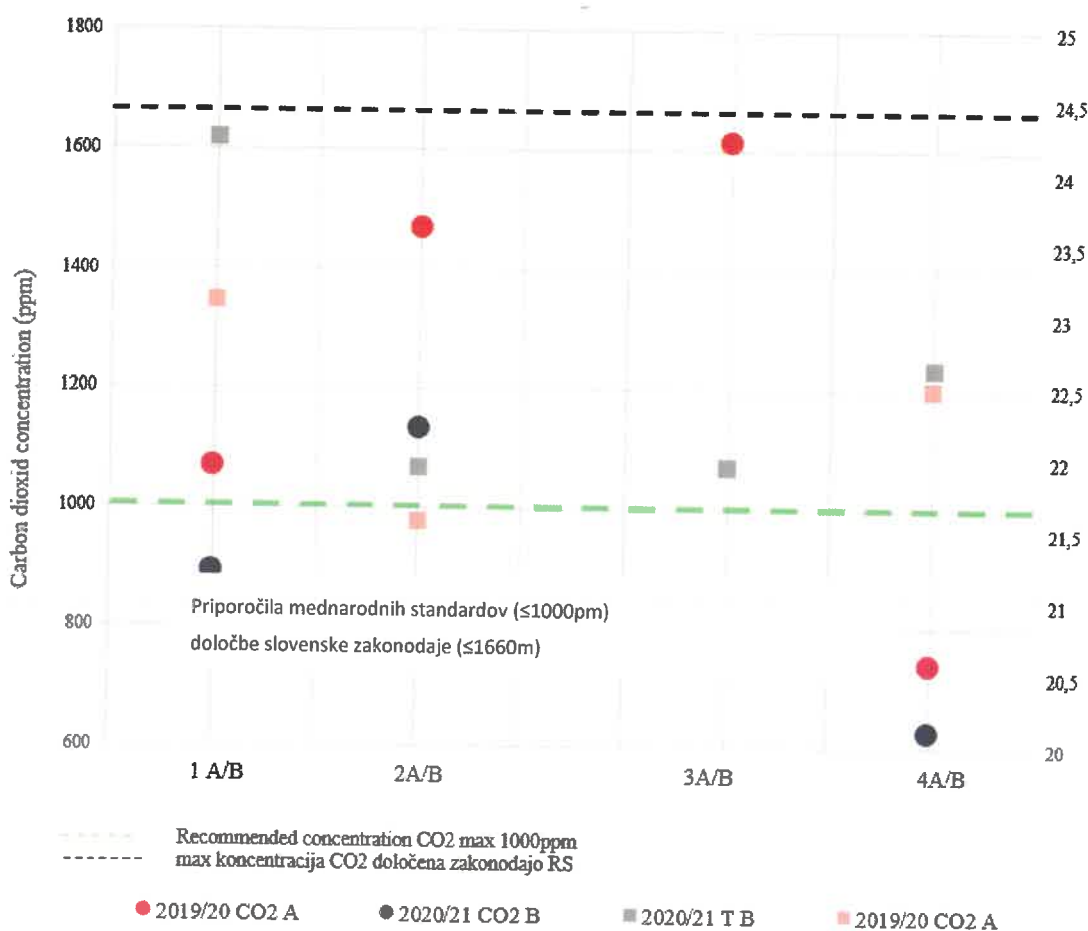
**Število prisotnih otrok** je drugi parameter, ki lahko vpliva na kakovost zraka v prostoru, zaradi tega je vzporedno z izvajanjem meritev v igralnicah evidentirano tudi število prisotnih otrok. Maksimalno število otrok v igralnici je v skladu s slovenskimi normativi. V tej raziskavi je prikazana zapolnjenost kapacitet za posamezne meritve od 1-4 za vsako merilno obdobje

(Tabela 2.14).

Tabela 2.14: Zasedenost igralnic, delež prisotnih otrok glede na predpisani normativ

Measuring period	1	2	3	4
2019/20	75 %	88%	83%	86%
2020/21	81%	78%	60%	71%

Glavni cilj tega dela raziskave (ki predstavlja dopolnitev obstoječe vsebine projekta, določene s prijavno vlogo) je odgovor, ali se z upoštevanjem predpisanih protokolov za zajezitev širjenja virusa lahko dosežejo optimalni pogoji v notranjem bivalnem okolju. Meritve v času izvajanja ukrepov za zajezitev širjenja virusa so pokazale, da je izmerjena poprečna vrednost CO<sub>2</sub> v skladu s priporočili ( $\leq 1000$ ppm) in prav tako v skladu s slovensko zakonodajo ( $\leq 1660$ m).



Slika 2.18: Primerjava parametrov izmerjenih pred časom in v času pandemije COVID-19



Na podlagi analize izmerjenih parametrov so podani naslednji zaključki:

- Pandemija COVID-19 je na kakovost zraka v vrtčevskih igralnicah v Sloveniji vplivala na način, da se je poprečna koncentracija ogljikovega dioksida v času bivanja otrok v igralnici zmanjšala za **30%** kot posledica bolj intenzivnega prezračevanja oz. upoštevanja navodil za zajezitev širjenja virusa, zaradi česar **so bili otroci v času bivanja v vrtcu dejansko izpostavljeni boljši kakovosti notranjega zraka v igralnicah.**
- Zaradi konkretne bolezni otrok in družinskih članov ali strahu staršev pred okužbo s SARS-CoV-2 virusom so igralnice vrtcev v Sloveniji dejansko imele manjše število prisotnih otrok v času pandemije COVID-19 v primerjavi z merilnim obdobjem pred pandemijo. Analize so pokazale, da so v ogrevalni sezoni pred COVID-19 pandemijo bile igralnice zapolnjene poprečno **83%** svojih kapacitet, medtem ko je bila zapolnjenost kapacitet igralnic v času epidemije približno **72,5%**. Dejstvo je, da 10% manjša zapolnjenost kapacitet igralnic delno vpliva na kakovost notranjega zraka **poleg izboljšanega protokola ventilacije, ki je vendar primarni dejavnik izboljšane kakovosti zraka.** Pri meritvah številka 3. je največja razlika v zasedenosti igralnic okrog 20%, ki je posledično tudi največja razlika v poprečni izmerjeni koncentraciji ogljikovega dioksida pred časom in v času pandemije COVID-19.
- Analize so pokazale, da povečana intenziteta prezračevanja igralnic **NI rezultirala s slabšim toplotnim ugodjem v igralnicah, kajti poprečna temperatura zraka se je znižala le za 0,12 C° v merilnem obdobju pred časom in v času COVID-19 pandemije.** Medtem pa je razlika v poprečni zunanji temperaturi zraka med dvema merilnima obdobjema znašala 0,94 C°. Ob tem je režim ogrevanja stavbe ostal nespremenjen. Potencialne večje toplotne izgube, nastale kot posledica bolj intenzivnega naravnega prezračevanja so lahko predmet bodočih raziskav. Razlika v poprečni izmerjeni vlagi v zraku je približno 2%.
- V primerjavi izmerjenih parametrov kakovosti zraka in toplotnega ugodja so najmanjše razlike pred časom in v času COVID-19 pandemije opazne pri stavbah, ki imajo umetno/mehansko prezračevanje, pri katerih je bila kakovost zraka tudi v sezoni pred pandemijo v zakonsko prepisanih mejah in v skladu s priporočili stroke. V sezoni pandemije je bilo prezračevanje v teh stavbah kombinirano (naravno + mehansko z dovajanjem zunanjega svežega zraka), kar je kakovost zraka še dodatno izboljšalo, na termalno ugodje ni vplivalo, toplotne izgube pa so verjetno večje, kar pa ni predmet te raziskave.
- Pri različnih stavbah so izmerjeni različni parametri kakovosti zraka in toplotnega ugodja ter evidentirani prilagojeni vzorci prezračevanja, ki so direktno pogojeni z doslednostjo izvajanja ukrepov oz. s človeškim dejavnikom in ozaveščenostjo uporabnika prostora o pomenu



prezračevanja, o čemer se v strokovni literaturi ne govori dovolj. **Uporabnik prostora je zelo pomemben za izvajanje ukrepov, ozaveščenost in edukacija posameznikov sta namreč izrednega pomena za kakovosten zrak v notranjih prostorih.**

- V obeh merilnih obdobjih je poprečna koncentracija CO<sub>2</sub> v mejah, določenih s slovensko zakonodajo ≤1670ppm, vendar v času pred epidemijo priporočila presegajo ≤1000ppm, razen v mehansko prezračevani stavbi. Izmerjene dnevne poprečne temperature zraka so v zakonsko določenih mejah oziroma rahlo zvišane. Zrak v igralnicah je suh, kar je tudi z vidika širjenja virusa v zaprtem prostoru problematično in presega priporočilo ≥40%.

### 2.3.3.2 Analiza zbranih evidenc

Pri izvajanju meritev *in situ* na stavbah predšolske vzgoje so hkrati z izvajanjem meritev v merilnih obrazcih vodene evidence, v katerih so beleženi podtaki, ki lahko vplivajo na kakovost notranjega bivalnega ugodja. Znotraj analize zbranih evidenc so ločeno analizirani podatki v skupinah: **1. Evidence o stavbi, 2. Evidence o številu otrok, dejavnostih v prostoru in prezračevanju in 3. Analiza posameznih parametrov notranjega bivalnega ugodja na podlagi subjektivnih ocen zaposlenih.**

#### 1. Evidence o stavbi

Pri izvajanju meritev *in situ* na stavbah predšolske vzgoje so z merilnimi obrazci evidentirani podatki o samem prostoru igralnice in o stavbi vrtca, o orientaciji, ogrevanju, prezračevanju in o vseh parametrih, ki lahko vplivajo na kakovost zraka in toplotno ugodje v igralnici vrtca. Na podlagi podatkov iz merilnih obrazcev, vizualnega pregleda stavbe in fotografske dokumentacije so po končani analizi stavbe, v katerih so bile izvedene meritve, razvrščene v določeni tip stavbe TIP A do TIP E.

Analiza arhitekturnih lastnosti prostora in prezračevanja stavb, v katerih so izvedene meritve *in situ*, so izrednega pomena tudi za analizo kakovosti notranjega bivalnega okolja in za nadaljnje analize v tej raziskavi, povezane z energijsko analizo stavb (aktivnost A3). Pri analizi podatkov merilnih obrazcev so analizirane: pozicije stavb, okolica-orientacija stavbe, orientacija igralnice, okna, senčila, način ogrevanja in hlajenja ter prezračevanje. Cilj zbiranja evidenc in analize zbranih podatkov je celostna analiza izmerjenih parametrov v kontekstu posamezne stavbe. Evidenca vseh podatkov o sami stavbi je bila izpolnjena s strani raziskovalca ob obisku

stavbe. Podatke o arhitekturnih in drugih lastnostih prostora je izpolnil raziskovalec.

## 2. Evidence o številu otrok, dejavnostih v prostoru in prezračevanju

Pri izvajanju meritev *in situ* na stavbah predšolske vzgoje so z merilnimi obrazci **evidentirani še številni parametri o dejavnostih, ki se izvajajo v prostoru, in o prezračevanju prostora** (ki je v slovenskih stavbah predšolske vzgoje zelo tesno povezan z aktivnostjo v prostoru, kajti igralnice se zračijo ob določenih aktivnostih). Analize dosedanjih raziskav in dostopne literature so pokazale, da na toplotno ugodje in kakovost zraka vplivajo številni parametri, predvsem pa aktivnost uporabnikov prostora in prezračevanje. Tudi v tej raziskavi so analize rezultatov pokazale, da razlike v številu uporabnikov, dnevnem ritmu ipd. vsekakor vplivajo na izmerjene parametre. Zaradi tega je vodena evidenca pomemben del analize rezultatov.

### • število prisotnih otrok v igralnici

V merilnih obrazcih je evidentirano tudi število prisotnih otrok v igralnicah v času izvajanja meritev, ki v vrtcih niha na dnevni ravni, in močno vpliva na kakovost notranjega bivalnega ugodja. Zaradi sezonskih nalezljivih bolezni, počitnic ali razmer povezanih s COVID-19 so v času izvajanja meritev posamezne igralnice imele močno zmanjšano prisotnost otrok, kar je seveda lažno vplivalo na boljšo kakovost posameznih parametrov notranjega bivalnega ugodja. V teh primerih so bila merilna obdobja podaljšana.

Vodenje evidenc v času izvajanja meritev je bilo večinoma prepuščeno strokovnim delavcem v skupini - vzgojiteljem, z jasno določenimi navodili. **Analize so pokazale, da število prisotnih otrok in dejavnost v prostoru močno vplivata predvsem na koncentracijo CO<sub>2</sub>, na temperatura zraka in vlago pa skoraj neznatno (toplotni dobitki od ljudi), kajti parametri toplotnega ugodja so predvsem odvisni od načina ogrevanja in orientacije (solarnih dobitkov).**

### • način prezračevanja

Pri analizi zbranih evidenc je ugotovljeno, da obstajajo velike razlike v kakovosti prezračevanja igralnic v vrtcih. Redki so vrtci z umetnim - mehanskim prezračevanjem, večina stavb ima le naravno prezračevanje z odpiranjem oken. **Načeloma gre pri stavbah predšolske vzgoje za podobna navodila oz. podoben vzorec prezračevanja v vseh vrtcih v Sloveniji in približno enak ponavljajoči se vzorec naravnega prezračevanja: prostor se enkrat na dan temeljito prezračí, ko otroci zapustijo igralnico (so na sprehodu, v telovadnici...) in se večkrat na dan zračí v krajših intervalih 5 do 10 minut (medtem ko so otroci v prostoru nege, v garderobi ali v igralnici).** Vendar ima vsak vrtec oz. vzgojitelj svoje posebnosti in dinamiko ter intenzivnost prezračevanja prostora, ki jo določi sam po ustaljeni praksi, kar povzroča, da obstajajo velike



razlike v kakovosti prezračevanja. **Analize so pokazale, da posamezni vzgojitelji prezračevanju posvečajo veliko pozornosti, zavedajo se njegovega pomena in tako je posledično v njihovih igralnicah kakovost zraka bistveno boljša.** Za namen doseganja kakovostnega bivalnega ugodja v igralnicah je potrebno veliko pozornosti posvetiti prezračevanju prostorov, žal je raziskava pokazala, da se uporabniki stavb tega večinoma ne zavedajo in jih je zato potrebno ustrezno izobraziti.

Analize so pokazale, da 10 minutni intervali prezračevanja niso učinkoviti z aspekta izboljšanja kakovosti zraka, koncentracija CO<sub>2</sub> se zniža skoraj neopazno, podobno tudi temperatura zraka in vlaga. Medtem ko 30 minutno prezračevanje prostora zelo učinkovito zmanjša koncentracijo CO<sub>2</sub>, temperaturo zraka pa zniža v poprečju do 1°C. Koncentracija CO<sub>2</sub> ob zaprtih oknih začne naraščati izredno hitro.

- **dejavnosti v prostoru**

Pri izvajanju meritev *in situ* so na stavbah predšolske vzgoje z merilnimi obrazci evidentirane tudi dejavnosti, ki se izvajajo v igralnicah. Kajti pri bolj intenzivnih telesnih aktivnostih, kot je telovadba, otroško telo proizvaja veliko količino CO<sub>2</sub>, njegova koncentracija v prostoru se veliko hitreje zvišuje kot recimo pri izvajanju kakšnih umirjenih aktivnostih. Ob tem je pa potrebno poudariti, da se v igralnicah slovenskih vrtcev odvija širok spekter dejavnosti od igre preko nege do obedovanja. Zaradi tega je za analizo rezultatov zelo pomembna evidenca teh parametrov. Analiza je pokazala, da ima večina slovenskih vrtcev podoben vzorec odvijanja dejavnosti v prostoru, ki je seveda odvisen tudi od starostne skupine in je v skladu z normativom. Kronološki pregled dnevnih dejavnosti v igralnici vrtca v Sloveniji je prikazan v tabeli 2.15.

Tabela 2.15: kronološki pregled dnevnih dejavnosti v igralnici vrtca

od 05 do 08h	- Prihod vzgojitelja
	- Jutranje prezračevanje
	- Prihod otrok
od 08 do 09h	- Higiena/nega
	- Zajtrk
	- Umirjena igra/aktivnosti za mizo
od 10 do 10.30h	- Malica
	- Sprehod / igra v atriju / telovadnica...
	- Prezračevanje
od 11.30 h do 12.30	- Nega
	- Kosilo
	- Kratko prezračevanje (večina igralnic zrači zaradi vonjav)
od 13 do 14.30	- Počitek (* pri mlajših starostnih skupinah je urnik nekoliko spremenjen z zgodnejšim kosilom)
od 14.30 do 15h	- Popoldanska malica
	- Nega
	- Kratko prezračevanje igralnice
od 15 do 16h	- Umirjena igra
	- Igra na zunanjih igralih
	- Odhod otrok iz igralnice
	- Odhod vzgojitelja iz igralnice

## 2. Analiza posameznih parametrov notranjega bivalnega ugodja na podlagi subjektivnih ocen zaposlenih

V sklopu izvajanja meritev so merilni obrazci zajeli tudi vprašanja, namenjena vzgojiteljem/vzgojiteljicam in njihovi subjektivni oceni kakovosti notranjega bivalnega ugodja. Iz vprašalnikov so povzete ocene ki so jih podali uporabniki prostora v zvezi s kakovostjo zraka in toplotnim ugodjem:

- zaposleni v enoti vrtca so zadovoljni s temperaturo zraka v igralnicah v zimskem času (zadovoljstvo z gretjem) – zaposleni so dali povprečno oceno 4,29 od 5;

- zaposleni v enoti vrtca so zadovoljni s temperaturo zraka v igralnicah v poletnem času (zadovoljstvo s hlajenjem) – zaposleni so dali poprečno oceno 4,29 od 5;
- zaposleni v enoti vrtca so zadovoljni s kakovostjo zračne klime v igralnicah (ni neprijetnih vonjav) 3,71 od 5;
- zaposleni v enoti vrtca so zadovoljni z akustiko v igralnicah (dobra zvočna izolacija igralnic) 3,75 od 5.

#### 2.3.4 Zaključek eksperimentalne analize

Glavni namen meritev *in situ* na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji je analiza merljivih parametrov kakovosti notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje v obstoječih stavbah in ugotavljanje pomanjkljivosti. Cilj je analiza in ocena dejanske kakovosti posameznih parametrov notranjega bivalnega ugodja v igralnicah v stavbah predšolske vzgoje, določena na podlagi eksperimentalno izmerjenih parametrov. Zaključki eksperimentalne analize so predstavljeni kot: ugotovitve v zvezi s kakovostjo zraka, ugotovitve v zvezi s toplotnim ugodjem in druge ugotovitve. V zaključnem delu so predstavljene tudi ovire pri izvajanju meritev *in situ*.

- **Ugotovitve – kakovost zraka:**

Poprečna koncentracija ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub>, ki so ji izpostavljeni otroci v slovenskih vrtcih v času ogrevalne sezone, je od 623 do 1422 ppm, določena na bazi izbranega vzorca v raziskavi VRTEC+. Maksimalna dosežena koncentracija ogljikovega dioksida znaša 3343 ppm. Analiza koncentracije CO<sub>2</sub> pri različnih tipskih predstavnikih je pokazala najslabšo kakovost zraka v stavbah TIP B, medtem ko je zrak najboljše kakovosti načeloma v umetno prezračevanih stavbah, ki jih najdemo v TIP E in delno TIP E stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Rezultati bazirajo na analizi merilnih točk v času bivanja otrok v vrtcu, z namenom ugotavljanja, kakšni kakovosti zraka so izpostavljeni otroci. Po drugi strani pa se kakovost zraka v igralnicah bistveno razlikuje popoldan, ponoči, med vikendom in prazniki, ko so igralnice zaprte in brez otrok. V tem v času začne koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnicah postopoma upadati, od momenta, ko se število otrok v igralnici začne zmanjševati v popoldanskih urah. V stavbah s slabšo zrakotesnostjo termalnega ovoja (npr. s starejšimi lesenimi okni, ki ne tesnijo) se koncentracija CO<sub>2</sub> zelo hitro zmanjšuje kot posledica konstantne spontane infiltracije zraka in je do 50% nižja od trenutka zapuščanja prostora igralnice do prihoda naslednjega dne. Medtem ko se v izrazito zrakotesnih



igralnicah koncentracija CO<sub>2</sub> v času, ko je igralnica zaprta, postopoma celo začne dvigovati (v literaturi se navaja pohištvo in oprema kot potencialni vir onesnaževanja, ki ima v kombinaciji z zaprtimi okni v zrakotesnem prostoru za posledico postopno zviševanje koncentracije CO<sub>2</sub>).

Analize so pokazale zelo simptomatično visoke jutranje koncentracije CO<sub>2</sub> v igralnicah stavb, ki so grajene v masivnem konstruktivnem sistem, večinoma betonska prefabrikacija z delnimi posegi energetske prenove pri stavbah TIP B. To so stavbe, pri katerih je bila kot poseg energetske prenove opravljena zamenjava oken s PVC okni, ki v kombinaciji z utesnjeno betonsko konstrukcijo rezultira z izredno zrakotesno igralnico. Hkrati pa je prezračevanje igralnice še vedno le naravno in popolnoma neprilagojeno novonastalim razmeram. Zaradi tega se po odhodu otrok iz igralnice ves umazan zatohel zrak zadržuje v prostoru in se naslednji dan začne z močno zvišanimi koncentracijami CO<sub>2</sub>, ki se nato postopoma samo še zvišujejo z zvišanjem števila otrok v igralnici.

Kljub temu da so poprečne izmerjene koncentracije ogljikovega dioksida v slovenskih vrtcih v skladu s zakonodajo, **rezultati meritev in izkušnje zaposlenih v šolah in vrtcih kažejo zaskrbljujoče stanje kvalitete zraka v tovrstnih objektih. Razlike med posameznimi vrtci so velike. Otroci so v Slovenskih vrtcih izpostavljeni zvišani koncentraciji ogljikovega dioksida v daljših časovnih obdobjih, ob tem je potrebno poudariti, da je človeški faktor – vzgojiteljica, ki je zadolžena za prezračevanje prostora izrednega pomena.** Ker gre za izvajanje celodnevni programov in dolgotrajno bivanje (tudi več kot 8 ur dnevno) v notranjih prostorih vrtcev, ne smemo zanemariti vpliva na zdravje in učne sposobnosti, ki jih ima slaba kakovost notranjega zraka v teh prostorih.

Izvedena raziskava v Sloveniji, ki je zajela večje število predšolske vzgoje, je pokazala, da v 63% igralnic izmerjena koncentracija ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub> presega vrednost, določeno s slovensko zakonodajo (<1667ppm), medtem ko ima okoli 80% igralnic poprečno koncentracijo CO<sub>2</sub> preko 1000ppm, kar je meja, ki jo priporoča zdravstvena stroka [36]. Raziskava VRTEC+ pa je pokazala, da ima okoli 42% igralnic poprečno koncentracijo CO<sub>2</sub> preko 1000ppm. Nekoliko boljši rezultati meritev so tudi posledica spremenjenega načina prezračevanja kot posledica pandemije COVID-19.



- **Ugotovitve – toplotno ugodje:**

Na podlagi rezultatov izvedenih meritev na izbranem vzorcu se lahko zaključi, da so otroci v slovenskih vrtcih izpostavljeni rahlo zvišani temperaturi zraka v ogrevalni sezoni, ki v poprečju znaša 22.18 C°. Poleg tega poprečna izmerjena zračna vlaga v času bivanja otrok v vrtcu znaša 32.05 %, kar kaže na suh zrak, kateremu so izpostavljeni otroci. Analiza izmerjenih parametrov toplotnega ugodja pri različnih tipskih predstavnikih stavb je najbolj pokazala nekoliko višjo temperaturo zraka pri stavbah TIP D.

Analize parametrov toplotnega ugodja so pokazale, da se vsak delovni dan v vrtčevskih igralnicah po celi Sloveniji začne s približno enako temperaturo zraka, kajti igralnice imajo režim ogrevanja, prilagojen na približno enake temperature. Tekom dneva potem temperatura zraka niha kot posledica toplotnih izgub zaradi prezračevanja ali solarnih toplotnih dobitkov (posebej izraženo pri igralnicah južne orientacije) in toplotnih dobitkov od ljudi - otrok v igralnicah. Analize so potrdile, da ima orientacija igralnice v stavbi močen vpliv na toplotno ugodje, igralnice k jugu imajo večje solarne dobitke in posledično velikokrat višjo notranjo temperaturo zraka. Igralnice s zamenjanimi okni (troslojna PVC okna) so načeloma bolj zrakotesne in imajo posledično manjšo spontano infiltracijo zraka in manjše toplotne izgube.

Način ogrevanja stavbe je ključni dejavnik, ki vpliva na temperaturo zraka in zračno vlago. Pri lokalnih kurilnicah uporabniki sami prilagajajo režim ogrevanja stavbe. Večina stavb pa ima daljinsko ogrevanje in uporabniki stavbe niso seznanjeni z nastavitvami režima ogrevanja. Raziskava je pokazala, da uporabniki prostora sami večinoma ne regulirajo termostatskih ventilov na radiatorjih, temveč rešujejo problem visoke temperature ali suhega zraka z odpiranjem oken, kar ima za posledico velike toplotne izgube .

Analiza izmerjenih podatkov v času vikenda je pokazala konstantne vrednosti temperature zraka, z rahlim trendom padanja v igralnicah s slabšim termalnim ovojem in trendom zviševanja temperature zraka pri južno orientiranih igralnicah (zaradi intenzivne radiacije sonca). V igralnicah, ki so ocenjene kot visoko zrakotesne, so parametri toplotnega ugodja v dnevih vikenda in praznika konstantni.

- **Ugotovitve – drugo:**

Na podlagi primerjave izmerjenih parametrov v merilnem obdobju pred časom in v času pandemije COVID-19 so podani naslednji zaključki: poprečna koncentracija ogljikovega dioksida v času bivanja otrok v igralnici se je zmanjšala za **30%** v času izvajanja ukrepov za zajezitev širjenja virusa kot posledica bolj intenzivnega prezračevanja, **otroci so bili v času bivanja v**



vrtnu dejansko izpostavljeni boljši kakovosti notranjega zraka v igralnicah, analize so pokazale, da povečana intenziteta prezračevanja igralnic **NI rezultirala v slabšem toplotnem ugodju v igralnicah**.

Pri različnih stavbah so izmerjeni različni parametri kakovosti zraka in toplotnega ugodja ter evidentirani prilagojeni vzorci prezračevanja, ki so direktno pogojeni z doslednostjo izvajanja ukrepov oz. s človeškim dejavnikom in ozaveščenostjo uporabnika prostora o pomenu prezračevanja, o čemer se v strokovni literaturi ne govori dovolj. **Uporabnik prostora je zelo pomemben pri izvajanju ukrepov, ozaveščenost in edukacija koristnika sta izrednega pomena za kakovosten zrak v notranjih prostorih.**

Na podlagi analiziranega mnenja uporabnikov lahko se zaključí, da je največji problem v smislu kakovosti notranjega bivalnega ugodja, ki ga zaposleni čutijo, pomanjkanje klimatskih naprav poleti.

- **Ovire pri izvajanju meritev CO<sub>2</sub> in-situ v stavbah predšolske vzgoje**

V merilnem procesu je evidentirano nekaj težav, kljub temu je merilni proces uspešno realiziran.

Na samem začetku merilnega procesa se je pokazalo, da je pridobitev soglasja za izvajanje meritev na stavbah predšolske vzgoje velik izziv. Žal **občine oz. mestne občine ne želijo sodelovati v tovrstnih raziskovalnih projektih** in so le nekatere privolile v sodelovanje in dovolile izvajanje meritev v stavbah.

Druga, objektivna ovira v izvajanju teh aktivnosti je razglasitev epidemije, ker so bile zaradi epidemije nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (COVID-19) nenačrtovano ustavljene in jih ni bilo moč zaključiti po predvidenem načrtu, o čemer je bilo MIZŠ seznanjeno z dopisom dne 10.06.2020 in v Poročilu za poročevalsko obdobje od 01.03.2020 do 31.08.2020. S spremembo v načrtu merilnega procesa in s časovno prilagoditvijo so vse načrtovane meritve uspešno zaključene.

Posamezne ovire so premagane z metodološkimi prilagoditvami v merilnem procesu. Ovira v merilnem procesu je tudi nepredvidljivo število otrok v igralnicah. V primerih, ko je bilo število otrok v igralnici izredno nizko, je merilni proces podaljšan, kajti manjše število otrok v skupini privede do zmanjšane koncentracije CO<sub>2</sub> in boljše kakovosti zraka, kar ni odraz realnega stanja kakovosti zraka v vrtcih.



Pred začetkom merilnega procesa je potrebno vzgojiteljice in ostale zaposlene ustrezno informirati in podučiti o poteku merilnega procesa. Zaželeno je izobesiti pisno navodilo zraven naprave, s katerim prosimo, da se naprave ne izklaplja iz elektrike. Pokazalo se je, da tudi to ni zagotovilo neprekinjenega izvajanja merilnega procesa in da se žal lahko zgodi, da naprava zaradi izklopa iz elektrike ne izvede kontinuiranega merilnega procesa. V tem primeru je potrebno merilni proces ponoviti.

## LITERATURA – AKTIVNOST A2

- [1] K. Kolcaba, "A taxonomic structure for the concept comfort," *Image* 23, 1991.
- [2] Paper from Future Comforts: re-conditioning urban environments Workshop, "Comfort: A review of philosophies and paradigms.," *Policy Stud. Institute, London*, 2004.
- [3] Statistični Urad Republike Slovenije (SURS), "Slovenske regije I občine v številkah," 2019. <https://www.stat.si/obcine/sl/2012/Municip/Index/94> (accessed Apr. 23, 2019).
- [4] "Ergonomija toplotnega okolja - Analitično ugotavljanje in interpretacija toplotnega ugodja z izračunom PMV in PPD vrednosti ter merili za lokalno toplotno ugodje (ISO 7730:2005)," 2006.
- [5] R. A. A.-C. E. F. American Society Of Heating, *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010*. .
- [6] *Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17)*. .
- [7] *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02, 110/02 – ZGO-1 in 61/17 – GZ)*. .
- [8] P. Wargocki and D. P. Wyon, "Providing better thermal and air quality conditions in school classrooms would be cost-effective," *Build. Environ.*, vol. 59, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.buildenv.2012.10.007.
- [9] H. Yun, I. Nam, J. Kim, J. Yang, K. Lee, and J. Sohn, "A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children," *Build. Environ.*, vol. 75, May 2014, doi: 10.1016/j.buildenv.2014.02.003.
- [10] "Društvo pljučnih in alergiskih bolnikov Slovenije." <http://www.dpbs.si/> (accessed Jan. 03, 2020).
- [11] W. Frank, "Raumklima und thermische Behaglichkeit," Germany, 1975.
- [12] A. A. Nahar, "Co<sub>2</sub> Field Evaluation Of Natural Ventilation Classroom In Refurbished Preschool," Dec. 2019, doi: 10.15405/epms.2019.12.52.
- [13] M. Pardee, "Building an Infrastructure for Quality: An Inventory of Early Childhood Education and Out-of-School Time Facilities in Massachusetts," *Boston, Child. Invest. Fund*, 2019, Accessed: Apr. 18, 2021. [Online]. Available: <https://cedac.org/Uploads/Files/CIFBldgInfrastructureReport.pdf>.



- [14] S. Vilčeková, P. Kapalo, L. Mečiarová, E. K. Burdová, and V. Imreczeová, "Investigation of Indoor Environment Quality in Classroom - Case Study," *Procedia Eng.*, vol. 190, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.369.
- [15] Šestan Primož, "FORMALDEHID V GRAJENEM OKOLJU IN MOŽEN VPLIV NA ZDRAVJE LJUDI," *Zveza društev Gradb. inženirjev Teh. Slov.*, vol. 62, no. 9, 2013, Accessed: Dec. 01, 2019. [Online]. Available: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-OIMOUPEM/9644c98e-16ec-4cd7-92b3-49ef36ee0253/PDF>.
- [16] *Prezračevanje zgradb - Merila za projektiranje notranjega okolja*. SIST CR 1752:1999, 1999.
- [17] *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52 z dne 30.6.2010)*. .
- [18] Y. Al horr, M. Arif, M. Katafygiotou, A. Mazroei, A. Kaushik, and E. Elsarrag, "Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature," *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 5, no. 1, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.ijse.2016.03.006.
- [19] V. Butala and P. Novak, "Energy consumption and potential energy savings in old school buildings," *Energy Build.*, vol. 29, no. 3, Jan. 1999, doi: 10.1016/S0378-7788(98)00062-0.
- [20] Poglajen Sara, "Analiza kakovosti notranjega okolja v izbrani vzgojno-varstveni ustanovi s predlogi izboljšav," Univerza v Ljubljani, 2018.
- [21] Luka Pajek, "Integralna ocena igralnic v vrtcih," 2015.
- [22] Pirc Jure, "ŠTUDIJA KAKOVOSTI ZRAKA V MONTAŽNO IN KLASIČNO GRAJENEM VRTCU," 2014.
- [23] Dugolin, "Analiza obstoječe OŠ Dobrova z vidika energijske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja," Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2015.
- [24] Velikonja Aleš, "Variantna analiza prenove vrtca Solkan s kriteriji za skoraj nič-energijske stavbe," Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, 2016.
- [25] R. . J. J. J. Ruotsalainen, "Ventilation and indoor air quality in Finnish daycare centers," *Environ. Int.*, vol. 19, 1993.
- [26] J. . C. G. . S. D. . Q. D. . I. G. . Z. Y. . F. P. O. Pejtersen, "Air pollution sources in kindergartens," 1991.
- [27] H. . P. C. . H. A. Cars, "Infectious diseases and day-care center environment," *Scand. J. Infect. Dis.*, vol. 24, no. 4, pp. 525–528, 1992.

- [28] J. Araújo-Martins *et al.*, "Environment and Health in Children Day Care Centres (ENVIRH) – Study rationale and protocol," *Rev. Port. Pneumol.*, vol. 20, no. 6, Nov. 2014, doi: 10.1016/j.rppneu.2014.02.006.
- [29] M. St-Jean *et al.*, "Indoor air quality in Montréal area day-care centres, Canada," *Environ. Res.*, vol. 118, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.envres.2012.07.001.
- [30] Stankeviča G. and Lešinskis A., "Indoor Air Quality and Thermal Comfort Evaluation in Latvian Daycare Centers with Carbon Dioxide, Temperature and Humidity as Indicators," *Sci J Riga Tech Univ*, vol. 6, pp. 633–638, 2012.
- [31] K. Al-Rashidi, D. Loveday, and N. Al-Mutawa, "Impact of ventilation modes on carbon dioxide concentration levels in Kuwait classrooms," *Energy Build.*, vol. 47, Apr. 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.12.030.
- [32] K. Gładyszewska-Fiedoruk, "Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the kindergarten," *Energy Build.*, vol. 62, Jul. 2013, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.02.052.
- [33] A. . B. Z. Borodinecs, "Indoor air quality in nursery schools in Latvia," 2009.
- [34] N. M. Salleh, S. N. Kamaruzzaman, M. Riley, E. M. Ahmad Zawawi, and R. Sulaiman, "A quantitative evaluation of indoor environmental quality in refurbished kindergarten buildings: A Malaysian case study," *Build. Environ.*, vol. 94, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.11.002.
- [35] NIJZ, "KAKOVOST NOTRANJEGA ZRAKA V ŠOLSКИH PROSTORIХ: Gradivo za izobraževanja v okviru projekta InAirQ," 2019. Accessed: Jan. 12, 2020. [Online]. Available: [https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/zbornik\\_e-verzija.pdf](https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/zbornik_e-verzija.pdf).
- [36] L. . K. Ž. . K. M. . K. Ž. K. . D. M. Pajek, "Indoor environmental quality (IEQ) in Slovenian children daycare centres," *Int. J. Sanit. Engineering Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 4–19, 2017.
- [37] K. Fabbri, "Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire," *Build. Environ.*, vol. 68, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.buildenv.2013.07.002.
- [38] M. Winterbottom and A. Wilkins, "Lighting and discomfort in the classroom," *J. Environ. Psychol.*, vol. 29, no. 1, Mar. 2009, doi: 10.1016/j.jenvp.2008.11.007.
- [39] Katarina Kacjan Žgajnar, "VPLIV HRUPA V VRTCU NA STRES PRI VZGOJNEM OSEBJU V PREDŠOLSKИH ODDELKИH," 2016.
- [40] O. A. Seppänen, W. J. Fisk, and M. J. Mendell, "Association of Ventilation Rates and CO2



- Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings,” *Indoor Air*, vol. 9, pp. 226–252, 1999.
- [41] M. J. Finnegan, C. A. Pickering, and P. S. Burge, “The sick building syndrome: prevalence studies,” *BMJ*, vol. 289, no. 6458, Dec. 1984, doi: 10.1136/bmj.289.6458.1573.
- [42] L. Hagerhed-Engman, C.-G. Bornehag, J. Sundell, and N. Aberg, “Day-care attendance and increased risk for respiratory and allergic symptoms in preschool age,” *Allergy*, vol. 61, no. 4, Apr. 2006, doi: 10.1111/j.1398-9995.2006.01031.x.
- [43] M. M. Haby, G. B. Marks, J. K. Peat, and S. R. Leeder, “Daycare attendance before the age of two protects against atopy in preschool age children,” *Pediatr. Pulmonol.*, vol. 30, no. 5, Nov. 2000, doi: 10.1002/1099-0496(200011)30:5<377::AID-PPUL3>3.0.CO;2-3.
- [44] P. Carrer *et al.*, “What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings?,” *Build. Environ.*, vol. 94, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.08.011.
- [45] P. Wargocki and D. Wyon, “The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures and Classroom Ventilation Rate on the Performance of Schoolwork by Children (RP-1257),” *HVAC&R Res.*, vol. 13, no. 2, Mar. 2007, doi: 10.1080/10789669.2007.10390951.
- [46] S. Petersen, K. L. Jensen, A. L. S. Pedersen, and H. S. Rasmussen, “The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO<sub>2</sub> concentration on the performance of schoolwork by children,” *Indoor Air*, vol. 26, no. 3, Jun. 2016, doi: 10.1111/ina.12210.
- [47] U. Haverinen-Shaughnessy, D. J. Moschandreas, and R. J. Shaughnessy, “Association between substandard classroom ventilation rates and students’ academic achievement,” *Indoor Air*, vol. 21, no. 2, Apr. 2011, doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x.
- [48] D. G. Shendell, R. Prill, W. J. Fisk, M. G. Apte, D. Blake, and D. Faulkner, “Associations between classroom CO<sub>2</sub> concentrations and student attendance in Washington and Idaho,” *Indoor Air*, vol. 14, no. 5, Oct. 2004, doi: 10.1111/j.1600-0668.2004.00251.x.
- [49] M. J. Mendell *et al.*, “Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools,” *Indoor Air*, vol. 23, no. 6, Dec. 2013, doi: 10.1111/ina.12042.
- [50] Z. Bakó-Biró, D. J. Clements-Croome, N. Kochhar, H. B. Awbi, and M. J. Williams, “Ventilation rates in schools and pupils’ performance,” *Build. Environ.*, vol. 48, Feb. 2012, doi: 10.1016/j.buildenv.2011.08.018.

- [51] J. M. Samet, F. Dominici, F. C. Curriero, I. Coursac, and S. L. Zeger, "Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities, 1987–1994," *N. Engl. J. Med.*, vol. 343, no. 24, Dec. 2000, doi: 10.1056/NEJM200012143432401.
- [52] R. and A. C. E. (ASHRAE) American Society of Heating, "INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY IN SCHOOLS AND ACADEMIC PERFORMANCE OF STUDENTS: STUDIES FROM 2004 TO PRESENT," 2019. Accessed: Feb. 19, 2020. [Online]. Available: <https://www.ashrae.org>.
- [53] S. Salvi, "Health effects of ambient air pollution in children," *Paediatr. Respir. Rev.*, vol. 8, no. 4, Dec. 2007, doi: 10.1016/j.prrv.2007.08.008.
- [54] Redd, "State of the Science on Molds and Human Health," *Centers Dis. Control Prev. U.S. Dep. Heal. Hum. Serv.*, 2002, Accessed: Aug. 19, 2020. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/mold/pdfs/moldsci.pdf?wvsessionid=wv3559155d6e624fd0982f5055a5d3fac0>.
- [55] D. Teli, M. F. Jentsch, and P. A. B. James, "Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children," *Energy Build.*, vol. 53, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.06.022.
- [56] EPA, "Indoor air quality & student performance, Indoor Environment Division Office of Radiation And Indoor Air," 2003.
- [57] WHO, "Radiation: The ultraviolet (UV) index," Oct. 2017, Accessed: Jun. 15, 2020. [Online]. Available: [https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-the-ultraviolet-\(uv\)-index](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-the-ultraviolet-(uv)-index).
- [58] Jon Wilde, "Thermal Comfort and Radiation With SimScale," Dec. 2020. Accessed: Jun. 15, 2020. [Online]. Available: <https://www.simscale.com/blog/2019/08/radiation-heat-transfer-release/>.
- [59] Sebastian Guenther, "What Is PMV? What Is PPD? The Basics of Thermal Comfort," Jun. 2021, Accessed: Jun. 15, 2020. [Online]. Available: <https://www.simscale.com/blog/2019/09/what-is-pmv-ppd/>.
- [60] D. A. . et al Missia, "Indoor exposure from building materials: A field study," *Atmos. Environ.*, 2010.
- [61] D. dr. A. K. / U. M. NIJZ, "Vpliv kakovosti zraka na zdravje in počutje na primeru osnovnih šol," 2020. Accessed: Mar. 02, 2021. [Online]. Available:

[https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/kvaliteta\\_zraka\\_v\\_ucilnicah\\_i\\_andr\\_eja\\_kukec.pdf](https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/kvaliteta_zraka_v_ucilnicah_i_andr_eja_kukec.pdf).

- [62] G. Škratek, "Blokovne stanovanjske soseske v Mariboru: morfološki, funkcijski in socialno-geografski oris," Univerza v Mariboru, Maribor, 2018.

## POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST A2

### Popis slik

Slika 2.1: Dejavniki bivalnega ugodja, shematski prikaz [Avtor]

Slika 2.2: Diagram toplotnega ugodja [11]

Slika 2.3: Diagram toplotnega ugodja [61]

Slika 2.4: Število publikacij o IEQ in vplivu na počutje in ugodje uporabnikov prostora [18]

Slika 2.5: Lestvice merila PMV

Slika 2.6: Računska analiza PMV in PPD za stavbo predšolske vzgoje v Sloveniji

Slika 2.7: Primer merilnega obrazca I: evidenca podatkov o stavbi. Raziskovalec v obrazcu evidentira vse podatke o vrtcu in skupini in opiše vse arhitekturne lastnosti stavbe.

Slika 2.8: Primer izpolnjenega merilnega obrazca I: evidenca podatkov o stavbi. Raziskovalec v obrazcu evidentira vse podatke o vrtcu in skupini. Dodatno evidentira in opiše vse arhitekturne lastnosti stavbe.

Slika 2.9: Primer merilnega obrazca II: evidenca prisotnosti, prezračevanja in dejavnosti. V obrazcu so zajete osnovne dejavnosti, ki se v vsakem vrtcu izvajajo po programu ob določenih urah. Vzgojitelj dodatno evidentira dejavnosti v vmesnem času in evidentira, ob katerih dejavnostih se je prostor prezračeval in za koliko časa.

Slika 2.10: Primer izpolnjenega merilnega obrazca II. Vrtec v Mariboru, meritve izvedene v okviru projekta VRTEC+.

Slika 2.11: Primer merilnega obrazca III: mnenje uporabnikov prostora

Slika 2.12: Naprava rotronic CL 11

Slika 2.13: Naprava volcraft, merilnik podatkov T in H

Slika 2.14: Naprava ALMEMO 2690-8A .

Slika 2.15 A in B: Merilna naprava rotronic CL 11 v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+

Slika 2.16 A: Graf – koncentracija CO<sub>2</sub> [ppm] v igralnici vrtca v času bivanja otrok v vrtcu, meritve številka 1. Grafična analize so delo avtorja in so objavljene v prispevku konference PLACESANDTECHNOLOGISE

Slika 2.16 B: Graf – relativne vlažnosti notranjega zraka RH<sub>a</sub> [%] v igralnici vrtca v času bivanja otrok v vrtcu, meritve številka 1. Grafična analize so delo avtorja in so objavljene v prispevku konference PLACESANDTECHNOLOGISE



Slika 2.16 C: Graf – temperatura zraka  $T_{oi}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] v igralnici vrtca v času bivanja otrok v vrtcu, meritve številka 1. Grafične analize so delo avtorja in so objavljene v prispevku konference PLACESANDTECHNOLOGISE

Slika 2.17 A: Graf – koncentracija  $\text{CO}_2$  [ppm] za celotno merilno obdobje, primerjava rezultatov meritev številka 2 in 3.

Slika 2.17 B: Graf – temperatura zraka in zračna vlaga za celotno merilno obdobje, primerjava rezultatov meritev številka 2 in 3.

Slika 2.18: Primerjava parametrov izmerjenih pred časom in v času pandemije COVID-19

## Popis tabel

Tabela 2.1: Parametri kakovosti notranjega bivalnega okolja

Table 2.2: Osnovne lastnosti igralnici: meritve št.2 in meritve št.3

Tabela 2.3: Rezultati komparativne študije kakovosti notranjega okolja med obstoječim neobnovljenim in obnovljenim vrtcem istega tipa

Tabela 2.4: Rezultati komparativne študije kakovosti notranjega okolja v stavbah predšolske vzgoje pred časom in v času pandemije COVID-19

Tabela 2.5: Kronološki seznam izvedenih meritev

Tabela 2.6: Kronološki seznam izvedenih meritev

Tabel 7: Referenčni parametri koncentracije  $\text{CO}_2$ , temperature zraka  $T$  in zračne vlage  $H$

Tabel 8: Primer tabelarične analize izmerjenih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka, primerjava z referenčnimi parametri

Tabela 2.9: Pregled rezultatov izvedenih meritev v projektu VRTEC+

Tabela 2.10: Vzorec stavb za analizo rezultatov pred časom in v času pandemije COVID-19

Tabela 2.11: Izmerjeni parametri: temperature zraka  $T_{oi}$ , relativna vlažnost  $RH_{oi}$  in koncentracija ogljikovega dioksida  $\text{CO}_2$  (MIN-minimalna izmerjena vrednost, MAX-maksimalna izmerjena vrednost, AVG-poprečna izmerjena vrednost v času bivanja otrok v vrtcu) v merilnem obdobju pred časom in v času pandemije COVID-19.

Tabela 2.12: Parametri zunanjega zraka: temperature zraka  $T_{oi}$ , relativna vlažnost  $RH_{oi}$  (MIN-minimalna izmerjena vrednost, MAX-maksimalna izmerjena vrednost, AVG-poprečna izmerjena vrednost v času bivanja otrok v vrtcu).

Tabela 2.13: Poprečni vzorec prezračevanja v stavbah predšolske vzgoje v merilnem obdobju 2019/20 (stavbe 1 - 3, stavba št. 4 je umetno prezračevana) pred 2020/21 (stavbe 1-4) v času COVID-19 pandemije.

Tabela 2.14: Zasedenost igralnic, delež prisotnih otrok glede na predpisani normativ

Tabela 2.15: kronološki pregled dnevnih dejavnosti v igralnici vrtca



## Kratice in simboli

EU - Evropska unija

IEQ – notranje bivalno ugodje (*IEQ, Indoor Environment Quality*),

IAQ – kakovost notranjega zraka (*IAQ, Indoor Air Quality*),

SURS - Statistični Urad Republike Slovenije

WHO – Svetovna zdravstvena organizacija (*The World Health Organization*)

NIJZ – Nacionalni inštitut za javno zdravje

ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

CO<sub>2</sub> - ogljikov dioksid

[Ti] - temperatura zraka v prostoru

[Ts] - srednja poprečna sevalna temperatura pohodnih površin v prostoru

[v] - hitrost gibanja zraka v prostoru

[H] - vlažnost zraka v prostoru



**A3:**

**ENERGIJSKA ANALIZA STAVB**

**PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI**



## KAZALO – AKTIVNOST A3

KAZALO – AKTIVNOST A3 .....	2
A3: ENERGIJSKA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI .....	3
3.1 Računska analiza kakovosti termalnega ovoja in energijske učinkovitosti stavb .....	3
3.1.1 Analiza termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji .....	3
3.1.2 Analize energijske učinkovitosti stavbe .....	25
3.1.2.1 Energetski razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji .....	26
3.1.2.2 Analiza energetske učinkovitosti stavb v obstoječem stavbnem fondu .....	32
3.1.2.3 Primerjalne študije – analiza dosedanjih primerov prenove .....	40
3.2.2.3 Zaključki analize .....	42
3.1.3 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje .....	44
3.1.3.1 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (splošni, proceduralni in birokratski) .....	45
3.1.3.2 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi s termalnim ovojem .....	50
3.1.3.3 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z notranjim bivalnim okoljem .....	52
3.2 Eksperimentalna analiza kakovosti termalnega ovoja in energijska učinkovitost stavb .....	54
3.2.1 Eksperimentalna primerjalna študija .....	54
3.2.1.1 Metodologija eksperimentalne primerjalne študije – meritve in situ .....	55
3.2.1.2 Splošni podatki o stavbi .....	56
3.2.1.3 Rezultati eksperimentalne analize – meritve <i>in situ</i> .....	62
3.2.2 Zaključek eksperimentalne analize kakovosti termalnega ovoja in energijske analize stavb .....	67
A3: ZAKLJUČEK AKTIVNOSTI ENERGIJSKA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI .....	71
LITERATURA – AKTIVNOST 3 .....	73
POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST 3 .....	74
Popis slik .....	74
Popis tabel .....	75



### **A3: ENERGIJSKA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI**

V okviru aktivnosti *A3: Energijska analiza stavb predšolske vzgoje* sta izvedeni dve skupini podaktivnosti: *3.1 Računska analiza kakovosti termalnega ovoja in energijske učinkovitosti* ter *3.2 Eksperimentalna analiza kakovosti termalnega ovoja in energijska učinkovitost* za posamezne tipe stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Cilj analize je ugotoviti dejansko stanje, pomanjkljivosti in probleme v zvezi z energijskim vidikom stavb in vidikom kakovosti notranjega okolja. Izvedene so tudi primerjalne študije s ciljem teoretične in eksperimentalne preveritve učinkovitosti že obstoječih prenov, kar bo ob nadaljnji računski analizi predstavljalo osnovo za pripravo modela učinkovite energijske prenove (oz. Aktivnost A4).

#### **3.1 Računska analiza kakovosti termalnega ovoja in energijske učinkovitosti stavb**

Na podlagi že določene tipološke klasifikacije stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (Aktivnost A1) je za vsaki določen tip stavbe izvedena v tem poglavju raziskave numerična analiza kakovosti termalnega ovoja in analiza energijske učinkovitosti. Z uporabo programskih orodij so analizirane lastnosti termalnega ovoja in stavbe kot celote. Določen je energetski razred za posamezne tipe stavb. Izvedena je računski primerjalna študija med obstoječim in obnovljenim vrtcem, oz. igralnico vrtca. Analizirane so pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb in vidikom kakovosti notranjega okolja.

##### **3.1.1 Analiza termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**

V sklopu aktivnosti *A3 Energijska analiza stavb predšolske vzgoje* in podaktivnosti *A3.1 Analiza termalnega ovoja stavbe* je izvedena **računska analiza kakovosti termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**. Analizirani so vsi elementi termalnega ovoja: zunanje stene proti neogrevanim prostorom (fasada), stavbno pohištvo (okna, vrata), stropi proti neogrevanemu prostoru (streha), tla proti terenu oz. neogrevanemu prostoru.

##### **Uvod - o termalnem ovoju stavbe**

Ovoj stavbe je fizična ločnica med notranjostjo stavbe in zunanjim okoljem. Sestavljajo ga: **zunanje stene proti neogrevanim prostorom (fasada), stavbno pohištvo (okna, vrata), stropi proti neogrevanemu prostoru (streha), tla proti terenu oz. neogrevanemu prostoru**. Ovoj stavbe je

izrednega pomena za oceno energetskih lastnosti stavbe, saj skupaj s sistemom ogrevanja, hlajenja in prezračevanja v stavbi zagotavlja ustrezne mikro-klimatske pogoje in ohranja njeno strukturno celovitost.

Poleg zahtev, pomembnih z vidika energijskih lastnosti ovoja in stavbe kot celote, mora sam ovoj stavbe zadostiti številnim funkcionalnim zahtevam kot so: mehanska stabilnost, vodotesnost (odpor prodiranju padavinske vode proti notranjosti), zrakotesnost (zadosten upor prodiranju zraka), ohranjanje toplote, preprečevanje kondenzacije na notranjih površinah ob normalnih pogojih rabe, zvočna izolativnost, požarna zaščita, varnost in udobje stanovalcev, estetske in kulturne zahteve, možnost vzdrževanja in obnove. Ovoj mora biti zasnovan tako, da vse našteto doseže kriterije. Pri načrtovanju ovoja (pri prenovi ali novogradnji) je potrebno upoštevati vse naštete zahteve in še posebno pozornost nameniti pravilni rešitvi vseh kritičnih detajlov na ovoju stavbe (npr. stik fasadne stene s stavbnim pohištvom, stik vkopane in fasadne stene).

**V kontekstu energetskih lastnosti stavbe je pomen termalnega ovoja stavbe izreden, ker je večina izgub energije v stavbah posledica neustreznega ovoja, ki je sestavljen iz zidov, tal, strehe, vrat in oken.** Primerni sestavni deli in izolacijski materiali omogočajo zmanjšanje potrebe po ogrevanju in hlajenju, saj zagotavljajo učinkovito odpornost proti toplotnim tokovom. Na splošno so toplotne izgube preko ovoja stavbe določene na naslednji način: 25 % izgube toplote skozi streho, 10% izgube toplote skozi okna, 15% izgube toplote skozi vrata, 15% izgube toplote skozi tla, 35% izgube toplote skozi zid.

Po navadi je vsak del ovoja stavbe sestavljen iz več slojev materialov, od notranjega površinskega sloja (npr. barva) do zunanega površinskega sloja (npr. fasadna opeka), ki morajo delovati kot usklajena celota. Vsak material v sklopu pa ima različne lastnosti, ki vplivajo na energijske lastnosti termalnega ovoja kot sklopa. Parametri termalnega ovoja, pomembni za to raziskavo, ki govorijo o energetskih lastnostih termalnega ovoja stavbe so:

- **toplotna prevodnost materiala  $\lambda$  [W/mK]** je lastnost materiala, ki pove, kakšen toplotni prevodnik je material. To je energija (W), ki prehaja na enoto dolžine (m) pri temperaturni razliki 1 (K). Manjša kot je toplotna prevodnost, boljši toplotni izolator je material.
- **toplotna prehodnost  $U$  (W/m<sup>2</sup>K)** ali površinska upornost prehoda toplote, oznaka  $U$  (enota W/m<sup>2</sup>K), je odvisna od vgrajenih materialov. Lastnost konstrukcije, ki pove, koliko energije prehaja skozi konstrukcijo. To je energija (W), ki prehaja skozi enoto površine energije (m<sup>2</sup>)

pri temperaturni razliki 1(K). Nižja kot je toplotna prevodnost snovi, boljše so njene toplotno izolacijske lastnosti. (Zaporedje ne vpliva na toplotno prehodnost, vpliva pa na toplotno akumulativnost in posledično na odziv stavbe na temperaturne razlike.) Računsko gre za vsoto toplotnih upornosti vseh materialov, ki sestavljajo konstrukcijo, in prestopnih toplotnih upornosti zunanjega in notranjega zraka. Manjša toplotna prehodnost konstrukcije zagotavlja manjše energetske izgube skozi tak element ovoja stavbe. Tehnična smernica TSG-01-004:2010, Učinkovita raba energije, določa, da se toplotna prehodnost konstrukcij toplotnega ovoja stavbe izračuna po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 2011. U mora biti manjši od  $U_{max}$ , ki je določen v pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah.

- **koeficient toplotne upornosti R** ( $m^2K/W$ ) je parameter, ki pove kako slabo oziroma dobro nek material prevaja toploto. Toplotno upornost izračunamo s pomočjo enačbe:  $R=d/\lambda$ , pri čemer je d debelina materiala in  $\lambda$  koeficient toplotne prevodnosti.
- **debelina materiala d** (m).

Toplotna prehodnost **U** ( $W/m^2K$ ) je parameter, ki indicira lastnost gradbenega elementa v kontekstu energetske učinkovitosti stavbe in mu bo v tej raziskavi posvečena posebna pozornost. Toplotna prehodnost je prav tako določena z veljavno zakonodajo, kar je tudi predstavljeno v okviru *A1 Aktivnosti* v tej raziskavi. Veljavna zakonodaja določa toplotno prehodnost s Tehnično smernico za graditev TSG-1-004 [1] za posamezne elemente termalnega ovoja, kot v Tabela 3.1. Največja dovoljena toplotna prehodnost posameznih pomembnejših elementov stavbe, PURES2010,  $U_{max}$  (Tehnična smernica TSG-1-004).

*Tabela 3.1. Največja dovoljena toplotna prehodnost posameznih pomembnejših elementov stavbe, PURES2010,  $U_{max}$  (Tehnična smernica TSG-1-004).*

Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{max}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom (lahke stene)	0,20
*Ekosklad zahteva vrednost 0,15 za pridobitev subvencij	
zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom - manjše	0,60
stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,30
stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim	0,70
notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori	0,90
zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35
tla na terenu, tla nad neogrevano kletjo	0,35



Mejne vrednosti oz. zahteve za največje dovoljene toplotne prehodnosti konstrukcij pri prenovah javnih stavb so glede na omenjeno tabelo iz pravilnika še nekoliko strožje. Zanje veljajo za 10% strožje min. zahteve, torej raven 90% ravni splošnih min. zahtev. Poleg tega se je za javne stavbe obvezna skoraj nič-energijska novogradnja pričela s 1.1.2019. Toplotna izolativnost javnih stavb je zaradi njihovega obsega ter zaradi potreb uporabnikov objekta izjemnega pomena. Stavbe predšolske vzgoje so stavbe s posebnimi režimi upravljanja, pri katerih (tako kot pri šolah) gre za neenakomerne dnevne in tudi tedenske režime uporabljanja stavbe. Gre tudi za stavbe, v katerih se uporabi izjemno velika količina energije. Potencial za zmanjšanje rabe energije v tovrstnih stavbah je ogromen, hkrati pa je vprašanje kakovosti bivanja v stavbah izredno pomembno, kajti v javnih stavbah dnevno preživi več ur tisoče odraslih in otrok. Vsa naštetá dejstva jasno govorijo v prid pomembnosti in medsebojne povezanosti tematike energetske učinkovitosti, lastnosti stavb (njihovega termalnega ovoja) in kakovosti bivanja v stavbah.

### **Računske analize termalnega ovoja stavbe**

Podlaga za energijske analize stavb predšolske vzgoje je tipološka klasifikacija stavb, s katero so v tej raziskavi slovenski vrtci razvrščeni na tipološke predstavnike (*Aktivnost A1*). Detajlna tipološka klasifikacija je imela za cilj analizo stavbnega fonda vrtcev v Sloveniji in je podlaga za nadaljnje aktivnosti v projektu. Tipološka klasifikacija je narejena na podlagi kriterija klasifikacije: časovna zastopanost, konstrukcijske in arhitekturne lastnosti stavbe, na podlagi katerih so stavbe razvrščene v tipe in podtipe. Na podlagi vseh dosedanjih analiz sta v tej raziskavi določena tudi dva osnovna kriterija za klasifikacijo stavb, na podlagi katerih je narejena energijska analiza stavb predšolske vzgoje, to je časovna zastopanost (letnica stavbe) in tip konstrukcije stavbe (masivni konstrukcijski sistem in montažni konstrukcijski sistem). Glavni kriterij določa čas izgradnje stavbe, ki stavbo uvršča v kontekst uporabe posameznih gradbenih materialov, upoštevanje veljavne zakonodaje ipd. Drugi kriterij je konstrukcijski sistem stavbe, ki direktno pogojuje sestavo ovoja stavbe. Klasifikacija stavb na podlagi teh kriterij je osnova za nadaljnje analize termalnega ovoja stavbe.

Za računske analize termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje je uporabljeno programsko orodje PHPP, s katerim je izračunana toplotna prehodnost posameznih konstrukcijskih elementov. Za izračune je koriščen PHPP, ki ga je izdal Passiv Haus Institut, inštitut za energijsko učinkovitost stavb, in je orodje za izračunavanje energijske bilance in doseganja standarda pasivne hiše s pomočjo energijskih kalkulacij, podajanjem tehničnih karakteristik oken, izpolnjevanjem podatkov o



ventilacijskem sistemu, določanjem letnih in mesečnih potreb po ogrevanju in ohlajevanju, z načrtovanjem poletnega senčenja, s kalkulacijami pomožne elektrike in potrebne primarne energije ter z možnostjo uporabe klimatskih podatkov.

V nadaljevanju so analizirani posamezni elementi termalnega ovoja stavb za posamezne tipske predstavnike stavb. Vendar je zelo pomembno poudariti, da je pri istem tipu stavbe lahko nešteto različnih pojavnih oblik posameznega elementa termalnega ovoja (različne sestave, različne debeline termoizolacije in ostalih elementov ovoja). To je večinoma posledica raznovrstnih posegov, ki so se izvajali na stavbah skozi zgodovino. Zaradi tega so analizirane najbolj pogoste pojavne oblike posameznih sklopov v stavbah .

#### a) Zunanje stene proti neogrevanim prostorom (fasada)

V okviru računske analiza kakovosti termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je najprej analiziran element termalnega ovoja – **zunanja stena proti neogrevanem prostoru**. Odvisno od arhitekturne tipologije stavb predšolske vzgoje se razlikuje tudi oblika, struktura, velikost, pozicija v stavbi zunanjih sten proti neogrevanim prostorom (**Error! Reference source not found.**).



*Slika 3.1 Shematski prikaz zunanjih sten proti neogrevanemu prostoru za posamezne arhitekturne tipologije stavb predšolske vzgoje ( a) pritlična stavba z dvokapno streho, b) pritlična stavba z ravno streho, c) dvonadstropna stavba z ravno streho)*

Analizirane so sestave posameznih sklopov za tipske predstavnike stavb od A do E, debeline materialov v sestavi sten, toplotna prevodnost materiala  $\lambda$  [W/mK] in toplotna prehodnost  $U$  (W/m<sup>2</sup>K). Analize so prikazane v preglednicah (Tabela 3.2 – 3.11).

Tabela 3.2. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe A


TIP A	do 1945		
Tip konstrukcije	masivni konstrukcijski sistem		opečnata stena brez termoizolacije
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - shematski prikaz
Zunanji omet	15	1,400	
Opeka	450	0,600	
Notranji omet	15	0,350	
$U_{max} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	480	$U = 1,027 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: A			

Tabela 3.3. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe B.

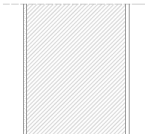
TIP B	1946 - 1970		
Tip konstrukcije	masivni konstrukcijski sistem		opečnata stena brez termoizolacije
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - shematski prikaz
Zunanji omet	15	1,400	
Opeka	450	0,600	
Notranji omet	15	0,350	
$U_{max} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	480	$U = 1,027 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: B1			

Tabela 3. 4. Zunanja stena proti neogrevanem prostoru, tip stavbe B.

TIP B	1946 – 1970		
Tip konstrukcije	montažni konstrukcijski sistem		okvirno-panelna konstrukcija
Sestava sklopa-stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - shematski prikaz
Ravni salonit - eternit	8	0,250	
Zračni sloj - prezračevani	22	0,030	
Pergamin lepenka	0,5	0,220	
Zračni sloj - neprezračevani	18	0,030	
TI - mineralna volna	60	0,040	
ALU folija	1	160,000	
Iverna plošča	13	0,140	
Kningips plošča	10	0,250	
$U_{max} = 0,28W/(m^2K)$	<b>132</b>	<b>U = 0,416W/(m^2K)</b>	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: B2</b>			

Tabela 3.5. Zunanja stena proti neogrevanem prostoru, tip stavbe B.

TIP B	1946 - 1970		
Tip konstrukcije	masivni konstrukcijski sistem		betonska stena brez termoizolacije
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - -shematski prikaz
Zunanji omet	20	1,500	
Armirani beton	200	2,040	
Notranji omet	20	0,5	
$U_{max} = 0,28W/(m^2K)$	<b>240</b>	<b>U = 2,873 W/(m^2K)</b>	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: B3 in B4</b>			

Tabela 3.6. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe C.

TIP C	1971 – 1980* (1981)		
Tip konstrukcije	masivni konstrukcijski sistem		betonska stena brez termoizolacije
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - shematski prikaz
Zunanji omet	20	0,500	
Armirani beton	200	2,040	
Notranji omet	20	0,500	
<b>U<sub>max</sub> = 0,28W/(m<sup>2</sup>K)</b>	<b>240</b>	<b>U = 2,873W/(m<sup>2</sup>K)</b>	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: C1</b>			

Tabela 3.7. Zunanja stena proti neogrevanem prostoru, tip stavbe C

TIP C	1971 – 1980* (1981)		
Tip konstrukcije	montažni konstrukcijski sistem		okvirno-panelna konstrukcija
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - shematski prikaz
Ravni salonit - eternit	8	0,250	
Zračni sloj - prezračevani	22	0,030	
Pergamin lepenka	0,5	0,220	
Zračni sloj - neprezračevani	18	0,030	
TI - mineralna volna	60	0,040	
ALU folija	1	160,000	
Iverna plošča	13	0,140	
Kningips plošča	10	0,250	
<b>U<sub>max</sub> = 0,28W/(m<sup>2</sup>K)</b>	<b>132</b>	<b>U = 0,416W/(m<sup>2</sup>K)</b>	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: C2</b>			

Tabela 3.8 Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe D

TIP D	1946 - 1970		
Tip konstrukcije	masivni konstrukcijski sistem		betonska stena s termoizolacijo
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez - shematski prikaz
Zunanji omet	20	1,500	
TI (mineralna volna)	80	0,035	
Armirani beton	200	2,040	
Notranji omet	20	0,5	
$U_{max} = 0,28 W/(m^2K)$	<b>240</b>	<b>U = 0,380 W/(m^2K)</b>	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: D1, D3, D4</b>			

Tabela 3.9: Zunanja stena proti neogrevanem prostoru, tip stavbe D

TIP D	1981 – 2002		
Tip konstrukcije	montažni konstrukcijski sistem		okvirno-panelna konstrukcija
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	Prerez -shematski prikaz
Zunanji omet	10	0,500	
Pergamin lepenka	1	0,230	
Letve	20	0,140	
TI (mineralna volna)	120	0,038	
ALU folija	1	203,000	
Iverna plošča	12	0,120	
Mavčno kartonska plošča	10	0,210	
$U_{max} = 0,28 W/(m^2K)$	<b>180</b>	<b>U = 0,323 W/(m^2K)</b>	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: D2</b>			

Tabela 3.10: Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe E

TIP E	2002 - danes		
Tip konstrukcije	masivni konstrukcijski sistem		betonska stena s termoizolacijo
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	prerez
Zunanji omet	20	1,500	
TI (mineralna volna)	140	0,035	
Armirani beton	200	2,040	
Notranji omet	20	0,5	
$U_{max} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	380	$U = 0,380 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: E1</b>			

Tabela 3.11 Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe E

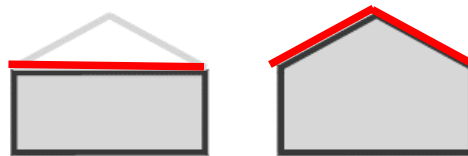
TIP E	2002 - danes		
Tip konstrukcije	montažni konstrukcijski sistem		okvirno-panelna konstrukcija
Sestava sklopa - stene	d [mm]	$\lambda$ [W/(mK)]	prerez
Mavčno vlaknena plošča	2	0,150	
Parna zapora	18	0,100	
TI	80	0,040	
Mavčno vlaknena plošča	15	0,150	
TI (top. in zvočna izolacija)	160	0,035	
ALU folija	10	0,096	
Mavčno kartonska plošča	15	0,150	
Mavčno kartonska plošča	10	0,150	
$U_{max} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	31	$U = 0,246 - 017 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
<b>Termalni ovoj, prisoten pri tipu stavbe predšolske vzgoje: E2</b>			

**Ugotovitve računske analize termalnega ovoja oz. dela ovoja - fasadne stene** kot osnovnega dela termalnega ovoja stavb se izrazijo na podlagi analize koeficienta toplotne prehodnosti  $U$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) kot osnovnega indikatorja energetskih lastnosti stavb. Računske analize dela termalnega ovoja fasadne stene so pokazale, da se koeficient toplotne prehodnosti pri različnih tipskih predstavnikih stavb predšolske vzgoje giblje v razponu od 0,380 do 0,17  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . Analize so pokazale, da so sestave

fasadnih sten pri posameznih tipskih predstavnikih zelo različne kot posledica dosedanjih posegov in je zaradi tega zelo težko izvesti generalne zaključke za skupine stavb. Vendar so ugotovitve pokazale, da koeficienta toplotne prehodnosti fasadne stene pri tipu stavbe A niso v skladu s predpisanimi vrednostmi ( $U_{max} = 0,28 W/(m^2K)$ ), ki jih zahteva slovenska zakonodaja, ker je večina stavb ni prenovljenih. Pri tipu stavbe B, C in D je odvisno od stopnje posegov in stavbe, čigar fasadni ovoj je bil energetsko saniran, če imajo toplotne prehodnosti fasadne stene v skladu s predpisanimi vrednostmi. Pri tipu stavbe E je toplotna prehodnost fasadne stene v skladu z zakonom predpisanimi vrednostmi.<sup>1</sup>

## b) Streha

V okviru računske analize kakovosti termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je analiziran element termalnega ovoja – **streha**. Odvisno od arhitekturne tipologije stavb ta element ovoja razlikujemo v dveh pojavnih oblikah: strop pod neogrevanim podstrešjem (ki meji na neogrevano podstrešje) in streha (ki meji na zunanji prostor). Odvisno od tipa strehe pri določeni arhitekturni tipologiji se lahko razlikuje tudi volumetrija notranjega ogrevanega prostor v igralnici (Slika 3.2 Shematski prikaz stavbe s:).



Slika 3.2 Shematski prikaz stavbe s:

a) stropom pod neogrevanim podstrešjem in b) streho (ki meji na zunanji prostor)

---

<sup>1</sup> V času trajanja oz. izvedbe projekta je stopil v veljavo novi *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah* (Uradni list RS, št. 70/22 in 161/22), s katerim so zahteve po energetske učinkovitosti v stavbah dodatno zaostrene, sicer je bila aktivnost izvedena že v času uveljavitve PURES 2010 (Uradni list RS, št. 52 z dne 30.6.2010), zato je v analizah uporabljena takratna zakonodaja kot relevantna. Sprememba PURES-a je s sabo prinesla spremenjene referenčne vrednosti  $U_{max}$ .

Torej, v okviru dveh osnovnih pojavnih oblik strehe lahko so pri raznovrstnih arhitekturnih tipologijah stavb predšolske vzgoje v Sloveniji strehe oz. ostrešja stavb različni, in sicer za tip stavbe A - E:

- **TIP A** – stavbe, večinoma grajene kot stanovanjske vile, prilagojene izvajanju predšolske vzgoje, etažnosti K+P+1(alii 2) s stropom proti neogrevanemu podstrešju, ostrešje se ne uporablja;
- **TIP B** – večinoma pritlične stavbe. Streha prisotna v dveh pojavnih oblikah: a) streha večinoma v blagem naklonu, ki meji na zunanji prostor (igralnice z večjim volumnom prostora) in b) strop pod neogrevanim podstrešjem, ob tem se prostor podstrešja večinoma ne uporablja. V izvorni obliki so večinoma neustrezno toplotno izolirane, v stavbnem fondu pa so prisotne tudi različne stopnje dosedanjih prenov;
- **TIP C / D** – stavbe različnih etažnosti (največji delež imajo pritlične stavbe). Streha je prisotna v dveh pojavnih oblikah: a) streha večinoma v blagem naklonu ali ravna streha, ki meji na zunanji prostor, igralnice z večjim volumnom prostora in b) strop pod neogrevanim podstrešjem, kjer se prostor podstrešja večinoma ne uporablja. V izvorni obliki z različnimi termoizolacijskimi lastnostnimi, v stavbnem fondu prisotne tudi različne stopnje dosedanjih prenov;
- **TIP E** – stavbe različnih etažnosti in različnih oblikovnih lastnosti (ravne strehe, strehe v naklonu ipd., a) Streha prisotna v dveh pojavnih oblikah: a) streha, ki meji na zunanji prostor in b) strop pod neogrevanim podstrešjem, kjer se prostor podstrešja večinoma ne uporablja. V izvorni obliki večinoma z zadostno termoizolacijo.

Analizirane so sestave sklopov za posameznih tipske predstavnike stavb, debeline materialov v sestavi, toplotna prevodnost materiala  $\lambda$  [W/mK] in toplotna prehodnost  $U$  (W/m<sup>2</sup>K). Analize so prikazane v preglednicah (Tabela 3.12).



Tabela 3.12

Tabela 3.12 a) Strop pod neogrevanim podstrešjem - TIP stavbe E- (izračun v programskem orodju UBAKUS)

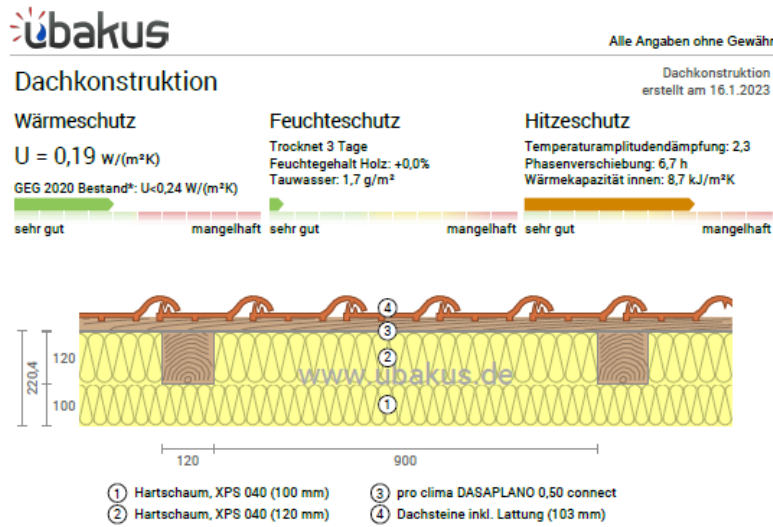
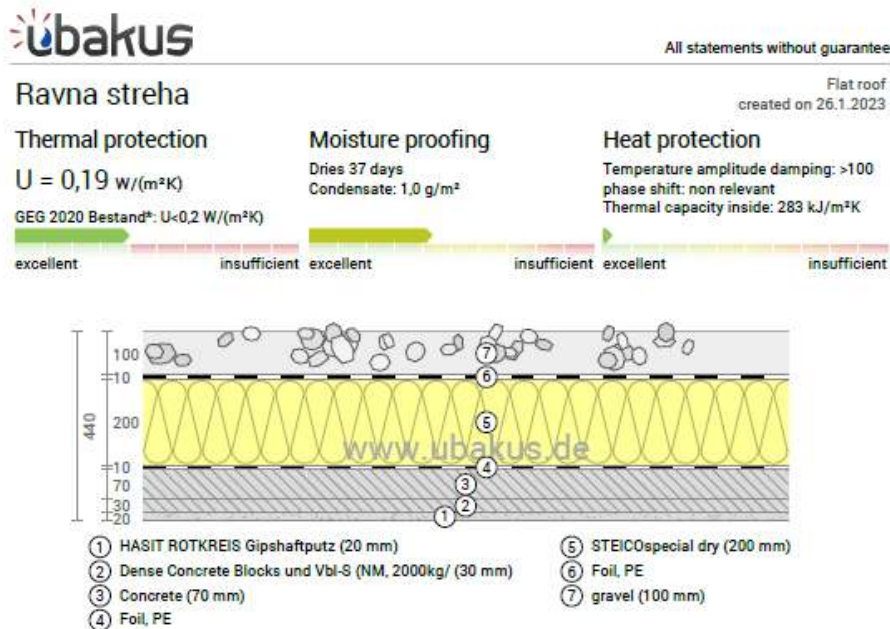


Tabela 3.12 b) Streha, ki meji na zunanji prostor – ravna streha TIP stavbe E- (izračun v programskem orodju UBAKUS)



**Ugotovitve: računske analize termalnega ovoja – streha:** analiziran je koeficient toplotne prehodnosti  $U$  ( $W/m^2K$ ) kot osnovni indikator energetske lastnosti termalnega ovoja stavbe. Koeficient toplotne prehodnosti se pri različnih tipskih predstavnikih stavb predšolske vzgoje za streho giblje v razponu od 0,56 do 0,19  $W/m^2K$  za izbrane primere. Analize so pokazale, da koeficienti toplotne prehodnosti fasadne stene večinoma niso v skladu s predpisanimi vrednostmi, kot jih zahteva slovenska zakonodaja (Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES, 2010), sploh če upoštevamo zaostrene vrednosti, ki jih narekuje novi PURES (Tla na terenu 0,35; Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo 0,30; Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju) 0,30).

Analize se pokazale, da so strehe pri stavbah predšolske vzgoje bile prenavljane, vendar ne tako pogosto kot fasada ali okna. Zaradi tega imajo številne stavbe strehe v izvorni obliki. To je še posebej problem pri starejših stavbah s strehami, ki mejijo na zunanji prostor (TIP B in C). Poleg tega je analiza stavbnega fonda pokazala, da je pri temu elementu termalnega ovoja kljub številnim rekonstrukcijam in energetskim sanacijam velikokrat prisoten pojav toplotnih mostov in prenizke površinske temperature (pri konstrukcijskem sklopu s poševno streho, zelo redko pri sklopu - strop pod neogrevanim podstrešjem).

### c) Okna

V okviru računske analize kakovosti termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je analiziran tudi element termalnega ovoja – **okna**. Okna so eden izmed bistvenih elementov vsake zgradbe, saj omogočajo dnevno osvetlitev prostorov, vidni stik z okolico, zajem sončne energije (toplote) in prezračevanje prostorov. Hkrati je okno pomemben del stavbnega ovoja, ki prepušča svetlobo v notranjost stavbe ter omogoča vizualni kontakt z okolico, varuje in onemogoča zunanje vremenske vplive. V kontekstu splošne usmeritve k bolj energetsko učinkovitim stavbam je pomembna še ena izmed funkcij oken oz. zasteklitve, in sicer možnost znižanja potrebne energije za ogrevanje in ohlajevanje prostorov ter znižanje stroškov ogrevanja in hlajenja.

**Okno je ena najbolj kritičnih točk na stavbi iz vidika energijske porabe, saj prihaja v hladnih obdobjih do transmisijskih izgub ter v času sončnega obsevanja do pregrevanja, prav tako pa je tudi tisti del ovoja stavbe, skozi katerega se pridobivajo sončna svetloba in toplotni dobitki, ki dodatno ogrevajo**

**notranje prostore stavbe.** Za energetska učinkovitost je poleg kakovostnega okna pomembna še pravilna vgradnja okna, strokovno izdelana zatesnjenost, nizkoemisijski nanos, distančnik brez toplotnega mostu, okvir z nizko toplotno prehodnostjo ter plin v medstekelnem prostoru. Odvisno od arhitekturne tipologije stavb predšolske vzgoje se razlikuje tudi oblika, struktura, velikost in pozicija oken v stavbi. Vendar imajo okna v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje večinoma naslednje pojavne oblike: okna s parapetom, okna-balkonska vrata in strešna okna in svetlobniki (Slika 3).

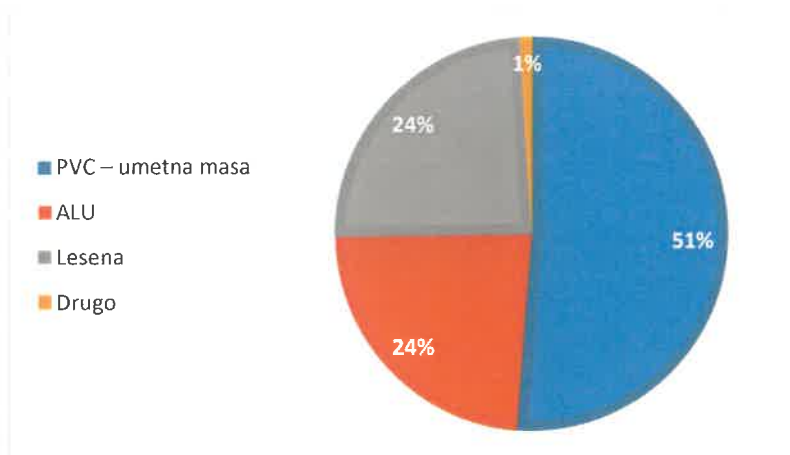


*Slika 3.3 Shematski prikaz – okna na stavbah predšolske vzgoje*

Poprečna starost stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji je več kot 50 let, zato je bilo potrebno okna zaradi dotrajanosti in slabe kakovosti zamenjati že na številnih stavbah. Delež zamenjanih oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji se je postopoma zviševal med leti 2005 do 2010, nato pa so z intenzivno zamenjavo oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji začeli od leta 2010 dalje [2]. Vsa okna, ki so bila ob zamenjavi lesenih oken z enoslojno zasteklitvijo vgrajena, so večinoma PVC okna z dvoslojnim steklom (stavbe TIP B in TIP C, tudi pri stavbah TIP E). Le redke novogradnje imajo vgrajena okna, ki so v energetskem smislu bolj kakovostna (troslojna, ali okna s kakšnimi posebnimi polnili – TIP E). Okna, vgrajena na starejših stavbah predšolske vzgoje, so bila večinoma lesena z enoslojno zasteklitvijo in so imela velike toplotne izgube (TIP A, tudi TIP B in TIP C pri neprenovljenih stavbah), slabo tesnjenje, kar je povzročilo pregrevanja poleti ter toplotne izgube pozimi. To so bili tudi osnovni razlogi, zaradi katerih se je v vrtcih, drugih javnih in stanovanjskih stavbah postopoma začelo menjavati stavbno pohištvo. Sodobna okna imajo nižjo toplotno prehodnost, zmanjšane izgube in izboljšano toplotno ugodje.

Na podlagi analiz, predhodno narejenih v tej raziskavi, lahko rečemo, da ima približno 66% stavb v stavbnem fondu predšolske vzgoje v Sloveniji v celoti zamenjana okna. Približno 23% delež stavb nima zamenjanih oken (kamor spadajo tudi stavbe novejšega datuma TIP E, ki ne potrebujejo

zamenjave oken zaradi izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe in zagotavljanja prihrankov energije). V smislu materializacije oken na stavbah predšolske vzgoje Sloveniji, podatki pridobljeni v tej raziskavi kažejo, da je struktura oken na stavbah predšolske vzgoje naslednja: PVC – umetna masa približno delež 55%, ALU in lesena po 25% (Slika 3.4) [2].



Slika 3.4 Materializacija oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji

V obstoječem stavbnem fondu obstaja izredno pester nabor različnega stavbnega pohištva, ki ima seveda različne energetske lastnosti, ki vplivajo na energetske bilance stavbe kot celote. **Dobrih 20% stavb ima še vedno prvotna večinoma enoslojna lesena okna z roletami ali z različnimi naknadno dodanimi zaščitami proti bleščanju** (Slika 3.5). V večini vrtcev so prvotno vgrajena lesena okna zamenjana s PVC okni z dvoslojno zasteklitvijo (Slika 3.6). Gre za velik potencial pri energetskih prihrankih na nivoju stavbnega fonda, ki se lahko realizira z zamenjavo starih oken na stavbah.



Slika 3.5 Prvotna lesena okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji: a) Vrtec v Ljubljani, zgrajen 1981, prvotna lesena okna. b) Vrtec v Mariboru, zgrajen 1978, prvotna lesena okna z roletami. c) Vrtec v Ljubljani, zgrajen 1981, prvotna lesena okna z dodanimi ALU žaluzijami. [Avtor]



Slika 3.6 PVC in ALU okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji: a) Vrtec v Mariboru, zgrajen 1981, prvotna lesena okna zamenjana s PVC okni. b) Vrtec v Mariboru, zgrajen 2012, ALU okna. [Avtor]



### Računska analiza - tehnične lastnosti oken

Najpomembnejša fizikalna lastnost okna, ki vpliva na toplotne dobitke in izgube, je toplotna prehodnost  $U$  [ $W/m^2K$ ]. Opredeljena je s toplotnim tokom, ki prehaja na gradbeno konstrukcijo s površino  $1 m^2$  pri stalni razliki med temperaturo zraka na obeh straneh konstrukcije  $1 K$ . Fizikalne lastnosti okna lahko razdelimo na fizikalne lastnosti okvirja in stekla. Toplotna prehodnost okvirja ima velik vpliv na skupno prehodnost okna, saj predstavlja 25% njegove površine. Toplotno prehodnost okna ( $U_w$ ) določajo trije glavni parametri:

- $U_f$  – toplotna prehodnost okenskih okvirjev
- $U_g$  – toplotna prehodnost stekla
- $g$  – vrednost sestavlja energija, ki se prenaša neposredno preko izolacijskega stekla ( $g$ ) in energija, ki jo steklo absorbira in jo sekundarno oddaja ( $q_i$ ).  $G$ -vrednost 1,0 predstavlja 100 % prepuščanje sončne energije skozi izolacijsko steklo, medtem ko  $g$ -vrednost 0 pomeni, da sončna energija ne prehaja skozi steklo.

Podatek o **toplotnih karakteristikah stekel ( $U_g$ )** je odvisen od sestave izolacijskega stekla, števila stekel, vgrajenih v okno (dvoslojno, troslojno), vrsta plina v medstekelnem prostoru okna (argon, kripton), število stekel z emisijskim nanosom. **Toplotna prehodnost okvirjev okna ( $U_f$ )** zajame okensko krilo in okvir skupaj, na njega vplivajo material, iz katerega je okno izdelano (les, PVC, ALU), in debelina profila okna. Toplotna prehodnost okna se zmanjša s povečevanjem števila vmesnih prostorov, z uporabo materialov z nizko toplotno prevodnostjo in nizko emisivnostjo toplotnega sevanja, na ta način se izboljšajo njegove termalne lastnosti in posledično termalne lastnosti stavbe kot celote.

Lastnosti oken so ocenjene na podlagi toplotne prehodnosti okna ( $U_w$ ), ki jo določajo glavni parametri:  $U_f$  – toplotna prehodnost okenskih okvirjev,  $U_g$  – toplotna prehodnost stekla in  $g$  vrednost. Za posamezne tipske predstavnike stavb (TIP A/B/C/D/E) so rezultati prikazani v tabeli (Tabela 3.1).

Tabela 3.11 Računska analiza

	g	U <sub>g</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>f</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	U <sub>w</sub> (W/m <sup>2</sup> K)
<b>TIP A</b>				
Lesena okna z enoslojno zasteklitvijo – pri ne-prenovljenih stavbah TIP A	0,77	2,30	1,6	0,77
Lesena okna z dvoslojno zasteklitvijo – pri prenovljenih stavbah TIP A (npr. okno Termo plus proizvajalca Marles)	0,62-0,72	1,1-2,9*	1,3	≤1,2
<b>TIP B/C/D</b>				
Lesena okna z enoslojno zasteklitvijo – pri ne-prenovljenih stavbah TIP A	0,77	2,30	1,6	0,77
PVC okna z dvoslojno zasteklitvijo - najbolj pogosto vgrajevana okna po posegih energetske prenove	0,62-0,72	1,1-2,9*	0,9-1,3	1,1-1,3
<b>TIP E</b>				
Lesena okna s troslojno zasteklitvijo	≤0,62	0,58 - 0,64	0,72-0,74	≤0,9

\*U<sub>g</sub> – vrednost je lahko zelo različna glede na število stekel, vrste plina v prostoru med stekli (argon, kripton) in števila stekel med emisijskim nanosom

Pri analiziranih stavbah je pri starih lesenih oknih (večinoma iz 70' in 80') z enoslojno zasteklitvijo ugotovljena toplotna prehodnost stekla (U<sub>g</sub>) oken, ki znaša 2,7 W/m<sup>2</sup>K in lesenega okvirja (U<sub>f</sub>) približno 1,6 W/m<sup>2</sup>K, vrednost g pa 0,77. Toplotna prehodnost stekla pri dvoslojnih zasteklitvah (U<sub>g</sub>), ki so tudi najbolj pogoste pri PVC oknih, vgrajenih po prenovah stavb predšolske vzgoje, se giblje med 1,0 W/m<sup>2</sup>K in 1,4 W/m<sup>2</sup>K, ter med 0,5 W/m<sup>2</sup>K in 0,8 W/m<sup>2</sup>K pri troslojnih zasteklitvah (ki se pri stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji redko vgrajujejo zaradi visoke cene). Vrednost g pri dvoslojnem steklu znaša 0,64, pri troslojnem pa 0,50. Vrednosti nihajo odvisno od proizvajalca oz. kakovosti vgrajenih materialov.

**Zakonodaja določa**, da mora imeti najmanj 30 % oken možnost odpiranja na nagib. Prostori, namenjeni vzgoji otrok, morajo imeti naravno svetlobo. Slednja je definirana z najmanj 20 % neto tlorisne površine, kar zajema skupno površino obdelanih zidarskih odprtin. Predpisana višina parapeta je 1.25 m, oz. okna se lahko odpirajo v prostor od te višine dalje. Zakonodaja tudi določa, da se v ogrevanih stanovanjskih in poslovnih prostorih stavbe smejo uporabljati okna s toplotno prehodnostjo zasteklitve največ 1,1 W/m<sup>2</sup>K, celotnega okna (stekla in nosilnega okvirja) sme biti največ 1,3 W/m<sup>2</sup>K [3]. Vsa zakonska določila je potrebno upoštevati pri načrtovanju modela prenove (Aktivnost A4).

**Senčenje** je pomemben del vsakega okna in večina oken v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji ima zaščito proti prekomernemu pregrevanju prostorov v poletnih mesecih, ki je istočasno zaščita proti bleščanju (le 2% stavb tega nima). Najbolj pogosta zaščita oken je v obliki 1.) žaluzij z zunanje strani okna, v približnem deležu 67% ali 2.) senčila ali zavesa z notranje strani okna v približnem deležu 31%. Senčenje oken je v vrtcih in v vsakdanji uporabi izrednega pomena v času počitka, ko je potrebno v prostorih igralnic zmanjšati upad svetlobe. Poleg tega je v poletnih mesecih potrebno zmanjšati pregrevanje prostorov, vendar kljub temu vzdrževati visoko prepustnost svetlobe. Praksa je pokazala, da se pri notranjih senčilnih toplota lahko nabira med senčilom in steklom, medtem ko so zunanje horizontalne žaluzije učinkovite na južni strani, vertikalne na vzhodni in zahodni, kjer je nižji kot sončnih žarkov, za neodvisnost od strani neba pa so najbolj učinkovite žaluzije prizmatičnih in paraboličnih oblik. **Strategija senčenja je pomemben dejavnik pri energetske učinkovitem ravnanju s stavbo in ga je nujno potrebno uvrstiti med modele prenove stavb kot organizacijski ukrep.**

**Ugotovitve: računske analize termalnega ovoja – okna:** Večina stavb predšolske vzgoje že ima zamenjana okna zaradi dotrajanosti ali energetske neučinkovitosti. Lahko se zaključi, da gre za poseg pri energetske prenove stavbe, ki je najbolj pogost na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji. Pri prenovah so večinoma vgrajena dvoslojna PVC okna, vendar je nabor oken v stavbnem fondu zelo pester, računska analiza pa je pokazala velika nihanja v parametrih, ki določajo energetske lastnosti oken. **Toplotna prehodnost okna v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje se giblje med 0,77 in 1,3 W/m<sup>2</sup>K.**

#### e) Tla

V okviru računske analize kakovosti termalnega ovoja stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je med drugim analiziran element termalnega ovoja – tla. Glede na arhitekturno tipologijo stavb predšolske vzgoje se razlikuje tudi oblika, struktura, velikost in pozicija tal v stavbi. Tip tal (talne konstrukcije) je pri stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji odvisen od arhitekturnega tipa stavbe in je prisoten v različnih pojavnih oblikah: a) tla na terenu (pri stavbah s kletjo ali brez nje), b.) tla nad neogrevano/ogrevano kletjo (Slika 3.7). V konstrukcijskem smislu so tla na terenu lahko 1.) temeljna plošča s sloji toplotne izolacije in z vsemi ostalimi pripadajočimi sloji (ki ima dejansko nosilno vlogo)



ali betonska plošča med pasovnimi temelji s sloji toplotne izolacije in z vsemi ostalimi pripadajočimi sloji (ki nima nosilne vloge).



Slika 3.7 a) Tla nad terenu pri stavbi z kletjo ali brez nje b) Tla nad neogrevano kletjo

Pri talnih konstrukcijah, ki mejijo na neogrevane prostore, je poleg ustrezne hidroizolacije zelo pomembna komponenta toplotna izolacija. Debelina in tip toplotne izolacije sta pri stavbah predšolske vzgoje zelo različna, pogojena s konstrukcijskim sklopom, letnico stavbe, stopnjo morebitnih dodatnih posegov ipd. Posledično je pri različnih arhitekturnih tipologijah stavb predšolske vzgoje v Sloveniji konstrukcijski sklop tal lahko različen, in sicer za tip stavbe A - E:

- **TIP A** – stavbe, večinoma grajene kot stanovanjske vile, prilagojene izvajanju predšolske vzgoje, etažnosti K+P+1(alii 2). Klet (večinoma v obliki 2/3 vkopane kleti + visoko pritličje) se uporablja kot pomožni prostori in je lahko ogrevana ali neogrevana;
- **TIP B** – večinoma pritlične stavbe s konstrukcijskim sklopom tal nad terenom. Pri stavbah, ki so podkletene, se kletni prostori večinoma uporabljajo kot pomožni prostori, gre za konstrukcijski sklop tal nad neogrevano kletjo;
- **TIP C / D** – večinoma pritlične stavbe s konstrukcijskim sklopom tal nad terenom. Pri stavbah, ki so podkletene, se kletni prostori večinoma uporabljajo kot kuhinje, administrativni prostori, skupni prostori ipd., gre za stavbo s konstrukcijskim sklopom tal na terenu. Pri izredno majhnem številu stavb TIP D, kamor sodijo tudi večnadstropni vrtci v gosto poseljenih urbanih conah, je prisoten konstrukcijski sklop - tla nad zunanjim zrakom;
- **TIP E** – stavbe različnih etažnosti in različnih oblikovnih lastnosti. Stavbe večinoma niso podkletene in so izvedene s konstrukcijskim sklopom tal na terenu z zadostno termoizolacijo, v skladu z zakonodajo (PURES).

Analizirane so sestave sklopov za posamezne tipske predstavnike stavb, debeline materialov v sestavi, toplotna prevodnost materiala  $\lambda$  [W/mK] in toplotno prehodnost U (W/m<sup>2</sup>K). Analize so prikazane v preglednicah (Tabela 3.12).

Tabela 3.12 Tla na terenu – primer AB talna plošča

TIP stavbe – C,D		
Sestava sklopa - od znotraj navzven	Debelina [cm]	$\lambda$ [W/(m*K)]
1. Parket	2	0,210
2. Cementni estrih	5	1,400
3. PE folija	0,2	0,400
4. TI – mineralna volna	5	0,034
5. HI izolacija – bitum. folija	0,5	0,17
4. Betonska plošča	18	1,510
5. Nasutje	30	1,500
6. Filc pod nasutjem	0,2	0,100
<b>U-faktor max [W/(m<sup>2</sup>K)] 0,35</b>	<b>60,52</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>K) 0,56</b>

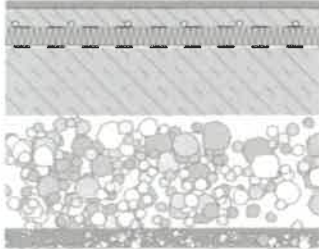
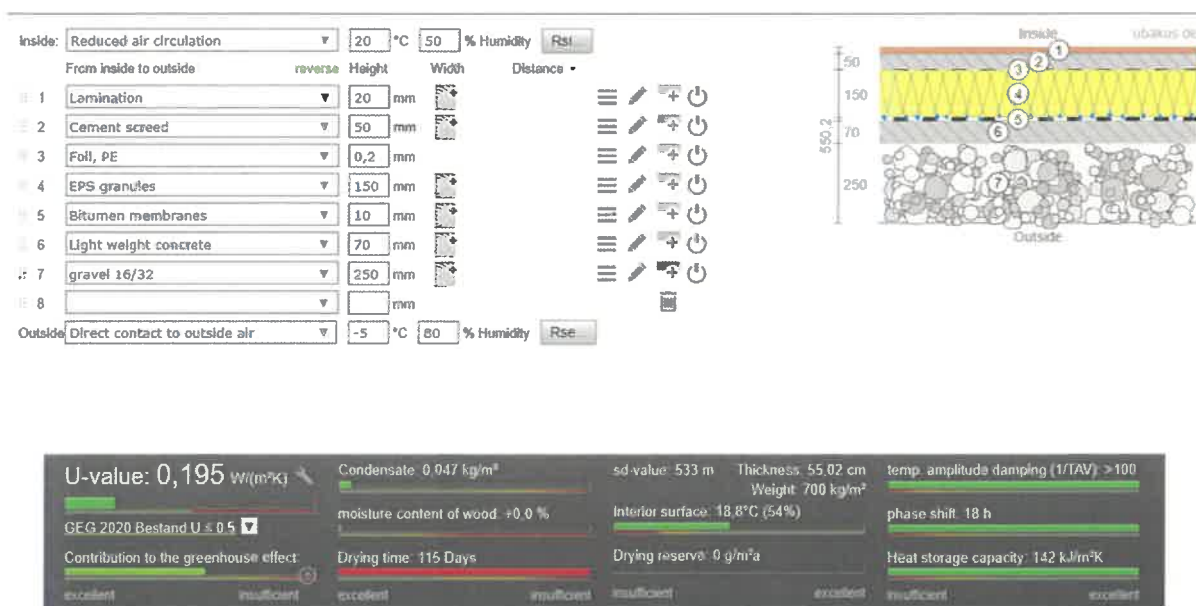


Tabela 13 Tla na terenu – primer izračuna toplotne prehodnosti v računalniškem programu UBAKUS – za tip stavbe E



The screenshot shows the UBAKUS software interface. On the left, there is a list of construction layers from inside to outside:

- 1 Lamination (20 mm)
- 2 Cement screed (50 mm)
- 3 Foll, PE (0,2 mm)
- 4 EPS granules (150 mm)
- 5 Bitumen membranes (10 mm)
- 6 Light weight concrete (70 mm)
- 7 gravel 16/32 (250 mm)
- 8 (empty)

Boundary conditions are set to Inside: 20 °C, 50 % Humidity and Outside: Direct contact to outside air, -5 °C, 80 % Humidity. The resulting U-value is 0,195 W/(m<sup>2</sup>K). Other parameters shown include Condensate (0,047 kg/m<sup>3</sup>), sd-value (533 m), Thickness (55,02 cm), Weight (700 kg/m<sup>2</sup>), Interior surface (18,8°C (54%)), Drying time (115 Days), Drying reserve (0 g/m<sup>2</sup>a), temp. amplitude damping (1/TAV) (>100), phase shift (18 h), and Heat storage capacity (142 kJ/m<sup>2</sup>K).

#	Material	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Temp [°C] min max	sd-value [m]	Condensate [kg/m <sup>3</sup> ] [%]	Weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Heat capacity [J/(kg·K)]
	Thermal contact resistance		0,170 (0,250)	18,8 20,0				
1	2 cm Lamination	0,130	0,154	18,1 18,8	0,60	-	10,0	1600
2	5 cm Cement screed	1,400	0,036	17,9 18,1	0,75	-	100,0	1000
3	0,02 cm Foil, PE	0,400	0,001	17,9 17,9	20,00	-	0,2	1800
4	15 cm EPS granules	0,035	4,286	-2,6 17,9	0,75	0,047 1,6	3,0	1500
5	1 cm Bitumen membranes	0,230	0,043	-2,8 -2,6	500,00	-	11,0	1000
6	7 cm Light weight concrete	1,300	0,054	-3,1 -2,8	10,50	-	126,0	1000
7	25 cm gravel 16/32	0,790	0,357	-4,8 -3,1	0,75	-	450,0	1000
	Thermal contact resistance		0,040	-5,0 -4,8				
55.02 cm	Whole component		5,140		533.35	0,047	700.2	

U-value: 0,195 W/(m<sup>2</sup>K)

**Ugotovitve:** Na podlagi analize konstrukcijskega sklopa – tla je za različne tipske predstavnike stavb predšolske vzgoje ugotovljeno, da pri velikem številu stavb, grajenih do 1990, manjka zvočna izolacija v konstrukcijskem elementu, toplotne izolacije je premalo, U-faktor je neustrezen. Pri dosedanjih prenovah je večinoma, v kolikor so za to obstajale možnosti (finančne in tehnične - ustrezna višina prostora), dodana termoizolacija, ki zadostuje pogojem veljavne zakonodaje. Koeficient toplotne prehodnosti tal se pri različnih tipskih predstavnikih stavb predšolske vzgoje, za izbrani vzorec stavb, giblje v razponu od 0.7 do 1,95 W/m<sup>2</sup>K pri novih stavbah tip E. Pri vseh morebitnih prenovah je potrebno upoštevati dejstvo, da predšolski otroci veliko časa preživijo v igri na tleh, zato je treba zagotoviti ustrezno toplotno izolacijo in talno oblogo.

### 3.1.2 Analize energijske učinkovitosti stavbe

V sklopu aktivnost A3 *Energijska analiza stavb predšolske vzgoje* je izvedena podaktivnost A 3.2 *Analiza energetske učinkovitosti stavbe* z naslednjimi podaktivnostmi: a) Energetski razred stavb predšolske vzgoje - določitev energetskega razreda stavb, b) Analiza energetske učinkovitosti stavb v obstoječem stavbnem fondu in c) Primerjalne študije.

Energetska učinkovitost stavb je v gradbeništvu prepoznana kot temelj trajnostnega gradbeništva in pomembno prispeva k trajnostnemu razvoju družbe. Zakon o učinkoviti rabi energije definira pomen izraza **energetska učinkovitost stavbe**, ki pomeni izračunano ali izmerjeno količino energije,



potrebno za zadovoljevanje potreb po energiji, povezanih z običajno uporabo stavbe, ki med drugim vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, pripravo sanitarne tople vode in razsvetljavo [4].

Energijska učinkovitost stavbe se lahko izkaže preko energetske bilanca stavbe, ki je sestavljena iz toplotnih izgub in toplotnih dobitkov. Ločimo transmisijske in prezračevalne toplotne izgube, medtem ko toplotne dobitke delimo na dobitke sončnega obsevanja ter na dobitke notranjih virov, ki so posledica delovanja raznih naprav v stavbi in oddajanje toplote ljudi. Transmisijske toplotne izgube so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi gradbeni element oziroma konstrukcijski sklop. Vzrok za prehod toplote skozi elemente je toplotna prevodnost materialov ( $W/mK$ ), ki nam pove, kolikšen toplotni tok steče pravokotno skozi neko snov. Prezračevalne toplotne izgube pa so izgube, ki nastanejo zaradi izmenjave zraka med zgradbo in okolico. Te izgube lahko nastajajo pri namenskem (mehanskem) ali nenamenskem (naravnem) prezračevanju. Dobitki toplote pa se zaradi sončnega obsevanja dovajajo preko ovoja stavbe in so običajno največji na južnih straneh stavbe, pod pogojem, da ima stavba večje steklene površine orientirane proti jugu. Dobitki s strani notranjih virov so posledica sproščanja toplote pri delovanju naprav in strojev v stavbi. Toploto oddajajo tudi ljudje, ki uporabljajo stavbo (zaposleni, otroci in vzgojitelji v skupinah, na hodnikih še starši oziroma obiskovalci). Stavba torej funkcionira kot kompleksen *system*, ki ima s toplotnimi dobitki in izgubami določene lastnosti v smislu energijske učinkovitosti, ki bodo pri stavbah predšolske vzgoje analizirane v tem poglavju.

Torej bo v tem poglavju opravljena analiza energetske učinkovitosti vrtcev v stavbnem fondu. Zajela tri korake: a) določitev energetskega razreda stavb predšolske vzgoje za vsak posamezni predhodno določeni tip objekta, b) analiza stanja energetske učinkovitosti stavb v obstoječem stavbnem fondu na podlagi pregleda stavb in anketnega vprašalnika in c) primerjalne študije – primerjalne analize energijske učinkovitosti stavb pred prenovo in po njej.

### 3.1.2.1 Energetski razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji

Energetski razredi stavb so definirani v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb[5]. Pravilnik določa, da se za obstoječe nestanovanjske stavbe ali nestanovanjske dele stavb izda merjena energetska izkaznica. V kategorijo nestanovanjskih stavb sodijo seveda tudi stavbe predšolske vzgoje in je za večino obstoječih stavb v GURS-u dostopna merjena energetska

izkaznica. Računska energetska izkaznica je dostopna le za redke novozgrajene vrtce (Pravilnik določa računski postopek za določitev kazalnikov rabe energije, ki temelji na standardu SIST EN ISO 13790).

Energetski razredi stavb so definirani v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb in so razvidni iz energetske izkaznice stavbe. **Za obstoječe nestanovanjske stavbe, kamor sodijo tudi vrtci, je predvidena izdelava merjene energetske izkaznice, energetski razred pa je določen na podlagi izmerjenih parametrov rabe energije.** Na ta način se pri izračunu rabe energije v stavbi upošteva način uporabe stavbe: urnik uporabe (od 8 h do 16 h ob delovnikih, vikend in prazniki zaprto), notranja temperatura (notranje temperature v nestanovanjskih stavbah so predpisane, vendar je praksa pokazala, da zelo nihajo) ipd. Medtem pa se računske energetske izkaznice izdelava le pri novogradnjah (pri katerih na začetku obratovanja ni podatkov o rabi energije) in se stavbo uvrsti v razred energetske učinkovitosti glede na letne potrebe toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe.

Energetski razredi so definirani v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. V energetske izkaznici se stavbo uvrsti v razred energetske učinkovitosti glede na letne potrebe toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe –  $Q_{nh}/A_u$  (kWh/m<sup>2</sup>), pri računski na podlagi izračunov, pri merjeni energetske izkaznici pa na podlagi izmerjenih parametrov, in sicer:

Tabela 3.14 Razvrstitev energijskih kazalnikov v razrede. [5]

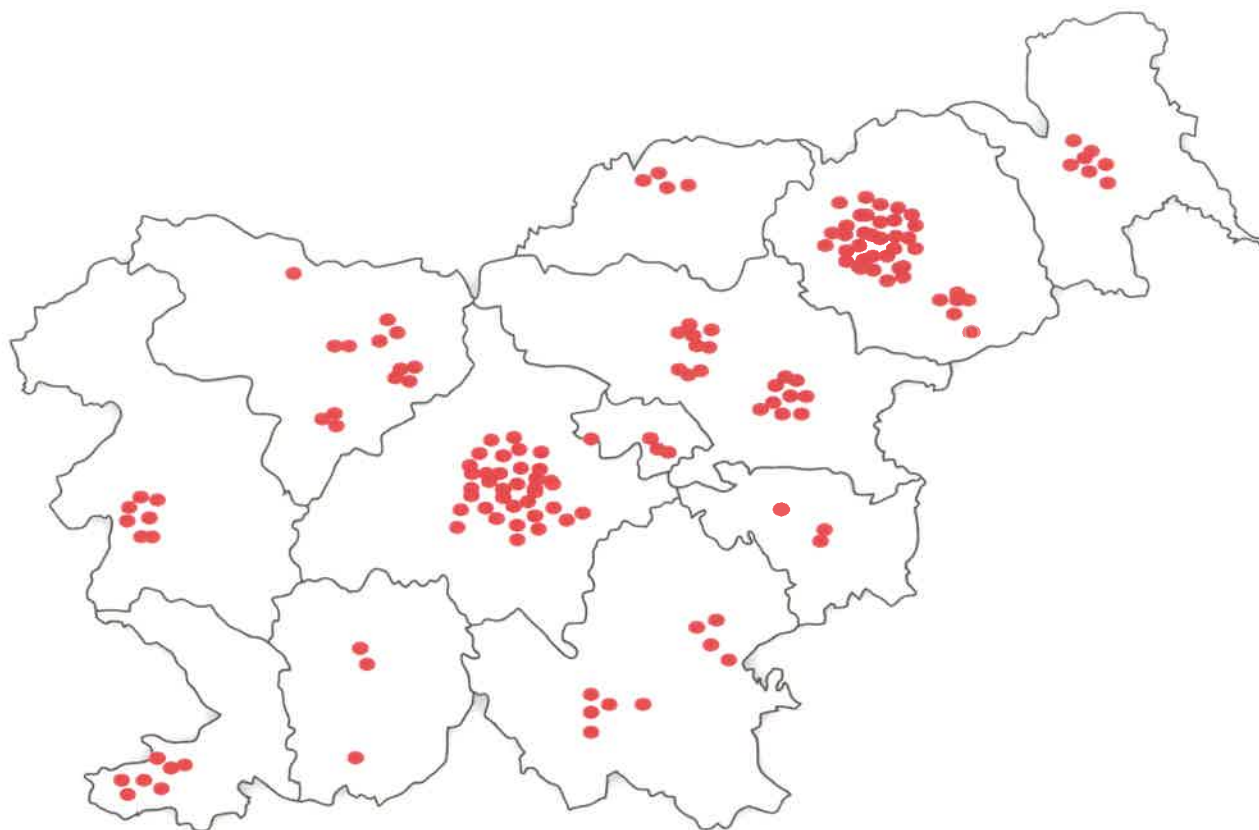
Barva	Razred	Letna potrebna toplota na enoto uporabne površine (kWh/m <sup>2</sup> a)	Opis energetske učinkovitosti stavbe
	A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a	skoraj-nič energetska
	A2	od 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a	pasivna
	B1	od 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a	nizkoenergetska
	B2	od 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a	dobro učinkovita
	C	od 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a	zadostno učinkovita
	D	od 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a	nezadostno učinkovita
	E	od 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a	potratna
	F	od 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a	zelo potratna
	G	od 210 do 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a	



### Metodologija določitev energetskega razreda stavb predšolske vzgoje

Energetski razred stavbe je osnovni parameter energetske učinkovitosti stavbe, Pravilnik jasno določa način izdelave energetske izkaznice in energetskega razreda posamezne stavbe. Glede na izredno veliko število različnih stavb v stavbnem fondu je v tej raziskavi določena metodologija, ki omogoča določitev energetskega razreda posameznega tipa stavbe. S pomočjo numerične analize in programskega orodja (EXEL) bo določen poprečni energetski razred večjega števila tipskih predstavnikov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Za potrebe te raziskave je v ta namen določena posebna metodologija.

Dejstvo je, da ima Slovenija kljub relativno majhni površini in majhnemu številu prebivalcev izredno pester stavbni fond in pokrajine z različnimi klimatskimi lastnosti (od primorja do Alp), kar vsekakor vpliva na rabo energije v stavbah in posledično tudi na energetske lastnosti stavb. Poleg tega imajo mesta s svojim grajenim okoljem svojo specifikko. Zaradi tega je v tej raziskavi določena metodologija, katere cilj je zajeti enakomeren vzorec stavb z območja cele Slovenje. Za izbiro vzorca je kot začetna točka določena razdelitev Slovenije na statistične regije SURS-a, statistične regije so specificirane na podlagi števila prebivalcev, oz. deleža le-tega v skupnem prebivalstvu RS. Delež stavb v vzorcu za posamezno statistično regijo za analizo energijske učinkovitosti stavbe oz. določitev poprečnega energetskega razreda je sorazmeren deležu prebivalstva v skupni populaciji (Slika 3.8 Vzorec stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, uporabljen za določitev poprečnega energetskega razreda stavb. **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



*Slika 3.8 Vzorec stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, uporabljen za določitev povprečnega energetskega razreda stavb.*

V izbranem vzorcu je zelo pester nabor stavb različnih letnic, velikosti in energetske lastnosti. Z določeno metodologijo bo za izbrani vzorec stavb s pomočjo numerične analize in programskega orodja (EXEL) določen povprečen energetski razred za vsakega tipskega (TIP A – TIP E) predstavnika na podlagi merjenih parametrov, ki so zbrani iz javno dostopnih evidenc in nekaterih lokalnih energetske agencij v Sloveniji.

### **Energetski razred stavbe**

Zakonska podlaga določa merjeno energetsko izkaznico oz. določitev energetskega razreda ne-stanovanjske stavbe izključno na podlagi izmerjenih parametrov (razen za novogradnje). Prav tako je tudi v tej raziskavi določen povprečen energetski razred na podlagi izmerjenih podatkov. Za različne tipe stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, za izbrani vzorec stavb, je izvedena numerična analiza v



programskem orodju EXCEL, parametri so določeni na podlagi aritmetične sredine vseh zbranih rezultatov za posamezni podtip stavb predšolske vzgoje:

- dovedena energija namenjena pretvorbi v toploto [kWh/m<sup>2</sup>a],
- dovedena električna energija [kWh/m<sup>2</sup>a],
- primarna energija [kWh/m<sup>2</sup>a],
- emisije CO<sub>2</sub> [kg/m<sup>2</sup>a],
- prisotnost alternativnih virov energije in sistemov za prezračevanje z rekuperacijo.

Na podlagi numeričnih analiz izbranega vzorca (154 stavb) lahko zaključimo, da je poprečen energetski razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji E s poprečno dovedeno energijo, namenjeno pretvorbi v toploto 132,935 [kWh/m<sup>2</sup>a]. Za določene tipske predstavnike pa lahko zaključimo: TIP A – energetski razred F, TIP B/C/D – energetski razred E, TIP E – energetski razred D.



Tabela 3.15 Energetski razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji za posamezne tipse predstavnikov stavb.

		Dovedena energija namenjena pretvorbi v toploto [kWh/m <sup>2</sup> a]	Dovedena električna energija [kWh/m <sup>2</sup> a]	Primarna energija [kWh/m <sup>2</sup> a]	Emisije CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> a]
<b>A</b>	<b>do 1945</b>	181,3	40,4	251,1	58,7
	<b>A1</b>	181,3	40,4	251,1	58,7
<b>B</b>	<b>1946 - 1970</b>	139,85	100,865	389,965	62,85
	<b>B1</b>	129,6	65,8	229,2	50,4
	<b>B2</b>	104	26	678	41
	<b>B3</b>	183,8	55,66	289,66	61
	<b>B4</b>	142	256	363	99
<b>C</b>	<b>1971 - 1980</b>	146,015	65,97	275,58	61,615
	<b>C1</b>	135,16	69,34	278,68	63,03
	<b>C2</b>	156,87	62,6	272,48	60,2
<b>D</b>	<b>1981 - 2001</b>	124,275	75,445	262,7725	59,9425
	<b>D1</b>	128,91	48,64	235,55	52,64
	<b>D2</b>	126,43	94,14	306,86	67,86
	<b>D3</b>	120,88	51	241,5	61
	<b>D4</b>	120,88	108	267,18	58,27
<b>E</b>	<b>2002 - 2020</b>	73,235	74,935	180,2	49,355
	<b>E1</b>	90,17	71,47	198	54,71
	<b>E2</b>	56,3	78,4	162,4	44

### 3.1.2.2 Analiza energetske učinkovitosti stavb v obstoječem stavbnem fondu

Analiza dejanskega stanja energijske učinkovitosti stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je zajela tudi analize energetske učinkovitosti obstoječih stavb na podlagi podatkov, zbranih z ogledom stavb in z anketnim vprašalnikom v okviru projekta VRTEC+ (znotraj Aktivnosti A1). S pomočjo vprašalnikov in ogleda stavb so zbrani podatki o velikem številu stavb in mnenjih uporabnikov prostora, ki skupaj s predhodno določenimi energetskimi razredi stavb v poglavju 3.1.2.1 tvorijo celovito sliko o energijski učinkoviti celotnega stavbnega fonda.

#### Pregled stanja na terenu – analiza na podlagi pregleda stavb z obiskom *in-situ*

Dejansko stanje v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji je ocenjeno tudi na podlagi obiskov stavb in vizualnega pregleda stavb *in situ*. Na podlagi pregleda številnih stavb so pridobljeni splošni podatki o stavbah in podatki, ki vplivajo na energijsko učinkovitost stavbe. Zbrano je veliko fotografskega materiala.

V nadaljevanju so predstavljeni referenčni primeri prenovljenih in neprenovljenih stavb za posamezne tipske predstavnike (Slika 3.9 – Slika 3.13 ). Izjema je TIP E, kamor sodijo novejšje stavbe, grajene po letu 2002, ki večinoma niso potrebne prenove.

TIP A	TIP A
Neprenovljena stavba - primer	Prenovljena stavba - primer
	

*Slika 3.9 Stavba TIP A - primer a) Vrtec v Mariboru (1927), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Vrhniki (stavba kulturne dediščine), celovita energetska prenova stavbe (TI dodana na notranjo strani zunanje stene)*

**TIP B**

Neprenovljena stavba - primer / stavba kasneje prenovljena  
2020



**TIP B**

Prenovljena stavba - primer



*Slika 3.10 Stavba TIP B - primer a) Vrtec v Mariboru (1959), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Mariboru (1956), celovita energetska prenova stavbe*

**TIP C**

Neprenovljena stavba - primer / stavba kasneje  
prenovljena 2020



**TIP C**

Prenovljena stavba - primer



*Slika 3.11 Stavba TIP C - primer a) Vrtec v Kranju (1973), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Kočevju (1979), celovita energetska prenova stavbe*

**TIP D**

Neprenovljena stavba - primer / stavba kasneje prenovljena 2020



**TIP D**

Prenovljena stavba - primer



*Slika 3.12 Stavba TIP D – primer a) Vrtec v Mariboru (1981), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Mariboru (1981), celovita energetska prenova stavbe*

**TIP E**

\*stavbe grajene po letu 2020 niso bile prenovljene



**TIP E**



*Slika 3.13 Stavba TIP E- primer a) Vrtec v Ločah (2017), montažna lesena konstrukcija b) Vrtec v Ilirski Bistrici (2016), masivni konstrukcijski sistem*



Pregled stanja stavb na terenu je zajel ogled stavb z območja celotne Sloveniji in je pokazal zelo pester stavbni fond stavb predšolske vzgoje v smislu stopnje energijske učinkovitosti stavb oz. izvedenih posegov. Stavbe TIP A so večinoma vsaj delno prenovljene. Številne stavbe iz 70' in 80' TIP B in TIP C še vedno obstajajo v izvorni obliki, vendar je večina stavb že bila delno ali v celoti prenovljena s ciljem izboljšanja energetske učinkovitosti. Stavbe predšolske vzgoje, ki jih lahko uvrstimo v tip stavbe TIP D, so bile prav tako deležne številnih posegov. Večinoma so prisotni posegi za izboljšanje energijske učinkovitosti stavb, kot so: zamenjava stavbnega pohištva in dodajanje sloja termoizolacije na obstoječo fasado. Številni primeri manj ali bolj uspešnih prenov so na vseh tipskih predstavnikih stavb: TIP A/B/C/D/E.

### **Analiza dejanskega stanja na podlagi ocene podatkov iz anketnega vprašalnika<sup>2</sup>**

Analize dejanskega stanja energetske učinkovitosti stavb so izvedene tudi na podlagi zbranih rezultatov v tej raziskavi (rezultati zbrani znotraj Aktivnost A1). Rezultati so zbrani s pomočjo anketnega vprašalnika, v katerem so na vprašanja odgovarjali ravnatelji. Podatki so referenčni za stavbni fond kot celoto, saj so zajeli vzorec 269 stavb (enot vrtcev) iz vseh statističnih regij RS, vendar analize kažejo na pomanjkljive informacije ravnateljev in posledično na rezultate, ki se na posameznih področjih ne morejo analizirati v kontekstu celotnega stavbnega fonda. Poudarek je na naslednjih ugotovitvah s področja energijske učinkovitosti stavb:

- **SPLOŠNE UGOTOVITVE O ENERGETSKI IZKAZNICI STAVBE**

- ravnatelji zelo slabo poznajo področje energetske učinkovitosti, kar kaže podatek, da je na vprašanje *ali ima stavba vrtca energetska izkaznico* 48,3% odgovorilo *da*, 10,8% odgovorilo *ne in je ne potrebuje* in celo 40,9% je odgovorilo *ne*. Iz tega se lahko sklepa, da ima 40,9% vseh stavb (po določbah zakona bi morala imeti) energetska izkaznica, vendar ravnatelj s tem ni seznanjen. Iz tega izhaja, da je skoraj **nujno omogočiti ravnateljem ustrezna izobraževanja o osnovah energetske učinkovitosti, o tem, kako pristopiti k prenovi stavbe in o tem, kako skrbeti za energetska prenovljeno stavbo, kajti večina ima pedagoško izobrazbo.**

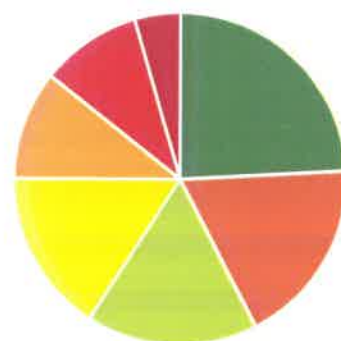
---

<sup>2</sup> Anketni vprašalnik VRTEC+ 2019/2020 [2]

- zbrani rezultati indicirajo, da imajo stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji v 24,2% energetski razred A. Medtem pa je analiza izmerjenih parametrov (v poglavju 3.1.2.1) pokazala poprečen energetski razred E. **Na podlagi zbranih podatkov iz anketnega vprašalnika se lahko sklepa, da so na vprašanje, ali ima stavba vrta energetsko izkaznico in v katerem energetskem razredu je stavba, odgovarjali ravnatelji prenovljenih stavb, ki so po vsej verjetnosti seznanjeni s prenovo novejšega datum.** Medtem pa 40% vprašanih zatrjuje, da stavba nima energetske izkaznice, kar pomeni, da se dejansko niso poglobljali v tematiko energetske učinkovitosti, da dejansko nimajo podatkov, ali je bila stavba prenovljena v preteklosti, ali da stavba po vsej verjetnosti ni bila prenovljena. **Torej, rezultati anketnega vprašalnika o energetskem razredu stavbe po vsej verjetnosti niso relevantni.**

Tabela 3.16 Energetski razred stavbe – rezultati anketnega vprašalnika VRTEC+.

Energetski razred stavbe										
	Total	Do 1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	od 2011 dalje	Nimam podatka o letnici
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
A	24,2	28,6	14,3	/	21,4	21,1	16,7	44,4	42,1	/
B	18,2		42,9	/	17,9	10,5	/	22,2	31,6	33,3
C	16,7	28,6	14,3	50	12,5	10,5	83,3	11,1	/	33,3
D	15,9	28,6	/	16,7	16,1	15,8	/	11,1	21,1	33,3
E	10,6	14,3	/	16,7	16,1	10,5	/	/	5,3	/
F	9,8	/	28,6	16,7	5,4	31,6	/	11,1	/	/
G	4,5	/	/	/	10,7	/	/	/	/	/



■ A ■ B ■ C ■ D ■ E ■ F ■ G



- **SPLOŠNE UGOTOVITVE**

- 25% slovenskih vrtcev je potrebnih celovite prenove,
- 45% slovenskih vrtcev je potrebnih nekaterih posegov (od tega je približno 50% stavb potrebnih posegov energetske prenove, približno 20% stavb potrebuje zamenjavo stavbnega pohištva, temu sledijo posegi prenove kotlovnice, kuhinje, sanitarnih prostorov, ipd.),
- približno 30% stavb v stavbnem fondu po ocenah ravnateljev ne potrebuje nobenih posegov (so bile v celoti prenovljene ali so stavbe novejšega datuma),
- le 28% stavb, potrebnih prenove, načrtuje celovito energetsko prenovo stavbe, 28% pa zamenjavo stavbnega pohištva,
- energetsko izkaznico stavbe ima (izobešano na vidnem mestu v stavbi) 48,3% stavb, 40,9 je nima in 10,8 je ne potrebuje,
- alternativni načini hlajenja in ogrevanja stavb so prisotni v približno 30% stavb, od tega največkrat prezračevanje z rekuperacijo približno v 20% in toplotne črpalke v približno 16% vseh stavb z alternativni načini hlajenja in prezračevanja.

- **OGREVANJE STAVBE**

- 76% stavb ima centralni sistem ogrevanja z lastno kotlovnico, približno 20% stavb je priklopljenih na sistem daljinskega ogrevanja,
- približno 84% stavb s centralnim sistemom ogrevanja ima časovno in temperaturno regulacijo, vsekakor pa je vprašanje, ali je sistem optimalno nastavljen. Zaskrbljujoče je, da dobrih 10% ravnateljev nima podatkov o tem, ali imajo sistemi ogrevanja časovno in temperaturno regulacijo.

- **PREZRAČEVANJE IGRALNICE**

- 72,5% stavb ima izključno naravno prezračevanje z odpiranjem oken. Centralni sistem za prezračevanje ima le približno 12% stavb, vse ostale stavbe imajo mehansko prezračevanje v kuhinji in naravno prezračevanje v sanitarnih prostorih,
- v 90% stavb imajo zaposleni posebna navodila glede prezračevanja igralnic. Izredno pomembno vprašanje pa je, ali se navodila upoštevajo in kako se v praksi izvaja prezračevanje.



- **HLAJENJE STAVBE**

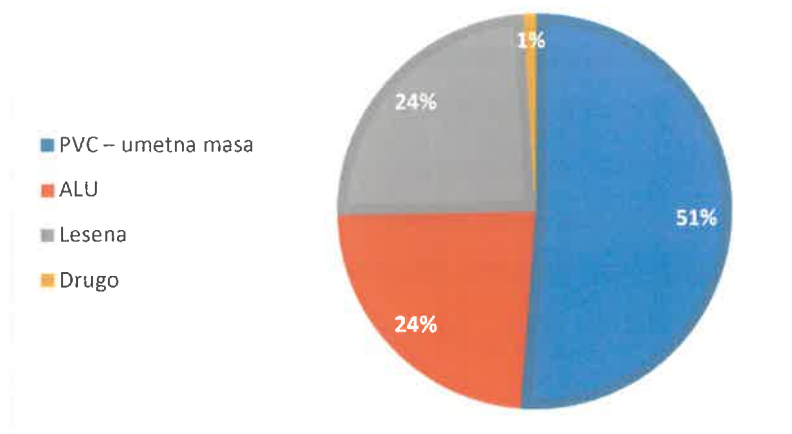
- 44,6% stavb predšolske vzgoje nima nobene oblike klimatizacije v poletnih mesecih. Od vseh klimatiziranih stavb jih ima 92,3% posamezne klimatske naprave, le 7,7% stavb ima centralno klimatsko napravo.

- **TERMALNI OVOJ**

- rezultati raziskave so pokazali, da je približno 22% stavb predšolske vzgoje grajenih z montažnimi konstrukcijski sistemi in v sklopu termalnega ovoja vsebuje TI različnih debelin. Približno 80% stavb je zgrajenih v masivnem konstrukcijskem sistemu, od tipa stavbe (letnice) pa je odvisno, ali imajo termo izolacijo v termalnem ovoju.
- na približno 65% stavb predšolske vzgoje so v celoti zamenjana okna. Približno 66% ima žaluzije z zunanje strani oken, 31% stavb ima senčila z notranje strani okna, kar kaže na dejstvo, da je še vedno veliko manipulativnega prostora za izboljšanje. Torej lahko sklepamo, da se lahko na približno 30% stavb predšolske vzgoje v Sloveniji izboljša energetska učinkovitost s spremembo senčil na oknih.
- na podlagi analiz, predhodno narejenih v tej raziskavi, lahko trdimo, da ima približno 66% stavb v stavbnem fondu predšolske vzgoje v Sloveniji v celoti zamenjana okna. Približno 23% deleža stavb nima zamenjanih oken (sem spadajo tudi stavbe novejšega datuma TIP E, ki ne potrebujejo zamenjave oken zaradi izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe in zagotavljanja prihrankov energije). V smislu materializacije oken na stavbah predšolske vzgoje Sloveniji, pridobljeni podatki iz te raziskave kažejo na naslednjo strukturo oken na stavbah predšolske vzgoje: PVC – umetna masa, približen delež 55%, ALU in lesena po 25% (Slika 3.14 Graf - materializacija oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji).  
**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**

-





Slika 3.14 Graf - materializacija oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji

#### • OBRATOVANJE STAVBE

- obratovalni čas vrtcev v Sloveniji je od ponedeljka do petka, 61% stavb je odprtih 10-12 ur na dan, približno 37,2 % do 10 ur in le 1,9 več kot 12 ur na dan,
- 57.2% vrtcev uporablja za osvetljavo vrtca varčne žarnice, in približno 31% stavb predšolske vzgoje delno uporablja varčne žarnice. Tako lahko izpostavimo pomemben delež stavb v stavbnem fondu, ki bi z zamenjavo žarnic tudi prispevale k zmanjšanju rabe energije na nivoju celega stavbnega fonda,
- 90.3% vrtcev ima navodila za prezračevanje igralnic, ki naj bi zagotovila učinkovito prezračevanje,
- 40% stavb tekom dneva dodatno osvetljuje prostore igralnic z umetno svetlobo.

#### MNJENJE UPORABNIKOV STAVBE – na podlagi anketnega vprašalnika<sup>3</sup>

- zaposleni v enoti vrtca so zadovoljni s temperaturo zraka v igralnicah v zimskem času (zadovoljstvo z gretjem) – poprečna ocena 4,29 (od maksimalnih 5),
- zaposleni v enoti vrtca so najmanj zadovoljni s temperaturo zraka v igralnicah v poletnem času (zadovoljstvo s hlajenjem) – poprečna ocena 3,39 (od maksimalnih 5),

<sup>3</sup> Na podlagi podatkov iz anketnega vprašalnika VRTEC+ 2019/2020 [2]

- anketirani vzgojitelji/vzgojiteljice ocenjujejo, da je notranjih površin, namenjenih otrokom premalo (50.9% vprašanih), notranjih površin, namenjenih pedagoškimi delavcem premalo (56.9% vprašanih), notranjih površin, namenjenih drugim zaposlenim premalo (48% vprašanih), zunanjih površin, namenjenih otrokom premalo (20.8%),
- uporabniki stavb/igralnic so na vprašanje ali opazate kakršnekoli pomanjkljivosti in imate kakršnokoli pripombo v zvezi z energetske učinkovitostjo stavbe, podali komentarje o: slabem prezračevanju stavb, slabem hlajenju stavb (veliko igralnic nima klimatskega sistema/klimatskih naprav).

### 3.1.2.3 Primerjalne študije – analiza dosedanjih primerov prenove

S ciljem analize dosedanjih primerov prenov oz. učinkovitosti prenov in doseženih rezultatov v smislu izboljšanja energetske učinkovitosti stavb v tem delu raziskave je izvedena teoretična primerjalna študija. Analize so zajele komparacijo energetskega stanja stavbe pred prenovo in po njej. **Smisel primerjalnih študij je v tem, da se preveri učinkovitost že obstoječih prenov.**

Za študijo primera je izbran tip stavbe, katerega delež v stavbnem fondu je zelo velik, in zato lahko predstavlja referenčni primer za vse stavbe podobne tipologije. Poleg tega posegi na stavbi, izbrani za to primerjalno študijo, predstavljajo najbolj pogost spekter posegov ob celovitih energetskih prenovah stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

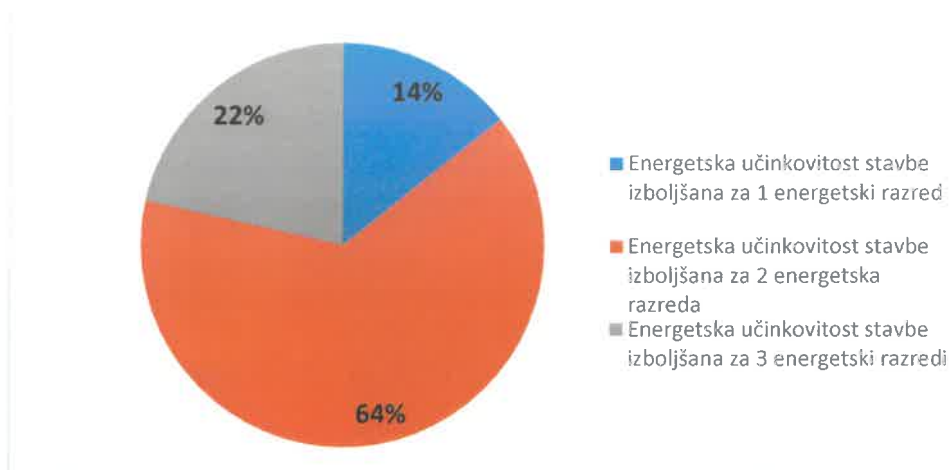
Na podlagi vseh zbranih podatkov v tem projektu je predstavljena primerjalna analiza pred prenovo vrtca v Ljubljani, zgrajenega 1980 (Tabela 3.17) in po njej. Vrtec je bil obnovljen v sklopu Energetske obnove Ljubljane (EOL), v sklopu katere je bilo štirinajst vrtcev celovito energetsko prenovljenih [6].

Tabela 3.17. Primerjalna študija celovite energetske prenove vrta

tip konstrukcije	Masivna / AB nosilne stene <sup>4</sup>	
etažnost	K+P	
letnica	1980 / manjše prenove 2003 / leto obnove 2017/2018	
poseg	Celovita energetska prenova objekta	
	<b>Izhodiščno stanje-stanje pred prenovo</b>	<b>Stanje po prenovi [6]</b>
fotografska dokumentacija		
stavbni ovoj		
streha/mk	brez TI	<b>dodatnih d=25 cm TI</b>
stena	d=10 cm TI	<b>dodatnih d=16 cm TI</b>
okna	PVC (2,8 W/m <sup>2</sup> K)	<b>PVC (2,8 W/m<sup>2</sup>K), vgrajene zunanje žaluzije</b>
tla	d=5 cm TI	d=5 cm TI
ogrevanje	DO, lastna toplotna postaja	DO, lastna toplotna postaja, <b>vgrajeni termostatski ventili</b>
prezračevanje	naravno	<b>vgrajeno prezračevanje z rekuperacijo v kuhinji</b>
raba energije	136,90 kWh/m <sup>2</sup> a	48,61 kWh/m <sup>2</sup> a
razred energetske učinkovitosti	E	C

Na podlagi analize izbranega vzorca stavb, ki so bile zajete z Energetsko obnovo Ljubljane lahko zaključimo, da se ob celovitih energetskih prenovah energetska učinkovitost stavbe največkrat izboljša za dva energetska razreda. Od vseh stavb, zajetih v projektu EOL [6], se je pri 64% celovito energetsko prenovljenih stavb izboljšala energetska učinkovitost stavbe za dva energetska razreda, pri 22% stavb za tri energetske razrede in 14% stavb le za en energetski razred (Slika 3.15).

<sup>4</sup> Izbrani primer za primerjalno študijo vrtec Andersen, enota Lastovica



Slika 3.15 Graf - izboljšanje energetskega razreda stavbe ob celovitih energetskih prenovah

### 3.2.2.3 Zaključki analize

Analiza energijske učinkovitosti stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je pokazala tipološko zelo pester nabor stavb z zelo raznoliko energetske učinkovitostjo. Veliko število stavb z različnimi lastnostnimi je zelo težko poenotiti v smislu unificiranja energetske lastnosti stavb, vendar so zaključki z določenimi splošnimi ugotovitvami izvedeni na podlagi analize energetskega razreda stavbe, analize energetske učinkovitosti stavb v obstoječem stavbnem fondu in primerjalne študije.

Analiza energetskega razreda stavbe je na podlagi numeričnih analiz izbranega vzorca (154 stavb) pokazala, da je **poprečen energetskega razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji E s poprečno dovedeno energijo, namenjeno pretvorbi v toploto 132,935 [kWh/m<sup>2</sup>a]**. Določeni tipski predstavniki pa imajo energetskega razred: TIP A – energetskega razred F, TIP B/C/D – energetskega razred E, TIP E – energetskega razred D.

Analiza energetske učinkovitosti stavb v obstoječem stavbnem fondu je pokazala, da je veliko število stavb že bilo delno ali v celoti prenovljenih s ciljem izboljšanja energetske učinkovitosti stavb. **Približno 80 % vrtcev, zgrajenih od 1960 do 1980 v Sloveniji, je že bilo delno ali celostno energetskega prenovljenih. Kot najbolj pogost delni poseg energetskega prenove pa je evidentirana zamenjava stavbnega pohištva.** Analize mnenja uporabnikov stavb predšolske vzgoje so pokazale veliko pomanjkanje znanja o energetske učinkovitosti s strani uporabnikov stavbe in pomanjkljivosti v hlajenju in ogrevanju stavbe.

Primerjalna študija je pokazala, da **stavbe predšolske vzgoje s celovito energetske prenovo v poprečju lahko izboljšajo energetske učinkovitost za dva energetska razreda**, kar pa je odvisno od številnih dejavnikov.

Na podlagi analiz, izvedenih v tem delu raziskave, se lahko zaključi, da **obstaja še veliko potenciala za izboljšanje energijske učinkovitosti posameznih stavb oz. zmanjšanje porabe energije**, kar lahko bistveno pripomore k izboljšanju energetske lastnosti celotnega stavbnega fonda. Potencial je seveda predvsem v neobnovljenih ali delno obnovljenih stavbah, pri katerih je lahko izboljšanje energijske učinkovitosti zelo veliko. Pri stavbah, ki so bile celovito energetske prenovljene, lahko govorimo o možnostih za zmanjševanje rabe energije na nivoju organizacijskih ukrepov. Lahko zaključimo, da je možnosti za varčevanje energije na ravni celotnega stavbnega fonda glede na skupno število stavb ogromno. Zaradi tega so na podlagi analiz določene splošne smernice za nivo celega stavbnega fonda, opredeljene glede na stopnjo dosedanjih posegov prenov na stavbah in energijsko učinkovitost stavbe, ki so tudi osnova za nadaljevanje raziskovalnega dela znotraj naslednje aktivnosti A4. Smernice zajemajo splošno določila in so predstavljene v Tabela 3.18 Splošne smernice za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb.:

*Tabela 3.18 Splošne smernice za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb.*

Stopnja prenove stavbe	Posegi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe
neprenovljene stavbe	<ul style="list-style-type: none"><li>- razširjeni energetski pregled stavbe</li><li>- načrt posameznih posegov energetske prenove ali celovite energetske prenove</li><li>- izvedba posegov</li><li>- organizacijski ukrepi za zmanjševanje porabe energije v stavbi, pravilno upravljanje s stavbo; pojasnila - navodila uporabnikom stavbe</li></ul>
delno prenovljene stavbe	<ul style="list-style-type: none"><li>- analiza dodatnih možnosti v smislu možne izvedbe dodatnih posegov za izboljšanje energetske učinkovitosti (analiza finančne upravičenosti posegov)</li><li>- načrt posameznih posegov energetske prenove ali celovite energetske prenove</li><li>- izvedba posegov</li><li>- organizacijski ukrepi za zmanjševanje rabe energije v stavbi, pravila o upravljanju s stavbo; pojasnila - navodila uporabnikom stavbe</li></ul>
v celoti prenovljene stavbe ali novozgrajene stavbe	<ul style="list-style-type: none"><li>- organizacijski ukrepi za zmanjševanje porabe energije v stavbi, pravila o upravljanju s stavbo; pojasnila - navodila uporabnikom stavbe</li></ul>



Kot že poudarjeno, je obstoječi fond stavb predšolske vzgoje v Sloveniji izredno pester v smislu arhitekturno-gradbenih in energetskih lastnosti stavb. To je posledica zgodovinskih dejavnikov, ki so vplivali na gradnjo stavb predšolske vzgoje na prostoru nekdanje Jugoslavije. V tem smislu so ugotovitve te raziskave lahko uporabne tudi za stavbe v vseh nekdanjih republikah, ki so tipološko podobne. V Sloveniji je prenovljeni del stavbnega fonda že nekoliko večji v primerjavi z ostalimi državami nekdanje Jugoslavije zaradi potrebe po usklajevanju z evropskimi direktivami in možnosti črpanja evropskih sredstev za prenavo stavb predšolske vzgoje, ki jih ima Slovenija kot članica EU. Sicer pa je večina stavb predšolske vzgoje, ki so bile zgrajene v letih pred uvedbo strožjih predpisov na področju energetske učinkovitosti stavb na prostoru nekdanje Jugoslavije, danes potrebnih energetske prenove.<sup>5</sup>

### 3.1.3 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje

Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje v Sloveniji so številni in medsebojno zelo povezani. V tem delu raziskave so analizirani v splošnem kontekstu in so razdeljeni v tri skupine: 1.) Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (splošni, proceduralni in birokratski), 2.) Pomanjkljivosti in problemi v zvezi s termalnim ovojem stavb in 3.) Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z notranjim bivalnim okoljem.

Splošni pregled pomanjkljivosti in problemov, povezanih z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, je v tem delu raziskave strukturiran po skupinah, ki pa so med seboj zelo povezane, saj je stavba sistem, t. j. celota v energetskem, konstrukcijskem in arhitekturnem smislu. Zaradi tega posamezni dejavniki povzročajo probleme na več različnih področjih.

---

<sup>5</sup> Uvedba strožjih predpisov je v republikah nekdanje Jugoslavije potekala zelo različno. V Sloveniji je leta 2002 prvič začel veljati Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). Na Hrvaškem je leta 2012 prvič začel veljati Zakon o energetske učinkovitosti. V Srbiji pa je leta 2011 začel veljati "Правилник о енергетској ефикасности зграда". Za ostale republike so referenčni zakonski akti začeli veljati v Federaciji Bosne in Hercegovine leta 2017, v Črni gori pa leta 2015.



### 3.1.3.1 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (splošni, proceduralni in birokratski)

#### POMANJKLJIVOST EVIDENC IN VERODOSTOJNOST DOSTOPNIH PODATKOV O ENERGIJSKI UČINKOVITOSTI JAVNIH STAVB

V slovenskem prostoru evidence o stavbah vzgojno-izobraževalnih ustanov niso urejene in sistematizirane, zaradi tega zelo težko ocenimo obseg dosedanjih prenov na vseh stavbah stavbnega fonda. Prav tako pa na podlagi dostopnih evidenc tudi zelo težko dobimo celotno sliko o trenutnem stanju stavb v stavbnem fondu z vidika energetske učinkovitosti. Javno dostopne baze podatkov so pomanjkljive, pogosto tudi z napačnimi podatki (kar je med drugim analizirano znotraj aktivnosti A 1 te raziskave).

Uporabni vidik urejenih evidenc (splošnih in tudi evidenc, usmerjenih na podatke o energetske učinkovitosti) vseh stavb, javnih stavb in seveda stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je zelo pomemben predvsem za inštitucije, ki financirajo njihovo gradnjo in vzdrževanje (MIZŠ, občinske službe, ipd.). Urejene evidence bi omogočile preglednejše in bolj ekonomično načrtovanje investicij, vzdrževalnih del, energetske sanacij, ipd. Na področju skrbi za vrtce se stikata državna in občinska raven, zato lahko neurejene baze podatkov pripeljejo do neusklajenega delovanja, neprepoznavanja težav in nestrokovnih odločitev pri skrbi za stavbni fond javnih vrtcev. Na nacionalni ravni ima torej lahko evidenca vseh stavb vrtcev funkcijo seznanjanja uporabnikov s kakovostjo stavbe ter smernicami za ravnanje, obenem pa omogoča nadzor nad uporabo, prenovo in vzdrževanjem. Urejene evidence so eden od bistvenih elementov za ohranjanje ali izboljševanje/ nadgrajevanje kakovosti prostorov vrtcev v življenjskem ciklu zgradbe, žal pa jih v Sloveniji ni. Posamezne občine oz. mestne občine so poskušale urediti svoje evidence na lokalni ravni, vendar bi bilo dobro, da ima RS urejene in dostopne evidence o javnih stavbah. **Pomanjkljivost uradnih evidence ima za posledico dejstvo, da trenutno v Sloveniji nimamo jasne celotne slike, kakšni so naši vrtci, koliko jih je prenovljenih ali potrebnih prenove.** Na ta vprašanja je pričujoča raziskava delno poskušala odgovoriti znotraj aktivnosti A1 te raziskave.

Zanesljivost dostopnih podatkov je težava, ki se navezuje na problem oz. je del problema pomanjkljivih evidenc. V tej raziskavi lahko komentiramo predvsem podatke iz dostopnih energetske izkaznicah stavb, za katere se je pokazalo, da niso popolnoma zanesljivi. V procesu analize dostopnih evidenc o energetske učinkovitosti stavb je ugotovljeno, da so podatki v



energetskih izkaznicah velikokrat napačni, pomanjkljivi ali pa da energetske izkaznice sploh niso dostopne v GURS-u. Žal so napačni podatki o stavbah delno tudi posledica sistemskih pomanjkljivosti, zaradi katerih se energetske izkaznice izdelujejo kot po tekočem traku za nedopustno majhno tržno ceno, brez poglobljanja v vsebino.

## **SISTEMSKE POMANJKLJIVOSTI PRI IZVAJANJU ENERGETSKIH PRENOV V JAVNEM SEKTORU**

Prenizka prioriteta energetske problematike v javnem sektorju in pomanjkanje sredstev v javnem sektorju za izvajanje načrtovanih celovitih prenov so rezultirali s številnimi sistemskimi pomanjkljivostmi pri izvajanju energetskih prenov. Na podlagi vseh dosedanjih analiz v tej raziskavi so izpostavljene vse sistemske pomanjkljivosti pri izvajanju energetskih prenov v javnem sektorju.

**Neizvajanje celovitih prenov javnih stavb** oz. množično izvajanje nepremišljenih parcialnih posegov. Glavni vzrok, zaradi katerega prihaja do navedenih težav, je pomanjkanje finančnih sredstev, ki lahko zagotovijo celovito prenovo stavb in pomanjkanje znanja naročnikov. Večinoma so se v stavbah predšolske vzgoje izvajale delne preнове, ki so investicijsko manj zahtevne in ki prinašajo takojšnje učinke. Posledica tega so večinoma neoptimalni projekti z vidika tehničnih rešitev in stroškov. Velikokrat pa imajo tovrstni posegi negativne učinke na kakovost notranjega bivalnega ugodja ali ogrožajo arhitekturno-oblikovne lastnosti stavb ipd., kar bo tudi v nadaljevanju predstavljeno.

**Problem izvajanja nepremišljenih parcialnih posegov v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji** je tudi ena izmed posledica sistemskih pomanjkljivosti pri izvajanju energetskih prenov v javnem sektorju v Sloveniji. Razlog za množično izvajanje parcialnih namesto celovitih energetskih prenov je predvsem pomankanje financ in sistemskih načrtov na nivoju občin in republike, kar lahko sproži številne negativne posledice.

Kakovost prostora in stavb vrtcev je odvisna od veliko med seboj povezanih dejavnikov. Njihovo poznavanje in poznavanje odnosov med njimi je ključnega pomena pri snovanju novih stavb in načrtovanju prenov obstoječih, in jih je zaradi tega potrebno obravnavati celostno. Poleg komponente energetske učinkovitosti stavbe, ki je vsekakor fokus energetske preнове, je potrebno upoštevati še notranje bivalno ugodje, arhitekturno-oblikovne lastnosti stavbe, funkcionalne potrebe ipd. Večina prenov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je izvedena s ciljem izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe in zmanjšanja rabe energije, ob tem pa je tudi





finančno omejena in zaradi nezadostnih proračunov velikokrat izvedena kot parcialna. Ob tem je pomembno dejstvo, da je načrtovanje parcialnih posegov ob vzdrževanju ali prenovi objektov večinoma prepuščeno strokovnim delavcem/ravnateljem (vrtcev), ki nimajo dovolj strokovnega znanja in se o tovrstnih posegih odločajo skupaj z izvajalci. Ob tem starejše stavbe in prostori, ki so bili celostno kakovostno načrtovani za otroke, v sodobnem času izgubljajo z neustreznimi prenovami, energetske sanacije in nestrokovno izvedenimi vzdrževalnimi deli kakovost - funkcionalno, arhitekturno-oblikovno in kar je izredno pomembno - kakovost notranjega bivalnega ugodja.

Parcialni posegi so tudi posledica usmeritve formalno uveljavljenih normativov pretežno v tehnološki, energetske, varnostni in prostorski (ekonomika – minimalna velikost) vidik zasnove. Drugi vidiki so formalno manj normirani in v praksi praviloma podrejeni, pogosto celo neupoštevani, kar je odraz šibkega zavedanja o nujnosti interdisciplinarne obravnave teme in nizke splošne kulturne ozaveščenosti družbe o pomenu celostnega pristopa pri obravnavi prostorov, namenjenih najmlajšim. Poleg tega gre tudi za posledico odsotnosti systemskega pristopa države pri prenovah javnih stavb. Da bi zavrli slabšanje razmer in negativne posledice neprimernih posegov in izvedb ter izboljšali posege in gradnjo v prihodnosti, je treba na formalni normativni ravni uveljaviti tudi druge vidike kakovosti prostora in arhitekture vzgojno- izobraževalnih stavb.

**Pomanjkanje systemskega nadzora nad energetske sanacije** stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, za katere gradbeno dovoljenje ni potrebno in so v domeni lokalnih skupnosti. Sem predvsem sodi zamenjava stavbnega pohištva kot najbolj pogost poseg, ki se zelo enostavno izvede, neodvisno od ostalih posegov in brez potrebne dokumentacije (projektna, gradbenega dovoljenja ipd.). Za izvajanje posega se lahko odloči vodstvo vrtca, tako da se cel postopek lahko izpelje brez strokovnega nadzora. Tovrstne intervencije na stavbi kljub energetske nadgradnji pogosto celo (po)slabšajo notranje bivalno ugodje in prostorske kakovosti sicer v preteklosti dobro načrtovanih objektov.

**Problem pri izdelavi tehnične dokumentacije pri energetske prenovah javnih stavb** oz. stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je premajhen pomen tehnične in investicijske dokumentacije (ID), čeprav sta razširjen energetske pregled (REP) in ID na tehničnem in ekonomskem nivoju osnovna dokumenta za identifikacijo problematike, definiranje rešitve in ekonomske upravičenosti energetske prenove stavb. Uporaba napačnih oz. nepreverjenih predpostavk, napačna interpretacija rezultatov analiz, priprava dokumentacije na podlagi že oblikovanega rezultata z nalogo, da že v



naprej upravičimo predpostavljen rezultat, so samo nekatere pomanjkljivosti, ki se pojavljajo pri izdelavi tehnične dokumentacije pri energetskih prenovah javnih stavb. Pomembno je poudariti, da mora dokumentacija analizirati upravičenost (analiza stroškov in koristi, analiza tveganj, analiza občutljivosti, itd.) posameznih variant, ki obravnavajo različne pristope k energetski prenovi stavb, kar je edina pravilna pot. Le s tovrstnim pristopom pri izdelavi tehnične dokumentacije je mogoče na kakovosten način pristopiti k energetski prenovi vseh javnih stavb v Sloveniji.

**Arhitekturna stroka v energetsko sanacijo ni vključena** in je zato potrebno izpostaviti, da se je država energetske sanacije (tudi v tem segmentu) lotila popolnoma nenačrtovano in brez strategije. Veliko energetskih sanacij javnih stavb se izvaja preko razpisov Ekosklada,<sup>6</sup> na razpisih Ministrstva za okolje in prostor ali javno-zasebnih partnerstvih. Za pridobitev EU sredstev za energetsko sanacijo je potrebno zadostiti zgolj tehničnim vidikom in najnižji ceni izvedbe sanacije. Prav tako se pri delnih energetskih prenovah pri energetskih pogodbah upoštevajo le finančni vidiki prenove. Večinoma tem merilom zadosti dodaten 15 cm izolacijski sloj in zaključni akrilni fasadni omet ali zamenjava stavbnega pohišstva in prenova kotlovnice. Zelo problematično je, da arhitekturna stroka v energetsko sanacijo ni vključena, saj naša zakonodaja energetsko sanacijo uvršča med vzdrževalna dela, za katera ni potrebno pridobiti gradbenega dovoljenja in zato tudi ni potrebna izdelava projekta.

Ob tej priliki je potrebno izpostaviti dobre prakse sosednjih držav, saj sta Avstrija in Nemčija energetsko sanacijo načrtovali zelo strateško: predhodno sta analizirali stavbno dediščino, uredili sezname kakovostne stavbne dediščine, ki jo je vredno ohranjati, izobrazili arhitekturno stroko, vključili spomeniško varstvo, upravnike stavb in izvajalce. Tako ohranjajo svojo stavbno dediščino, arhitekturno kulturo in s tem svojo identiteto. V Sloveniji smo v zadnjih dvajsetih let priče sanacijam, velikokrat izvedenim na kakovostnih in celo spomeniško zaščiteneh objektih brez prisotnosti arhitekturne stroke, s preprostim dodajanjem termoizolacije. Če bomo vse stavbe obdali zgolj z dodatnim slojem izolacije in finalnega ometa, ne oziraje se na videz objekta, bomo uničili našo raznoliko stavbno dediščino, s tem pa tudi našo kulturno identiteto. Vsak poseg v prostor kakor tudi v stavbe mora biti strokovno načrtovan, tako tehnično kot arhitekturno, saj gre za naše skupno javno dobro.

---

<sup>6</sup> Eko sklad, slovenski okoljski sklad, <https://www.ekosklad.si/>



Stavbe predšolske vzgoje, grajene po drugi svetovni vojni na prostoru nekdanje Jugoslavije, so ogledalo družbenega razvoja. Arhitekturni izraz stavb pa je posledica iskanja optimalnih rešitev za potrebe razvoja družbe. Lahko zaključimo, da je veliko število stavb predšolske vzgoje zgrajenih v tem obdobju neprecenljiva stavbna dediščina, ki jo odlikujejo premišljena umestitev v prostor, prostorska in oblikovna skladnost s kontekstom, sodobna prostorska zasnova, inovativni detajli, smiselna uporaba materialov ter premišljeno oblikovanje prostora z upoštevanjem meril in potreb otrok. Zaradi tega je potrebno, da vse posege v stavbi skrbno načrtuje stroka.

Nadzor nad uporabo stavb in izobraževanje uporabnikov je izredno pomembno po koncu gradnje oziroma prenove stavbe predšolske vzgoje. Praviloma pa nadzora nad uporabo in funkcioniranjem vrtcev v Sloveniji ni, saj je ravnanje s stavbami prepuščeno posameznikom (vodstvu vrtcev, občinskim službam), ki nimajo dovolj znanja za celovito skrb. Potrebno je poudariti, da je izobraževanje uporabnikov pomembno tako pri parcialnih kot tudi pri celovitih energetskih prenovah. Pri enostavnih prenovah, npr. zamenjavi stavbnega pohištva, je pomembno bodoče uporabnike (predvsem vzgojiteljice) podučiti o pomenu prezračevanja prostorov, ki so postali bistveno bolj zrakotesni. Pri celovitih energetskih prenovah ali novogradnjah postajajo stavbe z razvojem materialov in inštalacij čedalje bolj kompleksne za uporabo in vzdrževanje in je nadzor nad uporabo in izobraževanje uporabnikov še toliko bolj pomembno. Žal tega v Sloveniji ni, zato se je v praksi pokazalo, da se novi nizkoenergetski vrtci, zgrajeni s kompleksnimi ogrevalnimi in prezračevalnimi sistemi večinoma ne uporabljajo optimalno zaradi pomanjkljivega nadzora nad uporabo. Prav tako je nadzor v praksi velikokrat prepuščen strokovnim delavcem (vzgojitelji, ravnatelj) ali hišnikom brez predhodnega ustreznega usposabljanja.

## NEZADOSTNO PREZRAČEVANJE

Prezračevanje ima poleg vpliva na kakovost bivanja tudi občuten vpliv na porabo energije za ogrevanje objekta. Z ogrevanjem objekta dovajamo v prostore toploto, enakovredno velikosti toplotnih izgub. Le te pa sestavljajo transmisijske toplotne izgube (zaradi prehoda toplote skozi ovoj zgradbe) ter ventilacijske toplotne izgube (zaradi naravnega ter prisilnega prezračevanja). Transmisijski del toplotnih izgub se veča z naraščanjem toplotne prehodnosti ovoja zgradbe (manj učinkovita toplotna zaščita), ventilacijski del pa je odvisen samo od pretoka izmenjanega zraka (število zamenjav). Tako lahko z zmanjšanjem urne izmenjave zraka z 1 na 0.5 dosežemo v primeru objekta s slabo toplotno zaščito teoretičen prihranek toplote v višini  $\frac{1}{4}$  prvotne rabe. Torej,



prezračevanje je pomemben dejavnik porabe energije za ogrevanje, vendar je primarno pomemben za ohranjanje kakovostnega notranjega okolja v stavbah. Pri zamenjanih oknih (kar je slučaj pri večini slovenskih vrtcev) so igralnice bistveno bolj zrakotesne, ni spontane infiltracije, zato obstoječi vzorci prezračevanja večinoma niso zadostni.

V prostorih, kjer bivajo majhni otroci, se mora adekvatno prezračevati, žal pa je v vrtcih po Sloveniji velikokrat igralnica nezadostno prezračena. Prezračevanje je izrednega pomena za zdravje otrok, zaradi česar je ocenjeno kot sistemska težava, ki jo je potrebno odpraviti z ustreznim izobraževanjem uporabnikov (ali, kar je manj verjetno, z vgrajevanjem sistemov za prezračevanje). **Nezadostno prezračevanje pripelje do slabe kakovosti notranjega zraka**, ki je v tej raziskavi eksperimentalno dokazano tudi z zvišano izmerjeno koncentracijo ogljikovega dioksida. Rešitev je vsekakor izobraževanje uporabnikov (vzgojiteljic in strokovnih delavcev) o pomenu prezračevanja in jasno podajanje navodil. V kolikor finance dopuščajo, je rešitev tudi vgradnja prezračevalnih sistemov in prav tako ustrezno izobraževanje uporabnikov o vgrajenih sistemih za prisilno prezračevanje.

### 3.1.3.2 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi s termalnim ovojem

#### PROBLEMI, POVEZANI Z ZRAKOTESNOSTJO OVOJA STAVBE

Z zrakotesnostjo ovoja označujemo intenzivnost nekontroliranega pretoka zraka skozi konstrukcijo v stavbo ali iz nje zaradi tlačne razlike. Nekontroliran pretok zraka se pojavlja v fugah, špranjah in drugih netesnih mestih na ovoju zgradbe. Zaradi prehajanja zraka skozi zunanji ovoj stavbe prihaja do nekontroliranih toplotnih izgub. Zato pri prenovah stavb predšolske vzgoje stremimo k čim boljši zrakotesnosti stavb, ki bi zmanjšala toplotne izgube.

Najbolj pogost poseg pri dosedanjih energetski prenovah vrtcev je bila zamenjava stavbnega pohištva (oken) v igralnicah. Večinoma so bila stara lesena okna zamenjana z novim PVC okni z dvoslojno zasteklitvijo. Tako povečamo zrakotesnost stavb in se prav kmalu tudi na pravilno toplotno saniranih delih stavb pojavijo poškodbe v obliki različnih vrst plesni. Povzročita jih predvsem povišana relativna zračna vlaga v zimskem času (nad 45%) in povišana relativna vlaga na premalo (čeprav po veljavnem pravilniku) izoliranih toplotnih mostovih, ki lahko znaša na hladnejših delih tudi do 80% (preklade, vogali, zunanje stene za pohištvo). Primarni cilj zamenjave oken je izboljšanje

termalnega ovoja stavbe in energetske učinkovitosti stavbe ter seveda zmanjšanje toplotnih izgub. S tesnjenjem oken lahko pri starejših stavbah prihranimo od 10% do 15% potrebne energije za ogrevanje. Toplotne izgube predstavljajo zaradi prezračevanja pri slabo toplotno izoliranih stavbah okoli 1/3 vse potrebne energije za ogrevanje stavbe. Torej, z zamenjavo oken na igralnicah vrtca postanejo stavbe bistveno bolj zrakotesne, kar načeloma izboljša energetske učinkovitost stavbe (zmanjšajo se toplotne izgube). Vendar pa je praksa pokazala, da se ob zamenjavi oken v večini igralnic še vedno ohrani le naravno prezračevanje, ki se izvaja na enak način kot pred zamenjavo stavbnega pohištva. Poleg tega se v praksi pogosta zamenja okna, obdrži pa se enak režim ogrevanja stavbe, ki ga v resnici stavba z izboljšano zrakotesnostjo ne potrebuje, posledica česar je previsoka notranja temperatura zraka v ogrevalni sezoni. **Zaradi naštetih dejavnikov so prisotne številne negativne posledice boljše zrakotesnosti ovoja: prevelika količina zračne vlage v igralnicah lahko pripelje do pojave kondenzata in plesni v igralnicah ter slaba kakovost notranjega bivalnega ugodja (kar bo posebej izpostavljeno v nadaljevanju).**

## TOPLOTNI MOSTOVI

Toplotni mostovi so mesta v ovoju zgradbe, kjer je toplotni upor bistveno manjši od toplotnega upora na sosednjih mestih. Glede na vzrok nastanka delimo toplotne mostove na konstrukcijske, geometrijske in konvekcijske. V praksi zelo pogosto naletimo na kombinacijo konstrukcijskih in geometrijskih mostov, ki jih zato imenujemo kombinirani toplotni mostovi.

Pri prenovah toplotnega ovoja stavb predšolske vzgoje pogosto naletimo na konvekcijske toplotne mostove, mesta v ovoju stavbe, kjer je zaradi prekinitve ali netesnosti omogočen pretok notranjega, navlaženega zraka v konstrukcijski sklop na mesto v ovoju stavbe. Zaradi tega velikokrat hitro prodre znatna količina zraka z veliko vsebnostjo vodne pare iz notranjega prostora skozi slabo izveden stik v konstrukcijski sklop. V praksi povzroči največje težave toplotna izolacija strehe nad ogrevanim prostorom. Da bi ta problem rešili, je potrebno dosledno zatesniti oziroma zalepiti stike vetrne oziroma parne zapore na notranji strani. Enako velja za izolacijo zidov z notranje strani, posebej še, če obstaja verjetnost, da so se med slojem toplotne zaščite in zidom ustvarili zračni čepi zaradi nepopolnega prileganja obeh slojev.

Prisotni so tudi geometrijski toplotni mostovi na delu ovoja stavbe, pri katerem je zunanja površina, preko katere toplota prehaja iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej večja od notranje (na primer na vogalih). Robovi predstavljajo linijski toplotni most, v vogalih pa nastane točkovni toplotni most. Dejstvo je tudi, da se geometrijskim toplotnim mostovom v praksi ne moremo povsem izogniti, lahko pa njihov vpliv močno omilimo. V praksi najdemo toplotne mostove na vogalih in robovih stavb, pri oknih v zunanji steni, prav tako na mestu stika armiranobetonske plošče in zunanjim ovojem stavbe kakor tudi pri armiranobetonskih protipotresnih vertikalnih vezeh, veliki toplotni mostovi so pri konzolnih ploščah, pa tudi pri stikih temeljev, plošče in zidov.

Delni energetske posegi na stavbi ali termalnem ovoju oziroma celotne energetske prenove morajo v praksi adekvatno tretirati toplotne mostove, sicer prihaja do pojave kondenzata v notranjosti stavb, posledično se pojavi plesen, kar lahko vpliva tudi na kakovost zraka in zdravje otrok.

### **3.1.3.3 Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z notranjim bivalnim okoljem**

O kakovosti bivalnega ugodja energetske prenovljenih stavb se do pred desetletji ni veliko govorilo, fokus je bil usmerjen predvsem na energetske učinkovitost stavb. Bivalno ugodje v stavbah predšolske vzgoje opredeljujejo zakonodaja z zakonskimi in podzakonskimi akti, standardi in priporočila stroke. Na podlagi analize in kritične ocene dosedanjih raziskav, standardov in veljavne zakonodaje so v tej raziskavi določeni referenčni parametri kakovosti zraka in toplotnega ugodja za prostore igralnic vrtca. Izmerjene vrednosti posameznih parametrov kakovosti notranjega bivalnega ugodja (Aktivnost 2) so primerjane z veljavno zakonodajo in priporočili zdravstvene stroke. Rezultati so pokazali, da imajo igralnice v slovenskih vrtcih večinoma slabo kakovost zraka z zvišanimi koncentracijami ogljikovega dioksida, suh zrak in previsoko temperaturo zraka, kar je posledica zrakotesnega ovoja stavbe in temu neprimerne prezračevanja.

Številne stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji so že delno ali v celoti prenovljene. Jasno je, da je cilj energetskih prenov izboljšanje energetskih lastnosti stavbe. Vendar je potrebno poudariti, da energetska prenova ne sme poslabšati arhitekturnega koncepta stavbe in mora ponujati boljše bivalno ugodje za otroke. Žal se v praksi kaže, da ni vedno tako, v številnih primerih energetskih prenov, s katerimi so doseženi energetske prihranki, se je kakovost notranjega bivalnega ugodja v stavbah poslabšala.



Najbolj pogosti dosedanji posegi na stavbah so bili prav posegi na termalnem ovoju: zamenjava stavbnega pohištva in dodajanje termoizolacije. Z omenjenimi posegi postane stavba bistveno bolj zrakotesna, kar lahko močno vpliva na notranje bivalno ugodje. Zrakotesen ovoj stavbe bo močno prispeval k boljši energetski učinkovitosti, vendar ne sme ogroziti kakovosti bivalnega ugodja.

**Analize v tej raziskavi so pokazale, da lahko delni energetski posegi na termalnem ovoju rezultirajo v bistveno slabših notranjih pogojih bivanja za otroke v vrtcih. Kot največji problem lahko izpostavimo kakovost zraka, ki jo lahko ocenimo s koncentracijo CO<sub>2</sub> v zraku.** Analize v tej raziskavi so pokazale, da so otroci v igralnicah s prenovljenimi okni (PVC okna z dvoslojno zasteklitvijo) dnevno več časa kontinuirano izpostavljeni izrazito zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>, medtem ko so otroci v igralnici brez posegov energetske prenove, oz. s starimi lesenimi okni bistveno manj časa izpostavljeni zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>. Poprečne koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnicah s prenovljenimi okni in brez vgrajenih sistemov za prezračevanje močno presegajo predpisane vrednosti kakor tudi poprečne koncentracije, izmerjene v ostalih evropskih vrtcih. Prekomerna izpostavljenost zvišani koncentraciji CO<sub>2</sub> lahko povzroča različne težavne simptome, ki vplivajo na zdravje, kot so draženje oči, nahod, suha sluznica, suha koža, glavobol in utrujenost, pri otrocih pa tudi zvišanje tveganja za respiratorna obolenja.

Kar se tiče temperatura zraka je raziskava pokazala, da je le-ta pogojena s številnimi dejavniki kot so: orientacija stavbe, ogrevalni sistem v stavbi ipd. Na podlagi vseh analiz v tej raziskavi lahko zaključimo, da je poprečna temperature zraka v igralnicah slovenskih vrtcev nekoliko zvišana in je zrak bolj suh. To je predvsem posledica neprilagojenih sistemov ogrevanja.

**S ciljem preprečitve negativnih posledic energetske prenove stavbe na kakovost zraka in toplotno ugodje je izrednega pomena, da uporabniki prostora razumejo spremembe na stavbi ob posegu delne ali celovite energetske prenove in da razumejo, kako se stavba uporablja po energetskem posegu. Žal se je v praksi pokazalo, da to ni tako, kar je velik problem pri večini delnih energetskih prenovah.** V primeru zamenjave oken ob energetsko učinkovitem vzdrževanju stavb postane redno prezračevanje akutno pomembno za zdravo bivalno klimo. Z zamenjavo oken postane stavba bistveno bolj zrakotesna, posledično pa je potrebno več pozornosti posvetiti prezračevanju prostorov za namen doseganja kakovostnega bivalnega ugodja. Žal se uporabniki stavb tega večinoma ne zavedajo in jih je za to potrebno ustrezno izobraziti. Predstavljen problematika je premalo poznana širši javnosti in delu stroke, ki izvaja energetske prenove in jo povečini predstavljajo gradbeni izvajalci. Za učinkovito rešitev problema slabe kakovosti zraka v igralnicah kot posledica slabega prezračevanja v zrakotesnih igralnicah je priporočljiva menjava stavbnega pohištva v kombinaciji z



vgradnjo sistema prezračevanja v igralnicah, seveda v kolikor proračun to omogoča. Najbolj pomembno pa je, da v praksi spremenimo pristop k energetske prenovi stavbe, ki je kompleksna naloga, termalni ovoj pa je le en del celotnega sistema stavbe. Orodja in metode za prenovne stavbe so že precej splošno znana, kljub temu pa se, kot je vidno tudi iz predstavljenih primerov v tej raziskavi, k prenovam ne pristopa sistematično.

### 3.2 Eksperimentalna analiza kakovosti termalnega ovoja in energijska učinkovitost stavb

V sklopu aktivnosti A3 *Eksperimentalna analiza kakovosti termalnega ovoja in energijska učinkovitost stavb* je s prijavno vlogo potencialno predvidena aktivnost – *Meritve na terenu faza II*, in sicer, v kolikor bi analiza obstoječih stavb pokazala, da obstajajo primeri, ko ista tipologija stavbe obstaja v neprenovljenem stanju in hkrati tudi v prenovljenem stanju. Aktivnost je v projektu uspešno realizirana na primeru dveh igralnic v stavbi predšolske vzgoje, eksperimentalna analiza kakovosti termalnega ovoja in energijske učinkovitosti stavbe je izvedena pred prenovo in po njej. Eksperimentalna analiza je izvedena kot primerjalna študija z meritvami *in situ*.

#### 3.2.1 Eksperimentalna primerjalna študija

Analiza stavbnega fonda je pokazala, da obstajajo primeri, ko ista tipologija stavbe obstaja v neprenovljenem stanju in hkrati tudi v prenovljenem stanju, zato so v tej fazi raziskave izvedene primerjalne meritve v prenovljeni in neprenovljeni igralnici vrtca. Izvedena je komparacija pridobljenih rezultatov. Namen komparacije je ugotavljanje učinkovitosti izvedenih posegov ter analiza vpliva le-teh na dejanski dvig kakovosti merljivih kazalnikov bivalnega ugodja uporabnikov. Tudi v tem segmentu raziskave je smisel primerjalnih študij v tem, da se eksperimentalno preveri učinkovitost že obstoječih prenov in vpliv le-teh na bivalno ugodje v stavbah, kar bo ob nadaljnji računski analizi predstavljalo osnovo za pripravo modela energijske preнове. **Torej se z eksperimentalno analizo ugotovi, do kakšne mere sta se kakovost notranjega okolja in energijska učinkovitost dejansko izboljšali na osnovi posegov delne energetske preнове.**



### 3.2.1.1 Metodologija eksperimentalne primerjalne študije – meritve *in situ*

Eksperimentalna analiza je zajela kontinuirane *in situ* meritve posameznih parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka. Na področju toplotnega ugodja so opravljene meritve temperature notranjega zraka  $T_{ai}$  [C°] in relativne vlažnosti notranjega zraka  $RH_{ai}$  [%]. Eksperimentalna analiza termalnega ovoja je zajela tudi meritve kontaktnih temperatur termalnega ovoja: sten, tal in stropa. Merjeni indikator kakovosti notranjega zraka je koncentracija ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub> [ppm]. Ostali parametri IEQ, svetlobno in zvočno udobje v igralnici niso predmet te raziskave. Vsi izmerjeni parametri so zabeleženi v evidencah, ki so vodene v času izvajanja meritev na kraju samem v stavbah predšolske vzgoje.

Za izvajanje meritev je izbrana zima oz. ogrevalna sezona z namenom učinkovite analize kakovosti toplotnega ugodja in kakovosti zraka v obeh igralnicah (pred prenovo in po njej) in vpliva energetske prenove (ki je zajela zamenjavo oken) na izmerjene parametre. Ogrevalna sezona je primerna za analizo toplotnega ugodja in kakovosti zraka, saj so zaradi tesnjenja gradbene konstrukcije in nizke stopnje prezračevanja v zimskih mesecih koncentracije škodljivih snovi v zaprtih prostorih zvišane [7]. Poleg tega so vrtci v obdobju od oktobra do aprila/maja bolj obiskani, kapacitete igralnic so zapolnjene, zaradi tega izmerjeni parametri v tem obdobju indicirajo stanje kakovosti zraka in toplotnega ugodja v igralnicah ob prisotnem številu otrok v skladu z normativi.

Meritve so izvedene v dveh igralnicah vrtca kontinuirano v trajanju 7 dni v ogrevalni sezoni. Ob izvajanju meritev so se dejavnosti v igralnicah izvajale nemoteno, vzgojiteljice so bile naprošene, da ne spreminjajo običajne dneve rutine. V sklopu meritev je vsak dan vodena evidenca o številu prisotnih otrok v igralnicah in poteku običajnih dnevnih aktivnosti v igralnici. Evidenca je zajela tudi popis intervalov prezračevanja. Igralnici sta bili zasedeni povprečno 9 ur vsak delovni dan. Tekom dneva je bil prostor igralnice povprečno trikrat prezračevan v trajanju od 10 do 30 minut. Dinamiko in intenzivnost prezračevanja prostora so določile vzgojiteljice same po ustaljeni praksi (več podatkov o izvajanju meritev *in situ* v poglavju Aktivnost A2 te raziskave).

Položaj merilnih naprav v prostoru je bil prilagojen specifikam samih dejavnosti v prostoru in uporabnikom prostora. Kar gre za igralnici z majhnimi otroci, so naprave morale biti nastavljene na način, da ne predstavljajo potencialne nevarnosti za otroke, hkrati pa so morale biti zavarovane ali skrite, da otroci ne bi s svojimi dejavnostmi ogrožali procesa merjenja. Merilne naprave so bile nastavljene tako, da niso bile pod direktnim vplivom virov toplote (radiatorja) ali radiacije sonca in

izven cone dihanja otrok (ki je približno na 0.5-0.7m višine), na višini  $h=1,5\text{m}$ . Senzor je oddaljen od okna, nastavljen približno v sredini prostora igralnice, oddaljen od stene približno 0.6m.

Uporabljena je naslednja merilna oprema: za meritve  $T_{ai}$ ,  $RH_{ai}$  in  $CO_2$  je uporabljen merilnik (data logger) *rotatronic CL 11*, za meritve  $T_{ai}$ ,  $RH_{ai}$  so bili v prostoru dodatno razporejeni merilniki *volcraft*. Naprave so bile nastavljanje tako, da beležijo podatke vsakih petnajst minut.

### 3.2.1.2 Splošni podatki o stavbi

V sklopu te raziskave je izvedena eksperimentalna primerjalna študija, v kateri je analizirana igralnica vrtca pred prenovo in po njej. Prenova je zajela najbolj pogost poseg parcialne energetske sanacije - menjavo stavbnega pohištva. Za eksperimentalno primerjalno študijo je izbran primer, kjer znotraj ene tipologije stavbe obstaja igralnica v ne prenovljenem stanju in hkrati tudi v prenovljenem stanju. Narejene so meritve *in situ* in primerjava eksperimentalno zbranih podatkov.

Za primerjalno študijo je izbran vrtec, izgrajen 1981, tip gradnje – betonska prefabricirana konstrukcija. Vrtec je gradilo gradbeno podjetje Konstruktor sočasno s stanovanjsko sosesko Nova vas I v Mariboru.<sup>7</sup> V tem obdobju, ko je bila betonska arhitektura na področju cele Slovenije in tudi bivše SFRJ v vzponu, je bilo zgrajeno veliko število prefabriciranih vrtcev in tudi stanovanjskih in drugih javnih stavb. V tem smislu se ugotovitve te primerjalne študije lahko poenotijo s številnimi stavbami.

Stavba vrtca je del urbanistične celote blokovskega naselja v Mariboru, Slovenija (latitude  $46^{\circ}33'$  and longitude  $15^{\circ}38'$  E).<sup>8</sup> Površina vrtca je  $852\text{ m}^2$ , etažnost je pritlična, ima 7 igralnic, razporejenih v dva trakta, v enem za mlajše starostne skupine, v drugem za starejše (Slika 3. 16).<sup>9</sup> Zunanje stene objekta so narejene iz montažnih betonskih elementov, ki jih sestavlja betonska nosilna konstrukcija z oblogami iz porobetona. Debelina stene je 25 cm. Streha je poševna, pokrita s pločevinasto kritino

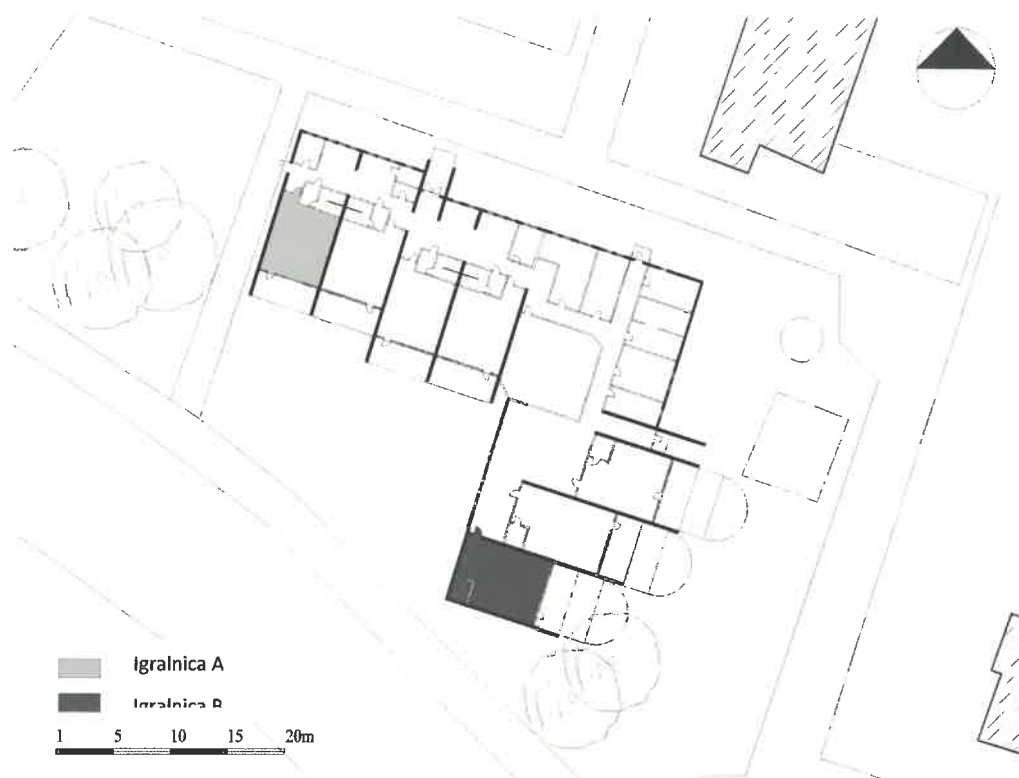
---

<sup>7</sup> Sosesko sta v obdobju od 1978 do 1982 leta gradili podjetji Konstruktor in Stavbar v delno montažnem sistemu gradnje, saj so zunanje stene iz montažnih segmentov. [8]

<sup>8</sup> Maribor ima *moderate continental climate*, ogrevalna sezona je v poprečju dolga 187 ogrevalnih dni. Mesta na prostoru bivše republike pa se seveda med sabo razlikujejo po dolžini ogrevalne sezone in poprečnih temperaturah.

<sup>9</sup> Vsebinska primerjalna študija je objavljena v Znanstvenem Časopisu za arhitekturo in urbanizem PROSTOR. Vsa grafična dokumentacija primerjalne študije je delo avtorja in je objavljena v članku: *Thermal Comfort and Indoor Air Quality after a Partially Energy-efficient Renovation of a Prefabricated Concrete Kindergarten Constructed in 1980's in Slovenia* ([https://doi.org/10.31522/p.28.2\(60\).10](https://doi.org/10.31522/p.28.2(60).10)).

in z izolacijo v konstrukciji podstrešja, debelina izolacije strehe je približno 10 cm. Tla objekta imajo minimalno izolacijo v estrihu.



S pregledom stavbe je bilo ugotovljeno, da so v polovici igralnic okna zamenjana leta 2018 (igralnice, v katerih se nahajajo mlajše starostne skupine otrok). Druga polovica igralnic pa ima prvotna, lesena okna z enoslojno zasteklitvijo. V skupnih prostorih, hodnikih in pomožnih prostorih so tudi prvotna lesena okna. Strešna kritina je zamenjana. Ostalih posegov na stavbi ni bilo. Stavba ima daljinsko ogrevanje. V igralnici so radiatorji neposredno pod oknom. Ponoči in v dneh, ko vrtec ne obratuje (sobota, nedelja), se temperatura vode v sistemu za ogrevanje zniža, v času ogrevalne sezone pa se ogrevanje ne izklaplja. Igralnici nimata klimatskih naprav, niti sistema za prezračevanje. Prezračevanje je izključno naravno z odpiranjem oken.

Stavba, izbrana za eksperimentalno primerjalno študijo, predstavlja zelo specifičen primer, saj se v eni stavbi združujeta dva najbolj pogosta primera igralnic vrtca danes: 1. Igralnica v izvorni obliki s konca 70' (*Igralnica A*) in 2. Igralnica s konca 70', v kateri je izveden ukrep delne energetske prenov

- menjava oken (*Igralnica B*). Tovrsten specifični primer omogoča izvajanje meritev *in situ* v eni stavbi in primerjavo kakovosti notranjega zraka in toplotnega ugodja v dveh igralnicah iste stavbe s posegom prenove in brez njega (Slika 3.17, Slika 3.18).



Slika 3.17 Igralnice vrta s prvotnimi leseni okni (A). [Avtor]



Slika 3.18 Igralnice vrta z zamenjanimi okni (B) [Avtor]

Za to raziskavo izbrani igralnici vrta imata vpisano maksimalno število otrok v skladu z normativom glede na starost otrok v skupini, vendar pa vsak dan izvajanja meritev ni bilo prisotnih maksimalno število otrok. V času izvajanja meritev je vodena evidenca o številu prisotnih otrok v igralnicah. *Igralnica B* ima nekoliko večjo tlorisno površino od *Igralnice A* in manjše število otrok, poleg tega ima še sanitarne prostore v sklopu igralnice. Igralnici imata nadpovprečno velik volumen prostora (Slika

3.21). Primerjava lastnosti igralnic je prikazana v tabeli (Tabela 3.19 Osnovne lastnosti dveh izbranih igralnic primerjale študije.):

Tabela 3.19 Osnovne lastnosti dveh izbranih igralnic primerjale študije.

	Igralnica A	Igralnica B
<b>Tehnični podatki o igralnici</b>		
Okna	Lesena / enojna	PVC / dvoslojna
Orientacija igralnice	jug-zahod	vzhod-jug
Senčila	Zavese (blago)	Zunanje rolete
Prezračevanje	Naravno - odpiranje oken	Naravno - odpiranje oken
Klimatizacija	/	/
Ogrevanje	Radiatorji	Radiatorji
Tlorisna površina igralnice [m <sup>2</sup> ]	45	51
Floor area per occupant [m <sup>2</sup> /occ]	1.875	3.642
Window area [m <sup>2</sup> ]	15.7	13.2
Volume [m <sup>3</sup> ]	170	190
Pozicija v stavbi	Končna igralnica	Končna igralnica
Št. zunanjih sten	2 (1 zastekljena + 1 polna)	3 (1 zastekljena + 2 poli)
<b>Podatki o uporabnikih prostora</b>		
Št. vpisanih otrok	24	14
Št. vzgojiteljev	2	2
Starost otrok	5-6 let	2-3 let
<b>Elements of the thermal envelope U [W/m<sup>2</sup>K] (approximate value)</b>		
External wall	0.90	0.90
Windows	3.30	1.40
Ground floor	0.30	0.30
Pitched roof	0.25	0.25

Notranjost igralnic je večinoma v izvorni obliki, večina vgradnega pohištva je iz leta 1981 z izjemo nekaj kosov naknadno dobavljenega premičnega pohištva (Slika 3.19, Slika 3.20). Na tleh obeh igralnic je prvotni parket. *Igralnica A* ima prvotna lesena enoslojna okna, medtem ko ima *igralnica B* nova okna s PVC okvirji in dvoslojno zasteklitvijo. Pri menjavi oken je v *igralnici B* obdržan prvotni raster oken na fasadi. V obeh igralnicah so bila okna vgrajena na način, da se odpirajo samo vrata, ki vodijo v zunanji atrij, kar je bilo ob zamenjavi oken tudi obdržano. Pri tem lahko opozorimo na

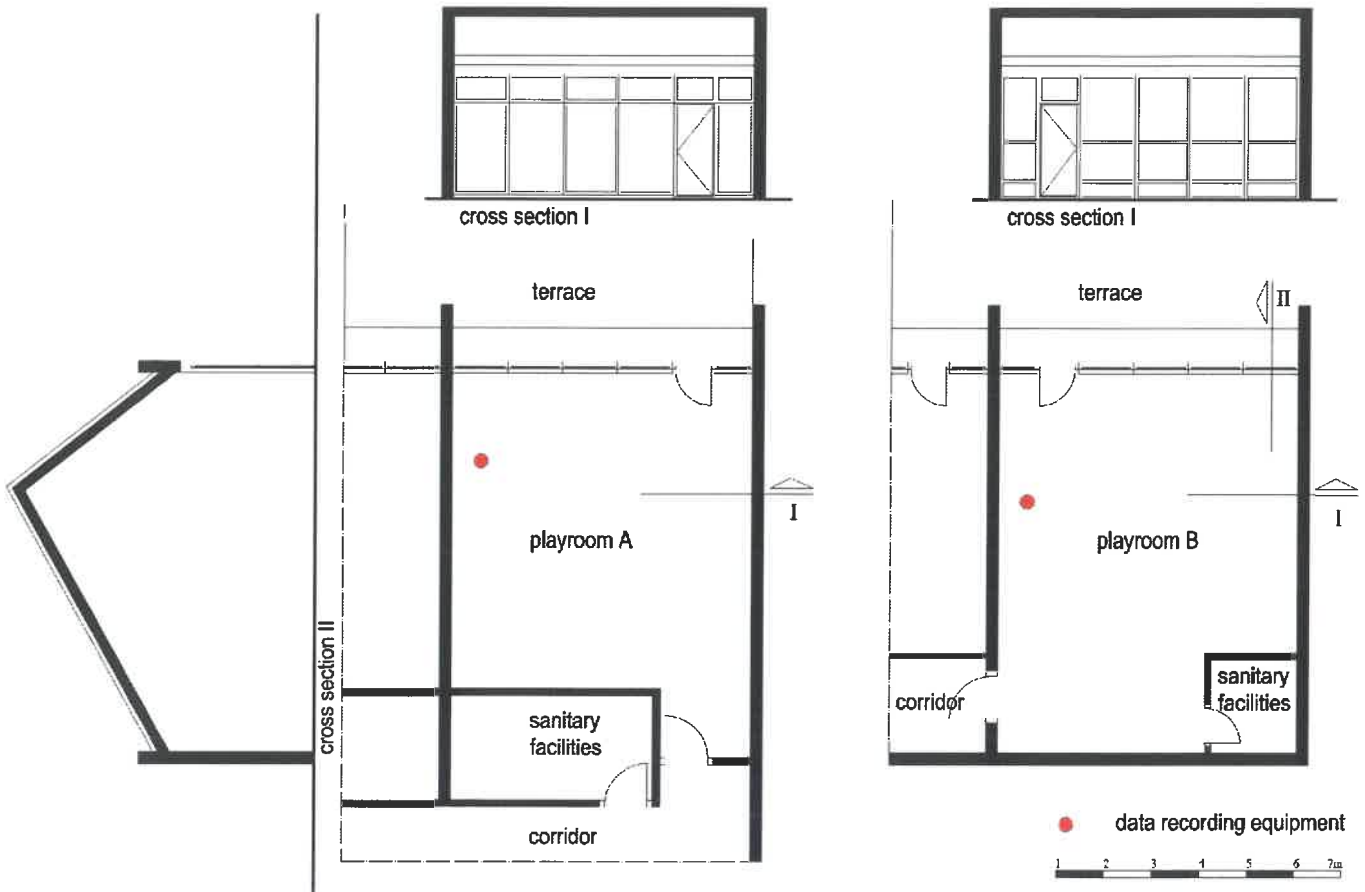
napačno dimenzionirana okna, napaka je bila storjena v 80-tih letih v času gradnje in bi jo ob prenovi stavbe z lahkoto odpravili, pa to ni bilo storjeno. Kajti odpiranje le enih vrat na fasadni steni je absolutno premalo za potrebe kakovostnega prezračevanja stavbe. V igralnicah ni vidnih znakov plesni ali vlage.



Slika 3.19. Eksperimentalna primerjalna študija: a) ne prenovljena igralnica (A). [Avtor].



Slika 3.20. Eksperimentalna primerjalna študija: b) prenovljena igralnica (B) [Avtor]



Slika 3.21. Eksperimentalna primerjalna študija, tloris in prerez igralnic: a) neprenovljena igralnica (A) in b) prenovljena igralnica (B) [Avtor]

### 3.2.1.3 Rezultati eksperimentalne analize – meritve *in situ*

Analiza rezultatov je zajela primerjavo parametrov toplotnega ugodja in kakovosti zraka izmerjenih *in situ*. Primerjani so parametri, izmerjeni v igralnici A in igralnici B. V času izvajanja meritev je bilo v celotnem merilnem obdobju zajetih 5 delovnih dni in 2 dni vikenda. Igralnici sta bili obiskani od 7.30 do 16.00h vsak delovni dan, potem pa do prihoda otrok v igralnico naslednjega dne popolnoma zaprti. Med vikendom sta bili igralnici tudi zaprti in brez uporabnikov. Kontinuirano izvajanje meritev *in situ* je omogočilo vpogled tudi v merilne podatke po odhodu otrok iz igralnice in med vikendom.

V tabeli so prikazani podatki izmerjeni v času bivanja otrok v igralnici: relativna vlažnost zraka  $RH_{ai}$  [%], temperatura zraka  $T_{ai}$  [°C] in koncentracija ogljikovega dioksida  $CO_2$  [ppm] (Tabela 3.20).

Tabela 3.20 Izmerjeni parametri v času bivanja otrok v igralnici (igralnica A - prvotna lesena okna, igralnica B - novejša pvc okna).

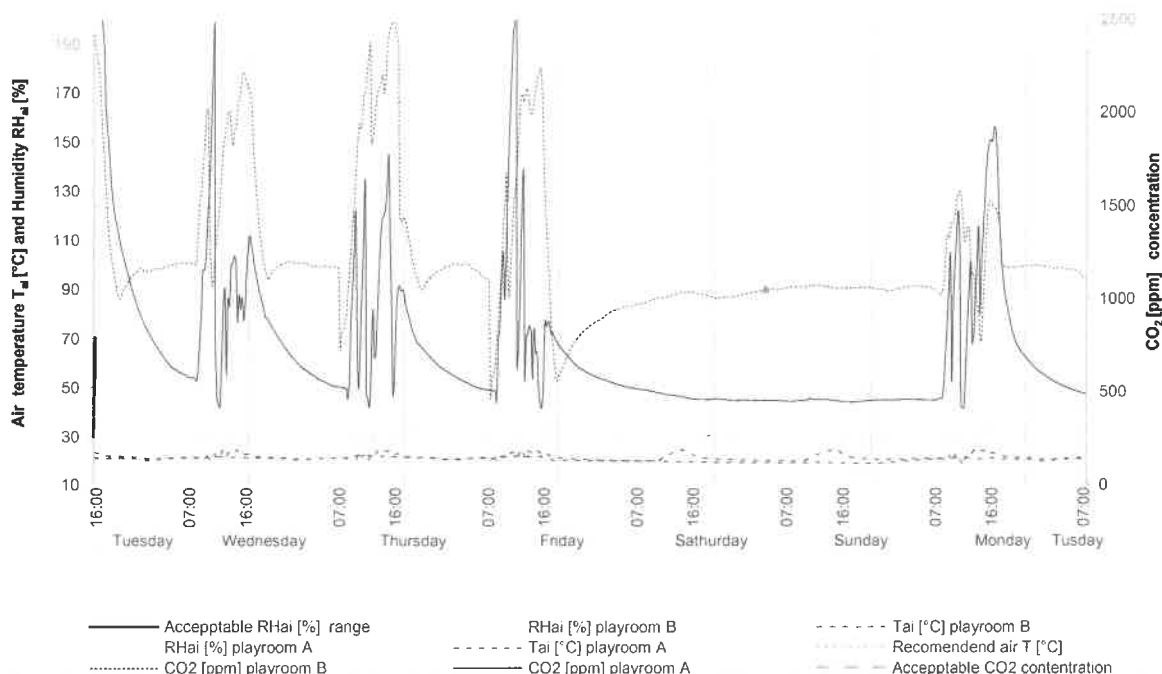
Igralnica	Št. prisotnih	$RH_{ai}$ [%]		$T_{ai}$ [°C]		$CO_2$ [ppm]	
		min	max	min	max	min	max
<b>Dan 1 – sredo</b>							
A	16+2	19.8	36.6	20.8	24.7	417	2455
B	9+2	32.3	41.5	20.6	21.6	1072	2222
<b>Dan 2 – četrtek</b>							
A	17+2	22.3	34.3	19.5	24.6	422	1773
B	9+2	28.3	43.3	20.6	22.4	730	2530
<b>Dan 3 – petek</b>							
A	16+2	21.1	37.2	19.4	24.7	414	2628
B	9+2	26.3	42.6	20.1	21.9	473	2245
<b>Dan 4 – ponedeljek</b>							
A	15+2	22.4	35.2	17.9	24.6	413	1927
B	13+2	32.4	38.4	20.3	21.2	773	1578
<b>Dan 5 – torek</b>							
A	18+2	28.7	40.1	21	23.2	490	2661
B	10+2	34.3	42.5	20.7	21.3	1111	2422
<b>Poprečne vrednosti izmerjenih parametrov</b>							
A		28.4		22.2		961.8	
B		37.3		21.3		1507.4	

Eksperimentalne analize so pokazale, da koncentracija  $CO_2$  doseže najvišjo dnevno maksimalno vrednost večinoma v igralnici A, prav tako tudi najnižjo izmerjeno vrednost vsak dan dosega v



igralnici A. Lahko zaključimo, da je večji razpon izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> v igralnici A, medtem ko je v igralnici B izmerjena koncentracija CO<sub>2</sub> bolj konstantna. Tudi nihanja v izmerjeni temperaturi zraka so bolj izrazita v igralnici A in se v času bivanja otrok v vrtcu gibljejo za  $\pm 1.1$  do  $\pm 3.4$  °C, medtem ko so v igralnici B odstopanja v temperaturi zraka le  $\pm 0.3$  do  $\pm 0.9$  °C. Podobno je tudi z vlago v zraku, nihanja so bistveno večja v igralnici s prvotnimi lesenimi okni (A). Izpostavljena dejstva so posledica večje zrakotesnosti igralnice z zamenjanimi okni (B), zaradi česar v igralnici ne prihaja do spontane infiltracije zraka, koncentracija ogljikovega dioksida se hitreje zviša in dlje časa ohranja visoke vrednosti. Rezultati eksperimentalne analize, prikazani v tabeli (Tabela 3.20), so povprečje izmerjenih parametrov in predstavljajo povprečje vseh merilnih točk v času bivanja otrok v vrtcu ter kažejo na izredno velike razlike v koncentraciji CO<sub>2</sub> v dveh igralnicah. Izmerjena povprečna koncentracija CO<sub>2</sub> v času bivanja otrok v igralnici z zamenjanimi okni (B) je za tretjino višja od koncentracije v igralnici s starimi lesenimi okni (A), kljub temu da je v igralnici bistveno manjše število otrok.

Minimalna dnevna koncentracija CO<sub>2</sub> je izmerjena pred prihodom otrok v igralnico in je vedno nižja v igralnici s prvotnimi lesenimi okni (A) kot posledica slabše zrakotesnosti prostora in spontane infiltracije zraka ponoči. Maksimalne dnevne koncentracije CO<sub>2</sub> so izmerjene podnevi in so direktno pogojene s številom otrok in z načinom prezračevanja. Ob večjem številu otrok v igralnici in slabem prezračevanju prostora koncentracija CO<sub>2</sub> eksponentno narašča. Glede na relativno enakomerno dnevno število otrok v posamezni igralnicah, se vrednost CO<sub>2</sub> močno spreminja med dnevi, predvsem kot posledica spremembe vzorca prezračevanja. Pokazalo se je namreč, da se v igralnicah v določenih dneh vzorec prezračevanja spreminja. Intervali prezračevanja so trajali od 10 do 45 minut. Po navadi se prostor igralnice prezrači v času, ko otroci niso v igralnici (sprehod) za približno 30 minut, ob slabem vremenu otroke manjše starostne skupine vzgojiteljice niso peljale ven in ni bilo pogojev za temeljito prezračevanje prostora. Pokazalo se je, da 10 minutni intervali prezračevanja niso učinkoviti, koncentracijo CO<sub>2</sub> se zniža komaj opazno, podobno tudi temperaturo zraka in vlago. Medtem ko 30 minutno prezračevanje prostora zelo učinkovito vpliva na zmanjšanje koncentracije CO<sub>2</sub>, zniža temperaturo zraka do 1°C (Slika 3.22).



Slika 3.22. Parametri za celotno merilno obdobje, RHai [%], Tai [°C], CO2 [ppm]

Temperatura zraka in koncentracija CO<sub>2</sub> se s prihodom otrok v igralnico vsak dan prične dvigovati, saj so okna zaprta, v prostoru pa se število prisotnih zvišuje. Ob prisotnosti otrok v igralnici narašča koncentracija CO<sub>2</sub> sorazmerno s pretečenim časom od zadnjega prezračevanja. Na koncu delovnega dne, ob 16h, je poprečna koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnici s prvotnimi okni (A) znašala 1080 ppm, v igralnici z zamenjanimi okni (B) pa bistveno več, 2252 ppm. Od odhoda otrok iz igralnic do prihoda otrok v igralnici naslednji dan ob 7 uri preteče 15 ur. V tem času se v igralnici A koncentracija CO<sub>2</sub> povprečno zmanjša za 62 %. V igralnici z zamenjanimi okni (B) pa se kot posledica boljše zrakotesnosti igralnice koncentracija CO<sub>2</sub> zmanjša le za 39 %, tako se vsaki novi delovni dan začne z močno zvišano koncentracijo CO<sub>2</sub> in se po tem postopoma proti koncu delovnega tedna samo še zvišuje.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Tudi med vikendom sta igralnici zaprti. V tem v času koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnici s prvotnimi leseni okni (A) okni postopoma pade približno za 50% kot posledica konstantne izmenjave zraka starih slabo tesnjenih oken. Medtem pa se v igralnici z zamenjanimi PVC okni (B) koncentracija CO<sub>2</sub> v času, ko je igralnica zaprta, postopoma celo začne dvigovati (v literaturi se navaja pohištvo in oprema kot potencialni vir onesnaževanja, ki ima v kombinaciji z zaprtimi okni v zrakotesnem prostoru za posledico postopno zviševanje koncentracije CO<sub>2</sub>).



Jasno je razvidno, da so otroci v igralnici z zamenjanimi okni (B) skoraj ves čas svojega bivanja v vrtcu izpostavljeni koncentraciji CO<sub>2</sub>, višji od 1000ppm. V posameznih dnevih se koncentracija CO<sub>2</sub> sploh ne spusti pod 1000ppm, velikokrat so otroci v daljših časovnih intervalih (več ur) izpostavljeni tudi koncentraciji nad 1500ppm. V igralnici s prvotnimi okni (A) so časovni intervali, v katerih koncentracija CO<sub>2</sub> presega 1500ppm, trajali maksimalno 1 uro do naslednjega prezračevanja, in niso doseženi vsak dan v času izvajanja meritev.

Temperatura zraka je bila večino časa v obeh igralnicah v ustreznem obsegu. Poprečna temperatura zraka je bila v času bivanja otrok 21.3 °C (igralnica B) in 22.2 °C (igralnica A). Na začetku vsakega delovnega dne je bila v obeh igralnicah približno enaka temperatura zraka, igralnici imata namreč enak režim ogrevanja. Temperatura zraka v času bivanja otrok v prostoru je v poprečju nižja v igralnici B, kjer so bila okna zamenjana z željo po zvišanju temperature zraka v igralnici (osebje se je pritoževalo zaradi premrzlega prostora v zimskem času). Lahko zaključimo, da je višja temperatura zraka v igralnici s prvotnimi lesenimi okni posledica več dejavnikov, poleg južne orientacije ima igralnica A večje število otrok in posledično večje notranje dobitke. Tudi med vikendom je temperatura zraka v igralnici s starimi lesenimi okni (A) bistveno bolj narasla, predvsem kot posledica južne orientacije igralnice.

Relativna vlažnost zraka je znašala v igralnici z zamenjanimi okni (B) v času bivanja otrok v vrtcu povprečno 37.4 % in je večino časa v obsegu zadovoljivega. Medtem pa je v igralnici s prvotnimi okni (A) zrak precej bolj suh, 28.7 % je dejansko pod spodnjo mejo ustrezne vlažnosti in niha skladno s spremembami temperature zraka.

Eksperimentalne analize termalnega ovoja, ki so zajele meritve kontaktnih temperatur posameznih elementov termalnega ovoja – stene in tal strehe, so izvedene na podlagi parametrov izmerjenih *in situ*. Parametri so določeni z numerično analizo kot aritmetična sredina vseh merilnih točk, rezultati so prikazani v



Tabela 3.21.

Tabela 3.21. Izmerjeni parametri kontaktne temperature elementov termalnega ovoja.

	Igralnica A	Igralnica B
<b>Meritve <i>in situ</i> kontaktne temperature elementov termalnega ovoja</b>		
Temperatura	T [°C]	T [°C]
Tla	22,8	22,3
Stene k neogrevanemu prostoru	20,55	18,7
Stene k ogrevanemu prostoru	22,725	20,7
Strop	24,15	23,37

Analize so pokazale, da je poprečna temperatura tal v otroških igralnicah za izbrani vzorec 22,55 C, poprečna temperatura sten (kontaktna temperatura sten z notranje strani stene) k neogrevanemu prostoru 19,62C, medtem ko je poprečna temperatura sten k ogrevanem prostoru 21,71C. Poprečna temperatura stropa v otroških igralnicah, za izbrani vzorec znaša 23,76 C.

### 3.2.2 Zaključek eksperimentalne analize kakovosti termalnega ovoja in energijske analize stavb

Zaključki eksperimentalne analize, ki je v tej raziskavi zajela eksperimentalno primerjalno študijo z meritvami *in-situ*, so analizirani v širšem kontekstu energijske analize stavb v stavbnem fondu z namenom ugotavljanja učinkovitosti izvedenih posegov prenove ter analizo vpliva teh posegov na energetska učinkovitost stavbe.

V zaključku eksperimentalne analize je potrebno še enkrat omeniti, da je bilo iskanje stavbe za izvedbo eksperimentalne analize velik izziv. Kajti prenova stavbe predšolske vzgoje je dolgotrajen proces, ki skupaj z načrtovanjem traja več let, in presega časovni obseg trajanja projekta. Poleg tega je potrebno poudariti, da je veliko število vrtcev že delno prenovljenih, zaradi česar je bil izbor stavbe za primerjalno študijo omejen. Ker pa velik del stavb predšolske vzgoje v posameznih republikah nekdanje Jugoslavije še zmeraj potrebuje energetska prenovo, se lahko ugotovitve te primerjalne študije prenesejo na stavbe v nekdanjih republikah oz. presegajo meje Slovenije.



Primerjalna študija je pokazala, da lahko delni energetske posegi v posameznih primerih na stavbah rezultirajo v bistveno slabših notranjih pogojih bivanja za otroke v vrtcih. Seveda je to odvisno od narave in obsega posegov, kljub temu pa lahko kot največji problem izpostavimo kakovost zraka. **Analiza predstavljenega primera je pokazala, da so otroci v energetsko prenovljeni igralnici (B) dnevno izpostavljeni več časa kontinuirano izrazito zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>, medtem ko so otroci v igralnici brez posegov energetske prenove (B) bistveno manj časa izpostavljeni zvišanim koncentracijam CO<sub>2</sub>.** Glede na dejstvo, da je v času izvajanja meritev igralnica A bila zasedana maksimalno 75% in igralnica B 90% lahko predvidevamo, da bo ob polnem številu otrok v skladu z normativom v zimskem času kakovost notranjega zraka še bistveno slabša, kar je skrb zbujujoče. Poleg tega poprečna koncentracija CO<sub>2</sub> v igralnici s prenovljenimi okni (B) močno presega poprečne koncentracije izmerjene v ostalih evropskih vrtcih. Prekomerna izpostavljenost zvišani koncentraciji CO<sub>2</sub> lahko povzroča različne simptome, kot so draženje oči, nahod, suha sluznica, suha koža, glavobol in utrujenost, pri otrocih pa tudi zvišuje tveganje za respiratorna obolenja. Daljše izpostavljenosti zvišanim koncentracijam ogljikovega dioksida imajo lahko velik vpliv na zdravje otrok.

**Torej je z eksperimentalno analizo ugotovljeno, do kakšne mere sta se kakovost notranjega okolja in energijska učinkovitost dejansko izboljšali po posegu delne energetske prenove izbrane stavbe predšolske vzgoje.** Na podlagi rezultatov komparacije smo raziskali vzroke za morebitna odstopanja od računskih prognoz, prav tako lahko komentiramo razloge za morebitna odstopanja v računskih in eksperimentalnih analizah, kar bo vplivalo na strategijo razvoja modela prenove tega projekta.

Analize so pokazale, da je izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe odvisno od posameznega primera, tipa stavbe, tipa konstrukcije, obsega prenove in od številnih drugih dejavnikov. Parameter izrednega pomena za izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe, ki ni upoštevan pri računskih analizah in prognozah energijske učinkovitosti stavbe, je obnašanje uporabnika stavbe. Analize so pokazale, da je uporabnik stavbe izrednega pomena za energijsko učinkovitost in izboljšanje kakovosti bivalnega ugodja.

Kar se tiče parametrov toplotnega ugodja, je temperatura zraka v prenovljeni igralnici (B) v skladu z vsemi priporočili, prav tako tudi zračna vlaga, kljub občasno nekoliko bolj suhem zraku. Temperatura zraka v neprenovljeni igralnici (A) je nekoliko višja tekom dneva, približno v obsegu že ugotovljenih



razmer v Evropskih vrtcih, zrak pa je precej suh, celo nekoliko bolj suh v primerjavi z vsemi dosedanjimi raziskavami. Pravzaprav je ta rezultat analize presenetljiv, kajti poseg energetske prenove ima za cilj zmanjšanje toplotnih izgub in večjo energetsko učinkovitost, rezultati eksperimentalne študije pa kažejo ravno nasprotno, to je višjo temperaturo neprenovljene igralnice. Razlog je južna orientacija, ki zelo močno vpliva na solarne dobitke, kar je tudi razvidno iz analize. **Temperatura zraka je torej močno odvisna od številnih dejavnikov (sistema ogrevanja, orientacije, gradbene fizike) in se je v praksi pokazalo, da energetska prenova vrtca ne pomeni nujno boljše toplotno ugodje v stavbi.**

Da bi preprečili negativne posledice energetske prenove stavbe na kakovost zraka in toplotno ugodje, je izrednega pomena, da uporabniki prostora razumejo spremembe na stavbi ob posegu delne ali celovite energetske prenove in da razumejo, kako se stavba uporablja po energetskem posegu. Žal pa to ni tako. V primeru zamenjave oken ob energetski učinkovitem vzdrževanju stavb postane redno prezračevanje akutno pomembno za zdravo bivalno klimo. Z zamenjavo oken postane stavba bistveno bolj zrakotesna, posledično pa je potrebno več pozornosti posvetiti prezračevanju prostorov za namen doseganja kakovostnega bivalnega ugodja. Žal se uporabniki stavb tega večinoma ne zavedajo, zato jih je potrebno ustrezno izobraziti. Poleg tega pa je za učinkovito rešitev problema prezračevanja priporočljiva menjava stavbnega pohištva v kombinaciji z vgradnjo sistema prezračevanja v igralnicah, seveda v kolikor proračun to omogoča. Problematika slabega prezračevanja je še posebej pomembna v kontekstu novonastalih razmerah in trenutne globalne situacije povezane s pandemijo COVID 19 in možnostmi širjenja okužbe v javnih stavbah.

Predstavljen problematika je premalo poznana širši javnosti in delu stroke, ki izvaja energetske prenove in jo povečini predstavljajo gradbeni izvajalci. Žal je prenovo trenutno možno izvajati brez sistematičnih celovitih načrtov arhitektov, gradbenikov ali drugih inženirjev. Večina držav nekdanje Jugoslavije, ki so v procesu energetske prenove stavb na začetku, lahko k temu pristopijo načrtovano in strateško s predhodno analizo stavbnega fonda, stavbne dediščine, z izobraževanjem arhitekturne stroke, uporabnikov stavb in izvajalcev. Ugotovitve te raziskave lahko poenotimo z velikim številom vrtčevskih pa tudi ostalih *high density* (npr. šole) stavb na prostoru Balkana. V tem smislu so lahko tudi ugotovitve te raziskave smernica za strokovno in laično javnost (ravnatelji, udeleženci v institucijah) in so lahko potencialno uporabne za veliko število stavb na prostoru nekdanje Jugoslavije, že prenovljene pa tudi tiste, ki šele načrtujejo prenovo.



Energetska prenova stavbe je kompleksna naloga, zato potrebuje celovit pristop.<sup>11</sup> Orodja in metode za tovrstne prenove stavb so že precej splošno znana, kljub temu pa se, kot je vidno tudi iz predstavljenega primera, k prenovam ne pristopa sistematično, bodisi iz nevednosti ali zaradi omejitev v ekonomskem smislu.

**Na podlagi te primerjalne študije lahko komentiramo učinkovitost izvedenega posega – zamenjava stavbnega pohištva. Z zamenjavo stavbnega pohištva so se vsekakor zmanjšale ventilacijske izgube, kajti stara okna so slabo tesnila, na ta način pa se posledično izboljša energetska učinkovitost stavbe. Vendar je pri tovrstnih prenovah potrebna dodatna pozornost, kajti raziskava je pokazala, da je za ohranjanje kakovostnega bivalnega ugodja prostor potrebno bolj prezračevati z odpiranjem oken, kar bo imelo za posledico toplotne izgube. Kakovost termalnega ovoja se izboljša z omejenim posegom, pričakovati pa je, da bo imela stavba manjše potrebe po ogrevanju notranjih prostorov. Pri tem opazamo problem, da se v stavbah velikokrat ogrevalni sistemi ne prilagodijo novim lastnostim stavbe (lastne kotlovnice ali daljinsko ogrevanje) in dejanskega prihranka na račun energije, potrebne za ogrevanje stavbe, dejansko ni. Na podlagi rezultatov primerjalne študije vpliv parcialnega posega - zamenjave stavbnega pohištva na dejanski dvig kakovosti merljivih kazalnikov bivalnega ugodja uporabnikov ni, kakovost notranjega bivalnega okolja je slabša (suh zrak, previsoka temperatura in zvišana koncentracija ogljikovega dioksida). Pri celovitih energetskih obnovah je učinkovitost izvedenih posegov absolutno nedvoumna v smislu doseženih energetskih prihrankov (velikokrat tudi pogojena z energetskimi pogodbami) in jo spremlja dvig kakovosti merljivih kazalnikov bivalnega ugodja uporabnikov.**

---

<sup>11</sup> Žegarac Leskovar, Premrov, 2019



### A3: ZAKLJUČEK AKTIVNOSTI ENERGIJSKA ANALIZA STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI

V okviru aktivnosti A3: *Energijska analiza stavb predšolske vzgoje* sta izvedeni dve skupini podaktivnosti: 3.1 *Računska analiza kakovosti termalnega ovoja in energijske učinkovitosti* in 3.2 *Eksperimentalna analiza kakovosti termalnega ovoja in energijska učinkovitost*. Aktivnost je zajela računske in eksperimentalne analize kakovosti termalnega ovoja in energijske učinkovitost stavb za posamezne tipe stavb. Cilj analize je bil ugotovitev dejanskega stanja, pomanjkljivosti in problemov v zvezi z energijskim vidikom stavb in vidikom kakovosti notranjega okolja. Izvedene so tudi primerjalne študije s ciljem teoretične in eksperimentalne preveritve učinkovitost že obstoječih prenov, kar bo ob nadaljnji računski analizi predstavljalo osnovo za pripravo modela učinkovite energijske prenove (oz. Aktivnost A4).

Ugotovitve **računske analize termalnega ovoja** se izrazijo na podlagi analize koeficienta toplotne prehodnosti  $U$  ( $W/m^2K$ ), kot osnovnega indikatorja energetske lastnosti stavb. Računske analize posameznih delov termalnega ovoja fasadne stene so pokazale, da se koeficient toplotne prehodnosti pri različnih tipskih predstavnikih stavb predšolske vzgoje giblje v širokem razponu. Analize so pokazale, da so sestave fasadne stene pri posameznih tipskih predstavnikih zelo različne tudi zaradi dosedanjih posegov, in je posledično zelo težko izvesti generalne zaključke za skupine stavb. Vendar so ugotovitve pokazale, da koeficienta toplotne prehodnosti fasadne stene pri tipu stavbe A niso v skladu s predpisanimi vrednostmi ( $U_{max} = 0,28W/(m^2K)$ ), ki jih zahteva slovenska zakonodaja, ker je večina stavb neprenovljenih. Pri tipu stavbe B, C in D je odvisno od stopnje posegov in stavbe z energetske saniranim fasadnim ovojem, ali so toplotne prehodnosti fasadne stene v skladu s predpisanimi vrednostmi. Pri tipu stavbe E je toplotna prehodnost fasadne stene v skladu z zakonom predpisanimi vrednostmi.

Lahko se za zaključek skleni, da objekti stavb predšolske vzgoje porabijo za potrebe ogrevanja preveč energije. Toplotne karakteristike termalnega ovoja velikokrat ne zadoščajo zakonsko določenim vrednostim. Pri koeficientu specifičnih transmisivskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe zakonsko določene vrednosti presegajo za polovico, pri največji dovoljeni letni potrebni toploti za ogrevanje pa vrednosti presegajo celo za 3x.

Na podlagi **numeričnih analiz** izbranega vzorca (154 stavb) lahko za zaključimo poudarimo, da je poprečen energetski razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji E s poprečno dovedeno energijo,



namenjeno pretvorbi v toploto 132,935 [kWh/m<sup>2</sup>a]. Za določene tipske predstavnike pa lahko zaključimo: TIP A – energetski razred F, TIP B/C/D – energetski razred E, TIP E – energetski razred D.

**Teoretična primerjalna študija** je zajela komparacijo energetskega stanja stavbe pred prenovo in po njej s ciljem, da se preveri učinkovitost že obstoječih prenov za tip stavbe, katerega delež v stavbnem fondu je zelo velik, in lahko predstavlja referenčni primer za vse stavbe podobne tipologije. Poleg tega predstavljajo posegi na stavbi, izbrani za to primerjalno študijo, najbolj pogost spekter posegov ob celovitih energetskih prenovah stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Je pokazala, da se raba energije v stavbi zmanjša s **136,90 kWh/m<sup>2</sup>a (razred energijske učinkovitosti E) na 48,61 kWh/m<sup>2</sup>a (razred energijske učinkovitosti C)**. Na podlagi analize in podatkov, analiziranih v tej raziskavi, lahko zaključimo, da se ob celovitih energetskih prenovah energetska učinkovitost stavbe največkrat izboljša za dva energetska razreda.



### LITERATURA – AKTIVNOST 3

- [1] MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR, "Tehnična smernica T SG - 1 - 0 0 4: 2010UČINKOVITA RABA ENERGIJE." Accessed: Oct. 28, 2019. [Online]. Available: [http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf).
- [2] Lovec Vesna, *UM, FGPA rezultati neobjavljene raziskave VRTEC+*. 2019.
- [3] *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52 z dne 30.6.2010)*. .
- [4] M. za infrastrukturo Republika Slovenija, *Zakon o učinkoviti rabi energije (Uradni list RS, št. 158/20)*. .
- [5] *Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Uradni list RS, št. 92/14, 47/19 in 158/20 – ZURE)*.
- [6] I. Bezgovšek, Š. Gregorin, A. Loose, P. Šeme, and K. Žirovnik, "Energetskonapredni P R O J E K T E N E R G E T S K E P R E N O V E O B J E K T O V V L J U B L J A N I. Mestna občina Ljubljana."
- [7] D. A. Missia, E. Demetriou, N. Michael, E. I. Tolis, and J. G. Bartzis, "Indoor exposure from building materials: A field study," *Atmos. Environ.*, vol. 44, no. 35, Nov. 2010, doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.07.049.
- [8] G. Škratek, "Blokovne stanovanjske soseske v Mariboru: morfološki, funkcijski in socialno-geografski oris," Univerza v Mariboru, Maribor, 2018.

### POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST 3

#### Popis slik

Slika 3.1 Shematski prikaz zunanjih sten proti neogrevanemu prostoru za posamezne arhitekturne tipologije stavb predšolske vzgoje ( a) pritlična stavba z dvokapno streho, b) pritlična stavba z ravno streho, c) dvonadstropna stavba z ravno streho) .....	7
Slika 3.2 Shematski prikaz stavbe s: .....	13
Slika 3.3 Shematski prikaz – okna na stavbah predšolske vzgoje.....	17
Slika 3.4 Materializacija oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji .....	18
Slika 3.5 Prvotna lesena okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji: a) Vrtec v Ljubljani, zgrajen 1981, prvotna lesena okna. b) Vrtec v Mariboru, zgrajen 1978, prvotna lesena okna z roletami. c) Vrtec v Ljubljani, zgrajen 1981, prvotna lesena okna z dodanimi ALU žaluzijami. [Avtor] .....	19
Slika 3.6 PVC in ALU okna v stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji: a) Vrtec v Mariboru, zgrajen 1981, prvotna lesena okna zamenjana s PVC okni. b) Vrtec v Mariboru, zgrajen 2012, ALU okna. [Avtor] ..	19
Slika 3.7 a) Tla nad terenu pri stavbi z kletjo ali brez nje b) Tla nad neogrevano kletjo .....	23
Slika 3.8 Vzorec stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, uporabljen za določitev poprečnega energetskega razreda stavb. ....	29
Slika 3.9 Stavba TIP A - primer a) Vrtec v Mariboru (1927), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Vrhniki (stavba kulturne dediščine), celovita energetska prenova stavbe (TI dodana na notranjo strani zunanje stene) .....	32
Slika 3.10 Stavba TIP B - primer a) Vrtec v Mariboru (1959), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Mariboru (1956), celovita energetska prenova stavbe .....	33
Slika 3.11 Stavba TIP C - primer a) Vrtec v Kranju (1973), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Kočevju (1979), celovita energetska prenova stavbe .....	33
Slika 3.12 Stavba TIP D – primer a) Vrtec v Mariboru (1981), stavba brez posegov prenove b) Vrtec v Mariboru (1981), celovita energetska prenova stavbe .....	34
Slika 3.13 Stavba TIP E- primer a) Vrtec v Ločah (2017), montažna lesena konstrukcija b) Vrtec v Ilirski Bistrici (2016), masivni konstrukcijski sistem.....	34
Slika 3.14 Graf - materializacija oken na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji .....	39

Slika 3.15 Graf - izboljšanje energetskega razreda stavbe ob celovitih energetskih prenovah .....	42
Slika 3.16 Tloris vrtca izbranega za primerjalno študijo. [Avtor] .....	57
Slika 3.17 Igralnice vrtca s prvotnimi leseni okni (A). [Avtor] .....	58
Slika 3.18 Igralnice vrtca z zamenjanimi okni (B) [Avtor] .....	58
Slika 3.19. Eksperimentalna primerjalna študija: a) ne prenovljena igralnica (A). [Avtor]. .....	60
Slika 3.20. Eksperimentalna primerjalna študija: b) prenovljena igralnica (B) [Avtor] .....	60
Slika 3.21. Eksperimentalna primerjalna študija, tloris in prerez igralnic: a) neprenovljena igralnica (A) in b) prenovljena igralnica (B) [Avtor] .....	61
Slika 3.22. Parametri za celotno merilno obdobje, RHai [%], Tai [°C], CO2 [ppm] .....	64

## Popis tabel

Tabela 3.1. Največja dovoljena toplotna prehodnost posameznih pomembnejših elementov stavbe, PURES2010, Umax (Tehnična smernica TSG-1-004). .....	5
Tabela 3.2. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe A .....	8
Tabela 3.3. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe B .....	8
Tabela 3.4. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe B .....	9
Tabela 3.5. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe B .....	9
Tabela 3.6. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe C .....	10
Tabela 3.7. Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe C .....	10
Tabela 3.8 Zunanja stena proti neogrevanemu prostoru, tip stavbe D .....	11
Tabela 3.12 9a) Strop pod neogrevanim podstrešjem .....	15
Tabela 3.12 10b) Streha, ki meji na zunanji prostor .....	15
Tabela 3.11 Računska analiza .....	21
Tabela 3.12 Tla na terenu – primer AB talna plošča .....	24
Tabela 13 Tla na terenu – primer izračuna toplotne prehodnosti v računalniškem programu UBAKUS – za tip stavbe E .....	24



Tabela 3.14 Razvrstitev energijskih kazalnikov v razrede. [5] .....	27
Tabela 3.15 Energetski razred stavb predšolske vzgoje v Sloveniji za posamezne tipske predstavnike stavb. ....	31
Tabela 3.16 Energetski razred stavbe – rezultati anketnega vprašalnika VRTEC+.....	36
Tabela 3.17. Primerjalna študija celovite energetske prenove vrtca.....	41
Tabela 3.18 Splošne smernice za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb.....	43
Tabela 3.19 Osnovne lastnosti dveh izbranih igralnic primerjale študije. ....	59
Tabela 3.20 Izmerjeni parametri v času bivanja otrok v igralnici (igralnica A - prvotna lesena okna, igralnica B - novejša pvc okna). ....	62
Tabela 3.21. Izmerjeni parametri kontaktne temperature elementov termalnega ovoja.....	67

**A4:**

**RAZVOJ MODELOV ENERGETSKE PRENOVE  
STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI**

A4: RAZVOJ MODELOV ENERGETSKE PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI .....	5
4.1 ENERGETSKE PRENOVE STAVB .....	5
4.1.1 Energetske preнове stavb predšolske vzgoje - splošne analize, splošne smernice o energetskih prenovah stavb.....	5
4.1.2 STOPNJE POSEGOV PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE – ANALIZE.....	30
4.1.2.0 Energetski pregled stavbe .....	32
4.1.2.1 Organizacijski ukrepi.....	33
4.1.2.2 Toplotna zaščita ovoja stavbe – poseg: dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe .....	48
4.1.2.3 Arhitekturni posegi na stavbi .....	61
4.1.2.4 Zamenjava stavbnega pohišstva .....	80
4.1.2.5 Mehanski sistemi v stavbi (posodabljanje obstoječih sistemov ogrevanja in hlajenja, alternativni sistemi ogrevanja in hlajenja z obnovljivimi viri energije) .....	83
4.1.2.7 Celovita energetska prenova.....	89
4.1.2.7 Možnosti uporabe modula energetske nadgradnje iz nosilnih leseno-steklenih stenskih elementov .....	96
4.1.3 MOŽNOSTI SO SLEDNJEGA IZVAJANJE POSAMEZNIH POSEGOV PRENOVE .....	110
(vrtec+) Stopnje posegov prenov stavb predšolske vzgoje .....	111
4.1 FASADNI SISTEMI.....	113
Uvod .....	113
Osnovne komponente fasadnega sistema .....	114
Obstoječe stanje – fasade v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje v Sloveniji .....	115
Fasadne izolacijske plošče dostopne na trgu v Sloveniji .....	118
EPS F .....	122
NEO SUPER F 031.....	122
NEO SUPER F-P 031 .....	122
PREMIUM 031 .....	122
FKD-S .....	126
Drvolit D.....	126
Možnosti reciklaže toplotno izolacijskih materialov – vpliv na okolje .....	126
Pravilna izbira toplotno izolacijske plošče sistema .....	127
Finančni aspekt izvedbe fasadnega sistema z toplotno izolacijo .....	134
Metodologija analize in razvoja fasadnih sistemov v raziskavi VRTEC+.....	137



4.2.1	FASADNI SISTEM ZUNANJE TOPLOTNE IZOLACIJE.....	139
4.2.1.1	Uvodne smernice.....	139
	O fasadnih sistemih zunanje toplotne izolacije.....	140
	Osnovne vrste fasadnih sistemov zunanje toplotne izolacije .....	140
	Možnosti prilagoditve fasadnih sistemov zunanje toplotne izolacije .....	143
4.2.1.2	Kontaktni fasadni sistemi .....	145
4.2.1.3	Prefabricirani termoizolacijski panel/fasadni sistem za kontakne fasadne sklope.....	153
	Ugotovitve dosedanjih raziskav o prefabriciranih fasadnih sistemih.....	153
	Sestava sistema - opis sistema, predlog zasnove gradbenega produkta za namen prenove .....	155
4.2.2	SISTEM NOTRANJE TOPLOTNE IZOLACIJE.....	157
	Opis sistema .....	158
	Postopek montaže sistema notranje toplotne izolacije .....	163
	Analiza stavbe pri katerih so omejeni posegi na zunanjem ovoju stavbe.....	165
	Izboljšanje termalnega ovoja s uporabo prefabriciranega fasadnega elementa.....	170
4.2.3	ZAKLJUČKI.....	172
	Zaključki – fasadni sistem zunanje toplotne izolacije.....	173
	Zaključki – sistem notranje toplotne izolacije .....	173
4.3	OKOLJSKI VPLIVI PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE.....	174
4.3.1	Uvodne smernice.....	175
	Osnove analize življenjskega cikla .....	177
	Faze analize življenjskega cikla .....	179
4.3.2	Definiranje cilja in mej sistema za izdelavo LCA analize.....	183
4.3.3	Izdelava podatkovne baze za analize življenjskega cikla fasadnih elementov .....	185
	Določitev količine materialov .....	185
	Generične baze podatkov.....	186
	Kvaliteta vhodnih podatkov .....	187
	Okoljske deklaracije proizvodov (EPD) .....	188
4.3.4	Ocena okoljskih vplivov .....	197
4.3.5	Rezultati LCA analize za fazo proizvodnje (modul A1-A3) - Analiza pregledne ocene okoljskega profila prefabriciranega fasadnega panela .....	204
4.3.7	Zaključki LCA analize.....	210

4.4	MODELI PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE .....	211
4.5	ZAKLJUČKI RAZISKAVE .....	219
	LITERATURA – AKTIVNOST 4.....	223
	POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST 4 .....	224
	Popis slik .....	224
	Popis tabel .....	227

## **A4: RAZVOJ MODELOV ENERGETSKE PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI**

Znotraj aktivnosti A4 projekta VRTEC+ so raziskane različne stopnje posegov pri prenovi stavb predšolske vzgoje, kot so: dodatna toplotna izolacija ovoja, menjava stavbnega pohištva na ovoju, povečanje ali regulacija deleža zasteklitev, izvedba strategij senčenja, prezračevanja in ostali možni posegi. Raziskane in analizirane so možnosti razvoja in uporabe prefabriciranega produkta (npr. prefabricirani fasadni sistem), s katerim bo možno hitro in ekonomsko ugodno prenavljati stavbe - objekte predšolske vzgoje. S parcialnimi LCA analizami so preverjeni tudi okoljski vplivi posameznih fasadnih sistemov, ki bodo v sklopu projekta razviti za namen prenov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Podani so tudi splošni zaključki izvedene aktivnosti A4. *Razvoj modelov energetske prenov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.*

### **4.1 ENERGETSKE PRENOVE STAVB**

#### **4.1.1 Energetske prenov stavb predšolske vzgoje - splošne analize, splošne smernice o energetskih prenovah stavb**

Aktualne razmere na okoljskem, družbenem, tehnološkem in pedagoškem področju na začetku 21. stoletja postavljajo obstoječe stavbe za vzgojo in izobraževanje, pa tudi vse ostale stavbe pred velike izzive. Spreminjajo se standardi, normativi, zakonske regulative s področja gradbeništva ter potrebe in želje uporabnikov stavb.

Na področju predšolske vzgoje so se v zadnjem desetletju prav tako zgodile številne spremembe. Tradicionalni prostor, namenjen varstvu otrok in skupinskemu učenju, so nadomestili inovativni pedagoški pristopi, ki temeljijo na sodobnih doktrinah o obravnavi otrok kot individualnih osebnosti z lastnim ustvarjalnim potencialom. Ob tem se spreminjajo tudi prostorski normativi, ki zahtevajo večje površine v vrtčevskih stavbah, pojavljajo se potrebe po prilagodljivih in raznovrstno zasnovanih prostorih. Zaostrene pa so tudi zahteve po protipotresni, požarni in splošni varnosti ter energijski učinkovitosti, kar je izrednega pomena za to raziskavo.

V zadnjem času vse sodobne zahteve narekujejo množico posegov v stavbni fond, predvsem posege energetske prenov, ob katerih je potrebno upoštevati spremenjene pedagoške doktrine in standarde kakovosti. **V takšnem kontekstu je nastajala ideja te raziskave, katere cilj je razvoj modelov energetske prenov stavb predšolske vzgoje, ki bo zajel različne posege prenov, prilagojene za različne arhitekturne tipologije stavb. Cilj posegov je izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe, obenem pa tudi izboljšanje kakovosti bivanja v stavbi.**

Cilj raziskave je, da neposredno pripomore k preprečevanju negativnega trenda prenov s parcialnimi posegi, ki so večinoma usmerjeni v izboljšanje oz. spreminjanje le enega segmenta stavbe, kar lahko ima številne negativne posledice na drugih področjih, najbolj pogosto pa poslabšanje kakovosti bivanja v sami stavbi. **Prenova obstoječega stavbnega fonda z namenom zvišanja števila energetsko učinkovitih stavb mora hkrati nujno spodbujati odgovornejše ravnanje do bivalnega okolja, trajnostno rabo naravnih virov in reševanje globalnega segrevanja, kar se žal v praksi ne izvaja.** Vsaka energetska prenova mora optimalno izkoristiti vse prednosti, ki jih ima stavba in sanirati oz. izboljšati njene največje slabosti. V tem kontekstu je cilj raziskave ponuditi smernice za energetska prenovo stavb, optimizirane za različne tipske predstavnike stavb predšolske vzgoje.

### **Opredelitev pojma – energetska prenova stavbe**

Definicija energetske prenove stavb se razlikuje v zakonodaji različnih držav članic EU. V uvodni izjavi, točki 16 Direktive EU (Directive 2012/27/EU), je tovrstna prenova zelo široko opredeljena kot prenova, ki rezultira z obnovljeno stavbo ali delom stavbe z zmanjšano potrebo po dovedeni energiji v primerjavi s stanjem pred prenovo stavbe (*...renovations which lead to a refurbishment that reduces both the delivered and the final energy consumption of a building by a significant percentage compared with the pre-renovation levels leading to a very high energy performance*). Ocene na nivoju EU so, da le 1% stavb izpolnjuje navedbe v trditvi Direktive.<sup>1</sup>

Druga točka EED definira 'bistveno prenovo' kot *prenovo*, katere stroški so več kot 50% investicije v primerjavi z novozgrajeno enoto. Točka 5 določa 'celovito prenovo' kot prenova, ki tretira "stavbo kot celoto, ob tem zajame termalni ovoj stavbe, opremo, uporabo stavbe in vzdrževanje. Točka 2 EPBD definira 'večjo prenovo', kot prenova, pri kateri so skupni stroški prenove toplotnega ovoja stavbe in tehničnih sistemov več kot 25% ocenjene vrednosti stavbe brez vrednosti samega zemljišča, ali prenova, pri kateri je več kot 25% površine toplotnega ovoja stavbe predmet prenove.<sup>2</sup>

BPIE (2011) določa ravni prenove stavbe z oceno tržnega deleža (estimate of the market share) (kot odstotek vseh prenov):

- Manjša prenova – 85 % tržnega deleža: izvedba 1 ali 2 ukrepov (npr. novi bojler), ki prispevata k zmanjšanju porabe energije med 0 % in 30 % (s povprečnim stroškom €60/m<sup>2</sup>).

---

<sup>1</sup> The Economist, 2013. Investing in energy efficiency in Europe's buildings. A view from the construction and real estate sectors.

<sup>2</sup> EP, 2016. Implementation of the Energy Efficiency Directive (2012/27/EU): Energy Efficiency Obligation Schemes. European Implementation Assessment.

- Srednja prenova – 10 %: vključuje 3 - 5 izboljšav (npr. izolacija ustreznih delov bivališča plus novi bojler), ki prispevajo k zmanjšanju porabe energije v razponu med 30 % - 60 % (s povprečnim stroškom €140/m<sup>2</sup>).
- Večja prenova – 5 %: pri tem pristopu je prenova zbir skupnih ukrepov, ki prispevajo k zmanjšanju porabe energije med 60 % - 90 % (s povprečnim stroškom €330/m<sup>2</sup>).
- Prenova v skoraj nič-energijsko stavbo – zanemarljivi: zamenjava ali nadgradnja vseh elementov, ki vplivajo na rabo energije, kakor tudi instalacija tehnologije obnovljive energije, da bi zmanjšali porabo energije in raven ogljikovih emisij skoraj do ničle (s povprečnim stroškom €580/m<sup>2</sup>).

Študija "Renovation tracks for Europe until 2050 – building renovation in Europe – what are the choices" trdi, da lahko temeljita prenova obstoječega fonda skupaj z novimi stavbami, ki so skoraj nič-energijske, prihrani 80% končne porabe energije za gretje prostorov do 2050 v primerjavi z 2012.

3

Eurima študija<sup>4</sup> zagovarja cilj 80% končnega energetskega prihranka (ki ga je predlagal Evropski parlament). Velikost EU trga energetske prenove bi se lahko povečal za skoraj polovico sedanje ravni, če bi 40% energetskega prihranka sprejeli kot cilj za 2030. Uresničitev tega cilja bi zahtevala rast prenov za skoraj 3% (od 1%), kar bi pomenilo, da bi bil v 2030 trg prenov vreden okoli EUR 122 bilijonov s približno 988,200 dodatnimi službami v sektorju.<sup>5</sup> GHG emisije bi padle za 62.9% v stanovanjskem sektorju in 73% v nerezidenčnem sektorju do 2030. S ciljem 27% do 2030 bi GHG emisije padle za 33.8% v stanovanjskem sektorju in 50.6% v nerezidenčnem sektorju.

**Kot že predstavljeno v zakonodajni literaturi, je termin *energetska prenova stavbe* opredeljena zelo široko.** Na podlagi vseh dosedanjih analiz se bo za potrebe te raziskave pojem opredelil v nadaljevanju. Energetska prenova stavbe zajema kup ukrepov v stavbi kot celoti, ki vplivajo na rabo energije v stavbi. Prenove stavb se opredelijo kot posamezni ukrepi oz. delna prenova, ali celovita energetska prenova. Torej, energetska prenova stavbe lahko glede na obseg izvedenih posegov opredelimo kot: **1. delna energetska prenova** in **2. celovita energetska prenova**.

---

<sup>3</sup> Ecofys, 2015. The role of energy efficient buildings in the EU's future power system.

<sup>4</sup> Eurima, 2012. Renovation tracks for Europe up to 2050; building renovation in Europe - what are the choices?

<sup>5</sup> Saheb, Y., 2016. Energy Transition of the EU Building Stock. Unleashing the 4th Industrial Revolution in Europe.

**1. Delna energetska prenova stavbe** - delno energetska prenova stavbe lahko opredelimo kot izvedbo enega ali več usklajenih ukrepov, katerih cilj je zmanjšana raba energije v stavbi. Ukrepi so lahko na ovoju stavbe (npr. fasada, streha, tla) in ali na stavbnih tehničnih sistemih (npr. ogrevanje, prezračevanje, klimatizacija, priprava tople vode).

**2. Celovita energetska prenova stavbe** - z izrazom »celovita energetska prenova« označujemo usklajeno izvedbo ukrepov učinkovite rabe energije na celotnem ovoju stavbe (npr. fasada, streha, tla) in na stavbnih elektro-energetskih in tehničnih sistemih (npr. ogrevanje, prezračevanje, klimatizacija, priprava tople vode) ter izvedbo drugih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. Celovita energetska prenova se izvede na način, da se, kolikor je to tehnično in finančno mogoče, izkoristi ves ekonomsko upravičen potencial za energetska prenova. Glavna prednost celovitega pristopa je možnost medsebojne optimizacije posameznih ukrepov v eni sami obsežnejši operaciji, pomanjkljivost pa je le v finančni zahtevnosti načrta, kar je žal velikokrat težava v slovenskih razmerah.

Obseg energetske prenove se opredeli glede na pričakovane prihranke primarne energije in glede na razpoložljive finančne zmožnosti. Cilj energetske prenove stavb je predvsem zmanjšanje rabe energije v stavbi s povečanjem energetske učinkovitosti same stavbe. Ob tem pa je v stavbi, ki je predmet energetske prenove, potrebno zagotoviti enake ali boljše bivalno ugodje za uporabnike stavbe. Energetska prenova zagotovi povečanje energetske učinkovitosti stavbe, oz. energetskih prihrankov, kvalitete življenja ali udobja v prostorih, investicijske sposobnosti v primeru javnega partnerja (skozi prihrank delnega ali celotnega začetnega finančnega vložka). Hkrati energetska prenova zagotovi zmanjšanje rabe primarne energije (rabe energentov), stroškov za oskrbo z energijo, okoljske obremenitve, finančnega in tehničnega tveganja.

V praksi je več različnih indikatorjev, ki kažejo na potrebo po prenovi stavbe predšolske vzgoje: dotrajanost posameznih delov stavbe, povečanje energijske učinkovitosti, posodobitev, izboljšanje bivalnih pogojev. Vse pomanjkljivosti se lahko diagnosticirajo z energetskim pregledom stavbe, na podlagi katerega se kasneje detajlno načrtuje energetska prenova stavbe. Plan obnove stavbe je potrebno tako zasnovati, da bo ob najmanjši investiciji potrebno manj energije za ogrevanje, hkrati pa se bodo izboljšali bivalni pogoji.

## Energetska politika EU

Energetska politika Evropske unije (EU) in tudi Republike Slovenije (v nadaljevanju RS) kot njene članice je usmerjena v zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, izboljšanje energetske učinkovitosti in razvoj obnovljivih virov energije. Gradbeništvo je le en segment te energetske politike. Razlogi za takšno usmeritev so zmanjšanje odvisnosti Evropske unije in njenih članic od uvoza naftnih derivatov, prispevek k čistejšemu okolju, zmanjšanju stroškov za energijo, h gospodarski rasti in ustvarjanju novih delovnih mest.

Cilje energetske politike EU so določili predstavniki Evropskega parlamenta in sveta z izdajo Direktive 2012/27/EU, ki je bila izdana z namenom prehoda EU v nizkoogljično in visokoenergetsko gospodarstvo. Skladno s tem so se zavezali k izpolnitvi naslednjih splošnih ciljev:<sup>6</sup>

- zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP) za vsaj 20 odstotkov do leta 2020 glede na leto 1990;
- 20 odstotkov obnovljivih virov v končni rabi energije do leta 2020;
- zmanjšanje rabe primarne energije za 20 % do leta 2020 glede na pričakovano raven z izboljšanjem energetske učinkovitosti.

Za doseg skupnih ciljev, ki sta si jih zadala Evropski parlament in Svet, so si države članice EU zadale lastne cilje. Cilji RS do leta 2020 so bili:

- obdržati rast emisij TGP pod 4 % v sektorjih zunaj sheme za trgovanje z emisijami (Odločba 2009/406/ES);
- izboljšati energetske učinkovitost za 20 %;
- do leta 2020 glede na leto 2005 doseči 25% delež obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE) v bruto rabi končne energije do leta 2020.<sup>7</sup>

Krovni dokument za energetske obnovne stavbe je direktiva 2012/27/EU, ki določa, da morajo države članice pripraviti **dolgoročno strategijo za spodbujanje naložb energetske prenove stavb**. V novem energetskega zakonu RS (EZ-1) je dana pravna podlaga, da Vlada na predlog ministrstva, pristojnega za energijo in ministrstva pristojnega za sistem ravnanja s stvarnim premoženjem, sprejme

---

<sup>6</sup> Direktiva 2012/27/EU o energetske učinkovitosti, 2012

<sup>7</sup> Dolgoročne energetske bilance Slovenije do leta 2030 in strokovne podlage za določanje nacionalnih energetskega ciljev, 2014

dolgoročno strategijo za spodbujanje naložb v energetske prenovne nacionalnega fonda javnih ter zasebnih stanovanjskih in poslovnih stavb. Strategija vključuje določitev oseb ožjega in širšega javnega sektorja za potrebe prenove, površine stavb v lasti in v uporabi oseb javnega sektorja, določitev deleža prenove skupne tlorisne površine stavb v lasti in rabi oseb ožjega javnega sektorja, pregled nacionalnega stavbnega fonda, opredelitev stroškovno učinkovitih pristopov prenove za različne vrste stavb, ukrepe za spodbujanje stroškovno učinkovite temeljite prenove stavb ter ukrepe za usmerjanje naložbenih odločitev posameznikov, gradbene industrije in finančnih institucij. Strategija obravnava stroškovno učinkovite celovite prenovne, ki vodijo v takšno končno stanje, ki glede na izhodiščno bistveno zmanjša porabo energije, s tem pa se doseže zelo visoka energetska učinkovitost. Glede na to, da se stanje tehnike ter cene stavbnih sistemov in energije nenehno spreminjajo, je nadalje določeno, da se **strategija posodablja vsaka tri leta. Poleg tega so stavbe ključne za doseganje cilja EU v zvezi z zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov za 80 % do 95 % do leta 2050 v primerjavi z letom 1990.**

V skladu z EPBD so morale države članice zagotoviti, da so do 31. decembra 2018 vse nove stavbe skoraj nič-energijske stavbe, zato je delež novih stavb s 1.1.2019, ki bodo ustrezale zahtevam skoraj nič-energijske stavbe 100%. **Po 5. členu Direktive o energetske učinkovitosti (EED) (2012/27/EU) bodo stavbe javnih organov predstavljale zgled ostalemu stavbnemu fondu.** Zgodnji delež skoraj nič-energijskih nestanovanjskih stavb se bo enakomerno povečeval do obvezujočega datuma za javne in ostale nestanovanjske stavbe. Predvideni inštrumenti za zagotavljanje skoraj nič-energijskih nestanovanjskih novogradenj so: finančne spodbude v obliki nepovratnih in povratnih sredstev, za javni sektor predvsem kohezijska sredstva, mednarodni finančni viri, usposabljanje naročnikov, projektantov, izvajalcev in uporabnikov skoraj nič-energijskih stavb; nadgradnja predpisov in uvedba certificiranja trajnostnih stavb, spodbujanje energetske učinkovitosti v okviru prostorskega načrtovanja, razvoj rešitev za prenovno stavbne kulturne dediščine in za druge posebne skupine stavb (tipske rešitve za nestanovanjske ter javne stavbe), navezava na sheme podpor za oskrbo s toploto iz OVE, zakonske podlage na ciljne kazalnike URE in OVE v javnem sektorju, usmeritev dela finančnih spodbud v demonstracijske projekte (kohezijska sredstva), spremljanje doseženih kazalnikov in promocija.



## **Zahteve Evropske direktive o energetske učinkovitosti za javni sektor**

Z Evropsko Direktivo 2012/27/EU se je RS zavezala, da bo letno prenovila 3 % tlorisne površine stavb, ki so v lasti in uporabi vlade in ožjega javnega sektorja.<sup>8</sup> Z Operativnim planom za izvajanje evropske kohezijske politike 2014–2020 (OP EKP) pa se je RS zavezala, da bo do zaključka črpanja kohezijskih sredstev v letu 2023 izvedla energetske sanacije na 1,8 milijona m<sup>2</sup> površin v celotnem javnem sektorju.<sup>9</sup>

### **Strategija RS za energetske prenovi stavb**

Strategija za energetske prenovi stavb v republiki Sloveniji je v pristojnosti Ministrstva za infrastrukturo, Direktorata za energetiko, sicer pa je določena s predpisi EU, ki so prenešeni v lokalno zakonodajo. Ministrstvo za infrastrukturo in Direktorata za energetiko imata v zakonodajni pristojnosti energetske prenovi stavb, ob tem je jasno izpostavljena vodilna vloga javnega sektorja pri energetske prenovi stavb.

Stavbe v lasti in rabi javnih organov predstavljajo okoli 10 % celotnega stavbnega fonda Republike Slovenije (sem sodijo tudi stavbe predšolske vzgoje), medtem ko je v EU kar 12% stavbnega fonda v javni lasti ali javni uporabi, kar nam govori o velikih potencialih za zmanjšanje energije v javnih stavbah (javna poraba v EU znaša 17% BDP). Številke jasno kažejo na dejstva, ki dodatno pojasnjuje zakaj je EU prepoznala energetske učinkovitost javnih stavb kot zelo pomembno in možnosti za prihranek energije v javnih stavbah kot zelo velik. Zaradi tega je tudi v preteklosti zakonodaja EU določila energetske prenovi javnih stavb kot prednostno usmeritev (za doseganje evropske zaveze 20/20/20) in bila usmerjena na spodbujanje postopkov prenovi javnih stavb.

Sprejeta Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenovi stavb določa operativne cilje do leta 2020 oziroma do 2030 načrtuje prenovi 3 % javnih stavb ožjega javnega sektorja letno. Strategija za potrebe prenovi opredeljuje tudi pregled nacionalnega stavbnega fonda ter sistema ukrepov in kriterijev za spodbujanje in izvajanje sprejemljivih načinov, s katerimi se pristopa k prenovam različnih vrst stavb. Zaradi določb evropske zakonodaje, ki države članice zavezuje k letni prenovi določenega deleža stavb javnega sektorja, je v Strategiji poseben poudarek namenjen

---

<sup>8</sup> V skladu z določili direktive so v evidenco stavb v lasti ožjega javnega sektorja vključene le stavbe za poslovno rabo s površino večjo od 250 m<sup>2</sup> in katerih lastnik je RS oz. pravna oseba, za katero predpostavljamo, da predstavlja lastništvo RS (ministrstva, skladi, zavodi,...) in pri katerih je vpisan upravljalec državnega premoženja v skladu z Uredbo o načinu vpisa upravljavcev nepremičnin v zemljiški kataster in kataster stavb (Ur. l. RS, št. 121/2006 in 104/2013).

<sup>9</sup> Operativni program za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020 (OP EKP), 2014

stavbam ožjega in širšega javnega sektorja. Za zmanjšanje porabe energije v stavbah je predvideno tudi prilagajanje in racionalno upravljanje sistema daljinskega ogrevanja v javnih stavbah.

Od leta 2019 naprej morajo biti vse novo zgrajene javne stavbe, ki za svoje delovanje porabijo energijo za ogrevanje in/ali hlajenje, zgrajene kot skoraj nič-energijske, od leta 2021 pa to velja še za vse ostale novogradnje. Energija v takih stavbah bo v veliki meri zagotovljena iz obnovljivih virov energije.

**Strategija za energetska prenova stavb v RS predvideva, da se bo energetska prenova stavb javnega sektorja izvajala na podlagi modela energetskega pogodbeništva. Energetska pogodbeništvo pomeni vključevanje zasebnega kapitala podjetij, ki izvajajo energetske storitve, v obnovo.** Analize, izvedene v tej raziskavi, so pokazale, da je večina energetskih prenov predšolske vzgoje v Sloveniji izvedena po tem modelu. Za financiranje energetskih prenov stavb javnega sektorja je bilo za obdobje 2014 do 2020 predvidenih 117,4 milijonov evrov nepovratnih sredstev in 25 milijonov evrov povratnih kohezijskih sredstev. Slednja so se združevala s finančnimi viri namenskih skladov in programov mednarodnih finančnih institucij v povratna in nepovratna sredstva. **V praksi se je predvidena energetska prenova javnih stavb po principu energetskega pogodbeništva pokazala kot zelo učinkovita, kajti veliko število stavb je prenovljenih. Hkrati pa je treba omeniti številne težave, ki se pojavijo v eksploataciji stavbe kot posledica rabe stavbe tako, da se dosežejo prihranki, ki jih energetska pogodbeništvo zahteva, več o tem v poglavju *Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje* 3.1.3 znotraj aktivnosti A3 raziskave.**

Ministrstvo za infrastrukturo RS in Direktorata za energetiko na svoji spletni strani opredeljujejo strateške in zakonodajne dokumente, pomembne za vidik energetske prenove stavb:

- **Strateški dokumenti:**
  - Nacionalni akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe do leta 2020 (AN sNES)
  - Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenove stavb (DSEPS)
  - Smernice za izvajanje ukrepov izboljšanja energetske učinkovitosti v stavbah javnega sektorja po principu energetskega pogodbeništva
  - Operativni program za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014-2020 (OP-EKP)
- **Zakonodaja:**
  - Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2012 o energetske učinkovitosti, spremembi direktiv 2009/125/ES in 2010/30/EU ter razveljavitvi direktiv 2004/8/ES in 2006/32/ES Besedilo velja za EGP (2012/27)

- Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (2010/31)
- Energetski zakon (EZ-1)
- Zakon o učinkoviti rabi energije (ZURE)
- Uredba o upravljanju z energijo v javnem sektorju

Evropska Direktiva (The Energy Efficiency Directive (EED) (2012/27/EU)) obstoječi stavbni fond prepoznava kot "the single biggest potential sector for energy savings... crucial to achieving the Union objective of reducing greenhouse gas emissions by 80-95% by 2050 compared to 1990." Cilj EU je, da se v segmentu energetske učinkovitosti do 2020 doseže 20% izboljšanje in 27% do leta 2030. Kljub vsem zastavljenim ciljem je stopnja prenov stavb na nivoju EU še vedno relativno nizka<sup>10</sup> in predstavlja izziv, prav tako tudi v Sloveniji.

Stavbe so prispevajo 40% od skupne uporabljene energije v EU, 36% od skupne emisije CO<sub>2</sub><sup>11</sup> in 55% uporabljene elektrike<sup>12</sup>. V tem kontekstu je jasno, da so potencialni energetske prihranki in prihranki pri emisijah CO<sub>2</sub> v stavbnem sektorju vitalnega pomena za doseganje ciljev EU v smislu trajnosti, rabe energije in emisije CO<sub>2</sub> in da je Strategija RS za energetske prenovne stavb izrednega pomena. V Sloveniji je bilo več kot 40% stavb zgrajenih pred letom 1960 in več kot 90% pred letom 1990.<sup>13</sup> Ocenjuje pa se, da bo večina teh stavb še vedno v uporabi leta 2050, kajti delež novogradnje v EU je le 1% stavbnega fonda.<sup>14</sup> Ker strategija RS za energetske prenovne stavb bazira na teh ocenah, mora zajeti bolj stroge zavezujoče obveznosti za lastnike in več spodbud za energetske prenovne, in je vsekakor izrednega pomena za doseganje nastavljenih ciljev EU.

V okviru strategije RS za energetske prenovne stavb spadajo projekti, ki pripomorejo k učinkovitejši rabi energije v stavbah in k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, med tiste, za katere je mogoče pridobiti nepovratna finančna sredstva v okviru evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020, na podlagi Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020. Skladi, na podlagi katerih se črpajo nepovratna in povratna finančna sredstva, so:<sup>10</sup>

- Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR);

<sup>10</sup> COM (2014) 330 final - EU Energy security strategy.

<sup>11</sup> Operativni program za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020 (OP EKP), 2014

<sup>12</sup> [http://cordis.europa.eu/result/rcn/186598\\_en.html](http://cordis.europa.eu/result/rcn/186598_en.html).

<sup>13</sup> Itard, L., 2008. Building Renovation and Modernization in Europe: State of the Art Review; BPIE, 2011. Europe's Building under the Microscope: A Country-by-Country Review of the Energy Performance of Buildings.

<sup>14</sup> The Economist, 2013. Investing in energy efficiency in Europe's buildings. A view from the construction and real estate sectors.

- Evropski socialni sklad (ESS);
- Kohezijski sklad (KS) v obdobju 2014–2020.

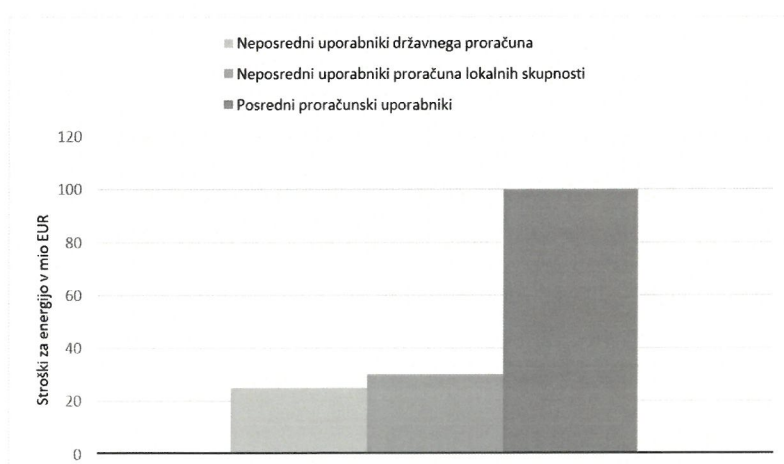
V omenjenem operativnem programu je definiranih 11 prednostnih osi, med katerimi je tudi prednostna os 4 - Trajnostna raba in proizvodnja energije in pametna omrežja, ki zajema tudi energetske sanacije javnih stavb. Za to prednostno os je predvidenih 281 mio EUR, pri čemer se bo 29 % teh sredstev pridobilo iz KS, 2 % pa iz ESSR.

**V skladu s predstavljenimi strategijami je v praksi največje število energetskih prenov javnih stavb v Sloveniji izvedeno po principu energetskega pogodbenišтва.**

### Raba energije v javnem sektorju

- **Energetska učinkovitost stavb v lasti javnega sektorja**

Skupna površina stavb, ki so v lasti javnega sektorja Republike Slovenije, znaša 9,92 mio m<sup>2</sup>, kar je 11 % vseh stavb v RS.<sup>15</sup> V okviru javnega sektorja porabijo neposredni proračunski uporabniki državnega proračuna v svojih objektih za električno in toplotno energijo okrog 25 mio EUR, neposredni proračunski uporabniki proračunov lokalnih skupnosti okrog 30 mio EUR in posredni proračunski uporabniki 12 100 mio EUR, kot je prikazano (Slika 4.1/Tabela 4.38).<sup>16</sup>



Slika 4.1. Stroški za električno in toplotno energijo pri proračunskih uporabnikih (vir: Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenovе stavb, 2015).

<sup>15</sup> Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenovе stavb, 2015

<sup>16</sup> Objekti kot so šole, domovi za ostarele, bolnišnice itd.

Pri stavbah, ki so v lasti javnega sektorja, se pojavljajo številne težave, povezane z učinkovito rabo energije. Največja težava je pomanjkanje sredstev, ki bi bila namenjena za energetske sanacije stavb v lasti javnega sektorja, zaradi česar se vse bolj uveljavlja izvajanje energetskih sanacij javnih stavb z javno-zasebnim partnerstvom (JZP) po vzoru energetskega pogodbenišтва, s katerim se v projekte energetskih sanacij javnih stavb vključit tudi zasebni kapital.<sup>17</sup> Nadalje se v javnem sektorju srečujemo s slabo usposobljenostjo skrbnikov premoženja, upravljalcev in lokalne samouprave za energetske načrtovanje, s slabim spremljanjem in obvladovanjem stroškov ter izvajanjem ukrepov za učinkovito rabo energije. Več o vseh težavah, povezanih z rabo energije v stavbah javnega sektorja v RS, v poglavju *Pomanjkljivosti in problemi v zvezi z energijskim vidikom stavb predšolske vzgoje* 3.1.3 znotraj aktivnosti A3 raziskave.

Raziskava energetske učinkovitosti Slovenije,<sup>18</sup> ki je podrobno obravnavala energetske učinkovitost v javnem in storitvenem sektorju, je pokazala na veliko potrebo po izvajanju ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti v javnem sektorju. V skladu z določili direktive so v evidenco stavb v lasti ožjega javnega sektorja vključene le stavbe za poslovno rabo s površino večjo od 250 m<sup>2</sup> in katerih lastnik je RS oz. pravna oseba, za katero predpostavljamo, da predstavlja lastništvo RS (ministrstva, skladi, zavodi,...) in pri katerih je vpisan upravljalca državnega premoženja v skladu z Uredbo o načinu vpisa upravljalcev nepremičnin v zemljiški kataster in kataster stavb (Ur. l. RS, št. 121/2006 in 104/2013). Rezultati raziskave so izpostavili, da:

- **tretjina stavb javnega sektorja nima toplotne izolacije v sklopu fasadnega ovoja,**
- **četrtnina stavb uporablja kotle stare več kot 20 let,**
- polovica upravljalcev premoženja še ni razmišljala o ukrepih za učinkovito rabo energije,
- tretjina upravljalcev premoženja ni določila osebe, ki bi bila zadolžena za spremljanje porabe energije.

Predstavljeni rezultati jasno govorijo v prid potrebi po energetskih prenovah v javnem sektorju, prav tako tudi stavb predšolske vzgoje. Skrbno ravnanje z javnimi stavbami je zelo pomembno pri obratovanju in tudi pri obnovi javnih stavb zaradi njihovega obsega, specifičnih obratovalnih zahtev kot tudi zaradi predvidenega demonstracijskega in izobraževalnega učinka, ki vpliva na obnašanje

<sup>17</sup> Smernice za izvajanje ukrepov izboljšanja energetske učinkovitosti v stavbah javnega sektorja po principu energetskega pogodbenišтва, 2014

<sup>18</sup> Raziskava energetske učinkovitosti Slovenije REUS 2013, 2013

družbe v celoti. Pri stavbah predšolske vzgoje pa še posebej zaradi izredno ranljive skupine uporabnikov stavbe.

Nestanovanjske stavbe imajo približno 25 % delež v stavbnem fondu Evropske unije.<sup>19</sup> Od tega je 17% stavb v kategoriji izobraževanje (ang.: *education*), kamor sodijo predšolska vzgoja, šolske stavbe, stavbe visokega šolstva in druge stavbe, namenjene vzgoji in izobraževanju. Večina javnih stavb v EU so zgrajene pred letom 1980, čeprav so bistveno mlajše od stavbnega fonda stanovanjskih stavb, je potrebna energetska prenova v skladu s sodobnimi trajnostnimi doktrinami. Situacija je podobna tudi v Sloveniji (kar je že predstavljeno v tej raziskavi), kjer je že vrsto let prisoten trend manj ali več (NE)uspešnih energetskih prenov javnih stavb. Analiza dostopne literature je pokazala pomanjkanje (ne)dоследnih in (ne)natančnih izvajanj prenov v Sloveniji in tudi EU. Poleg tega uradne statistične agencije in druge uradne institucije nimajo javno dostopnih baz podatkov o energetskih prenovah v stavbnem fondu, zaradi česar tudi ni jasne slike, v kakšnem stanju je trenutno celotni stavbni fond stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Enotne baze podatkov o rabi energije v javnih stavbah ni, za potrebe te raziskave so podatke o rabi energije v posameznih stavbah posredovale lokalne energetske agencije (kar je že bilo predstavljeno znotraj Aktivnosti A1 raziskave).

- **Predvidene investicije za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb v javnem sektorju**

Za energetske sanacije stavb v Sloveniji za 1,8 milijona m<sup>2</sup> stavbnih površin bo potrebno v obdobju črpanja kohezijskih sredstev 2016–2023 zagotoviti finančna sredstva v višini 415 mio EUR, upoštevajoč 22 % DDV. Finančna sredstva za predvidene investicije se zagotavljajo in se bodo črpala iz sredstev skladov Evropske unije, finančnih instrumentov, ki omogočajo ustrezen vzvod za sredstva iz skladov Evropske unije, sredstva Republike Slovenije in zasebnih virov.<sup>20</sup>

V okviru OP EKP 2014–2020 (Operativni program za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju) je v okviru prednostne naložbe Trajnostna energija načrtovanih 115 mio EUR nepovratnih sredstev, 50 milijonov povratnih sredstev, kar znaša ob 20,3 mio EUR (15 %) potrebne lastne udeležbe države pri nepovratnih kohezijskih sredstvih skupaj 185,3 mio evrov sredstev za energetske prenovne stavb javnega sektorja do leta 2023. Javno dostopnega skupnega podatka o realiziranih naložbah ni.

Za pridobitev zasebnih sredstev se v praksi uporablja mehanizem energetskega pogodbenišтва, s katerim se v projekte energetskih sanacij pritegne tudi zasebni kapital. V podporo energetskemu pogodbeništvu se oblikujejo posebni finančni instrumenti, ki temeljijo na kombinaciji kohezijskih

---

<sup>19</sup> BPIE, 2011. Europe's Building under the Microscope: A Country-by-Country Review of the Energy Performance of Buildings.

<sup>20</sup> Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenove stavb, 2015

sredstev in drugih javnih in zasebnih finančnih virov. V tovrstno shemo bo vloženih do 50 mio EUR povratnih sredstev OP EKP 2014–2020. Lastna sredstva ESCO<sup>21</sup> podjetij pri posameznih projektih znašajo 30 % investicije. Financiranje energetskih sanacij v letih 2016–2023 je prikazano v tabeli Tabela 4.1.<sup>22</sup> Javno dostopnega podatka o investicijah v stavbe predšolske vzgoje ni.

Tabela 4.1. Skupni obseg naložb v energetsko prenavo stavb javnega sektorja in možni viri financiranja v obdobju 2016–2023 [vir: Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenavo stavb, 2015.

v mio eur	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Skupaj
<b>Potrebne investicije javnega sektorja</b>									
Znesek investicij (brez DDV)	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	43,4	43,4	43,4	340,0
DDV	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,5	9,5	9,5	74,8
Skupaj potreben obseg financiranja (investicija + DDV)	51,2	51,2	51,2	51,2	51,2	52,9	52,9	52,9	414,8
<b>Struktura financiranja investicij</b>									
Sredstva iz naslova finančnih instrumentov*	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,9	15,9	15,9	125,0
Nepovratna kohezijska sredstva	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,7	14,7	14,7	115,0
Lastna udeležba države v okviru nepovratnih kohezijskih sredstev	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	20,3
Lastna sredstva ESCO ponudnikov (30 % investicije)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,9	15,9	15,9	124,4
Znesek potrebnih sredstev integralnega proračuna	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	30,1
<b>Skupaj</b>	<b>51,2</b>	<b>51,2</b>	<b>51,2</b>	<b>51,2</b>	<b>51,2</b>	<b>52,9</b>	<b>52,9</b>	<b>52,9</b>	<b>414,8</b>

\* posojila javnim in zasebnim lastnikom, instrument za porazdelitev tveganja (garancijski instrument) ter lastniško financiranje za ESCO podjetja

Za realizacijo predvidene sheme financiranja investicij v energetsko prenavo javnih stavb je ključno, da se uspešno razvija trg energetskega pogodbenišva, kar pa bo velik izziv, saj se po stališčih podatkih EUROSTAT-a<sup>23</sup> projekti po vzoru energetskega pogodbenišva v veliko primerih vodijo v bilanci javnega partnerja. To pa pomeni, da vplivajo projekti energetskega pogodbenišva na javni dolg javnega partnerja, kar je obremenilno predvsem za lokalne skupnosti.

<sup>21</sup> Razlaga pojma ESCO podjetje je podana v poglavju 4

<sup>22</sup> Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenavo stavb, 2015

<sup>23</sup> The Impact of Energy Performance Contracts on Government Accounts, 2015



## **Pomen energetske prenove stavb - Zakaj je energetska prenova stavb pomembna?**

Energetska prenova stavb je izrednega pomena v sodobnem kontekstu varčevanja z energijo. Splošno znano je, da se več kot 40 % energije v Evropi porabi za obratovanje stavb. Če dodamo še podatek, da v Sloveniji več kot 70 % vseh stavb sploh ni ali pa je zelo slabo toplotno izoliranih oz. ker podatek iz te raziskave kaže, da približno 25% stavb predšolske vzgoje v Sloveniji potrebuje celovito in 45 % delno energetska prenovu (podatek iz anketnega vprašalnika VRTEC+), postaja jasno, zakaj je energetska prenova tako zelo pomembna.

Težave, s katerimi se spopadajo lastniki stavb in zaradi katerih se odločajo za energetska prenova stavb, in zakaj je le-ta tako zelo pomembna, so:

- izguba energije in denarja za stroške obratovanja – zlasti ogrevanja in hlajenja pri energetske potratnih stavbah,
- pričakovana rast cen energije in energentov, ki bo v prihodnosti rezultirala z dodatnimi finančnimi izgubami lastnikov posameznih stavb,
- pomanjkanje virov energije in negotovost glede oskrbe z energijo, ki je globalna težava,
- onesnaževanje okolja in posledično podnebne spremembe zaradi prevelike in neracionalne porabe energije,
- neustrezni pogoji notranjega bivalnega okolja v stavbah.

## **Korist energetske prenov**

Na začetku tega dela raziskave je s splošnimi smernicami potrebno pojasniti kakšne so koristi (eng.: *benefits*) energetske prenov katerekoli stavbe oz. v primeru te raziskave stavbe predšolske vzgoje.

Koristi izvedenih energetske prenov so številne in jih je potrebno opazovati v širšem kontekstu. Odražajo se na različne segmente naše družbe, in sicer na ekonomski (eng.: *economic benefits*), okoljski (eng.: *environmental benefits*) in socialni aspekt (eng.: *social benefits*). Vse splošne koristi energetske prenov stavbe predšolske vzgoje so prikazane v Tabela 4.2.





Tabela 4.2. Pregled splošne koristi energetske prenove stavb.

Ekonomski aspekt	Okoljski aspekt	Socialni aspekt
-zmanjšani stroški/prihranki rabe energije - povečanje investicijske vrednosti stavbe -delo/delovna mesta za izvajalce energetskih prenov	-zmanjšana raba energije -zmanjšanje emisije toplogrednih plinov	-zdravstvena korist za uporabnike prenovljenih stavb - izboljšana kakovost bivanja v stavbah

### Cilj energetskih prenov

Osnovni cilj vsake energetske prenove stavbe katerekoli namembnosti je danes primarno usmerjen na zmanjšanje porabe energije za oskrbo stavb, katere večji del je proizveden s fosilnimi gorivi, ter posledično zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, gledano v celotnem življenjskem ciklu.

**Cilj energetskih prenov ne sme biti le oblikovanje energetsko učinkovitih elementov in/ali celotnih stavb in oblikovanje stavb z nizko porabo energije, temveč oblikovanje ugodnih, prijetnih in udobnih bivalnih prostorov, ki so eden izmed osnovnih dejavnikov zdravega psihofizičnega stanja vsakega posameznika, kar je pri stavbah predšolske vzgoje izrednega pomena.**

Žal se v praksi kaže, da je cilj energetske prenove stavb usmerjen predvsem na nizko rabo energije. Dejstvo je, da zakonodaja EU izpostavlja kot primarno zahtevo varčevanje z energijo, medtem ko Ameriška energetska izkaznica LEED daje prednost zdravemu in udobnemu okolju pred varčevanjem z energijo.

### Omejitve za izvajanje energetskih prenov

Številne ovire in omejitve vplivajo na sistemsko izvajanje posegov energetskih prenov, in sicer finančne, tehnične, proceduralne ipd., ki so še posebej izražene pri javnih stavbah, denimo pri izobraževalnih stavbah. Ovire oz. težave pri izvajanju prenov so različne, odvisno od lokacije vrtca v Sloveniji in mestne občine oz. občine, ki je lastnica stavbe. Odvisne so tudi od samih lastnosti stavb in



morebitnih pomanjkljivosti pri sami stavbi ali delovnem procesu. Splošne omejitve pri izvajanju energetskih prenov so predstavljene v Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Pregled omejitev pri energetski prenovi stavb.

<b>Finančne omejitve</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- pomanjkanje izvajalcev, ki lahko ponudijo kakovostne tehnične rešitve</li><li>- visoki stroški energetskih prenov</li><li>- nedostopna finančna sredstva</li><li>- nizke cene električne energije</li></ul>
<b>Tehnične omejitve</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- pomanjkanje izvajalcev, ki lahko ponudijo kakovostne tehnične rešitve</li><li>- pomanjkanje strokovnih izvajalcev</li><li>- visoki stroški kakovostnih tehničnih rešitev</li></ul>
<b>Birokratske in proceduralne omejitve</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- zapletene in dolgotrajne birokratske procedure</li><li>- nenatančna in neuskkljena zakonodaja</li><li>- lastniške in organizacijske razmere pri stavbah predšolske vzgoje na relaciji občin/MIZŠ/uprava vrtca</li></ul>
<b>Zavedanje</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- (ne) zavedanje lastnikov/uporabnikov stavbe o pomembnosti energetske preнове v kontekstu trajnostnega razvoja človeštva</li></ul>

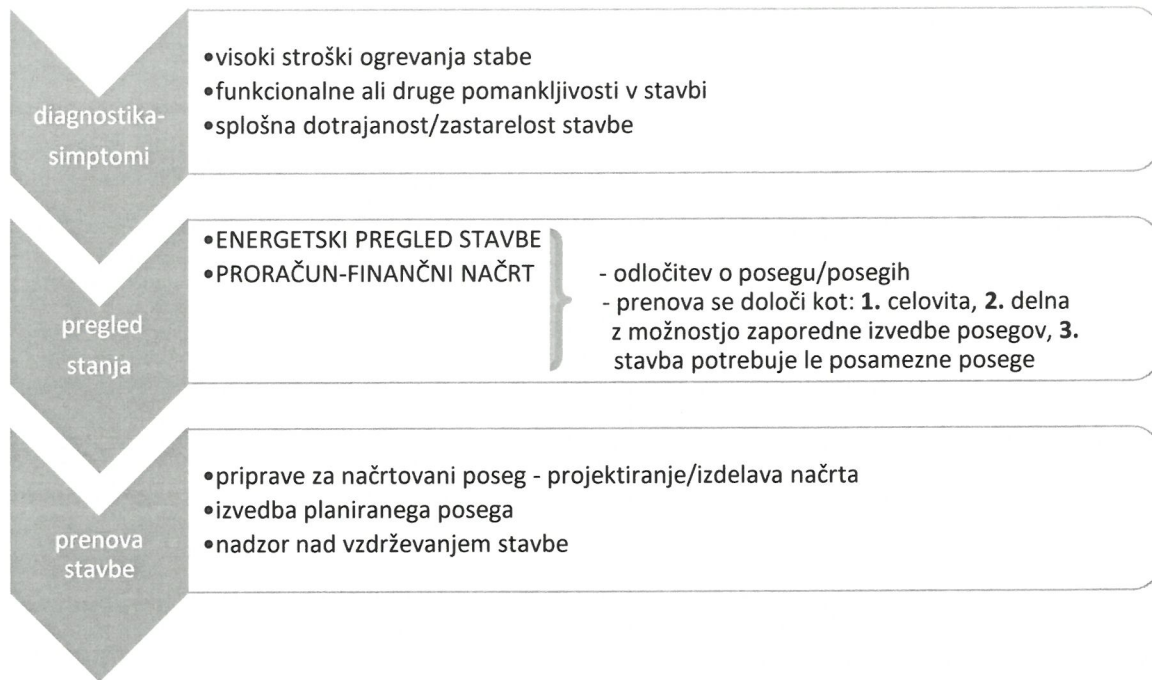
### Celovit pristop k energetski prenovi stavbe

Celovit pristop k obnovi oz. energetski prenovi stavbe je izrednega pomena in zagotavlja optimalen izkoristek vseh potencialov stavbe za zmanjšanje porabe energije. Poleg tega omogoča tudi izboljšanje funkcionalnih lastnosti stavbe, estetskih vrednosti, izboljša bivalno ugodje v stavbi in nenazadnje vpliva na ceno nepremičnine na trgu. Kljub temu, da v praksi ni vedno moč izvesti celovite energetske preнове stavbe, pa je vsekakor potrebno k prenovi stavbe pristopiti celovito, strokovno analizirati vse možnosti različnih posegov in nato sprejeti končno odločitev glede izvedbe



samega posega. **Četudi posegi prenove ne bodo zajeli celovito energetske prenove, je potrebno k energetske prenovi pristopiti celovito.**

K prenovi stavbe predšolske vzgoje se v praksi pristopa, če se pri stavbi evidentirajo visoki stroški za ogrevanje stavbe, če ima stavba funkcionalne ali druge pomanjkljivosti ali je zastarela. Po končanem procesu evidentiranja simptomov, ki nakazujejo na potrebo po prenovi stavb predšolske vzgoje, je prvi naslednji korak v celovitem pristopu k energetske obnovi stavbe energetske pregled stavbe - študija, ki odkriva vzroke za visoko rabo energije, sistematično predlaga ukrepe za učinkovitejšo rabo energije in priporočene ukrepe razvršča glede na razmerje med vloženimi sredstvi in pričakovanim prihrankom pri rabi energije. Pregled stanja običajno zajame poleg energetskega pregleda stavbe pregled finančnega načrta - proračuna. Energetske pregled stavbe se izdelava na zahtevo lastnika stavbe (v primeru stavb predšolske vzgoje Mestne občine ali občine) in vsebuje strokovne argumente za priporočene ukrepe, na podlagi rezultatov energetskega pregleda pa lahko investitor oz. uporabnik oblikuje načrt energetske obnove stavbe. Drugi korak pa je usklajevanje potreb, stanja, v katerem je stavba, proračuna in želja investitorja-upravljalca, na podlagi česa se sprejme odločitev o 1.) celovite energetske prenovi, 2.) delni energetske prenovi z možnostjo zaporedne izvedbe posegov ali 3.) odločitev o izvedbi posameznih posegov, ki jih stavba potrebuje. Nato se pa z vsemi dejstvi o trenutnem stanju stavbe in jasno določenim finančnim načrtom pristopi k zaključnemu koraku, k realizaciji - izvedbi energetske prenove stavbe, ki mora nujno zajeti še nadzor nad upravljanjem stavbe po končani energetske prenovi. Kronološka organizacijska shema, ki jo je potrebno upoštevati v celovitem pristopu k energetske prenovi stavb, je prikazana grafično (Slika 4.2).



Slika 4.2. Kronološka shema celovitega pristopa - strategije k energetski prenovi.

Celoviti pristop k energetski prenovi stavb, še posebej javnih stavb in stavb predšolske vzgoje, je eden od dejavnikov trajnostne prenove stavb, posledično tudi dejavnik trajnostnega razvoja RS. S ciljem analize procesa celovite prenove stavbe in razumevanja samega procesa je v tem delu raziskave analizirano nekaj pomembnih segmentov širšega konteksta teme, in sicer: trajnostna prenova stavb, splošne usmeritve za sistemsko in učinkovito izvajanje (celovitih) prenov.

- **Trajnostna prenova stavbe**

Trajnostna prenova stavb je prenova, s katero se zagotovi, da je vseživljenjski vpliv stavbe na okolje, vključno z razgradnjo, čim manjši. Celoviti pristop k obnovi stavbe, ki ga zagovarja in analizira ta raziskava, vsekakor zagotavlja trajnostno prenovu stavbe, ki je pomemben element trajnostnega razvoja vsake sodobne družbe. Z rastjo prebivalstva in s spremembo bivalnih navad je vedno težje zagotoviti varne, zdrave, udobne ter učinkovite stavbe, ki bi imele majhen vpliv na okolje. Odgovor je trajnostna gradnja oz. prenova stavb.



Modeli prenove stavb v tej raziskavi sledijo načelom trajnostnega razvoja, kjer trajnostno stavbo odlikujejo materiali z nizkimi vgrajenimi emisijami in energijo, čisti procesi gradnje oz. prenove, možnost recikliranja odpadkov, učinkovita razgradnja ali ponovna uporaba posameznih delov, energijska učinkovitost in ekonomičnost. Stavba mora biti tudi uporabniku prijazna, prispevati mora k človekovemu dobremu počutju, omogoča zdravo bivanje, je dolgoročno funkcionalna in pozitivno vpliva na ohranjanje družbenih in kulturnih vrednot. Doseganje naštetih vrednot oz. lastnosti stavbe so tudi imperativ predlaganih modelov prenove.

Trajnostna gradnja in prenova stavb predstavlja osnovo za razogljičenje stavbnega fonda do leta 2050. Trajnostna prenova stavb je eden izmed ključnih dejavnikov za trajnostni razvoj družbe. Ta v prvi fazi poteka skozi prepoznavanje celovitega pogleda na prenovo stavbe, ki poleg okoljskega, finančnega in sociološkega vidika vključuje tudi celoten tehnični in funkcionalni vidik. Prav to je tudi smisel razvoja modela prenove stavb predšolske vzgoje v tej raziskavi.

Vpliv prenove stavbe na okolje zajema obnovo različnih gradbenih elementov in sistemov v stavbi, vanjo ni vključeno le pridobivanje in proizvodnja gradbenega materiala, temveč tudi gradnja, prevozi, raba in razgradnja, z vsemi fazami gradnje in bivanja pa je povezana še raba energije in nastajanje odpadkov. Vse to vpliva na okolje. Ključni vidiki ocenjevanja trajnostne gradnje in prenove stavb obsegajo ekonomski vidik, okoljski vidik in družbeni vidik:

- **Ekonomski vidik** LCC (Life Cycle Costing) pokaže celotne stroške v uporabni dobi stavbe in vključuje vsaj stroške projektiranja, gradnje, nadzora, uporabe, obnove, vzdrževanja in razgradnje.
- **Okoljski vidik** ocenjuje potencial globalnega segrevanja ozračja, zakisljevanja, zmanjševanja ozonske plasti, sproščanja strupenih snovi, rabe virov, vpliva na mikroklimo, virov energije, odpadkov, rabe pitne vode, obremenitev površin.
- **Družbeni vidik** pa naslavlja funkcionalnost, fleksibilnost, varnost in načela pravičnega poslovanja.

Okoljski vplivi prenove stavb predšolske vzgoje bodo analizirani in predstavljeni v nadaljevanju raziskave (poglavje 4.3) in sicer za posamezne fasadne elemente.



### Splošne usmeritve za sistemsko in učinkovito izvajanje (celovitih) prenov

Usmeritve za sistemsko in učinkovito izvajanje prenove stavbe so v tej raziskavi analizirane na splošni ravni s ciljem, da se v ključnih korakih poenotijo in prikažejo s pomočjo shematskega algoritma (Slika 4.2). **Sistemsko in učinkovito izvajanje posega prenove zajema temeljiti pregled stavbe in okolice, razumevanje širšega konteksta in potreb lokalne skupnosti, demografskih gibanj ipd.** V tem smislu raziskava podaja splošne usmeritve, ob tem pa je potrebno razumeti, da je vsaka stavba primer, ki ga je potrebno posebej podrobno analizirati in mu prilagoditi splošne usmeritve. Kot že izpostavljeno, je pri prenovah stavb predšolske vzgoje v praksi poudarek večinoma na energijski prenovi, saj je ta zaradi mednarodnih podnebno energetskih zavez najbolj izpostavljena in tudi finančno podprta z različnimi subvencijami. Posledično se v praksi izvajajo le določeni ukrepi, prenova ni usklajena, nekatere bistvene zahteve ostajajo prezrte.

Pri celovitem pristopu k prenovi stavb predšolske vzgoje, oz. pri analizi stavbe, ki nas pripelje do odločitve, ali je poseg celovite energetske sanacije smiseln, je nujno upoštevati naslednje komponente, v kronološkem in hierarhičnem zaporedju:

- STAVBA
- OKOLICA
- ŠIRŠI SOCIOLOŠKI KONTEKST LOKALNE SKUPNOSTI/OBČINE.

#### STAVBA

---

- **konstrukcijska stabilnost stavbe** – v kolikor ima stavba statične, konstrukcijske ali katerekoli druge težave z nosilnimi/konstrukcijskimi elementi, je potrebno postaviti vprašanje – *ali se lahko težave sanirajo?* V kolikor je odgovor DA, se najprej pristopi k odpravljanju teh težav. V kolikor je odgovor NE, je potrebno premisliti o prihodnosti stavbe oz. o rušitvi in gradnji nove. Analiza stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je pokazala, da ima veliko število stavb, ki so grajene pred letom 1980, težave s konstrukcijsko stabilnostjo stavbe, ki so načeloma rešljive in se jih občine lotijo ob predvideni energetske sanaciji. Žal je določeno število stavb predšolske vzgoje (tudi šol), ki imajo resne statične težave, pri tem ostaja vprašanje energetske prenove stavb v praksi večinoma odprto, in se odločitev o obsegu prenove prestavlja.



- **protipožarna varnost** – vprašanje protipožarne varnosti v stavbah predšolske vzgoje, v katerih biva veliko število otrok, mora nujno biti v skladu z veljavno zakonodajo. Tudi pri tem je potrebno postaviti vprašanje – *ali se lahko težave sanirajo oz. stavba izpolnjuje sodobne zahteve z vidika protipožarne varnosti?* V kolikor je odgovor DA, se najprej pristopi k odpravljanju teh težav. V kolikor je odgovor NE, je potrebno premisliti o prihodnosti stavbe oz. o rušitvi in izgradnji nove. V slovenskih razmerah gre večinoma za majhne prilagoditve v stavbah s ciljem zadoščanja zahtevam protipožarne varnosti. V večini obstoječih stavb se izvedejo minimalne spremembe predvsem zaradi ohlapne zakonodaje za obstoječe stavbe.

**Konstruktivna stabilnost stavbe (statična nosilnost in potresna odpornost) in protipožarna varnost sta gotovo med prvimi lastnostmi, na katere je treba opozoriti pri načrtovani prenovi. Torej, če stavba ne izpolnjuje teh dveh pogojev oz. jih tudi s prenovo ne doseže, prenova ni smiselna. Ta dva kriterija direktno vplivata na varnost in sta brezpogojna. V praksi sta kriterija večinoma dosegljiva zaradi manj strogih zakonskih določil za obstoječe stavbe.**

- **druge pomanjkljivosti v stavbi (vlaga, težave z inštalacijami, ipd.)** – stavbe so kompleksni sistemi, zato se v praksi pojavijo številne pomanjkljivosti kot so: vlaga, zamakanje, slaba okna, razpoke po stenah, dotrajane elektroinštalacije ali inštalacije vodovoda in kanalizacije. Vse naštetje in druge morebitne pomanjkljivosti je možno odpraviti v sklopu celovite prenove stavbe, njihovo odpravo pa je potrebno tretirati kot del energetske prenove stavbe.
- **funkcionalnost stavbe** – vrtci imajo čedalje zahtevnejše prostorske normative, ki v praksi povzročajo velike težave. Poleg tega se spreminjajo tudi pedagoški procesi, ki zahtevajo različne prostorske okvire in nenazadnje število otrok v stavbah predšolske vzgoje raste, zato se še veliko število slovenskih vrtcev sooča s prostorskimi stiskami. V tem kontekstu je ob načrtovanju energetske prenove, na podlagi podrobnih in natančnih analiz, potrebno podati odgovor na vprašanje: *ali stavba potrebuje dodatni prostor?* V kolikor je odgovor DA, se v sklopu energetske prenove načrtuje dograditev (npr. prizidek, ali nadgraditev), v kolikor je odgovor NE, se obstoječe prostorske kapacitete prilagodijo.
- **arhitekturno-oblikovne lastnosti stavbe** – celoviti pristop k energetske prenovi stavbe nujno obravnava tudi estetsko-oblikovne lastnosti stavbe. Prizidava in nadgradnja stavbe omogočata bistvene spremembe v oblikovanju stavbe, kajti volumen stavbe se spreminja. Pri prenovi fasade se lahko tudi izboljša videz stavbe oz. njene arhitekturno oblikovne lastnosti.



## OKOLICA STAVBE

---

- **pozicija stavbe v širši okolici** – pozicija stavb oz. parcel, na katerih se v Sloveniji nahajajo stavbe predšolske vzgoje, je načeloma skrbno izbrana v skladu z veljavnimi urbanističnimi načrti. Le redki so primeri, v katerih se vrtci nahajajo v industrijskih conah, v katerih je morda kakovost zunanjega zraka pod vprašajem. V teh primerih je potrebna podrobna analiza stavbe, lokacije stavbe in investicije v energetske prenovi stavbe na tovrstni lokaciji.
- **mikrolokacija, pozicija stavbe na parceli** – ob celoviti energetske prenovi stavbe je potrebno poskrbeti tudi za urejen zunanji prostor vrtca, ki bo omogočil kakovostno in varno bivanje na prostem, dovolj igral, sence, rastlin ipd. Le v primerih, ko ima stavba vrtca neprimerno, majhno parcelo, ki ne izpolnjuje zahteve po zunanjih prostorih za stavbe predšolske vzgoje, pomanjkljivosti pa ni moč nadomestiti z dostopnimi zelenimi površinami v bližnji okolici, je potrebno premisliti, ali ima smisel investirati v tovrstno stavbo.

## ŠIRŠI SOCIOLOŠKI KONTEKST LOKALNE SKUPNOSTI/OBČINE

---

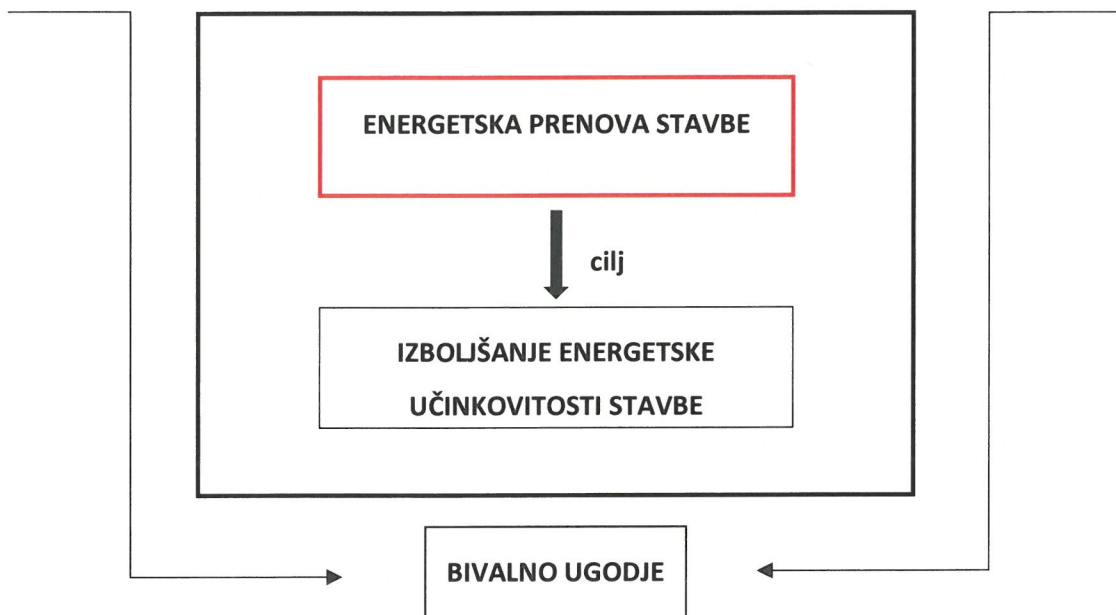
- **demografske spremembe** – celovit pristop k energetske prenovi stavb predšolske vzgoje mora upoštevati tudi širši sociološko-demografski kontekst, v katerem je stavba. Pri občinah, ki beležijo demografski padec, je potrebno s celovitim pristopom energetske prenovi stavbo v funkcionalnem smislu prilagoditi za morebitne spremembe, z npr. večnamenskimi prostori, ki odvisno od potreb vrtca lahko služijo tudi v druge namene. V manjših sredinah so tovrstni prostori izrednega pomena tudi za širšo lokalno skupnost.
- **potrebe po prostih mestih v predšolskih ustanovah** - celovit pristop k energetske prenovi stavb predšolske vzgoje mora upoštevati tudi širši kontekst izvajanja programa predšolske vzgoje. Z drugimi besedami, v kolikor vrtec ali posamezna enota daljše časovno obdobje beleži čakalne vrste in naraščajoče povpraševanje po prostih mestih v skupinah, je potrebno v sklopu celovite energetske prenovi analizirati možnosti razširitve prostorskih kapacitet v obliki dograditve, nadgraditve ali celo izgradnje nove stavbe.

**Celoviti pristop k energetske prenovi stavbe mora nujno upoštevati vse naštetje komponente na podlagi skrbnih analiz. Podane so splošne usmeritve, splošnega algoritma ni, vendar je predstavljenim komponentam potrebno slediti na poti k uspešni celoviti energetske prenovi stavb.**



- **Cilj celovitega pristopa k energetske prenovi stavb predšolske vzgoje**

Imperativ energetske učinkovitosti stavb je v praksi privedel do tega, da je primarni cilj energijske prenove stavbe usmerjen na izboljšanje energetske učinkovitosti in zmanjšanje porabe energije za oskrbo stavb. Danes je tudi v Sloveniji pri stavbah predšolske vzgoje v praksi primarni **cilj delne ali celovite energetske prenove doseči energetske učinkovitejšo stavbo oz. stavbo, ki bo varčevala z energijo. Doseganje zdravih, udobnih, ugodnih in prijetnih bivalnih in delovnih razmer je velikokrat zanemarjeno.** Na tej točki raziskave je potrebno poudariti primarni **cilj celovitega pristopa k energetske prenovi stavb predšolske vzgoje, da energetska prenova zagotovi energetske varčno, funkcionalno, zdravo in za bivanje ugodno stavbo** (Slika 4.3).



*Slika 4.3 Shematski prikaz, cilj energetske prenove stavb.*

**K energetske prenovi se pristopi celovito. Stopnja posegov in vrstni red posegov se določi na podlagi stanja, v katerem je stavba, proračuna, želje investitorja in optimizacije vseh parametrov.** Cilj celovitega pristopa k energetske prenovi je kakovostno, hkrati pa tudi ekonomsko učinkovito izvajanje posegov, ki bodo lahko zagotavljali učinkovito energijsko prenovo stavb s ciljem doseganja visoke kakovosti notranjega okolja. Pristop zagotovi temeljito analizo stavbe in analizo možnosti izvajanja različnih ukrepov, istočasno ali v zaporedju. S celovitim pristopom k energetske prenovi stavbe predšolske vzgoje se želi zagotoviti:



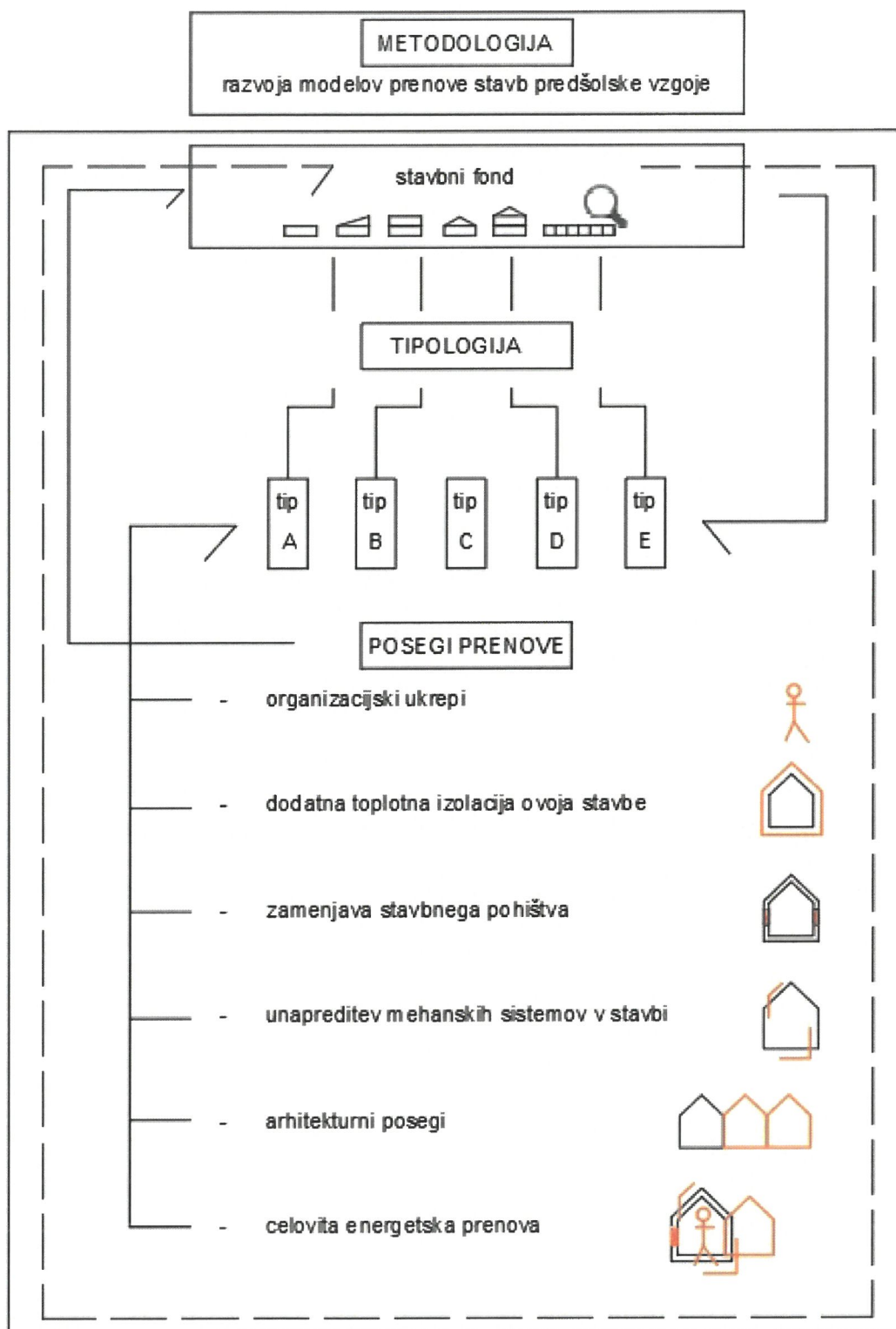
- povečanje:
  - kvalitete življenja ali udobja v prostorih,
  - investicijske sposobnosti v primeru javnega partnerja (skozi prihranek delnega ali celotnega začetnega finančnega vložka).
- zmanjšanje:
  - rabe primarne energije (rabe energentov),
  - stroškov za oskrbo z energijo,
  - okoljske obremenitve,
  - finančnega in tehničnega tveganja.

### **Metodologija razvoja modelov energetske prenove stavb**

Razvoj modela energetske prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji temelji na lastni metodologiji, ki je opredeljena na podlagi vseh dosedanjih analiz v tej raziskavi. K metodologiji energetske prenove stavb predšolske vzgoje se pristopa celovito, kar prenovo stavb postavlja v širši kontekst, v katerem je energetska učinkovitost le en segment, pomemben za prenovljeno stavbo predšolske vzgoje.

**Stavbe predšolske vzgoje so stavbe, pri katerih se porabi izjemno velika količina energije, zato je potencial za zmanjšanje rabe energije v tovrstnih stavbah ogromen, hkrati pa je vprašanje kakovosti bivanja v stavbah izredno pomembno, kajti v javnih stavbah dnevno preživi več ur tisoče odraslih in otrok.** Vsa našeta dejstva jasno govorijo v prid pomembnosti, medsebojni povezanosti tematike energetske učinkovitosti, lastnosti stavb (njenege termalne ovoja) in kakovosti bivanja v stavbah. Prav na tej točki je opredeljena metodologija razvoja modelov energetske prenove stavb predšolske vzgoje s holističnim pristopom, ki energetska prenovo postavlja v širši kontekst trajnostnega razvoja družbe.

Metodologija je za razvoj modelov prenove stavb predšolske vzgoje razvita za potrebe te raziskave. Metodologija je zajela nekaj ključnih korakov: analiza stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje, tipološka klasifikacija stavb, analiza možnih posegov prenove stavb predšolske vzgoje in analiza možnosti celovite energetske prenove. Shematski prikaz metodologije razvoja modelov prenove stavb predšolske vzgoje je prikazan v nadaljevanju (Slika 4.4).



Slika 4.4. Shematski prikaz metodologije razvoja modelov prenove stavb predšolske vzgoje.



Metodologija, razvita za potrebe te raziskave, je podprta z računskimi analizami, ki so izvedene v segmentu določanja energijskega razreda določenega tipa stavbe pred posegom (obnovo) in po obnovi. Bistvo razvite metodologije je holistični pristop k energetske prenovi stavb predšolske vzgoje, ki ponuja pester nabor posegov od organizacijskih ukrepov do celovite energetske prenovne stavbe, odvisno od tipa stavb, določenega na podlagi arhitekturnih in drugih lastnosti stavbe. Modeli prenovne bodo ponujali tudi zaporedno izvajanje posameznih posegov prenovne, ki bodo prilagojeni specifični situaciji.

Cilj uporabe modela v praksi pa je podajanje napotkov za kakovostno, hkrati pa tudi ekonomsko učinkovito izvajanje posegov, ki bodo lahko zagotavljali učinkovito energijsko prenovno stavb s ciljem doseganja visoke kakovosti notranjega okolja za različne stavbe predšolske vzgoje. Pomembno je poudariti, da bo razvit model prenovne objektov predšolske vzgoje potencialno uporaben oz. prilagojen tako za Slovenijo, kot za področja EU, predvsem pa za nekdanje republike Jugoslavije, kjer so v preteklosti gradili na podoben način.

#### 4.1.2 STOPNJE POSEGOV PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE – ANALIZE

Pri določitvi stopnje energetske prenovne stavb predšolske vzgoje je potreben celovit in integriran pristop pri obravnavi prenovne vseh ključnih sestavnih delov stavbe. Stavbni fond stavb predšolske vzgoje je v Sloveniji zelo pester s poprečno starostjo stavbe okrog 45 let. Veliko stavb je že prenovljenih z majhnimi ali večjimi posegi.

Stopnja energetske prenovne je v praksi pogojena le s finančnimi dejavniki, z drugimi besedami, na podlagi proračuna, s katerim razpolaga vrtec ali občina (kot lasnica stavbe), se določi stopnja posegov. Jasno je, da bodo tudi v prihodnje finančna sredstva narekovala obseg prenovne, **vendar je cilj, da se z razvojem te strategije oz. modelov prenovne ukrepi smiselno izvajajo, tudi če ne naenkrat in da zaporedno pripeljejo do rezultata celovite energetske prenovne stavbe.** Zaradi tega so v tem delu raziskave analizirani posamezni ukrepi prenovne stavb predšolske vzgoje, možnost njihove zaporedne izvedbe in pa celovita energetska prenovna stavb.



Smisel energetske prenove stavbe predšolske vzgoje je primarno zmanjšanje rabe energije v stavbi. Energijo v stavbah uporabljamo za različne potrebe, od ogrevanja in hlajenja do priprave tople vode, električno energijo za razsvetljavo, naprave in gospodinjske aparate. V stavbah predšolske vzgoje je raba energije odvisna od velikosti stavbe (vrtci s kuhinjo ali brez, s pralnico ipd.), načina ogrevanja in druge lastnosti stavbe. Obstaja pa veliko ukrepov za učinkovitejšo rabo energije v stavbah, s katerimi lahko rabo energije zmanjšamo. Lahko jih razdelimo v dve kategoriji: **1. organizacijski ukrepi** in **2. investicijski ukrepi**. Prva kategorija ukrepov terja le spremembe v izvedbi posameznih aktivnosti (povezanih z arhitekturnimi lastnosti stavbe), druga kategorija pa pomeni finančno investicijo lastnika stavbe. Vsekakor so bolj zahtevni ukrepi za zmanjšanje rabe energije v stavbah investicijski ukrepi, ki so lahko izvedeni kot posamični ukrepi – parcialno in gre dejansko za delne energetske prenove ali kot nabor različnih ukrepov oz. kot celovita energetska prenova.

**Cilj izvajanja ukrepov/posegov energetske prenove stavb je učinkovita raba energije v stavbah, poleg zmanjšanja rabe energije v stavbah, ki se doseže z zmanjšanjem toplotnih izgub, je nujno izboljšanje kakovosti notranjega bivalnega ugodja v stavbi.**

Številni primeri realizacije posegov prenove stavb predšolske vzgoje v praksi kažejo na to, da se jih v Sloveniji lotevamo parcialno, medsebojno nepovezano, brez kompleksne analize celotne problematike oskrbe in rabe energije. Tovrstni parcialni pristopi lahko privedejo do tehnično in ekonomsko neustreznih rešitev. **Analize so pokazale, da je v praksi pri prenovi stavb predšolske vzgoje v Sloveniji najbolj pogosto opažen pristop, s katerim se vpeljejo stroškovno najučinkovitejši ukrepi, ki imajo navadno kratko vračilno dobo in zagotavljajo v poprečju prihranek energije od 20-25 %.** Vendar pa če želimo izkoristiti celotni ekonomski in tehnični potencial, si je treba prizadevati za višje cilje glede prihrankov in višje cilje glede kakovosti bivanja v stavbi po izvedenih posegih prenove. V dosedanji praksi energetskih prenov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji so se večinoma izvajali ukrepi, ki so bili sami po sebi ekonomsko dostopni lastnikom stavb, taka praksa pa je v več primerih pripeljala do tega, da je nadaljnja prenova objektov ekonomsko manj oziroma celo nezanimiva, saj so posamezni ukrepi lahko nezadostni in lahko povzročijo t. i. učinek zaprtega sistema (angl. lock-in effect). Pri tem je treba poudariti, da je življenjski cikel takih prenov okvirno 25 let, zato si je treba v duhu izkoriščanja celotnega potenciala prihrankov energije prizadevati za izvedbo vseh ukrepov v okviru prenov, ki so ekonomsko in tehnično upravičene.



**4.1.2.6** Stopnje posegov energetske prenove oz. ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe so predstavljene v nadaljevanju in so, klasificirane kot: **nulti poseg - Energetski pregled stavbe, Organizacijski ukrepi, Toplotna zaščita ovoja stavbe – poseg, Arhitekturni posegi na stavbi, Zamenjava stavbnega pohištva, Mehanski sistemi v stavbi, Celovita energetska prenova.**

#### **4.1.2.0 Energetski pregled stavbe**

Prvi (nulti) korak celovitega pristopa k energetske prenovi stavbe je ENERGETSKI PREGLED STAVBE, ki podaja natančen vpogled v strukturo in stroške rabe energije ter predvidi seznam prioriternih organizacijskih in investicijskih ukrepov. Cilj energetskega pregleda je ugotoviti optimalno zasnovo energetske sanacije, realno stanje ter predlagati optimalni način sanacije, ki bo v največji meri izkoriščala razpoložljiva nepovratna sredstva. Namen pregleda je tudi prikazati možne ukrepe za povečanje energetske učinkovitosti, oceniti možnost za izvedbo predlaganih ukrepov z ocenitvijo prihrankov energije ter ovrednotiti predlagane ukrepe z ekonomskega vidika.

Energetski pregled se izdelava v skladu s Pravilnikom o metodologiji za izdelavo in vsebini energetskega pregleda (Ur. l. RS, št. 41/16), z metodologijo izvedbe energetskega pregleda (Ministrstvo za okolje in prostor, april 2007)<sup>24</sup>, s standardom SIST EN16247 (energetske presoje – 2. dela: Stavbe), z Navodili za delo posredniških organov in upravičencev pri ukrepu energetske prenove stavb javnega sektorja (Ministrstvo za infrastrukturo, september 2016) ter Navodili in tehničnimi usmeritvami za energetske prenovi javnih stavb (Ministrstvo za infrastrukturo, april 2016). Pri izvajanju energetskega pregleda je potrebno upoštevati tudi Energetski zakon EZ-1 (L. 2014, Serija standardov SIST EN 16 247, Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (L. 2010).

Medtem ko se lahko podrobnosti energetske pregledov razlikujejo med posameznimi vrstami stavb, so osnovni elementi za vse energetske preglede enaki:

1. analiza energetskega stanja in rabe energije,
2. identifikacija možnih ukrepov učinkovite rabe energije,

---

<sup>24</sup> Vir: [http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv\\_aure/metodologijaep-1.pdf](http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv_aure/metodologijaep-1.pdf)



3. analiza izbranih ukrepov učinkovite rabe energije,
4. izdelava poročila o energetskega pregledu,
5. predstavitev rezultatov energetskega pregleda.

Sestavni del energetskega pregleda stavbe je predlog možnih ukrepov z določenimi prioritetami, ki ponuja lastnikom, upraviteljem ali vodstvu stavbe napotke za organizacijske spremembe in kvalitetne investicijske odločitve.

**V praksi je k celoviti energetske prenovi stavbe predšolske vzgoje potrebno pristopiti s kakovostnim energetske pregledom stavbe, na podlagi katerega se skupaj z določenim proračunom opredeli obseg prenove stavbe.**

#### 4.1.2.1 Organizacijski ukrepi

Izvajanje organizacijskih ukrepov je ena izmed možnosti za varčevanje energije v stavbi, ki sicer ne sodi v energetske preнове, vendar pa je izrednega pomena in ga je potrebno upoštevati v vsakem primeru, pri stavbah brez prenove, z delno ali s celovito energetske prenovi. **Izvajanje organizacijskih ukrepov je prvi korak na poti k varčevanju energije v stavbi.** Rezultat pa je zmanjšana raba energije in izboljšanje kakovosti bivalnega ugodja, nenazadnje sprememba odnosa uporabnika do rabe energije v stavbi in ozaveščanje splošne populacije o pomenu varčevanja z energijo v stavbah, ki je odvisna od vseh nas in se vedno lahko dodatno izboljšuje z izvajanjem organizacijskih ukrepov ne glede na stopnjo prenove stavbe.

Organizacijski ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe ne sodijo v skupino investicijskih posegov. **Terjajo le skrb in organizacijo pristojnih v stavbi, izobraževanje uporabnikov stavbe in dosledno izvajanje, finančnih vlaganj ni.** Cilj izvedbe organizacijskih ukrepov je **1. izboljšanje kakovosti bivanja v stavbi in 2. varčevanje z energijo oz. izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe.** Ukrepe je možno oz. potrebno izvajati v vseh stavbah ne glede na arhitekturne, gradbene in energetske lastnosti stavbe, vsekakor prilagojeno razmeram v stavbi.



V skladu s ciljem organizacijskega ukrepa, le te lahko razdelimo v dve skupini: 1. organizacijski ukrepi za izboljšanje kakovosti notranjega bivalnega okolja, sicer so ukrepi usmerjeni predvsem na kakovost zraka v zaprtih prostorih in so pogosto v nasprotju z doktrino energetske učinkovitosti, ki kot imperativ izpostavlja zmanjšanje rabe energije in 2. organizacijski ukrepi za varčevanje z energijo oz. izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe. Ukrepi so tudi medsebojno zelo povezani, oz. eden ukrep lahko vpliva na izpolnjevanje obeh ciljev, lahko pa so v čistem nasprotju. Ukrepi bodo predstavljeni v nadaljevanju, razdeljeni po skupinah.

1. Ukrepi za izboljšanje kakovosti notranjega bivalnega ugodja, predvsem kakovosti zraka in toplotnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje:
  - **odstranitev vseh možnih virov onesnaževal v notranjem prostoru vrtca, predvsem v igralnicah, v katerih otroci preživijo največji del dneva:** odstranitev pohištva in opreme, ki so vir onesnaženja, (ne)uporaba agresivnih čistil, ipd., cilj ukrepa je izboljšanje kakovosti notranjega zraka.
  - **strategija prezračevanja stavbe:** sprejetje ukrepa in dosledno izvajanje z jasno določenim vzorcem prezračevanja, čigar cilj je izboljšanje kakovosti notranjega zraka in optimalno toplotno ugodje. Redno prezračevanje zagotavlja kakovosten notranji zrak, medtem ko izvajanje vzorca prezračevanja, čigar cilj je zmanjšanje pregrevanje stavbe v poletnih mesecih, zagotavlja optimalno toplotno ugodje in prijetno notranjo mikroklimo (npr. nočno prezračevanje).
  - **strategija izvajanja drugih dejavnosti oz. uporaba obstoječih prostorskih kapacitet v druge namene:** npr. telovadba, literarni večeri, dejavnosti za otroke ipd., s katerimi ima vrtec finančni dobiček, praktično ne prinašajo izgub z aspekta ogrevanja in hlajenja stavbe, ker se večina vrtcev ogreva tudi v času, ko otroci niso v vrtcu. Ta ukrep ima tudi izredni sociološki pomen za lokalno skupnost, sploh v manjših sredinah (praksa, ki je v šolah veliko bolj prisotna).
  - **ustrezna predstavitev ukrepov vsem deležnikom, vsem zaposlenim v vrtcih,** nujen spremljevalni ukrep s ciljem ozaveščanja uporabnikov stavbe o pomenu izvajanja organizacijskih ukrepov, ki izboljšajo kakovost bivanja v stavbi in zmanjšajo rabo energije.





- **dosledno izvajanje ukrepov in kontrola le-tega.**

2. Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe in zmanjšanje rabe energije v stavbah predšolske vzgoje:

- **strategija prezračevanja stavbe:** sprejetje ukrepa in dosledno izvajanje z jasno določenim vzorcem prezračevanja, katerega cilj je poleg vzdrževanja kakovostnega notranjega zraka tudi optimalno toplotno ugodje z minimalnimi toplotnimi izgubami.
- **strategija senčenja stavbe - sprejetje ukrepov za zmanjšanje toplotnih izgub pozimi in pretiranega pregrevanja stavbe v poletnih mesecih:** zunanja senčila se v zimskem obdobju tekom dneva umaknejo, da se omogoči maksimalni izkoristek solarnih dobitkov, medtem ko se ponoči uporabijo kot dodatna toplotna izolacija, ki zmanjša toplotne izgube na oknih. V poletnih mesecih je strategija senčenja obratna, cilj je, da se tekom dneva zmanjša pregrevanje, ponoči pa omogoči nemoteno prezračevanje.
- **strategija izvajanja drugih dejavnosti oz. uporaba obstoječih prostorskih kapacitet v druge namene:** npr. telovadba, literarni večeri, dejavnosti za otroke ipd., ki prinašajo vrtcu finančni dobiček, ne povzročajo izgub z aspekta ogrevanja in hlajenja stavbe, kajti vrtčevski prostori so večinoma ogrevani tudi v času, ko otrok ni, prostor je primeren za uporabo in ne terja dodatnih stroškov.
- **optimizacija razsvetljave v stavbi.** S pravilno izrabo dnevne svetlobe in doslednim ugašanjem luči se lahko privarčuje 5 - 10 % porabe električne energije za delovanje sistema razsvetljave. Zamenjava obstoječih žarnic z varčnimi žarnicami.
- **ustrezna predstavitev ukrepov vsem deležnikom, vsem zaposlenim v vrtcih,**
- **dosledno izvajanje ukrepov in kontrola le-tega.**

**Organizacijski ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe in kakovosti notranjega bivanja so medsebojno povezani. Z drugimi besedami, prezračevanje bo vsekakor vplivalo na kakovost zraka in na toplotno ugodje, prav tako bo senčenje vplivalo na zmanjšanje toplotnih izgub pozimi**



in pregrevanje poleti, hkrati pa bo vplivalo na kakovost bivanja v stavbi. Kot že omenjeno, mora biti skrb za kakovost bivanja v stavbah del energetske prenove stavbe, ne glede stopnjo prenove stavbe (bodisi celovito ali delno energetska prenovo ali v primeru stavb brez posegov). Potrebno je ponovno poudariti, da je nedopustno varčevanje z energijo na račun slabe kakovosti bivanja v stavbah predšolske in šolske vzgoje in drugih javnih stavbah, zaradi tega se morajo organizacijski ukrepi izvajati načrtovano in skrbno, da zagotovijo kakovostno bivanje hkrati pa optimalno rabo energije.

V tej raziskavi so predstavljeni najbolj učinkoviti organizacijski ukrepi, katerih cilj je zmanjšanje porabe energije v stavbah ali izboljšanje bivalnega ugodja. Pregled ukrepov skupaj z indikatorjem, ki določa, kdaj je potrebno izvajati ukrep in opredelitvijo, pri katerih stavbah je uporaben, je prikazan v tabeli (Tabela 4.4).

*Tabela 4.4. Pregled organizacijskih ukrepov s ciljem zmanjšanja rabe energije ali izboljšanja bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje.*

	INDIKATOR	UPORABNO PRI
<b>Strategija prezračevanja</b>	- slaba kakovost zraka - pregrevanje v poletnih mesecih	- vse stavbe / naravno in mehansko prezračevanih
<b>Strategija senčenja</b>	- pregrevanje v poletnih mesecih - toplotne izgube v zimskih mesecih	- vse stavbe - prilagojeno senčilom, ki so na razpolago
<b>Dodatne dejavnosti v času, ko se v stavbi ne izvaja vzgojno - izobraževalna dejavnost</b>	- visoki stroški za ogrevanje, ob tem pa ogrevalni sistem ni mogoče prilagajati	- stavbe, ki imajo skupne prostore ali telovadnice - posebej primerno za stavbe z daljinskim sistemom ogrevanja, ki ga ni mogoče prilagajati oz. pri stavbah, ki se ogrevajo tudi v popoldanskih urah



- **Izvedba strategij prezračevanja v stavbah predšolske vzgoje**

Z vgradnjo sodobnega stavbnega pohištva v šolah in vrtcih se doseže dobra zrakotesnost stavb in s tem postaja vzdrževanje ustrezne kvalitete notranjega zraka vse večji izziv, kar velja tako za novogradnje kot tudi za obnovljene, kjer se vgradi novo stavbno pohištvo. Glede na dejstvo, da ima večina stavb predšolske vzgoje v Sloveniji le naravno prezračevanje – prezračevanje z odpiranjem oken, je pomen strategije prezračevanja izreden in jo je potrebno skrbno načrtovati. Na podlagi vseh eksperimentalnih in teoretičnih analiz, narejenih v tej raziskavi, bo opredeljena optimalna strategija prezračevanja za naravno prezračevane stavbe predšolske vzgoje. Strategija je namenjena predvsem naravno prezračevanim stavbam, vendar je uporabna tudi za mehansko ali hibridno prezračevane stavbe.

Stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji imajo večinoma le naravno prezračevanje, večina stavb je obdržala tudi ob energetskih prenovah le naravno prezračevanje, brez vgradnje mehanskih sistemov prezračevanja, predvsem zaradi pomanjkanja finančnih sredstev. Pri naravno prezračevanih javnih stavbah z velikim številom uporabnikov, kot so vrtci, obstajajo številne težave, povezane s kakovostjo notranjega bivalnega okolja in z neprimernim prezračevanjem. Osnovni problem v naravno prezračevanih otroških igralnicah je slaba kakovost zraka in toplotno (ne)ugodje, težava je tudi neprimerna vlaga, ki se pogosto prekomerno zadržuje zaradi nerednega odpiranja oken. Drugi problem je, da se z naravnim prezračevanjem pojavljajo tudi toplotne izgube, ki so v nasprotju s osnovnim ciljem energetske prenove – zmanjšati rabo energije v stavbi. Z vidika minimizacije izgube temperature je pomembno okna odpirati dovolj pogosto, a le za kratek čas, kar bo predstavljeno v nadaljevanju.

Za uspešno izvajanje optimalne strategije prezračevanja za naravno prezračevane stavbe predšolske vzgoje je predvsem potrebno, da uporabnik stavbe razume, da se z menjavo oken 'spremeni narava stavbe', ki postane bistveno bolj zrakotesna, tako da kakovosti notranjega bivalnega ugodja ne moremo več vzdrževati na enak način. Pomembno je izpostaviti **dejstva, s katerimi morajo biti seznanjeni (tudi) uporabniki naravno prezračevanih prostorov:**

- Ker v večjem delu leta zunanje temperature niso tako idealne, da bi si želeli odpirati okna za daljše časovno obdobje, je z vidika minimizacije izgube temperature pomembno okna odpirati dovolj pogosto, a le za kratek čas. V šoli bi to v praksi pomenilo po vsaki šolski uri, a ne več kot 5 minut. V vrtcih, kjer ni tako pogoste periode



zapuščanja prostora kot v primeru šole, je redno prezračevanje dosti večji izziv (kar je tudi dokazano v poglavju A2 te raziskave).

- Relativna vlažnost je v večji meri običajno posledica aktivnosti v prostorih vrtca. Na povišanje vlažnosti vpliva predvsem dihanje, v nekaterih prostorih pa tudi vlaga, ki je posledica človekovih dejavnosti v prostoru (npr. priprave hrane, tuširanje in podobno). Z uporabo prezračevalne naprave se viški vlage nenehno odstranjujejo iz prostorov. Pri prezračevanju z odpiranjem oken se vlaga pogosto prekomerno zadržuje zaradi nerednega odpiranja oken, na kar je treba biti pozoren in kar je treba preprečiti z rednim prezračevanjem.
- Koncentracije ogljikovega dioksida, posledično tudi številnih drugih onesnaževal, so pri prezračevanju z odpiranjem oken najpogosteje vsakodnevno presežene. Včasih narastejo tudi čez dvojno koncentracijo zgornje dopustne meje. To so potrdile tudi meritve v številnih vrtcih v okviru projekta VRTEC+.
- Pri naravnem prezračevanju je hrup iz okolice stavbe lahko moteči dejavnik za odvijanje aktivnosti v otroških igralnicah ob odprtem oknu.
- Pri naravnem prezračevanju je pri odprtem oknu lahko moteč onesnažen zunanji zrak, predvsem trdni delci v zunanjem zraku, ki lahko negativno vplivajo tudi na kakovost notranjega zraka.
- Učinek naravnega prezračevanja je močno odvisen od temperaturne razlike med zrakom v zaprtih prostorih in zunanjim zrakom ter smerjo/močjo vetra, pa tudi od tesnosti stavbe.
- Neželena izguba energije med naravnim prezračevanjem je neizogibna, lahko se zmanjša s pravilno strategijo prezračevanja na način, da okna v zimskem in poletnem obdobju ostanejo daljši čas zaprta, vendar ne na račun poslabšane kakovosti zraka v notranjih prostorih.
- Pri mehansko ali hibridno prezračevanih stavbah je nujen nadzor nad kakovostjo zraka in delovanjem sistema, v kolikor se prostori ne prezračujejo tudi naravno. Praksa je pokazala, da se v vrtcih izogibajo naravnem prezračevanju tudi zaradi obljubljenih prihrankov energije v stavbah, ki so obnovljene po principu energetskega



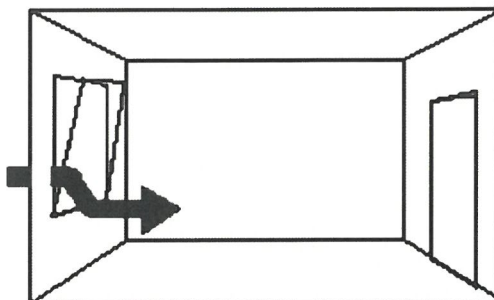
pogodbeništvu, tudi na račun slabše kakovosti notranjega bivalnega ugodja.

Rezultati meritev in-situ, teoretične analize in izkušnje zaposlenih v vrtcih kažejo zaskrbljujoče stanje kvalitete zraka v tovrstnih objektih. Še bolj zaskrbljujoče je dejstvo, da ne gre le za kratkoročno izvajanje programov, pač pa za dolgotrajno bivanje (tudi več kot 8 ur dnevno) v notranjih prostorih vrtcev, v katerih bivajo otroci, zato nikakor ne smemo zanemariti vpliva na zdravje in učne sposobnosti, ki jih ima slaba kakovost notranjega zraka v teh prostorih. Kar je možno storiti takoj in ni povezano s finančnim vložkom, je **osveščanje zaposlenih in uvedba rednega prezračevanja z odpiranjem oken oz. uvedba strategije prezračevanja**. Ob tem pa je potrebno poudariti, da je za pravilno izvedbo strategije prezračevanja ključen človeški dejavnik, z drugimi besedami izvajanje strategije je odvisno od doslednosti zaposlenih v stavbi.

Prezračevanje je v veljavni zakonodaji opredeljeno [1][2], kar je bolj podrobno predstavljeno v aktivnosti A1 te raziskave. Splošne smernice za prezračevanje prostorov stavb predšolske vzgoje opredeljuje tudi Nacionalni inštitut za javno zdravje. Na podlagi analiz zakonodaje, slovenskih in mednarodnih raziskav ter ugotovitev te raziskave so opredeljene splošne smernice za pravilno strategijo prezračevanja stavb predšolske vzgoje.

Lahko ločimo dve kategoriji naravnega prezračevanja: kratkotrajno in dolgotrajno zračenje, ki sta predstavljeni v nadaljevanju.

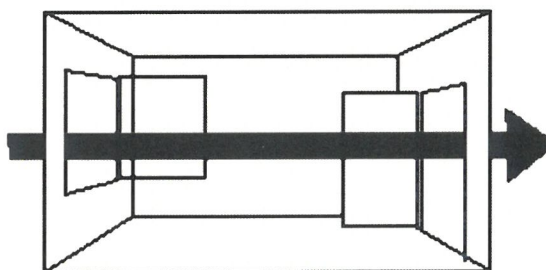
- **Dolgotrajno zračenje -**
  - zračenje s priprtimi okni (oberlift ali V odpiranje) (Slika 4.5),
  - 1-4 kratna izmenjava zraka v prostoru,
  - Ni primerno ob nizkih temperaturah (ker pripelje do toplotnih izgub, ohlajuje se tudi površina sten in tal okrog oken). Primerno za pomlad in jesen, za daljša časovna obdobja, ko so otroci v prostoru igralnice.



Slika 4.5. Optimalen model dolgoročnega prezračevanja igralnice v stavbi predšolske vzgoje.

- **Kratkotrajno zračenje -**

- zračenje z odprtimi okni na stežaj (Slika 4.6), optimalna ventilacija z nasprotno odprtimi okni (eng.: cross ventilation),
- zračenje v enakomernih časovnih intervalih – na vsake 3 ure,
- trajanje prezračevanja 5-10 minut,
- izmenjava zraka v prostoru 9-15h-1 (celotna količina zraka se zamenja v približno 4-8 minutah)

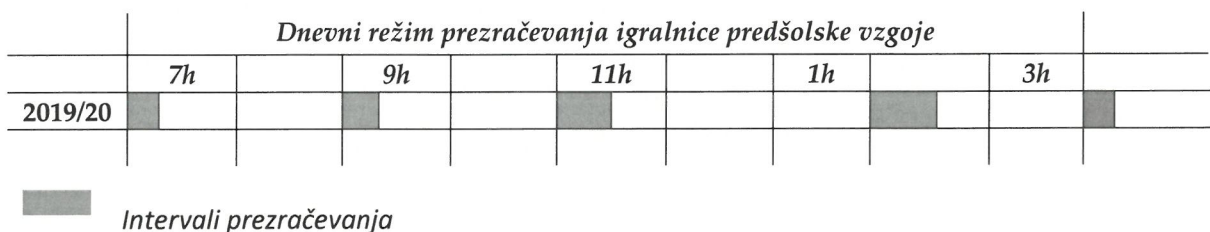


Slika 4. 6. Model kratkoročnega prezračevanja igralnice v stavbi predšolske vzgoje.



Splošna navodila za strategijo prezračevanja stavb predšolske vzgoje:

- Za zračenje prostorov igralnic v vrtcih uporabljati kratkoročno zračenje ne glede na zunanje vremenske pogoje in dolgoročno zračenje v obdobjih, ko ni velikih razlik med zunanjo in notranjo temperaturo zraka (jesen, pomlad).
- Vse prostore vsak dan pred odpiranjem vrtca in po odhodu otrok iz igralnice temeljito prezračiti. Zračenje naj poteka najmanj pol ure pred prihodom in pol ure po odhodu otrok.
- Tekom dneva prostor večkrat temeljito prezračiti: pred prihodom otrok v igralnico, v času, ko so otroci na sprehodu, po kosilu, po počitku (Slika 4.7). Pravilno in energetsko najbolj učinkovito naravno prezračevanje je kratkotrajno prezračevanje v intervalih na prepih z odpiranjem oken na stežaj (tehnična smernica TSG 1-004:2010, 2010).  
 Režim prezračevanja prilagajati dejavnostim v igralnici.
- Če je možno, otroke med zračenjem odpeljemo iz igralnice v predprostor, če to ni možno, jih odpeljemo na najbolj oddaljeni prostor stran od oken.
- Odpiramo nasprotna okna (*eng.: cross ventilation*) in ustvarjamo prepih (v kolikor otrok ni v igralnici, njih ne izpostavljamo prepihu), prepih poveča učinkovitost zračenja.



*Slika 4.7. Dnevni režim prezračevanja igralnice predšolske vzgoje.*

Priporočljivo je, da vsaka ustanova pripravi lasten načrt prezračevanja s pomočjo strokovnjakov tehnične (strojne) stroke. Načrt prezračevanja naj zajema vse prostore v ustanovi. V načrtu naj bo za vsak posamezen prostor predviden način prezračevanja, čas, pogostost, trajanje in odgovorna oseba, ki bo skrbela za izvajanje ukrepa. V primeru mehansko prezračevanih stavbah je potrebno določiti tudi odgovorno osebo za vzdrževanje naprav.



## Spremembe v prezračevalnih navadah kot posledica pandemije COVID-19

---

V času izvajanja raziskovalnega projekta »VRTEC+ razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji« je v Sloveniji dne 14.03.2020 razglašena epidemija nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (COVID-19), Uradni list RS št. 68/2020. V času epidemije se je delo znotraj projekta opravljalo izključno v obliki dela od doma. Stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji so bile zaprte po razglasitvi pandemije COVID-19 v mesecu marcu 2020. Po skoraj dvomesečnem zaprtju so se vrtci ponovno začeli odpirati konec maja. Začetek novembra 2020 smo se soočili s ponovnim zapiranjem vrtcev zaradi hitrega naraščanja števila okuženih s COVID-19 v Sloveniji, kar je bil eden izmed ukrepov za zaježitev širjenja virusa.

Od začetka epidemije COVID-19 so morale stavbe predšolske vzgoje močno prilagoditi in spremeniti svoje delovne procese, da zagotovijo varno delovno in bivalno okolje. Jasno je, da se bodo morale stavbe predšolske vzgoje nujno še naprej prilagajati novonastalim razmeram in novim ugotovitvam v zvezi z virusom. Zaradi tega dejstva je neizogibno problematiko COVID-19 vključiti v analize tega projekta, kot nadgradnjo obstoječe vsebine, o čemer je bilo MIZŠ seznanjeno z dopisom dne 10.06.2020 in v Poročilu za poročevalsko obdobje 01.03.2020 do 31.08.2020.

COVID-19 razmere so močno vplivale tudi na prezračevanje v stavbah predšolske vzgoje. Prezračevanje je namreč bistven ukrep za preprečevanje širjenja okužb z virusom SARSCoV-2 v zaprtih prostorih, ob upoštevanju ostalih previdnostnih ukrepov. Covid-19 prezračevanje mora biti kakovostno prezračevanje, kontinuirano dovajanje svežega zraka, pri čemer je dovedeni zrak lahko kondicioniran. Ne glede na način, mora biti prezračevanja v stavbi predšolske vzgoje (naravno, mehansko ali hibridno prezračevanje) zadostno in primerno. **Dejstvo je, da so COVID-19 razmere močno vplivale na izboljšanje kakovosti zraka v slovenskih vrtcih**, kar je tudi predstavljeno znotraj aktivnosti A2 te raziskave.

V mnogih slovenskih stavbah, namenjenih izobraževanju, je prezračevanje pomanjkljivo, zlasti v starejših stavbah, ki so neustrezno energijsko sanirane, brez primerne, učinkovitega prezračevanja. V večini stavb ni mogoče zagotoviti zadostnega naravnega prezračevanja, ki je še bolj težavno v kontekstu širjenja okužb COVID-19. Težave prezračevanja so še posebej prisotne, ko zunanje temperature padejo in je treba ogrevati notranji prostor, zaradi česa morajo okna ostati zaprta, s čimer je možnost širjenja morebitne okužbe zvišana. Slabo prezračeni prostori in veliko ljudi v zaprtem prostoru pomeni veliko tveganje za prenos virusa. Pogostejša menjava zraka v prostoru





pomeni, da je tveganje za vdih delcev z virusi iz zraka in okužbo manjše. Pogoji za učinkovito prezračevanje je, da je menjava zraka dovolj pogosta in smer toka zraka pri prezračevanju takšna, da ne pride do prenosa mikroorganizmov med osebami. Priporočila za prezračevanje za posamezno ustanovo se razlikujejo glede na tip zračenja (mehansko, naravno ali hibridno) in glede na različne parametre, ki jih je potrebno upoštevati (različno velikost oken, prostornino in število oseb v prostoru, različno količino izločenih virusov, razliko v temperaturi notranjega in zunanjega zraka...). **NIJZ priporoča, da vsaka ustanova pripravi lasten načrt prezračevanja s pomočjo strokovnjakov tehnične stroke [3].**

Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) je z *Navodili za prezračevanje prostorov izven zdravstvenih ustanov v času širjenja okužbe COVID-19* z dne 23.04.2021 dalo naslednja navodila za naravno prezračevanje:

- Redno odpirajte okna (tudi v mehansko prezračevanih stavbah).
- Zagotovite ustrezno prezračevanje prostorov z zunanjim zrakom (posebno pozornost je potrebno nameniti pri dotoku zunanjega zraka v zelo onesnaženih območjih).
- Odprite okna, da omogočite pravilno prezračevanje pred in po zasedenem prostoru, v katerem je prisotnih več ljudi. Okna je treba odpreti približno 15 minut preden vstopite v zaprt prostor v nestanovanjskih stavbah.
- Priporočena minimalna izmenjava zraka je 6-12 menjav na uro (2-3 za pisarne, 5-6 za šole).

COVID-19 je močno spremenil navodila tudi glede mehanskega prezračevanja. Pri mehansko prezračevanih stavbah je v času epidemije COVID-19 poudarek na varni uporabi sistemov za rekuperacijo toplote. Virusni delci v zraku lahko ponovno vstopijo v stavbo. Nekatere naprave za rekuperacijo toplote lahko prenesejo virus s strani odvodnega (odtočnega) zraka na stran dovodnega (vtočnega) zraka. Če je vgrajeno mehansko prezračevanje v šolah ali stavbah predšolske vzgoje, je potrebno nastaviti maksimalno prezračevanje vsaj 2 uri pred začetkom pouka in preklopiti na zmanjšano stopnjo prezračevanja vsaj 2 uri po koncu pouka. Če mehansko prezračevanje ne zadošča, je potrebno dodatno odpirati okna. Mehansko prezračevanje sanitarij naj bi bilo vključeno 24 ur na dan, vse dni v tednu, z največjo hitrostjo. V kolikor imajo prezračevalni sistemi vgrajen obtok (recirkulacijo), je potrebno v kontekstu preprečevanja širjenja okužb COVID-19 ta obtok trajno



zapreti in prezračevati zgolj s svežim zrakom, ne glede na povečanje rabe energije. Sicer so se mnenja v zvezi z umetnim prezračevanjem v prvem letu epidemije spreminjala in se bodo po vsej verjetnosti še, dokler se predpostavke ne dokažejo tudi v praksi:

- Marec 2020: V rotacijskih izmenjevalcih toplote (vključno s kolesi za entalpijo) se delci odlagajo na strani povratnega zraka na površine toplotnega izmenjevalnika in bi lahko resuspendirali, ko se toplotni izmenjevalnik obrne na dovodno zračno stran. Zato je priporočljivo (začasno) izklopiti rotacijske izmenjevalnike toplote med epidemijo SARS-CoV-2.
- April 2020: Naprave za rekuperacijo toplote lahko nosijo virus, pritrjen na delce s strani odvodnega (odtočnega) zraka na stran dovodnega (vtočnega) zraka. Regenerativni prenosniki toplote zrak - zrak (t. i. rotorji, imenovani tudi entalpijska kolesa) so lahko občutljivi na puščanje v primeru slabe zasnove in vzdrževanja. Za pravilno obratujoče rotacijske prenosnike toplote, opremljene s sektorji za čiščenje in pravilno nastavljene, so stopnje puščanja približno enake kot pri ploščatih prenosnikih toplote v območju 1-2 %.
- Avgust 2020: Do danes ni bilo dobro dokumentiranega izbruha SARS-CoV-2, ki bi bil posledica prenosa aerosola skozi prezračevalni ali klimatski sistem. V tej zvezi je širjenje okužb zaradi uhajanja zraka prek rotacijskega toplotnega menjalnika (RHE) malo verjetno.

Vpliv izbruha pandemije COVID-19 je močno vplival na izvajanje predšolske vzgoje, poleg prilagoditve delovnih procesov so bile stavbe podvržene številnim prilagoditvam kot posledici izvajanja organizacijskih ukrepov s ciljem zajeitve širjenja virusa. Analize primerjave kakovosti zraka v stavbah pred časom in v času pandemije covid-19, ki so zajele meritve in-situ v trajanju 125 dni, so pokazale naslednje ugotovitve:

- Pandemija COVID-19 je na kakovost zraka v vrtčevskih igralnicah v Sloveniji vplivala na način, da se je poprečna koncentracija ogljikovega dioksida v času bivanja otrok v igralnici zmanjšala za **30%** kot posledica bolj intenzivnega prezračevanja oz. upoštevanja navodil za zajeitev širjenja virusa in **so bili otroci v času bivanja v vrtcu dejansko izpostavljeni boljši kakovosti notranjega zraka v igralnicah.**



- Zaradi dejanske bolezn<sup>1</sup> otrok in družinskih članov ali strahu staršev pred okužbo s SARS-CoV-2 virusom so igralnice vrtcev v Sloveniji dejansko imele manjše število prisotnih otrok v času pandemije COVID-19 v primerjavi z merilnim obdobjem pred pandemijo. Analize so pokazale, **da bile so v ogrevalni sezoni pred pandemijo COVID-19 igralnice zapolnjene poprečno 83%, medtem ko je bila zapolnjenost kapacitet igralnic v času epidemije približno 72,5%.** Dejstvo je, da je 10% manjša zapolnjenost kapacitet igralnic delno vplivala na kakovost notranjega zraka **poleg izboljšanega protokola ventilacije, ki je vendar primarni dejavnik izboljšane kakovosti zraka.** Pri meritvah številka 3. je največja razlika v zasedenosti igralnic okrog 20% posledično tudi največja razlika v poprečni izmerjeni koncentraciji ogljikovega dioksida pred časom in v času pandemije COVID-19.
- Analize so pokazale, da povečana intenzivnost prezračevanja igralnic **NI rezultirala v slabšem toplotnem ugodju v igralnicah, kajti poprečna temperatura zraka se je znižala le za 0,12 C° v merilnem obdobju pred časom pandemije COVID-19 in v njem.** Medtem pa je razlika v poprečni zunanji temperature zraka med dvema merilnima obdobjema znašala 0,94 C°. Ob tem je bil režim ogrevanja stavbe nespremenjen. Potencialne večje toplotne izgube, nastale kot posledica intenzivnejšega naravnega prezračevanja so lahko predmet bodočih raziskav. Razlika v poprečni izmerjeni vlagi v zraku je približno 2%.
- V primerjavi izmerjenih parametrov kakovosti zraka in toplotnega ugodja so najmanjše razlike pred časom in v času COVID-19 pandemije opazne pri stavbah, ki imajo umetno/mehansko prezračevanje, pri katerih je bila kakovost zraka tudi v sezoni pred pandemijo v zakonsko predpisanih mejah in v skladu s priporočili stroke. V sezoni pandemije je bilo prezračevanje v teh stavbah kombinirano (naravno + mehansko z dovajanjem zunanjega svežega zraka), kar je kakovost zraka še dodatno izboljšalo, na termalno ugodje ni bilo vpliva, toplotne izgube so pričakovano večje, kar ni predmet te raziskave.
- Pri različnih stavbah so izmerjeni različni parametri kakovosti zraka in toplotnega ugodja ter evidentirani prilagojeni vzorci prezračevanja, ki so direktno pogojeni z doslednostjo izvajanja ukrepov oz. s človeškim dejavnikom in ozaveščenostjo uporabnika prostora o pomenu prezračevanja, o čemer se v strokovni literaturi ne govori dovolj. **Uporabnik prostora je izrednega pomena pri izvajanju ukrepov in je njegovo ozaveščanje in edukacija izrednega pomena za kakovosten zrak v notranjih prostorih.**
- V obeh merilnih obdobjih je poprečna koncentracija CO<sub>2</sub> v mejah, določenih s slovensko zakonodajo ≤1670ppm, vendar v času pred epidemijo priporočila presegajo ≤1000ppm,



razen v mehansko prezračevani stavbi. Izmerjene dnevne poprečne temperature zraka so v zakonsko določenih mejah, samo rahlo zvišane. Zrak v igralnicah je suh, kar je tudi z vidika širjenja virusa v zaprtem prostoru problematično in presega priporočilo  $\geq 40\%$ .

- **Izvedba strategije senčenja v stavbah predšolske vzgoje**

Rezultati te raziskave so pokazali da približno 70% slovenskih stavb predšolske vzgoje ima zunanja senčila na oknih, preostalih 30% pa ima notranje zaveso. Zunanja senčila na oknih stavb predšolske vzgoje so potreben in koristen element prostora/stavbe. Namen zunanjih senčil v stavbah predšolske vzgoje je:

- funkcionalni element - pri stavbah predšolske vzgoje so pomemben element prostora/opreme v času popoldanskega počitka ko otroci v vrtcu potrebujejo zatemnjen prostor,
- zvišanje toplotnega udobja v stavbi – zunanja senčila zmanjšajo vdor sončne toplote in s tem preprečijo pregrevanje prostora poleti in izgube toplote po zimi,
- zmanjševanje stroškov ogrevanja in hlajenja stavbe - po zimi zunanja senčila zmanjšujejo toplotne izgube, po leti pa toplotne dobitke in potrebo po uporabi klimatskih naprav poleti,
- zagotavljanje intimnosti,
- protivlomna zaščita in zaščita zunanje površine oken pred vremenskimi vplivi.

Med energijsko najuspešnejša senčila sodijo zunanje rolete, saj zadržijo približno 95% sončne toplote, kar po ocenah lahko pomeni tudi 6°C nižjo temperaturo poleti v prostoru.

Za optimalni izkoristek obstoječih senčil na stavbi in izpolnjevanje vseh naštetih namenov, ki jih senčila imajo potrebno je slediti pravilni strategiji senčenja, ki se seveda prilagaja odvisno od orientacijo prostora, letni čas, starostne skupine otrok v igralnici vrtca in vrste senčil. Splošne smernice za učinkovito strategijo senčenj so predstavljene v nadaljevanju:

- za maksimalen izkoristek potenciala, ki ga imajo zunanja senčila (žaluzije ali rolete), poleti najboljši učinek dosežemo tako, da roletu spustimo in jo ustavimo približno 20 cm nad okensko polico. S tem omogočimo kroženje zraka in optimalno zaščito pred



vročino, obenem pa nam ostane dovolj dnevne svetlobe za nemoteno bivanje v prostoru. V času ko je radiacija sonca v poletnih mesecih najbolj intenzivna pri direktni izpostavljenosti rolete čimbolj zapreti (med 12-15h), kar tudi predstavlja čas počitka v vrtcu in je zatemnjena igralnica nujno potrebna. Z racionalnim dviganjem in spuščanjem rolet postane potreba po uporabi klime minimalna;

- po zimi rolete (zunanje žaluzije ali rolete) ponoči popolnoma spustiti, kajti zračna plast, ki se ujame med okno in roletu zagotavlja dodatno toplotno izolacijo in zmanjša toplotne izgube;
- okna, ki so obrnjena proti vzhodu, jugu in zahodu morajo imeti zunanje senčenje. S tem se prepreči segrevanje in zmanjša poraba elektrike z hlajenje, če je sploh potrebno (oz. če ga igralnica sploh ima);
- notranje senčilo ne morejo nadomesti zunanjega, toplota naj bi ostala izven prostora. Pri stavbah katere nimajo zunanjih senčim analizirati možnost vgradnje letih.

- **Dodatne dejavnosti v času ko se v stavbi ne izvaja vzgojno - izobraževalna dejavnost**

Stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji so večinoma namensko grajene in imajo skupne prostore, telovadnice ali druge večnamenske prostore namenjene za potrebe predšolske vzgoje. Te prostore uporabljajo vrtčevski otroci v času bivanja v stavbi, po zaprtju stavbe od 16 oz. 17h dalje prostori so večinoma prazni in se ne uporabljajo.

Praksa oddajanja telovadnic je še posebej izražena pri šolah v Sloveniji, v vrtcih skoraj da ne obstaja. Razlogi za to se lahko poiščejo v dejstvu, da se vrtčevski prostori težje prilagodijo, običajno nimajo sanitarnih prostorov za odrasle le za otroke, ipd., vendar so to le izgovori. Kajti prostor se v vsakem primeru lahko organizacijsko prilagodi in uporablja v drugi namen, kar je izredno pomembno v manjših občinah katere nimajo veliko možnosti najem/oddajanje večnamenskih prostorov. Pri novogradnjah pa je zaželeno skupne prostore načrtovati tako, da se lahko uporabljajo v ta namen, s posebnimi vhodi in sanitarijami.

Dejstvo je, da dodatne dejavnosti v večnamenskih vrtčevskih prostorih imajo lahko več pozitivnih učinkov v energetske in sociološkem kontekstu, in sicer:



- zmanjšanje stroškov za ogrevanje – kajti vrtec z oddajanjem prostorov ima finančno dobit, nima pa dodatnih stroškov za ogrevanje in na ta način lahko zmanjša finančne stroške za ogrevanje. Vrtci imajo neenakomerni dnevni režim uporabe, ima pa večina stavb režim ogrevanja tudi v popoldanskih urah. Meritve v tej raziskavi so pokazale da, so vrtčevski prostori tudi popoldanskih urah temperiran in temperatura tudi v zgodnjih jutranjih in nočnih urah ne pade pod 18 C, kar je za izvajanje telovadbe popolnoma primerno;
- aktivno povezovanje z okoljem in lokalno skupnostjo – kar je še posebej pomembno v manjših sredinah in lokalnih skupnostih v katerih ne obstajajo druge prostorske kapacitete. S uporabo skupnih prostorov vrtca ali telovadnice v druge namene, meščanstvo se povezuje s okolico, med seboj in dobi dodatne možnosti za kakovostno preživljanje prostega časa, organizacijo dogodkov ipd.

Posamezne občine imajo to področje tudi zakonsko urejeno s različnimi Pravilniki, ki urejajo način oddajanja prostorov v uporabo za namen športa, kulture in drugih dejavnosti, ki so financirane iz občinskega proračuna.

#### **4.1.2.2 Toplotna zaščita ovoja stavbe – poseg: dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe**

**Izoliranje stavb je najpreprostejši in hkrati najučinkovitejši ukrep za varčevanje z energijo.** Z relativno preprosti posegi v ovoj stavbe, kot so toplotna izolacija zunanjih sten, tal in streh se lahko prihrani tudi veliko energije namenjene ogrevanju. Cilj dodatnega izoliranja stavbe je zmanjšanje toplotnih izgub preko ovoja stavbe. Energetski prihranki so odvisni od starosti stavbe, tehnologije gradnje, kakovosti izvedbe in vzdrževanja. **Dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe se lahko izvede kot:**

- **toplotna izolacija zunanjih sten,**
- **toplotna izolacija podstrešja,**
- **toplotna izolacija poševne strehe in**
- **toplotna izolacija talne plošče.**



Pregled vseh posegov znotraj ukrepa *toplotna zaščita ovoja stavbe* skupaj z indikatorji za izvajanje ukrepa in popisom stavb pri katerih je možna uporaba ukrepa je predstavljen v tabeli Tabela 4.5. Pregled ukrepov – dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe.

Tabela 4.5. Pregled ukrepov – dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe.

	INDIKATOR	UPORABNO PRI
<b>Toplotna izolacija zunanjih sten</b> - notranja - zunanja	- toplotne izgube v zimskih mesecih - pregrevanje v poletnih mesecih	- vse stavbe / zunanja izolacija primerna za vse arhitekturne tipe / notranja za stavbe pod zaščito ali v kolikor ni moč aplicirati TI na zunanji ovoj stavbe
<b>Toplotna izolacija podstrešja</b>	- pregrevanje v poletnih mesecih - toplotne izgube v zimskih mesecih - potreba po arhitekturni adaptacija podstrešja/stavbe	- vse stavbe / arhitekturni tip stavbe s podstrešjem
<b>Toplotna izolacija poševne strehe</b>	- pregrevanje v poletnih mesecih - toplotne izgube v zimskih mesecih - potreba po arhitekturni adaptacija podstrešja/stavbe	- vse stavbe / arhitekturni tip stavbe s poševno streho
<b>Toplotna izolacija talne plošče</b>	- mrzla tla (neprijeten občutek bivanja v prostoru) - toplotne izgube v zimskih mesecih	- vse stavbe / arhitekturni tip stavbe brez kletne etaže ali z neogrevanim kletnim prostorom

Zaradi slabe toplotne izolacije stavb so stroški za ogrevanje in hlajenje višji. Stroški povezani z energijsko oskrbo stavb so poleg ostalih dejavnikov (prostornina ogrevalnih prostorov, podnebje, ohranjanje temperature v stanovanjih...) odvisni tudi od toplotnih izgub skozi stene, tla in strehe. Toplotne izgube lahko zmanjšamo z dobro in ustrezno vgrajeno toplotno izolacijo. **Izbiri toplotne izolacije prilagodimo lastnostim obstoječega termalnega ovoja in poziciji v stavbi** (streha, fasadne stene, cokla, ipd.).



Toplotnoizolacijske materiale lahko razdelimo glede na kemijsko sestavo in strukturo. Med organskimi materiali je na prvem mestu po obsegu uporabe toplotna izolacija iz mineralnih vlaken (steklena in kamena volna), med organskimi materiali pa so najpomembnejši penjeni materiali, npr. ekspanzirani in ekstrudirani polistiren ter penjeni poliuretan. Glede na fizikalno-kemijske lastnosti lahko razdelimo toplotnoizolacijske materiale tudi na vlaknate (snovi iz (umetnih) mineralnih vlaken, rastlinskih in živalskih vlaken) ter porozne materiale (anorganske snovi, naravne organske in sintetične organske snovi), z uporabniškega vidika pa je pomembna razdelitev na »klasične« in »alternativne« toplotnoizolacijske materiale, ki pa niso nujno tudi bolj ekološki (celulozni kosmiči, trstika, slama, lan, konoplja, pluta, lesna vlakna, ovčja volna, ekspanzirana glina, bombaž, penjeno steklo idr.). Pri odločanju o izboru primerne materiala za toplotno zaščito stavbe kot najpomembnejšega kriterija upoštevamo toplotno prevodnost materiala (manjša kot je toplotna prevodnost toplotnoizolacijskega materiala in večja kot je njegova debelina, učinkovitejša je njegova toplotna zaščitna funkcija). Zlasti je pomemben položaj toplotne izolacije, saj lahko neustrezna sestava plasti privede do navlaženja materialov in do trajnih poškodb. Vsak sistem razporeditve plasti in položaj toplotne izolacije v ovoju stavbe ima svoje zahteve ter dobre in slabe lastnosti. Izbrati je treba optimalnega, glede na način uporabe zgradbe (za izbor in položaj plasti v ovoju je npr. pomembno, ali bomo stavbo uporabljali stalno ali občasno in če želimo izkoriščati sončno energijo. Različni toplotnoizolativni materijali in fasadni sistemi so predstavljeni v nadaljevanju raziskave (poglavje 4.2).

Metodologija analize stopnje posegov pri prenovi stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je določena za potrebe te raziskave. Raziskane so različne stopnje posegov na fasadnem ovoju stavb predšolske vzgoje: dodatna toplotna izolacija: zunanjih sten, strehe in talne plošče. V poglavju 3.1.1 raziskave so analizirane energetske lastnosti obstoječih sklopov in na podlagi analiz se je v nadaljevanju pristopilo analizi različnih stopenj posegov. Znotraj aktivnosti *A3 Energijska analiza stavb predšolske vzgoje* so predhodno analizirane elementov fasadnega ovoja posameznih tipskih predstavnikov v stavbnem fondu. Za nekatere je ugotovljeno da je izboljšanje energetske lastnosti fasadnega ovoja pri velikem številu stavb nujno, in je ta poseg, čigar cilj je izboljšanje energetske lastnosti stavbe imenovan *toplotna izolacija ovoja* stavbe in so različne možnosti tega posega analizirane v tem delu raziskave.



V tem delu raziskave je analizirano dodajanje toplotne izolacije na fasadni ovoj stavbe kot poseg, čigar je primarni namen izboljšanje energetskih lastnosti termalnega ovoja stavbe. V tem kontekstu so analizirane možnosti izvedbe posega za zunanje stene, streho in tla različnih tipskih predstavnikov stavb predšolske vzgoje in izboljšanje lastnosti ovoja stavbe, ki ga posamezni poseg prinese. Za izračunane toplotne prehodnosti konstrukcijskih elementov, potrebe po energiji ter toplotne izgube in toplotni dobitki je uporabljeno programsko orodje PHPP in UBAKUS.

- **Toplotna izolacija zunanjih sten**

Toplotna izolacija zunanjih sten je pomemben del energetske prenove vsake zgradbe, ki lahko vpliva na izboljšanje energetskih lastnosti ovoja stavbe in posledično stavbe kot celote. Ob prenovi stavb je smiselno predvideti ustrezno dodatno toplotno zaščito zunanjih sten (Slika 4.8), v skladu z arhitekturno-oblikovnimi in energetskimi lastnostmi stavbe, s konstrukcijskim sistemom in trenutnim stanjem stavbe. Saj je le ob upoštevanju naštetih dejavnikov, ekonomska upravičenost ukrepa največja.



*Slika 4.8. Shematski prikaz posega- dodatna toplotne izolacije zunanjih sten (( a) pritlična stavba s dvokapno streho, b) pritlična stavba s ravno streho, c) dvonadstropna stavba s ravno streho)*

**Analize so pokazale, da pri starejših, toplotno neizoliranih stavbah s dodatno toplotno izolacijo zunanjih sten stavbe lahko pričakujemo okoli 20% celo do 35% prihranka pri energiji za ogrevanje stavbe.** Analize kažejo tudi, da se dodatna naložba v energetska obnovo zunanjih sten, ob siceršnji obnovi stavbe, lahko povrne v 10 letih. Posebna pozornost velja posvetiti debelini izbrane toplotne zaščite, kajti ta določa rabo energije v celotni življenjski dobi obnovljene fasade. Cena toplotnoizolacijskega materiala v celotni ceni vgrajene toplotno izolacijske obloge predstavlja komaj dobro desetino vse naložbe. Izkušnje kažejo, da je **pri dodatni toplotnoizolacijski oblogi zunanjih**



sten smiselno vgraditi vsaj 8 cm toplotne izolacije. Seveda pa je debelina toplotne izolacije odvisna od sestave posamezne stene.

**Pri izvajanju posega je potrebno slediti naslednjim splošnim navodilom/priporočilom:**

- toplotna izolacija se aplicira na stene ki so brez konstrukcijskih pomanjkljivosti,
- toplotna izolacija se aplicira na stene, ki so brez vidnih znakov vlage, poškodb, razpok, brez sledov plesni ipd....
- v kolikor obstajajo težave omenjene v prva dva odstavka, prvi korak pri aplikaciji dodatne termo izolacije na fasadno steno je **sanacija obstoječe stene**,
- tip izolacije prilagoditi tipu stavbe in sestavi fasadne stene,
- izolacijo izvesti kakovostno in strokovno,
- z izvedbo izolacije prispevati boljšem estetskem videzu stavbe.

**Toplotno zaščito zunanjih sten lahko izboljšamo, po tem ko najprej ugotovimo, da so obstoječe stene stabilne, brez poškodb in vidljivih znakov vlage in plesni.**

Torej, v kolikor se ugotovi, da je fasadno steno potrebno sanirati v pogledu nosilnosti (injektiranje razpok, vgrajevanje protipotresnih vezi), ali izvesti sanacijo vlažnih zidov, sanacijo starejše poškodovane toplotnoizolacijske obloge, ki je odstopila od podlage, ali sanacijo gradbeno-fizikalnih napak je to potrebno narediti preden se pristopi dodajanju toplotne izolacije. Dodajanje toplotne izolacije naj bo v sklopu izdelave zaključne fasadne obloge in ob tem posegu je zaželeno zagotoviti tudi izboljšanje estetskega videza fasade.

Pri dodajanju toplotne izolacije na zunanje stene stavbe se odločamo lahko za zunanjo ali notranjo toplotno izolacijo, vendar je pri slednji več možnosti za gradbeno-fizikalne napake in poškodbe. Seveda je ta odločitev odvisna od lastnosti same stavbe, npr. stavbe z režimom zaščite kulturne dediščine, ki morajo ohranjati nespremenjen zunanji videz ni moč izolirati na zunanji strani fasade. Možnosti uporabe različnih fasadnih sistemov so analizirani znotraj aktivnosti *A 4.2 Fasadni sistemi*, znotraj katere so analizirani in predstavljeni fasadni sistemi zunanje in notranje toplotne izolacije.

V tem delu raziskave je predstavljen primer posega dodajanje toplotne izolacije na fasadni ovoj stavbe kot poseg, čigar je primarni namen izboljšanje energetskih lastnosti termalnega ovoja stavbe.

V tem kontekstu so analizirane možnosti izvedbe posega za zunanje stene za tip stavbe z montažnim konstrukcijskim sistemom (Tabela 4.6) in masivnim konstrukcijskim sistemom (Tabela 4.1).

Tabela 4.6. Pregled posega/ukrepa energetske prenove stavb predšolske vzgoje – dodatna toplotna izolacija na zunanji fasadni steni – montažni konstrukcijski sistem (tip stavbe B, C, D).

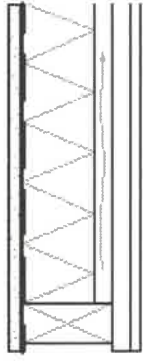
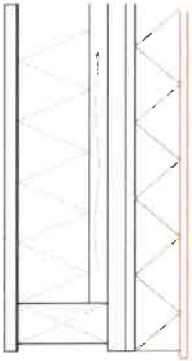
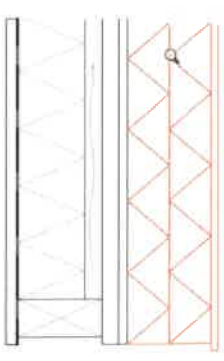
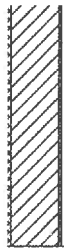
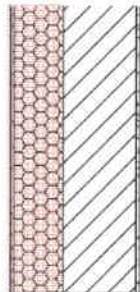
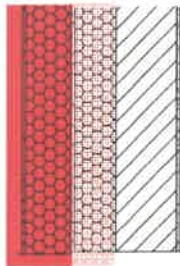
Tip konstrukcije	Montažni konstrukcijski sistem (Okvirno panelni konstrukcijski sistem)	
POSEG/UKREP	Dodatna toplotna izolacija - zunanja fasadna stena	
$U_{max} = 0,28 W/(m^2K)$ (PURES2010)		
<b>obstoječa</b>	<b>ukrep I</b>	<b>ukrep II</b>
 <p>notranjost</p> <p>zunanjost</p>	 <p>notranjost</p> <p>zunanjost</p>	 <p>notranjost</p> <p>zunanjost</p>
Zunanji omet 10mm Pergamentna lepenka 20mm Zrak/ letve 20mm TI (mineralna volna) 80mm Leseni nosilci Alu. folija 1mm Iverna plošča 12mm Mavčno kartonska plošča 10mm	<b>Zaključni omet 10mm</b> <b>TI (mineralna volna) 50 mm</b> Zunanji omet 10mm Pergamentna lepenka 20mm Zrak/ letve TI (mineralna volna) 80mm Leseni nosilci Alu. folija 1mm Iverna plošča 12mm Mavčno kartonska plošča 10mm	<b>Zaključni omet 10mm</b> <b>TI (mineralna volna) 100mm</b> Zunanji omet 10mm Pergamentna lepenka 20mm Zrak/ letve TI (mineralna volna) 80mm Leseni nosilci Alu. folija 1mm Iverna plošča 12mm Mavčno kartonska plošča 10mm
<b><math>U = 0,446 W/(m^2K)</math></b>	<b><math>U = 0,269 W/(m^2K)</math></b>	<b><math>U = 0,194 W/(m^2K)</math></b>
<b>Zunanja fasadna stena pri tipu stavbe predšolske vzgoje: B, C, D</b>		

Tabela 4.7. Pregled posega/ukrepa energetske prenove stavb predšolske vzgoje – dodatna toplotna izolacija na zunanji fasadni steni – masivni konstrukcijski sistem (tip stavbe A, B, C, D).

Tip konstrukcije	<b>Masivni konstrukcijski sistem</b> (Opeka ali armirani beton *debelina toplotne izolacije se prilagodi konkretnemu primeru)	
<b>POSEG/UKREP</b>	<b>Dodatna toplotna izolacija - zunanja fasadna stena</b>	
U <sub>max</sub> = 0,28W/(m <sup>2</sup> K) (PURES2010)		
<b>obstoječa</b>	<b>ukrep I</b>	<b>ukrep II</b>
<p>notranjost</p>  <p>zunanjost</p>	<p>notranjost</p>  <p>zunanjost</p>	<p>notranjost</p>  <p>zunanjost</p>
<p>Zunanji omet 10mm</p> <p>Opeka/AB cca.20 cm (odvisno od tipa stavbe)</p> <p>Notranji omet 10mm</p>	<p>Zaključni omet 10mm        TI (mineralna volna) 10 mm</p> <p>Zunanji omet 10mm</p> <p>Opeka/AB cca.20 cm (odvisno od tipa stavbe)</p> <p>Notranji omet 10mm</p>	<p>Zaključni omet 10mm        TI (mineralna volna) 20mm</p> <p>Zunanji omet 10mm</p> <p>Opeka/AB cca.20 cm (odvisno od tipa stavbe)</p> <p>Notranji omet 10mm</p>
<b>U= 0,446 W/(m<sup>2</sup>K)</b>	<b>U= 0,269 - 0,20 W/(m<sup>2</sup>K)</b>	<b>U= 0,194 - 0,150 W/(m<sup>2</sup>K)</b>
<b>Zunanja fasadna stena pri tipu stavbe predšolske vzgoje: A, B, C, D</b>		



## Cilj izvedbe posega – toplotna izolacija zunanjih sten za tip stavbe A,B,C,D

S toplotno zaščito zunanjih sten se doseže:

- zmanjšanje toplotne izgube stavbe,
- izboljšanje celotno energijsko učinkovitost stavbe,
- izboljšanje toplotno stabilnost konstrukcije,
- povečanje toplotnega ugodje v prostorih,
- zaščititi nosilna konstrukcija.

Cilji oz. zahteve, ki jih je treba upoštevati pri načrtovanju sestave zunanjih sten (ki jih določa tudi Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2, 2010) postavlja):

- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in
- nadzorovati (uravnati) zrakotesnost stavbe.

Vsi naštetih cilji oz. zahteve kažejo na to, da je treba toplotno zaščito izbrati in dimenzionirati tako:

- da bo toplotna prehodnost zunanje stene dovolj nizka,
- da bodo materiali za posamezne sloje pravilno izbrani in razporejeni, da ne bi prišlo do nedovoljene kondenzacije vodne pare,
- da bo toplotno izolacijski ovoj zunanjih sten enakomeren, sklenjen, brez nedopustnih oslabeitev in primerno povezan s toplotno zaščito drugih delov ovoja stavbe.

Tehnična smernica TSG-01-004:2010, Učinkovita raba energije, določa, da se toplotna prehodnost konstrukcij toplotnega ovoja stavbe izračuna po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 2011.

- **Toplotna izolacija strehe**

Streha je element termalnega ovoja stavbe, ki se odvisno od arhitekturne tipologije stavb razlikuje in je prisoten v dveh pojavnih oblikah: strop pod neogrevanim podstrešjem (ki meji na neogrevano



podstrešje) in streha (ki meji na zunanji prostor). Odvisno od tipa strehe pri določeni arhitekturni tipologiji se potem tudi volumen notranjega ogrevanega prostor v igralnicah lahko razlikuje.

Debelina toplotne izolacije je odvisna od sestave sklopa strop pod neogrevanim podstrešjem ali poševne strehe.

**Pri izvajanju posega je potrebno slediti naslednjim splošnim navodilom/priporočilom:**

- toplotna izolacija se aplicira na strop ali poševno streho, ki je brez konstrukcijskih pomanjkljivosti,
- toplotna izolacija se aplicira na strop ali poševno streho, ki so brez vidnih znakov vlage, poškodb, brez sledov plesni ipd...,
- v kolikor obstajajo težave omenjene v prva dva odstavka, prvi korak pri aplikaciji dodatne termo izolacije na fasadno steno je **sanacija obstoječega stropa pod neogrevanim podstrešjem ali poševne strehe,**
- tip izolacije prilagoditi tipu stropa pod neogrevanim podstrešjem ali tipu oz. sestavi poševne strehe,
- izolacijo izvesti kakovostno in strokovno,
- z izvedbo izolacije prispevati boljši kakovosti bivanja v stavbi.

**Toplotno zaščito stropa pod neogrevanim podstrešjem in poševna strehe lahko izboljšamo, po tem ko najprej ugotovimo, da je obstoječa konstrukcija strehe stabilna, brez poškodb in vidljivih znakov vlage in plesni.**

**POSEG ZA TIP STAVBE A, B, C, D, E - Toplotna izolacija poševne strehe**

Streha je konstrukcijski element skozi katerega uide pogosto največji del toplote in mora zadostiti tako statičnim kot dinamičnim obremenitvam ter nuditi zaščito pred zunanjimi vplivi (vročina, mraz, voda, sneg, veter). Poševne strehe so v stavbah predšolske vzgoje eno ali dvokapnice, in je prostor podstrešja različen odvisno od tipa stavbe. Velikokrat gre za igralnice večje višine prostora oz. večjega volumena pri pritličnih stavbah ali v zadnjem nadstropju večnadstropnih vrtcev. povezan s igralnico (primeri tovrstnih igralnic v delu raziskave A1 in A2).



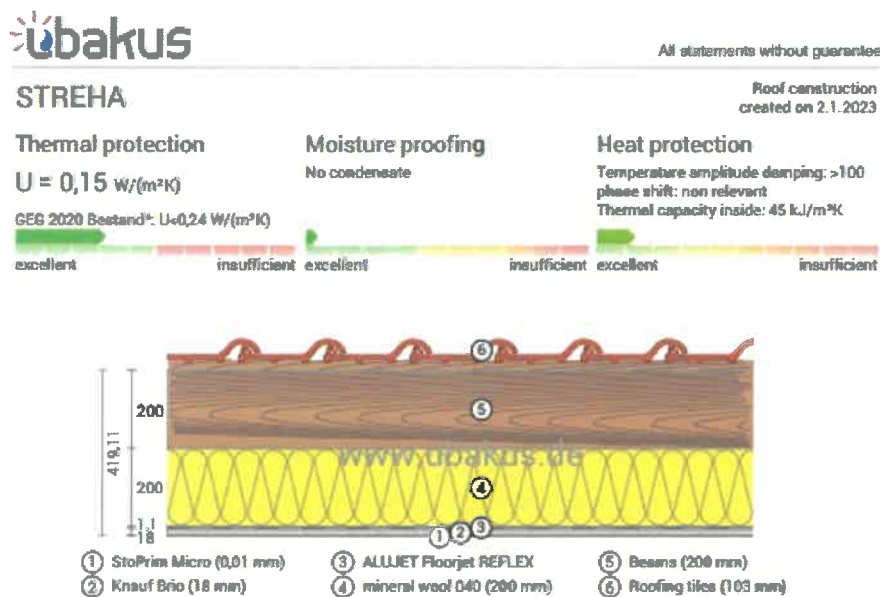
Toplotna izolacija podstrešja omogoča predvidene prihranke od 7% do 12% pri rabi energije za ogrevanje povprečne stavbe. Praksa potrjuje, da se nujna izvedba toplotne izolacije stropa proti podstrešju povrne v 3 do 4 letih. Posebej je potrebno poudariti, da v kolikor tehnične zahteve narekujejo notranjo toplotno izolacijo stropa, velja opozoriti na nujno namestitev parne zapore na notranji strani toplotne izolacije. Tako se izognemo kondenzaciji vodne pare v stropu in kasnejšemu pojavu plesni. Ustreznost rešitve z notranjo toplotno izolacijo je potrebno vsakič gradbeno fizikalno preveriti. Posvetiti se je potrebno stikom stropa z zunanjo steno, saj pri tem nastajajo toplotni mostovi, ki jih le težko rešimo z estetsko sprejemljivimi rešitvami. Na mestih toplotnih mostov lahko pride tudi do površinske kondenzacije vodne pare, kar so idealni pogoji za razvoj plesni.

Toplotna izolacija poševne strehe je ukrep ki zmanjšuje toplotne izgube pozimi in varčuje pred pretirano vročino in pregrevanjem mansardnega bivalnega prostora poleti. Zaradi tega je debelina toplotne izolacije v tem primeru mora biti večja kot pri izolaciji stropa proti podstrešju (min. 20 cm).

#### **POSEG ZA TIP STAVBE A, B, C, D, E - Toplotna izolacija podstrešja**

Podstrešja so v stavbah predšolske vzgoje večinoma ne bivalna in služijo zgolj kot skladiščni ali servisni prostori, ali pa sploh niso v uporabi. V teh primerih se izolacija vgradi v del konstrukcije, ki meji na neogrevan prostor. Največkrat so to tla na podstrešju. Izolacija tal na podstrešju pa velja za zelo enostaven in najbolj učinkovit izolacijski poseg na ovoju stavbe. Zadostna izolacija je ključna za velik prihranek energije celotnega objekta. Vrsta in debelina izolacije, pa je seveda odvisna od načina vgradnje in izvedbe, izkustveno pa je v praksi poprečje cca. 20cm toplotne izolacije, odvisno od njene učinkovitosti.

Slika 3.9 Izvedba toplotne izolacije STREHE – primer za tip stavbe A, , C, D, E, računska analiza v programu UBAKUS



- **Toplotna izolacija talne plošče**

Velik del toplotnih izgub v stavbi je tudi zaradi toplotnih izgub skozi talno ploščo, zato je pomembno, da je tudi ta del konstrukcijskega sistema kakovostno izoliran.

Talne konstrukcije so odvisno od tipa stavbe, v stavbi prisotne kot talne konstrukcije na terenu ali konstrukcije nad neogrevanim prostorom. Talne konstrukcije na terenu se po svoji sestavi od konstrukcij na neogrevanimi kletmi ločijo le po tem, da imajo nad nosilno podlogo vgrajeno hidroizolacijo. Zaprti prostori, ki se nahajajo nad odprtimi prostori kot so kleti, garaže ali neogrevanimi prostori, imajo lahko toplotne izgube skozi tla, če ta niso ustrezno toplotno zaščiteni. V tem primeru je rešitev dodatna toplotna izolacija, ki se vgradi s spodnje strani etažne plošče. Pri stropu nad kletjo je dobro če je toplotna izolacija sestavljena iz dveh plasti: spodnje, ki je nestisljiva in zgornje, mehkejše, s katero preprečujemo prenos zvoka po konstrukciji, lahko je tudi v enem sloju, toda njena stisljivost ne sme biti večja od 5 mm.

Pri tleh in stenah proti terenu je zelo pomemben del sklopa tudi hidro izolacija, ki ščiti obodne konstrukcije proti talni vlagi. Brezhibna izvedba hidroizolacije talnih konstrukcij je nujen pogoj za izvedbo toplotne izolacije talne plošče in uspešno in dolgotrajno delovanje konstrukcijskega sistema.





Čeprav so konstrukcije proti terenu običajno le manjši delež vseh obodnih konstrukcij, so bistvenega pomena za normalno funkcioniranje celotne zgradbe.

**Pri izvajanju posega je potrebno slediti naslednjim splošnim navodilom/priporočilom:**

- toplotna izolacija se aplicira na tla ki so brez konstrukcijskih pomanjkljivosti,
- toplotna izolacija se aplicira na tla, ki so suha brez vidnih znakov vlage, poškodb, razpok, brez sledov plesni ipd....
- v kolikor obstajajo težave omenjene v prva dva odstavka, prvi korak pri aplikaciji dodatne termo izolacije na tla je **sanacija obstoječih tal**,
- tip izolacije prilagoditi tipu stavbe in sestavi tal,
- izolacijo izvesti kakovostno in strokovno,
- z izvedbo izolacije prispevati boljši kakovosti bivanja v stavbi.

**Toplotno zaščito talne plošče lahko izboljšamo, po tem ko najprej ugotovimo, da je celoten konstrukcijski sistem stavbe stabilen, obstoječa talna plošča brez poškodb in vidljivih znakov vlage in plesni.**

Slika 4.10 Izvedba toplotne izolacije tal – primer talne plošče za tip stavbe E, računska analiza v programu UBAKUS

**ubakus**

All statements without guarantee

Floor

Floor

created on 26.1.2023

**Thermal protection**

**U = 0,18 W/(m²K)**

Heated on both sides: No requirement\*

excellent

insufficient

**Moisture proofing**

No condensate

excellent

insufficient

**Heat protection**

Temperature amplitude damping: >100  
 phase shift: non relevant  
 Thermal capacity inside: 1196 kJ/m²K

excellent

insufficient

www.ubakus.de

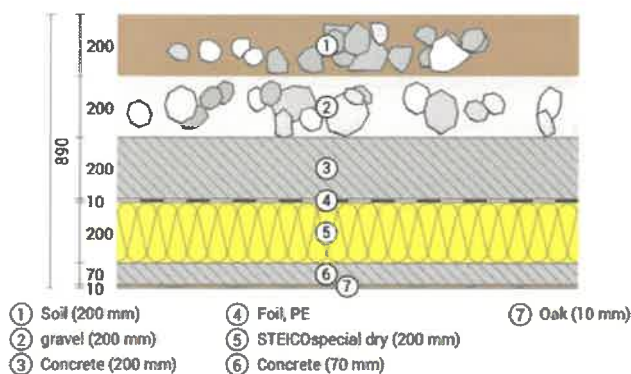


Tabela 4.8 Izvedba toplotne izolacije tal – primer talne plošče med pasovnimi temelji za tip stavbe A, B, C, D, računska analiza v programu UBAKUS

**ubakus**

The use of this document is permitted for educational purposes only  
 Created with the version for study and teaching

plošča

Floor

**Thermal protection**

**U = 0,37 W/(m²K)**

GEG 2020 Bestand\*: U<0,5 W/(m²K)

excellent

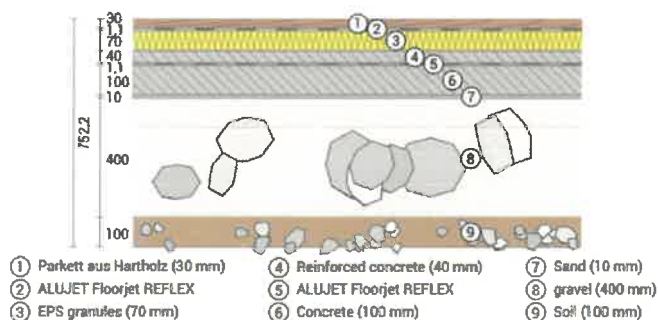
insufficient

**Heat protection**

Temperature amplitude damping: >100  
 phase shift: non relevant  
 Thermal capacity inside: 155 kJ/m²K

excellent

insufficient





#### **4.1.2.3 Arhitekturni posegi na stavbi**

Raziskava VRTEC+ je v okviru aktivnosti *A1 Teoretična analiza objektov predšolske vzgoje v Sloveniji* pokazala da imajo številni slovenski vrtci prostorske stiske, kajti število otrok narašča, hkrati se prostorski normativi se zaostrejejo. To dejansko pomeni, da se bodo stavbe predšolske vzgoje tudi v prihodnosti spopadale s pomanjkanjem prostora in je potreba ob energetske prenovi vrtca analizirati priložnost da se stavba optimizira v energetske in funkcionalnem smislu.

Arhitekturni posegi na stavbi predšolske vzgoje so razdeljeni v štiri skupine:

- **I Dograditev prostorov**
- **II Nadgraditev**
- **III Rušitev dela stavbe**
- **IV Povečanje ali regulacija deleža zasteklitev**

V tej raziskavi so predstavljeni najbolj učinkoviti arhitekturni ukrepi, čigar cilj je večnamenski: reševanje prostorskih stisk v vrtcih, izboljšanje funkcionalne sheme stavbe, izboljšanje pogojev za bivanje in delo v stavb, in ne na zadnje izboljšanje energetske učinkovitosti v stavbi in izboljšanje bivalnega ugodja. Pregled ukrepov skupaj s indikatorjem kateri določa kdaj je potrebno izvajati ukrep in opredelitvijo pri katerih stavbah je uporaben določeni ukrep je prikazan v tabeli (



Tabela 4.9).



Tabela 4.9. Pregled mogočih arhitekturnih posegov na stavbah predšolske vzgoje uporabnih za različne modele energetske prenov.

	INDIKATOR	UPORABNO PRI
<b>Dograditev prostorov</b>	- pomanjkanje prostorskih kapacitet, igralnic, skupnih prostorov ali pomožnih/drugih prostorov v vrtcu	- stavbe na velikih parcelah pri katerih horizontalna dozidava stavbe ne bo ogrozila kakovosti zunanjega prostora vrtca  - stavbe pri katerih oblika /tloris pritličja omogoča smiselno funkcionalno dograditev pritličja
<b>Nadgraditev</b>	- pomanjkanje prostorskih kapacitet, igralnic, skupnih prostorov ali pomožnih/drugih prostorov v vrtcu	- stavbe na majhnih parcelah v gosto poseljenih urbanih conah  -pritlične stavbe  -konstrukcijski sklop stavbe omogoča nadzidavo
<b>Rušitev dela stavbe</b>	- funkcionalne pomanjkljivosti dela stavbe  - konstrukcijske pomanjkljivosti dela stavbe	- konstrukcijski sklop stavbe omogoča rušitev dela stavbe brez ogrožanja konstrukcijske stabilnosti stavbe kot celote
<b>Povečanje ali regulacija deleža zasteklitev</b>	- nezadostno osvetljeni prostori vrtca  - potencial za dodatne toplotne dobitke (južna fasadne stene stavbe)	- pri stavbah, ki že načrtujejo prenovu oken  - pri stavbah v katerih igralnice imajo resna pomankanja v smislu dnevne svetlobe in je zaradi tega nujno načrtovati nova okna

Ob izvedbi celovite energetske prenovе s pravilnim načrtovanjem arhitekturnih posegov na stavbi je možno doseči: **izboljšano funkcionalno shemo stavbe, višjo estetsko vrednost stavbe, energetske prihranke.** Osnovni namen arhitekturnih posegov na stavbi je reševanje problema pomanjkanja prostorskih kapacitet, bodisi igralnic ali skupnih in pomožnih prostorov, s katerim se soočajo številni vrtci v Sloveniji.

Nabor arhitekturnih posegov ob energetske prenovi stavbe je izredno pester. Izbira pa je odvisna od potreb in želj investitorja in arhitekturne tipologije stavbe. V nadaljevanju so predstavljene možnost uporabe različnih arhitekturnih posegov pri različnih arhitekturnih tipologijah.

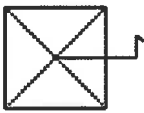

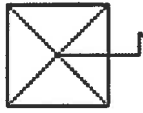



### **I Dograditev prostorov stavb predšolske vzgoje**

Dograditev prostorov v stavbi predšolske vzgoje je arhitekturni poseg s katerim se poveča uporabna površina vrtca. Obseg in tip dograditve je odvisen od potreb in želj investitorja in od arhitekturno-konstrukcijskih lastnosti stavbe.

Dograditev je horizontalna prizidava stavbe ob kateri se zunanja oblika in volumen prvotnega objekta spremeni. Dozidava se lahko načrtuje kot prizidava dela stavbe na poziciji kje stavba oz. parcela to omogoča. V kolikor ima enota vrtca v svoji sestavi več stavb z dograditvijo se posamezne stavbe lahko povežejo.

Tabela 4.10. Model dograditve za TIP A stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE – shematski prikaz		DOGRADITEV – shematski prikaz	
<i>tloris</i>	<i>prerez</i>	<i>tloris</i>	<i>prerez</i>
<b>X - dograditev ni smiselna</b>			
			

**TIP A**

- Stavbe so nenamensko grajene, starejšega datuma, funkcionalno ne usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami. S posegom dograditve v večini primerov ni moč doseči sodobno funkcionalno shemo stavbe primerno današnjim doktrinam in standardom predšolske vzgoje, v tem kontekstu dograditev ni opravičena.
- Številne stavbe predšolske vzgoje TIP A so nenamensko grajene stavbe, meščanske vile s statusom zaščite spomenika kulture. S tega vidika dograditev stavbe ni možna, prav tako sprememba zunanega videza stavbe.
- Stavbe predšolske vzgoje TIP A so grajene v masivnem konstrukcijskem sistemu do leta 1945, brez ustrezne termo in hidroizolacije, vprašanje stabilnosti konstrukcije in protipotresne varnosti je tudi zelo sporno. V tem kontekstu dograditev ocenjena kot finančno neopravičena.
- Večina stavb TIP A predšolske vzgoje ima status kulturne dediščine. V kolikor vrtcu manjka prostorskih kapacitet in prostor ni primeren za predšolsko vzgojo, potem je vprašanje: *ali se lahko pristopi načrtovanju nove stavbe predšolske vzgoje, ker dograditev v tem primeru ni ustrezna rešitev?*

Tabela 4.11. Model dograditve za TIP B stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE – shematski prikaz		DOGRADITEV – shematski prikaz	
<i>tloris</i>	<i>prerez</i>	<i>tloris</i>	<i>prerez</i>
TIP B		→ možnost dograditve	

#### TIP B

- Stavbe so namensko grajene, starejšega datuma, funkcionalno delno usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami. S posegom dograditve v večini primerov se lahko stavba funkcionalno približa sodobnim standardom in današnjim doktrinam predšolske vzgoje, prav tako se tudi pomanjkanje prostorskih kapacitet lahko reši, v tem kontekstu dograditev je opravičena. Stavbe so grajene v dva osnovna pod tipa B1 in B2, funkcionalno in oblikovno zelo podobno, razlika je v konstrukcijskem sistemu (masiven pri B1 in leseni/montažni pri B2).

- Dogradijo se lahko: **igralnice, skupni prostori, telovadnica, različni pomožni prostori.**

- Dograditev se izvede z **linearna horizontalna dograditev stavbe.**

- Številne stavbe predšolske vzgoje TIP B so namensko grajene stavbe, vendar grajene v času ko je potreba po vrtčevskih skupinah bila bistveno manjša, posledično so stavbe velikosti 3-6 skupin, kar je pogosto v današnjih razmerah premalo. S tega vidika dograditev stavbe je potrebna, opravičene in tudi v tehničnem smislu izvedljiva.

- Stavbe predšolske vzgoje TIP B so grajene med letom 1946 in 1970, večinoma brez ustrezne termo in hidroizolacije, grajene so v masivnem ali skeletnem (lesenem konstrukcijskem sistemu). Celovita energetska prenova skupaj s dograditvijo je smiselna. **Dograditev je možna v različnih konstrukcijskih sistemih, vendar priporočljiva v obliki lahke montažne konstrukcije ali modulov nadgradnje.**



Tabela 4.12. Model dograditve za TIP C stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE – shematski prikaz		DOGRADITEV – shematski prikaz	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP C		→ možnost dograditve	

#### TIP C

- Stavbe so namensko grajene, prisotne v dveh pojavnih oblikah 1. s dve stavbi-v primerih ko je najprej bila zgrajena ena stavba potem pa nekaj let kasneje zaradi pomanjkanja prostora druga in skupaj tvorita enoto vrtca in 2. ena stavba (enako kot TIP B). S posegom dograditve v večini primerov se lahko stavba funkcionalno približa sodobnim standardom in današnjim doktrinom predšolske vzgoje, prav tako se tudi pomanjkanje prostorskih kapacitet lahko reši, v tem kontekstu dograditev je opravičena. Stavbe so grajene v dva osnovna pod tipa C1 in C2, funkcionalno in oblikovno zelo podobna, razlika je v konstrukcijskem sistemu (masiven pri C1 in leseni/montažni pri C2).

- Dogradijo se lahko: igralnice, skupni prostori, telovadnica, različni pomožni prostori.

- Dograditev se izvede z linearno pritlično dograditvijo stavbe (kot prikazano v primeru TIP B) ali povezovanjem dva dela stavbe.

- Namensko grajene stavbe, grajene v času ko je potreba po vrtčevskih skupinah intenzivno rasla, posledično so stavbe velikosti 5/9 in več skupin, vendar se v številnih mestih to za današnje potrebe pokazalo kot premalo, in se vrtci danes, soočajo s prostorskimi stiskami. V tem kontekstu je dograditev stavbe potrebna in lahko reši težavo pomankanja prostora. Vendar se poraja vprašanje števila skupin v stavbi, ki z dozidavo v vsakem primeru postaja izredno veliko in nasprotujoče si s sodobnimi stališči, da vrtci s prevelikim številom skupin niso funkcionalno in v pedagoškem kontekstu optimalni (preveliko število otrok, vzgojiteljev, ki se ne poznajo, ni intimne in povezanosti ipd.).

- Stavbe predšolske vzgoje TIP C so zgrajene med letom 1971 in 1981, delno brez ustrezne termo in hidroizolacije, posamezne stavbe s konstrukcijskimi ali drugimi pomanjkljivostmi, ki se lahko v sklopu prenove odpravijo. V tem kontekstu dograditev ocenjena kot upravičena, vendar se vsaki primer posebej obravnava. Dograditev je možna v različnih konstrukcijskih sistemih, priporočljiva v obliki lahke montažne konstrukcije ali modula dograditev.

Tabela 4.13. Model dograditve za TIP D stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE		DOGRADITEV	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP D		→ možnost dograditve	

- Stavbe skupine TIP D so grajene v obdobju 1982 do 2001. So večinoma namensko grajene, funkcionalno usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami, arhitekturno-oblikovno zelo pester nabor stavb. V tipološki klasifikaciji so določeni štiri podtipi, pri katerih se :

**TIP - D1 masivno zidane večnadstropne stavbe v mestnem jedru na majhnih parcelah, zaradi česa dograditev ni možna.**

**TIP – D2 montažne pritlične stavbe na večjih parcelah, dograditev oz. dozidava je smiselna.**

**TIP – D3 prostostoječe masivno zidane večnadstropne stavbe na relativno velikih parcelah. Dograditev je smiselna vendar precej zahtevna zaradi oblikovno-estetskih lastnosti stavbe .**

**TIP – D4 pritlične stavbe na večjih parcelah, dograditev oz. dozidava je smiselna ob upoštevanju oblikovnih lastnosti stavbe.**

- Dogradijo se lahko (TIP D2,D4 in opcijsko D3): igralnice, skupni prostori, telovadnica, različni pomožni prostori.

- Dograditev se izvede z linearno pritlično dograditvijo stavbe za TIP D2/D4 in horizontalno/vertikalno za D3. Dograditev v skladu z estetsko-oblikovnim elementima stavbe.



Tabela 4.14. Model dograditve za TIP E stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE		DOGRADITEV	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP E		<b>X - dograditev ni smiselna</b>	

\* različne arhitekturno-oblikovne lastnosti, ki niso relevantne v tej specifikaciji, ker dograditev stavbe ni smiselna

#### TIP E

- Stavbe so grajene v dva osnovna pod tipa E1 in E2, razlika je v konstrukcijskem sistemu (masiven pri E1 in leseni/montažni pri E2). Stavbe predšolske vzgoje TIP E so grajene od leta 2002 do danes (oz. 2018).

- Stavbe so namensko grajene, novejšega datuma, funkcionalno usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami. Stavbe izpolnjujejo vse zahteve energetske efikasnosti in protipožarne varnosti. Velikost in prostori v stavbi so prilagojeni zahtevam investitorja. Potrebe po dograditvi stavbah ni.



## II Nadzidava stavb predšolske vzgoje

Zaradi pomanjkanja prostorskih kapacitet v številnih slovenskih vrtcih, poleg dozidave prizidka stavbi, ena izmed možnosti tudi nadzidava stavbe, s čimer se pridobi dodatne uporabne površine v stavbi predšolske vzgoje. Nadzidava stavbe pomeni dodajanje prostorov po vertikali stavbe. Smiselnost posega je odvisna od obstoječe etažnosti stavbe, oblikovnih lastnosti in potreb vrtcev po dodatnih prostorih.

Pri nadzidavi stavb predšolske vzgoje je potrebno omeniti še zelo pomemben funkcionalni problem oz. oviro. Pri večnadstropnih stavbah, je izvajanje predšolske vzgoje omejeno, kajti najmlajše staroste skupine so nujno v pritličju, medtem ko so v nadstropju lahko le starejši otroci, ki so zmožni varno hoditi po stopnicah. V vsakem primeru pa je pri nadstropnih vrtcih del igralnic prikrajšan za direkten kontakt vizualni in funkcionalni z okolico. V kontekstu omenjenih ovir je nadzidava smiselna pri pritličnih stavbah, pri katerih se nadzida eno nadstropje nad delom stavbe ali nad celo površino stavbe.

Pri nadzidavi stavbe obstaja še eden pomembni pogoj za nadzidavo stavbe predšolske vzgoje. Pri številnih obstoječih stavbah predšolske vzgoje konstrukcijski sklop obstoječe stavbe ni zmožen nadzidave oz. dodatne obtežbe. V vsakem primeru je potrebno pred načrtovanjem nadzidave stavbe preveriti ali je poseg ni možen v statičnem smislu (ocenjeno s strani strokovnjaka) in ali je finančno opravičena (pri zahtevnejših posegih v konstrukcijo).

Možnost nadzidave za določeni tip stavbe TIP A-E je prikazana v nadaljevanju (Tabela 4.15, Tabela 4.16, Tabela 4.17,



Tabela 4.18, Tabela 4.19).

Tabela 4.15. Model nadzidava za TIP A stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE – shematski prikaz		NADZIDAVA – shematski prikaz	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP A		<b>X – nadzidava ni smiselna</b>	

#### TIP A

- Stavbe so nenamensko grajene, starejšega datuma, funkcionalno ne usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami. S posegom dograditve v večini primerov ni moč doseči sodobno funkcionalno shemo stavbe primerno današnjim doktrinam in standardom predšolske vzgoje, v tem kontekstu nadzidava ni opravičena.
- Številne stavbe predšolske vzgoje TIP A so nenamensko grajene stavbe, meščanske vile s statusom zaščitene spomenika kulture. S tega vidika nadzidava stavbe ni možna, prav tako sprememba zunanjega videza stavbe ne.
- Stavbe predšolske vzgoje TIP A so grajene v masivnem konstrukcijskem sistemu do leta 1945, brez ustrezne termo in hidroizolacije, vprašanje stabilnosti konstrukcije in protipotresne varnosti je zelo sporno. V številnih primerih konstrukcijski sklop obstoječe stavbe ni zmožna nadzidave (dodatne obtežbe). **V tem kontekstu nadzidava ni možna ali je finančno neopravičena.**
- Pri nadzidavi stavb predšolske vzgoje je potrebno omeniti še zelo pomemben funkcionalni problem oz. oviro. Pri večnadstropnih stavbah, je izvajanje predšolske vzgoje omejeno, kajti najmlajše staroste skupine so nujno v pritličju, medtem ko so v nadstropju lahko le starejši otroci, ki so zmožni varno hoditi po stopnicah. V primeru TIP A so stavbe etažnosti P+M ali P+1+M in je v funkcionalnem smislu dodatno nadstroplje popolnoma neopravičeno.

Tabela 4.16. Model nadzidave za TIP B stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE – shematski prikaz		NADZIDAVA – shematski prikaz	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP B		→ možnost nadzidave	

#### TIP B

- Stavbe so namensko grajene, starejšega datuma, funkcionalno delno usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami. S posegom nadzidave v večini primerov lahko vrtec reši težavo pomanjkanja prostorskih kapacitet, v tem kontekstu dograditev je opravičena. Stavbe so grajene v dva osnovna pod tipa B1 in B2, funkcionalno in oblikovno zelo podobna, razlika je v konstrukcijskem sistemu (masiven pri B1 in leseni/montažni pri B2) in je nadzidava možna v obeh primerih.

- Dogradijo se lahko: **igralnice, skupni prostori, različni pomožni prostori.**

- Dograditev se izvede z **nadzidavo stavbe v celoti ali dela stavbe.**

- Številne stavbe predšolske vzgoje TIP B so namensko grajene stavbe, vendar grajene v času ko je potreba po vrtčevskih skupinah bila bistveno manjša, posledično so stavbe velikosti 3-6 skupin, kar je pogosto v današnjih razmerah premalo. S tega vidika je nadzidava stavbe opravičene in omogoča povečanje števila igralnic oz. skupin v vrtcu. Stavbe so pritlične in je nadzidava stavbe funkcionalno smiselna.

- Stavbe predšolske vzgoje TIP B so grajene med letom 1946 in 1970, večinoma brez ustrezne termo in hidroizolacije, grajene so v masivnem ali skeletnem (lesenem konstrukcijskem sistemu). Celovita energetska prenova skupaj s nadgraditvijo je smiselna vendar le v primeru da je konstrukcijski sistem zmožen dodatne obtežbe. **Nadzidava je možna v različnih konstrukcijskih sistemih**, vendar priporočljiva v obliki lahke montažne konstrukcije ali modulov nadgradnje. Pri tipu stavbe B2 je nadzidava možna le kot lahka, montažna konstrukcija.

Tabela 4.17. Model nadzidave za TIP C stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE – shematski prikaz		NADZIDAVA – shematski prikaz	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP C		→ možnost nadzidave	

### TIP C

- Stavbe so namensko grajene, prisotne v dveh pojavnih oblikah 1. s dve stavbi-v primerih ko je najprej bila zgrajena ena stavba potem pa nekaj let kasneje zaradi pomanjkanja prostora druga in skupaj tvorita enoto vrtca in 2. ena stavba (vse enako kot TIP B). Poseg nadzidave je smiseln na stavbi kot celoti, ali na eni izmed stavb v kolikor ima stavba dve ločini stavbi znotraj enote. S posegom nadzidave v večini primerov lahko vrtec reši težavo pomanjkanja prostorskih kapacitet, v tem kontekstu dograditev je opravičena. Stavbe so grajene v dva osnovna pod tipa C1 in C2, funkcionalno in oblikovno zelo podobna, razlika je v konstrukcijskem sistemu (masiven pri C1 in leseni/montažni pri C2), nadgraditev je možna pri oba tipa.

- Dogradijo se lahko: **igralnice, skupni prostori, različni pomožni prostori.**

- Dograditev se izvede z **nadzidavo stavbe v celoti ali dela stavbe.**

- Številne stavbe predšolske vzgoje TIP B so namensko grajene stavbe, vendar grajene v času ko je potreba po vrtčevskih skupinah bila bistveno manjša, posledično so stavbe velikosti 3-6 skupin, kar je pogosto v današnjih razmerah premalo. S tega vidika je nadzidava stavbe opravičene in omogoča povečanje števila igralnic oz.skupin v vrtcu. Stavbe so pritlične in je nadzidava stavbe funkcionalno smiselna.

- Stavbe predšolske vzgoje TIP C so grajene med letom 1971 in 1981, večinoma brez ustrezne termo in hidroizolacije, grajene so v masivnem ali skeletnem (lesenem konstrukcijskem sistemu). Celovita energetska prenova skupaj s nadgraditvijo je smiselna vendar le v primeru da je konstrukcijski sistem zmožen dodatne obtežbe. **Nadzidava je možna v različnih konstrukcijskih sistemih**, vendar priporočljiva v obliki lahke montažne konstrukcije ali modulov nadgradnje. Pri tipu stavbe B2 je nadzidava možna le kot lahka, montažna konstrukcija.



Tabela 4.18. Model nadgradnje za TIP D stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE		NADZIDAVA	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP D		→ možnost nadzidave	

- Stavbe skupine TIP D so grajene v obdobju 1982 do 2001. So večinoma namensko grajene, funkcionalno usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami, arhitekturno-oblikovno zelo pester nabor stavb. V tipološki klasifikaciji so določeni štiri podtipi, pri katerih se :

**TIP - D1 masivno zidane večnadstropne stavbe v mestnem jedru na majhnih parcelah, zaradi česa nadzidava ni možna.**

**TIP – D2 montažne pritlične stavbe na večjih parcelah, nadzidava je smiselna v lahkem konstrukcijskem sistemu.**

**TIP – D3 prostostoječe masivno zidane večnadstropne stavbe na relativno velikih parcelah. Nadzidava je smiselna vendar precej zahtevna, pogosto ni možna, zaradi oblikovno-estetskih laksnostih stavbe .**

**TIP – D4 pritlične stavbe na večjih parcelah, nadzidava je smiselna ob upoštevanju oblikovnih laksnostih stavbe.**

- Nadzidajo se lahko (TIP D2,D4 in opcijsko D3): igralnice, skupni prostori, telovadnica, različni pomožni prostori.

- Nadzidava se izvede z stavbe za TIP D2/D3/D4 skladu z estetsko-oblikovnim elementi stavbe.



Tabela 4.19. Model nadzidava za TIP E stavbe predšolske vzgoje.

TIP STAVBE		NADZIDAVA	
tloris	prerez	tloris	prerez
TIP E		<b>X - nadzidava ni smiselna</b>	

\* različne arhitekturno-oblikovne lastnosti, ki niso relevantne v tej specifikaciji, ker dograditev stavbe ni smiselna

#### TIP E

- Stavbe so grajene v dva osnovna pod tipa E1 in E2, razlika je v konstrukcijskem sistemu (masiven pri E1 in leseni/montažni pri E2). Stavbe predšolske vzgoje TIP E so grajene od leta 2002 do danes (oz. 2018).
- Stavbe so namensko grajene, novejšega datuma, funkcionalno usklajene s sodobnimi pedagoškimi doktrinami. Stavbe izpolnjujejo vse zahteve energetske efikasnosti in protipožarne varnosti. Velikost in prostori v stavbi so prilagojeni zahtevam investitorja. Potrebe po nadzidavi stavbah ni.



### III Rušitev dela stavbe

Rušitvena dela na stavbi so eden izmed posegov, ki se po potrebi izvajajo v sklopu celovite energetske prenove stavbe predšolske vzgoje. Rušitvena dela se lahko izvajajo v različnih obsegih, in sicer 1.) večja rušitvena dela pri katerih gre za rušitev dela stavbe in 2.) manjša rušitvena dela, gre za rušitev posameznih sten, izbijanje prebojev za vrata ali okna.

Rušitvena dela se kot poseg načrtujejo v naslednjih primerih:

- v kolikor so konstrukcijski elementi dela stavbe statično neprimerni ali poškodovani in zaradi tega primerni za rušitev,
- v kolikor je del stavbe funkcionalno neprimeren in zaradi tega primeren za rušitev,
- v kolikor je potrebna rušitev dela stavbe, zaradi sprememb v funkcionalni zasnovi stavbe,
- v kolikor je potrebna rušitev posameznih elementov (manjša rušitvena dela), zaradi povezave stavbe z morebitnim dograjenim delom stavbe ali zaradi prilagoditve funkcionalne zasnove stavbe ob prenovi.

Rušitev dela stavbe je poseg, ki je odvisen od arhitekturno-konstrukcijskih lastnosti stavbe in potreb uporabnikov stavb. Možen je pri vseh tipskih predstavnikih TIPA/B/C/D/E. Vendar pri TIP A (veliko stavb spomeniško zaščitene zaradi česa so rušitvena dela omejena) in TIP E (novejše stavbe, ki so funkcionalno in konstrukcijsko) zelo redek.

Poseg je potrebno analizirati v vsakem posameznem primeru energetske prenove stavbe predšolske vzgoje, in z celovitim pregledom stavbe, ki zajame energetske in funkcionalni vidiki prenove določiti opravičenost posega odvisno od konstrukcijskih lastnosti stavbe, funkcionalne sheme in obsega prenove.

### IV Povečanje ali regulacija deleža zasteklitve

Povečanje ali regulacija deleža zasteklitve je možna 1.) ob zamenjavi oken 2.) ob dozidavi oz. nadzidavi stavbe.



Smisel izvedbe posega:

- večji solarni dobitki v stavbi
- zmanjšanje stroškov ogrevanja zaradi večjih solarnih dobitkov,
- izboljšanje bivalnega ugodja v stavbi (boljša osvetlitev prostorov, boljši vizualni kontakt z okolico).

### Ostali posegi na stavbi

Na kakovost bivanja v notranjih prostorih vpliva vrsta dejavnikov, ki vplivajo na toplotno, akustično in vizualno ugodje v prostoru ter opredeljujejo kakovost notranjega zraka. Tukaj se lahko omenijo posamezni gradbeni posegi, ki lahko vplivajo na izboljšanje kakovosti bivalnega ugodja ali na boljšo energetske učinkovitost stavbe. Zato bomo govorili tudi o posledicah nezadostnega prezračevanja, o obdelavi zaključnih slojev v notranjih prostorih in škodljivosti premazov z večjo koncentracijo hlapnih organskih snovi, ki presegajo predpisane vrednosti in škodljivo vplivajo na zdravje uporabnikov.

Manjši gradbeni posegi, ki se lahko izvajajo ob investicijskem vzdrževanju stavbe ali ob večjih celovitih energetskih prenovah, lahko izboljšajo kakovost bivanja v vrtcih. V tovrstne posege sodijo:

Visoko pokrivno antimikrobno barvo (npr. barva proizvajalca JUPOL, Antimicrob), ki na stenskih površinah aktivno preprečuje razvoj mikroorganizmov in v prostoru ustvarja ugodno bivalno klimo.

- **Posebne barve za notranje prostore s katerem se lahko izognemo plesni, bakterijam, virusom na stenskih površinah v poslovnih in proizvodnih in izobraževalnih objektih.....**K njihovem uničevanju s svojim delovanjem aktivno pripomore prav revolucionarna notranja zidna barva JUPOL Antimicrob, ki ob dotiku z zidno površino prične razgrajevati njihovo ovojnico. Ta aktivna barva ima močan dezinfekcijski učinek, ki ga je moč doseči že pri nizkih koncentracijah uporabljene učinkovine. Primerna je za vse prostore v interieru, kjer se želimo zaščititi pred okužbami s koronavirusom ali bakterijami.



- **Razsvetljava**

Razsvetljava je zelo pomemben dejavnik bivalnega ugodja in rabe energije v vsaki javni stavbi. Izredno je pomembna za nemoteno opravljanje dejavnosti v predšolskih in šolskih stavbah, hkrati pa je velik uporabnik energije.

Stanovanjski sektor porabi vsaj 10 % vse električne energije za razsvetljava, medtem pa v poslovnem sektorju osvetlitev zajema do 30 % celotne porabe električne energije. Tradicionalne žarnice z žarilno nitko se še vedno pogosto uporabljajo (čeprav se v celotni EU po letu 2009 opušča prodaja takih žarnic) kljub cenovno dostopnim in učinkovitim alternativam, ki so na voljo, vključno z visoko frekvenčnimi fluorescentnimi cevnimi svetilkami, kompaktnimi fluorescentnimi svetilkami (CFL) in LED-svetilkami.

Poleg tega so leta 2013 začela veljati določila glede okoljsko primerne zasnove svetilk in energetskih nalepk za usmerjene sijalke, LED-svetilke in halogenske svetlobne pretvornike. **Pravilnik PURES določa, da se učinkovita raba energije za razsvetljava zagotavlja z naravno osvetlitvijo, če to ni mogoče, pa je treba uporabiti energijsko učinkovita svetila in pripadajoče elemente ter ustrezno regulacijo.**

Pri izbiri luči, poleg tega da morajo luči biti energetsko varčne, treba je bo upoštevati tudi velikost prostora, število njegovih uporabnikov in dejavnost, ki se v prostoru izvaja.

To je tudi osnovno navodilo pri energetskih prenovah stavb predšolske vzgoje. V kolikor gre za celovito energetsko prenovo, ki zajema tudi arhitekturne posege na stavbi, potrebno je zagotoviti možnost zagotovitve čim več naravne svetlobe. Uporaba **energijsko učinkovitih svetila je zaželeno v vsakem primeru, tudi če ne gre za prenovo in se izvaja kot del organizacijskih ukrepov.**

#### **Primeri iz prakse: dograditve, nadgraditve, sprememba deleža zasteklitve**

Potrebno je omeniti, da so številni primeri dobre prakse prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, zlasti v Ljubljani in Mariboru pri katerih so stavbe dograjene, nadgrajene in s spremenjenim deležem zastaklitve. S tovrstnimi arhitekturnimi posegi se izboljša energetska učinkovitost stavbe, kakovost ivanja v stavbi in arhitekturo-oblikovne lasnosti stavbe (Slika 4.11).



Slika 4.11 Primer prenove vrtec v Dravljah, Ljubljana, Prušnikova ulica.

#### 4.1.2.4 Zamenjava stavbnega pohištva

Zamenjava stavbnega pohištva je v kontekstu splošne usmeritve k bolj energetske učinkovitih stavbah eden izmed kljunih posegov pri prenovi stavb, ker omogoča možnost znižana potrebne energije za ogrevanje in ohlajevanje prostorov ter znižanje stroškov ogrevanja in hlajenja. **Stavbno pohištvo** je najšibkejši del ovoja stavbe, skozi katerega se v povprečju izgubi tretjino toplote pozimi in hladu poleti. Izgube so posledica prepuščanja zraka in toplotnih mostov vzdolž okvirjev teh elementov in prevajanja toplote skozi same elemente. Hkrati so pa okna element, ki je bistven za vsako stavbo, saj omogoča osvetlitev prostora, zajem sončne energije, vidni stik z okolico in prezračevanje prostorov. Okna s prepuščanjem sončnega sevanja omogočajo tudi toplotne dobitke, hkrati pa zaradi oken nastajajo toplotne izgube. Toplota lahko uhaja skozi okna na več načinov, in sicer skozi stekla, okenske okvire, roletne omarice, reže med okenskim okvirjem in krilom ali okvirjem in steno.

Ukrep oz. poseg zamenjava stavbnega pohištva predvideva zamenjavo starih dotrajanih, škatlastih ali enojnih oken. Okna so v tej raziskavi že analizirana in razvrščana glede na tip in koeficient U v poglavju A3. Glede na izvedene analize se predvidi izvajanje posega: zamenjava stavbnega pohištva.

Stara okna z enojno zasteklitvijo se zamenjajo z okni z dvojno zasteklitvijo. Pri izbiri oken upoštevajte energijsko bilanco izgub/dobitkov in delež dnevne svetlobe. V večini primerov je dvojna zasteklitev energijsko ugodnejša od trojne, in finančno optimalna! Po zamenjavi oken je potrebno spremeniti bivalne navade in prostore večkrat dnevno intenzivno kratkotrajno prezračevati, še bolje pa je vgraditi mehansko prezračevalno napravo, saj so sodobna okna tesna.

**Orientacija oken** - velika okna naj bi namestili na južni strani, saj s tem omogočimo, da pozimi sonce ogreva notranje prostore. Nasprotno naj bi poleti, ko želimo preprečiti pregrevanje zaradi vročega



poletnega sonca, uporabljali kakšno senčilo, na primer ustrezen napušč ali verando. Na severno stran hiše pa naj bi namestili manjša okna in tako preprečili, da bi v hišo vstopal hladen zrak s severne strani.

Pri obstoječih stavbah obstoječa okna lahko saniramo ali jih zamenjamo z novimi. Zamenjava stekel, oz. saniranje obstoječega okna, je možnost, ki le redko uporabljamo oz. se sploh ne uporablja v Sloveniji. Pri odlučitvi ali je potrebno zamenjati okna je potrebno analizirati naslednje razloge, zaradi katerih je potrebno sanirati okna.

- Dotrajanost oken (okenski okvirji, okovje)
- Zračna tesnost
- Nezadovoljiva toplotna izolacija zasteklitve (preprosta zasteklitve ali star sistem dvojne zasteklitve)
- Neugoden položaj vgradnje (toplotni mostovi)

Ogrevanje in prezračevanje se mora v takih objektih prilagoditi na nova razmerja. Nova okna niso več najslabši gradbeni element, ki so povzročitelj nižjih notranjih temperatur na objektu. Letijo v temperaturnih mejah toplotnih mostov (okenske špalete, zunanji koti).

Pri zamenjavi oken je priporočljivo istočasno zaščititi objekt s toplotno izolacijo. S tem ukrepom minimaliziramo vpliv toplotnih mostov. V takem primeru lahko okna namestimo na zunanji rob stene in jih povežemo s fasado. V kolikor fasade ne nameravamo toplotno izolirati, moramo dobro preučiti gradbeno fizikalne pogoje. Ena izmed možnosti je, da dodatno toplotno izoliramo okenske špalete ali na zunanjo steno oziroma, v okensko špaletu vgradimo prezračevalno napravo. Pri zamenjavi oken je smiselna odločitev za vgradnjo kakovostnih energetske učinkovitih oken, s toplotnoizolacijskim okenskimi okvirji in energetske učinkovito zasteklitvijo. Gre za dvojno zasteklitev z nizkoemisijkim nanosom na notranji šipi v medstekelnem prostoru in s plinskim polnjenjem, ki ima toplotno prehodnost  $k = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . pri tej zasteklitvi so toplotne izgube skoraj trikrat manjše kot pri navadni termopan zasteklitvi ( $U = 2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). menjava starih oken z energetske učinkovitimi ob dobri zrakotesnosti omogoča do 20% prihranka pri potrebni energiji za ogrevanje. Dodatna naložba v izbor učinkovite zasteklitve predstavlja 10% do 15% investicije v nova okna. Razlika v ceni se povrne v približno 3 letih, kar pomeni, da je odločitev za energetske učinkovito zasteklitev s  $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$  ob zamenjavi praktično nujna in dolgoročno učinkovita.



**Tesnjenje oken** je eden izmed ukrepov za doseganje boljše energetske učinkovitosti stavbe, s katerim lahko pri starejših stavbah (pri katerih okna ne dihatajo) prihranimo nekaj energije potrebne za ogrevanje, investicija v kakovostna tesnila (silikonska ali iz EPDM gume) je nizka in se povrne v povprečju v 2 letih. Toplotne izgube zaradi prezračevanja predstavljajo pri slabo toplotno izoliranih stavbah okoli 1/3 vse potrebne energije za ogrevanje stavbe. Če je ovoj stavbe primerno toplotno zaščiten, pa delež toplotnih izgub zaradi prezračevanja dosega še polovico toplotnih potreb. Stopnjo nenadzorovanega prezračevanja je zaželeno omejiti na potrebno raven približno 0,7 kratne izmenjave zraka v bivalnem prostoru na uro. Opozoriti velja, da je pri oknih, ki dobro tesnijo, potrebno aktivno prezračevanje z odpiranjem.

Raziskave kažejo, če prištejemo k toplotnim izgubam zaradi prehoda toplote skozi okna še izgube zaradi prezračevanja, lahko dosežejo skupne energijske izgube skozi okna tudi preko 50 % celotnih toplotnih izgub.

Razvoj oken in zasteklitev sta v zadnjem desetletju prinesla vrsto pomembnih izboljšav na področju zmanjšanja energijskih izgub. A je potrebno poleg energijskih izgub in dobitkov pri izbiri oken upoštevati še vrsto drugih zahtev, kot so material kril in okvirjev, arhitekturne zahteve, zasteklitev, velikost in oblika oken, tesnila, načini odpiranja ipd. Pri zamenjavi stavbnega pohištva glede na uporabljene materiale okvirjev in kril se lahko uporabijo različna okna in sicer: lesena, železna, aluminijasta, plastična (PVC), poliuretanska in kombinirana okna. Glede na toplotne in zvočne lastnosti lahko pri delitvi oken po vrsti materiala dodamo še aluminijasta okna s prekinjenim toplotnim in zvočnim mostom, plastična okna s poliuretanskim polnjenjem ter lesena okna z različno debelino okvirja. Po obliki ločimo škatlasta, vezana in enojna okna. Lesena okna so dolgotrajna in okolju prijazna, PVC okna pa so visoko toplotno in zvočno izolativna, obstojna, varna in enostavna za vzdrževanje. Kovinska okna so najpogosteje izdelana iz aluminija, so dobro toplotno izolativna in primerna predvsem za zasteklitev večjih odprtih, ker so stabilna in varna. Vsekakor pa je zbiranje ustreznega okna optimizacija med ceno in potrebami stavbe.

Analize primerov iz prakse so pokazale, da se s zamenjavo obstoječih lesenih oken s novim stavbnim pohištvom lahko doseže **znižanje letne potrebne toplote za ogrevanje objekta do 18 %**.





#### 4.1.2.5 Mehanski sistemi v stavbi (posodabljanje obstoječih sistemov ogrevanja in hlajenja, alternativni sistemi ogrevanja in hlajenja z obnovljivimi viri energije)

Del energetskih prihrankov pri energetski prenovi stavbe lahko dosežemo tudi z menjavo oz. izboljšavo ogrevalnega sistema, sistema za hlajenje in sistema za pripravo sanitarne tople vode.

Izkušnje pravijo, da je treba po desetih, najpozneje petnajstih letih ogrevalni kotel zamenjati oziroma vsaj dobro posodobiti. Analiza stanja na terenu je pokazala, da slovenskih vrtcev valja opozoriti da je dejansko stanje daleč od tega, in da se tehnični sistemi v stavbah ne posodablajo dovolj pogosto. Hkrati je dejstvo, da je približno 85% stavb je v sklopu delne ali celovite energetske prenove posodobilo sisteme ogrevanja [4]. Raziskava sprovedena v tej raziskavi je pokazala, da približno 15% slovenskih vrtcev ima kotlovnice nujno potrebne prenove. Torej, jasno je, da je ob energetski prenovi stavbe potrebno načrtovati tudi prenovo tehničnih sistemov v stavbi. Nov ogrevalni sistem naj bo prilagojen prenovljeni stavbi, njenim lastnostim in potrebam. V vrtcih danes srečamo različne ogrevalne sisteme glede na vir, vrsto nosilca toplote, temperature nosilca toplote, vrsto ogrevalnega elementa itd.

##### Ogrevanje in hlajenje stavbe

Eden izmed ukrepa za zmanjševanje rabe energije v stavbi je sistemsko načrtovanje sistema ogrevanja stavbe.

Potencial za varčevanje z energijo pri sistemu ogrevanja in hlajenja je ogromno tudi v dva organizacijsko-tehnična ukrepa in sicer:

- večina stavb predšolske vzgoje, tudi po posegu energetske prenove ni deljena na (ogrevalne) toplotne cone in so vsi prostori kondicionirani enako (dejstvo pa je, dani potrebe po ogrevanju vseh prostorov z enako temperaturo). Pri zamenjavi sistema ogrevanja je potrebno omogočiti ločeno kondicioniranje posameznih prostorov, to seveda zahteva skrb za pravilno rokovanje s sistemom. Pri novejših stavbah tehnične performanse sistema omogočajo prilagoditve sistema, vendar je pravilno rokovanje s sistemom precejšnji problem;
- pri načrtovanju eksploatacije sistema ogrevanja je izrednega pomena skrb za prilagajanje temperature zraka v prostoru oz. funkcioniranje sistema ogrevanja v času ko vrtec nima obiskovalcev (popoldnevi, vikendi, prazniki in počitnice). Prekomerno ogrevanje stavbe v času ko ni prisotnih uporabnikov rezultira z velikimi toplotnimi gubitki.



## Mehansko prezračevanje

Kvaliteta zraka v naravno prezračevanih vrtcih, ki nimajo urejenega prezračevanja, je v Sloveniji praviloma skrb vzbujajoča, kar je tudi pokazano v analizah te raziskave. Še posebej v stavbah katere so utrpel energetsko prenovi s zamenjavo oken in dodajanjem termoizolacije, na ta način postale bistveno bolj zrakotesne, hkrati pa obdržale le naravno prezračevanje. Ta raziskava je s meritvami na terenu pokazala, da v naravno prezračevanih stavbah koncentracija CO<sub>2</sub> dnevno v daljših intervalih v času ogrevalne sezone, nekajkratno presega dovoljene meje.

Številne raziskave so dokazale, da je zmotno prepričanje, da odpiranje oken med tem ko so vrtčevski otroci izven igralnice, zadostuje za vzdrževanje dobre kakovosti zraka v učilnicah. Za doseganje vsaj približno ustrezne kakovosti zraka bi morala biti vsa okna ves čas bivanja otroka v vrtcu odprta na nagib. To pa kot vemo ni možno v zimskih mesecih zaradi prevelike izgube energije ter prevelikega vdora toplote poleti, poleg tega tudi zaradi morebitnega hrupa iz okolja, ki v prostorih v katerih bivajo majhni otroci vsekakor ni zaželen.

Rešitev teh težav predstavlja kontrolirano mehansko prezračevanje, ki skrbi za konstantno dovajanje svežega zraka, rekuperacija toplote pozimi skrbi za manjše stroške ogrevanja, poleti pa za manjše toplotne obremenitve in s tem nižjo temperaturo v prostorih. Oboje tudi ekonomsko opravičuje vgradnjo, ki je najboljše izvesti v sklopu energetske prenove stavbe. Ker ni več potrebe po odpiranju oken se zmanjšajo tudi obremenitve s hrupom iz okolja. Študije, kot tudi praktične izkušnje potrjujejo, kar je za stavbe predšolske vzgoje najbolj pomembno, da **umetno prezračevanje zagotovi ustrezno kakovost zraka**, ki pozitivno vpliva na splošno zdravje in počutje otrok. Torej, **pri celoviti energetske prenovi je mehansko prezračevanje eden izmed obveznih posegov za doseganje maksimalne energetske učinkovitosti stavbe in optimalnega bivalnega ugodja v stavbi. V kolikor v trenutku prenove ni finančnih sredstev za ta poseg, potrebno je predvideti njegovo izvedbo v naslednjih fazah prenove stavbe oz. ko to proračun omogoča.**

Splošne smernice pri načrtovanju prezračevalnega sistema v stavbi predšolske vzgoje so določene v nadaljevanju:

- Za pravilno dimenzioniranje prezračevalnega sistema v sklopu načrta celovite energetske prenove angažirati strokovnjaka iz oblasti strojništva,
- Vgradnjo prezračevalnega sistema izvesti istočasno z izvedbo celovite energetske prenove v kolikor za to obstaja možnost. V kolikor ne,



predvideti vse, da se sistem za prezračevanje lahko naknadno vgradi.

- Prezračevalne naprave načrtovati v skladu s veljavno zakonodajo in standardi. Predpisan je minimalni izkoristek vračanja temperature odpadnega zraka preko toplotnega izmenjevalca, s čimer ohranjamo temperaturo notranjega okolja. Pravilnik predpisuje vsaj 65 % izkoristek prezračevalnih naprav, danes pa so na trgu tudi naprave z izkoristki nad 80 %.
- Higiena v prezračevalnih sistemih je za dolgoročno zagotavljanje kvalitete notranjega zraka ključnega pomena. Ta vidik je potrebno natanko preučiti pri zasnovi prezračevalnega sistema, v katerem je potrebno zagotoviti ustrezne revizije za čiščenje cevnih razvodov, obenem pa umestiti prezračevalno napravo na lokacijo, ki je hkrati lahko dostopna za vzdrževanje in obenem ustrezno odmaknjena od zvočno najbolj občutljivih con. Vzdrževanje prezračevalnega sistema na kratki rok je v resnici omejeno le na redno menjavo filtrov v prezračevalni napravi (enkrat na približno 6 mesecev). Čiščenje cevodovodov je potrebno izvajati na razmeroma dolgo periodo (enkrat na 6 do 8 let). Natančnejša priporočila glede vzdrževanja in čiščenja mora zagotoviti dobavitelj prezračevalne opreme, in jih je potrebno upoštevati.
- Pri prezračevalnem sistemu pa je hrup iz okolice povsem eliminiran (v okviru zvočne izolativnosti objekta pri zaprtem stavbnem pohištvu). Hrupnost, ki je znotraj objekta povzroča delovanje prezračevalnega sistema pa je dejavnik katerega je potrebno skrbno načrtovati. Tu je izbira ustrezne (dovolj tihe) prezračevalne naprave in uporaba ustreznih perifernih komponent (prezračevalni kanali, dušilci zvoka, rešetke in difuzorji) ključnega pomena za zagotavljanje dovolj tihega notranjega okolja, ki ne moti uporabnikov notranjih prostorov šol in vrtcev.

Če na podlagi vseh v tej raziskavi analiziranih parametrov primerjamo učinkovitost naravnega prezračevanja z odpiranjem oken in mehanskega prezračevanja z uporabo prezračevalne naprave, lahko se izpostave dodatni argumenti ki govorijo v priti potrebi po umetnem prezračevanju v stavbah predšolske vzgoje:

- Temperatura zraka se lahko bistveno lažje nadzira z uporabo prezračevalne naprave, saj pri odpiranju oken na temperaturo zraka direktno vplivajo zunanje temperaturne razmere. Ker v večjem delu leta niso tako idealne zunanje temperature, da bi si želeli odpirati okna v daljšem časovnem obdobju, je z vidika minimizacije izgube temperature pomembno okna odpirati dovolj pogosto a le za kratek čas. V šoli bi to v



praksi pomenilo po vsaki šolski uri, za ne več kot 5 minut. V vrtcih, kjer ni tako pogoste periode zapuščanja prostorja, kot je to v primeru šole, je dovolj redno prezračevanje dosti večji izziv in pogosto povsem nemogoče brez bistvenega poslabšanja kvalitete zraka. Ker pa temperatura ni edini mejni faktor, ki nas pri odprtem oknu lahko moti (tu so predvsem tudi trdni delci v zunanjem zraku in zunanji hrup), je v določenih obdobjih lahko odpiranje oken tudi povsem odsvetovano (odvisno od lokacije objekta).

- Relativna vlažnost je v večji meri običajno posledica aktivnosti v prostorih vrtca. Na povišanje vlažnosti vpliva predvsem dihanje, v nekaterih prostorih pa tudi vlaga, ki je posledica npr. priprave hrane ipd. Z uporabo prezračevalne naprave se viški vlage nenehno odstranjujejo iz prostorov. Z usmerjenim gibanjem zraka pa tudi preprečujemo širjenje vlage v neustrezni smeri (enako velja tudi za mnoga druga onesnažila, ki se sproščajo znotraj objekta). Pri prezračevanju z odpiranjem oken se vlaga pogosto prekomerno zadržuje zaradi nerednega odpiranja oken.
- Koncentracije onesnaževal so pri prezračevanju z odpiranjem oken najpogosteje vsakodnevno presežene. Včasih narastejo tudi čez dvojno koncentracijo zgornje dopustne meje. To so potrdile tudi meritve v številnih vrtcih v okvirju projekta VRTEC+. Pri uporabi ustrezno dimenzioniranega prezračevalnega sistema ostajajo koncentracije onesnaževal čez celoten dan znotraj dopustnih vrednosti, kot jih predpisuje Pravilnik.
- Pretok zraka občutimo predvsem pri odprtem oknu. Z uporabo prezračevalne naprave se viški vlage nenehno odstranjujejo iz prostorov. Z usmerjenim gibanjem zraka pa tudi preprečujemo širjenje vlage v neustrezni smeri (enako velja tudi za mnoga druga onesnažila, ki se sproščajo znotraj objekta).

Mehansko prezračevanje mora biti ena izmed prioriteta pri energetske prenovi stavbe. Sistemi mehanskega prezračevanja lahko zagotovijo neprekinjeno izmenjavo zraka skozi vse leto, zlasti če so opremljeni z napravami za vračanje toplote. **Najbolj učinkovito pa je hibridno prezračevanje, pri katerem se v kurilni sezoni prezračuje z vračanjem toplote, izven kurilne sezone pa s samodejnim odpiranjem prezračevalnih odprtih (oken) in z nočnim ohlajevanjem.** V stavbah, kjer je več uporabnikov, poleg varčevanja z energijo bistvo mora biti tudi kakovost zraka v notranjih prostorih.

Če je vgrajeno mehansko prezračevanje, nastavite maksimalno prezračevanje vsaj 2 uri pred prihodom otrok v skupino in preklopite na zmanjšano stopnjo prezračevanja vsaj 2 uri po koncu pouka. Če mehansko prezračevanje ne zadošča, je treba dodatno odpirati okna. Mehansko prezračevanje sanitarij naj bo vključeno 24 ur na dan, vse dni v tednu, z največjo hitrostjo. Ves čas



mora biti v sanitarijah podtlak!

Pandemija COVID-19 je spremenila tudi navodila glede mehanskega prezračevanja stavb. Če imajo prezračevalni sistemi vgrajen obtok (recirkulacijo), je treba ta obtok trajno zapreti in prezračevati zgolj s svežim zrakom, ne glede na povečanje rabe energije.

### Alternativnih sistemih ogrevanja in hlajenja z obnovljivimi viri energije

Neizkoriščen potencial na področju učinkovite rabe energije tako v Sloveniji kot tudi Evropi so javne zgradbe kot tudi zasebne, saj približno 40 % končne porabe energije predstavljajo stavbe. Največ energije v stavbi se uporabi za ogrevanje in hlajenje stavbe kljub temu, da je velik del stavbnega fonda energetske prenovljen, še vedno je raba energije v stavbah ogromna. Zaradi tega je potencial obnovljivih virov energije, ki se lahko uporabi v ta namen izreden. Obnovljivi viri energije (OVE) vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov, kot so sončno sevanje, veter, vodni tok v rekah, fotosinteza, zemeljski toplotni tokovi itd. OVE so viri, ki se obnovljajo in v naravi ohranjajo. V stavbah jih v stavbah jih koristimo z uporabo (kot so toplotne črpalke, solarni paneli ipd.)

V kontekstu celovite energetske preнове in trajnostnega razvoja družba je potrebno razmišljati o **alternativnih sistemih ogrevanja in hlajenja z obnovljivimi viri energije**. Na podlagi analiz dejanskega stanja v stavbnem fondu v tej raziskavi je ugotovljeno da le majhen odstotek stavb predšolske vzgoje uporablja alternativne načine hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode [4]. Rezultati so prikazani v Tabela 4.1

*Tabela 4.2 Alternativni načini hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode pri obstoječih stavbah v stavbnem fondu predšolske vzgojev Sloveniji*

Alternativni načini hlajenja, ogrevanja, prezračevanja ali priprave sanitarne tople vode	%
Solarni paneli	4,1
Toplotna črpalka	16,4
Prezračevalni sistem z rekuperacijo	20,4
Enota nima alternativnih načinov hlajenja, ogrevanja, prezra	51,7
Drugo * (ne vem)	21,2



Uporaba obnovljivih virov energije za ogrevanje in hlajenje v stavbah je določena tudi *Zakonom o učinkoviti rabi energije*, ki določa, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če poleg ostalih zahtev PURES-a 2010 najmanj 25 odstotkov celotne količine energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije v stavbi.

### **Opis posega v okviru energetske prenove stavb predšolske vzgoje**

V okviru celovite ali delne energetske prenove stavbe predšolske vzgoje se predvidi zamenjava ali posodobitev sistema za ogrevanje in hlajenje stavbe z uporabo obnovljivih virov energije. Izkušnje iz prakse in ugotovitve teoretičnih raziskav ukazujejo na dejstva, da je za ogrevanje prostorov in ogrevanje sanitarne vode optimalna uporaba kombinacija različnih energetskih virov.

V praksi so posegi usmerjeni predvsem v zamenjavo sistema ogrevanja in priprave tople vode, eventualno vgradnja sistema prezračevanja z rekuperacijo. Pri energetskih prenovah stavb predšolske vzgoje je zaželeno zamenjava starih kotlov za ogrevanje z toplotnimi črpalkami, ki lahko delujejo monovalentno (samostojno, so edini vir ogrevanja ter pokrivajo celotne potrebe po toploti) ali bivalentno. Ob tem je vprašanje vgradnje toplotne črpalke v obstoječih stavbah povezano tudi z obstoječim arhitekturnim lastnostim stavb in obsegom prenove. V kolikor pri obstoječih stavbah obdržimo sistem ogrevanja kateri so večinoma klasični radiatorjski, menjava klasičnih kotlov z toplotno črpalko ni opravičena v večini primerov. V vsakem primeru je potrebno za posamezni primer energetske prenove stavbe z raširjenim energetskim pregledom stavbe poskrbeti za mnenje strokovnjaka s področja strojništva.

Stavbe predšolske vzgoje so veliki uporabniki tople vode in je v tem kontekstu uporaba sončne energije za ogrevanje tople vode ima veliki potencial. Ko je reč o sanitarni topli vodi zamenjava in posodobitev sistema se lahko izvede ločeno od ostalih posegov v stavbi, ne glede na starost stavbe in ostale sisteme v stavbi. Naprave za proizvodnjo toplote iz sončne energije se namestijo kot podpora centralnim ogrevalnim sistemom z zalogovniki vode v obstoječih stavbah, kjer pokrivajo do 60 % potrebne oskrbe s toplo vodo, običajno pa se ne uporabljajo za ogrevanje prostorov. Za ogrevanje sanitarne tople vode s uporabo sončnih toplotnih sistemov (ali toplotnih črpalk) lahko dosežemo tudi do 70 % prihrankov v primerjavi z ogrevanjem na električno energijo.



Za kombinirano ogrevanje nizko energetske stavb se je kot dobra rešitev pokazala kombinacija sončnih toplotnih zbiralnikov, peči na lesno biomaso in toplotne črpalke, ki prestreza toploto odpadnega zraka.

#### 4.1.2.7 Celovita energetska prenova

##### Opredelitev pojma

Celovita energetska prenova stavb pomeni prenavo, ki izkoristi celoten gospodarski potencial stavbe, izboljša energetske učinkovitosti in zagotovi kakovostno bivalno ugodje v stavbi. Živimo v eri obsežnih energetskih prenov, cilj energetske prenov mora biti usmerjen v: zmanjšanja raba energije, celovito udobje v stavbah in zdravo okolje v stavbah.

##### Potek celovite energetske prenov

Cilj ukrepa celovite energetske prenov je zagotavljanje optimalne rabe energije ter izboljšano ugodje v stavbah. Potek celovite energetske prenov zahteva naslednje korake:

##### Načrtovanje energetske prenov

- ogled in seznanitev z objektom,
- optimizacija investicije,
- izdelava tehnične dokumentacije (projektiranje).

##### Izvedba ukrepov oz. energetska prenova:

- izvedeni ukrepi za znižanje rabe energije, povečanje udobja, odpravo izgub vode,
- optimizacija sistemov,
- vgradnja novih naprav,
- financiranje ukrepov.

##### Upravljanje:

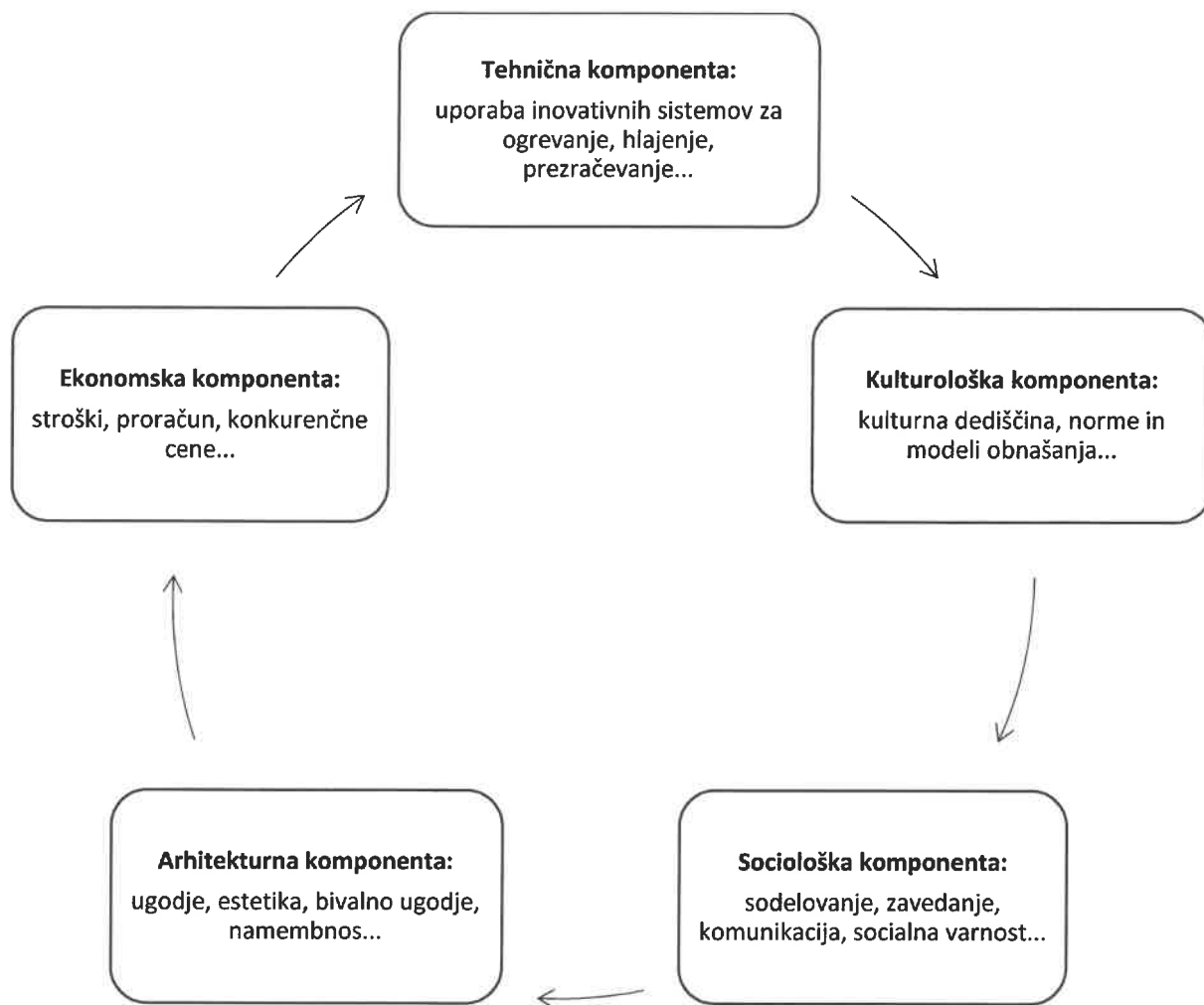
- celovito energetske upravljanje,



- stalen nadzor in optimalno vodenje,
- vzdrževanje, servisiranje,
- hitra odprava motenj,
- zagotavljanje pogodbeno dogovorjenih ciljev.

Celovita energetska prenova stavbe (katerekoli namembnosti) se izvaja na podlagi projekta celovite energetske prenove stavbe ali s kratico PEP, ki predstavlja nabor svetovalno – projektantskih storitev, namenjen investitorjem, ki si želijo kakovostno in cenovno ekonomično izvesti energetske prenovne obstoječe stavbe. PEP omogoča optimalno izvedbo posameznih ukrepov energetske prenove stavbe glede na življenjski cikel stavbe, saj temelji na analizi vseživljenjskih stroškov stavbe, LCCA in ukrepov prenove. Takojšnja vključevanja faze načrtovanja v nameravano energetske prenovne stavbe ima za cilj smiselno načrtovanje investicije in opravičenost izvedenih posegov na daljši rok. Projekt celovite energetske prenove je vsekakor dodatni investicijski strošek v celotni investicije, vendar slednji zagotavlja, da bo vložen denar smotrno porabljen in na koncu vsekakor. Želeni učinki se pokažejo kasneje skozi prihranke tako iz energetskega, okoljskega in tudi finančnega vidika.





Slika 4.12. Shematski prikaz trajnostnega pristopa prenovi stavb, komponente celovite energetske preнове.

### Pregled smiselnih posegov celovite energetske preнове za tipске predstavnikе stavb predšolske vzgoje v Sloveniji

Celovita energetska prenova zajema vrsto analiziranih posegov predstavljenih v tem poglavju. Posegi se prilagodijo posameznem tipu stavbe. Predstavljen je splošni pregled analiziranih posegov za vse tipске predstavnikе stavb predšolske vzgoje. Cilj je ustvariti generalni pregled, s splošnimi napotki je podan pregled ukrepov za vse stavbe v stavbnem fondu, ki je začetna točka oz. sistematična priprava za razvoj modelov prenov (



Tabela 4.20).



Tabela 4.20. Pregled smiselnih posegov celovite energetske prenove za tipske predstavnike stavb v stavbnem fondu TIP A-E.

		TIP A	TIP B		TIP C		TIP D				TIP E	
		A	B1	B2	C1	C2	D1	D2	D3	D4	E1	E2
<b>Organizacijski ukrepi</b>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Dodatna TI na ovoju stavbe</b>											X	X
<b>Zamenjava stavbnega pohištva</b>											X	X
<b>Arhitekturni posegi</b>	<b>dograditev</b>	X			X	X					X	X
	<b>nadgraditev</b>	X			X	X					X	X
<b>Termotehnični sistemi v stavbi – posodobitev, zamenjava</b>	<b>Ogrevanje</b>	✓									X	X
	<b>Hlajenje</b>	✓									X	X
	<b>Prezračevanje</b>	✓									✓*	✓*
<b>Alternativni viri energije, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja</b>		✓	✓		✓		✓		✓		✓	

\*opomba: za vsako posamezno prenovo je potrebno na podlagi energetskega pregleda stavbe določiti optimalne

✓ ukrep je uporaben

X ukrep ni uporaben (je neprimeren, ga ni moč izvesti, je že izveden oz. stavba ga ne potrebuje)

✓\* ukrep je uporaben pri stavbah pri katerih še ni izveden (npr. zamenjava oken je smiselna pri stavbah pri katerih okna še niso bila zamenjana)



Tabela 4.20. Pregled smiselnih posegov celovite energetske prenove za tipske predstavnike stavb v stavbnem fondu  
 TIP A-E.

		TIP A	TIP B		TIP C		TIP D				TIP E	
		A	B1	B2	C1	C2	D1	D2	D3	D4	E1	E2
<b>Organizacijski ukrepi</b>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Dodatna TI na ovoju stavbe</b>											X	X
<b>Zamenjava stavbnega pohištva</b>											X	X
<b>Arhitekturni posegi</b>	<b>dograditev</b>	X			X	X					X	X
	<b>nadgraditev</b>	X			X	X					X	X
<b>Termotehnični sistemi v stavbi – posodobitev, zamenjava</b>	<b>Ogrevanje</b>	✓									X	X
	<b>Hlajenje</b>	✓									X	X
	<b>Prezračevanje</b>	✓									✓*	✓*
<b>Alternativni viri energije, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja</b>		✓	✓		✓		✓		✓		✓	

\*opomba: za vsako posamezno prenovo je potrebno na podlagi energetskega pregleda stavbe določiti optimalne

✓ ukrep je uporaben

X ukrep ni uporaben (je neprimeren, ga ni moč izvesti, je že izveden oz. stavba ga ne potrebuje)

✓\* ukrep je uporaben pri stavbah pri katerih še ni izveden (npr. zamenjava oken je smiselna pri stavbah pri katerih okna še niso bila zamenjana)



## Ocena energetske bilanca celovite energetske prenove

Predhodno so analizirani različni posegi prenove stavb predšolske vzgoje. Smisel izvajanja posegov so energetske prihranki, ki jih dosežemo z izvedbo le-teh. Zaradi tega je predstavljena energetska bilanca celovite energetske prenove za dva osnovna konstrukcijska sklopa stavbe predšolske vzgoje, ki jih najdemo v stavbnem fondu Slovenije, in sicer: masivni konstrukcijski sistem in montažni konstrukcijski sistem.

Glavni parameter analize energetske bilance celovite prenove stavbe je poraba energije za ogrevanje stavbe  $Q_h$  [kWh/m<sup>2</sup>a] na podlagi katere je določen energetski razred stavbe. Poleg tega so prikazani še drugi parametri energetske učinkovitosti stavbe. Analiza je zajela primerjavo parametrov:

- $Q_h$  [kWh/m<sup>2</sup>a] – poraba energije
- $Q_t$  [kWh/m<sup>2</sup>a] – transmisijske izgube
- $Q_v$  [kWh/m<sup>2</sup>a] – ventilacijske izgube
- $Q_s$  [kWh/m<sup>2</sup>a] – solarni dobitki
- $Q_i$  [kWh/m<sup>2</sup>a] – interni dobitki

Ukrep celovite energetske prenove, čigar namen je izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe po kronološkem zapovrstju naj zajamejo izvedbo naslednjih posegov na stavbi:

- 1) zamenjava stavbnega pohišstva. Najprej se izvede zamenjava stavbnega pohišstva, ponavadi najšipkejše točke termalnega ovoja. Ko so okna zamenjana, se nadaljuje z naslednjimi ukrepi (prenova fasadnega ovoja stavbe ni smiselna v kolikor stavba ima stara okna).
- 2) dodatna toplotna izolacija na termalnem ovoju stavbe. Ukrep oz poseg se lahko izvede delno fasada, streha ali tla. Najbolj smiselno pa je istočasna izvedba prenove celotnega fasadnega ovoja skupaj.
- 3) nadgradnja stavbe. Za izbrano pritlično vzorčno stavbo, je predvidena in v računski analizi upoštevana nadgraditev celotne stavbe. Ob tem so upoštevani tudi predhodno izvedeni posegi: zamenjava stavbnega pohišstva in dodatna toplotna izolacija na vseh elementih termalnega ovoja stavbe.
- 4) vgradnja umetnega sistema prezračevanja. V stavbi s zamenjanim stavbnim pohištvom in dodatna toplotna izolacija na vseh elementih termalnega ovoja stavbe (oz. pri stavbi pri kateri se ti posegi načrtujejo) je smislen poseg ugradnje sistema mehanskega prezračevanja prezračevanja z rekuperacijo zraka.



Ocena energetske bilance stavbe pred in po prenovi je računski analizirana v program PHPP (Passive House Planning Package). Prikazane so analize za dva tipska predstavnika stavb (masivna in montažna), ki sta na osnovni razini primerljiva z stavbami vseh tipskih predstavnikov v stavbnem fondu. Vsekakor je, kot že večkrat omenjeno vsaka stavba specifična za sebe in zahteva posebne analize pri posegih v praksi. Organizacijske ukrepe ni moč upoštevati v PHPP izračunu. V nadaljevanju je predstavljena ocena energetske bilance celovite energetske prenove različnih tipskih predstavnikov stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

- **Ocena energetske bilance celovite energetske prenove stavbe predšolske vzgoje**

*Tabela 4.21 Ocena energetske bilance celovite energetske prenove stavbe predšolske vzgoje – primer Montažni konstrukcijski sistem.*

Energetska bilanca celovite energetske prenove stavbe predšolske vzgoje							
Ocean	Montažni konstrukcijski sistem						
Tip stavbe							
UKREP	Q <sub>h</sub>	Q <sub>t</sub>	Q <sub>v</sub>	Q <sub>sh</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>s</sub>	Q <sub>c</sub>
	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>OBSTOJEČE STANJE</b>	143	128,1	58,1	31,9	22,4	23,6	1,65
ZAMENJAVA STAVBNEGA POHIŠTVA	125	107	53,2	23,8	24,5	14,9	0,97
TOPLOTNA ZAŠČITA OVOJA STAVBE (fasada, strha strop)	61	45,30	48,5	19,8	20,4	16,4	2,04
NADGRADITEV STAVBE	60	47,7	48	24	20,4	20	2,93
PREZRAČEVANJE	31	46,4	17	20,3	18,3	20	2,68
<b>CELOVITA PRENOVA STAVBE</b>	31	46,4	17	20,3	18,3	20	2,68



#### **4.1.2.7 Možnosti uporabe modula energetske nadgradnje iz nosilnih leseno-steklenih stenskih elementov**

V središčih večjih mest po vsej Evropi se v zadnjih desetletjih pojavlja vse večja potreba po novih bivalnih, poslovnih in javnih objektih skupaj s pomanjkanjem prostih zazidalnih površin. Prostorske stiske prav tako prizadevajo tudi vrtce in ostale javne ustanove. Eden izmed zanimivih ukrepov za reševanje nastale situacije je nadgradnja obstoječih stavb. V nadaljevanju je analizirana pojavnosti tovrstnih posegov v praksi, znanstvene raziskave, ki se ukvarjajo s to problematiko in možnosti aplikacije modelov prenove na stavbe predšolske vzgoje v Sloveniji.

- **Identifikacija in validacija primernih že izvedenih modulov za namen nadgradnje obstoječih stavb**

Znotraj podaktivnosti je poiskano nekaj primerov dobre prakse – prenove stavb z uporabo leseno steklenih modulov nadgradnje, in sicer večstanovanjskih stavb ki so poleg energijske prenove obstoječega objekta vključevale tudi nadgradnjo obstoječe stavbe, ter »state of the art« znanstvenoraziskovalnih prispevkov. Primeri sicer ne obravnavajo nadgradnjo stavb predšolske vzgoje, vendar so z določenimi prilagoditvami aplikativni tudi pri njih. Primerov nadgradnje stavb predšolske vzgoje z leseno-steklenimi moduli ni v dostopni strokovno znanstveni literaturi.

- **Primeri dobre prakse**

Nadgrajevanje obstoječih stavb v mestnih središčih je sicer že uveljavljena praksa, vendar pa pogosto niso obravnavane celostno skupaj s prenovo obstoječe stavbe. Različni pristopi k prenovam stavb z nadgradnjo in uporabo lesenih konstrukcijskih sistemov so predstavljeni na naslednjih izvedenih primerih iz prakse (Slika 4.13).

## VEČSTANOVANJSKO NASELJE FORD



Slika 4.13. Naselje Ford pred (levo) in po prenovi (desno), Köln, Nemčija [1].

<b>LOKACIJA:</b>	Köln, Nemčija
<b>OBJEKT:</b>	Energetska prenova in nadgradnja 11 lamelnih blokov industrijskega naselja
<b>LETO IZGRADNJE:</b>	1950-1951
<b>LETO PRENOVE:</b>	2008-2010
<b>ARHITEKTURNI BIRO:</b>	Archplan
<b>IZVAJALEC DEL:</b>	Huber & Sohn GmbH & Co. KG
<b>PRENOVA:</b>	<p>Obstoječa stavba:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• opečna konstrukcija</li><li>• 11 stavb z 310 stanovanji, skupne površine 14.211 m<sup>2</sup></li></ul> <p>Prenova obstoječe stavbe:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• dodajanje balkonov</li><li>• toplotna izolacija fasad, kletnega stropu<ul style="list-style-type: none"><li>○ U-vrednost(zunanja stena) = 0.18 W / (m<sup>2</sup>K)</li><li>○ U-vrednost(strop kleti) = 0.44 W / (m<sup>2</sup>K)</li><li>○ U-vrednost(okna) = 1.3 W / (m<sup>2</sup>K)</li><li>○ U-vrednost(okvir) = 1.4 W / (m<sup>2</sup>K)</li><li>○ U-vrednost(zasteklitev) = 1.1 W / (m<sup>2</sup>K)</li><li>○ Zrakotesnost (n50) = 1.2 h-1</li></ul></li><li>• zamenjava stavbnega pohištva</li></ul> <p>Nadgradnja:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 1, delno 2 nadstropna nadzidava</li><li>• 81 novih stanovanj, površin od 39 – 130 m<sup>2</sup></li><li>• konstrukcija: panelna lesena</li></ul>





- U-vrednost(zunanja stena) = 0.15 W / (m<sup>2</sup>K)
- U-vrednost(strop/streha) = 0,10 W / (m<sup>2</sup>K)
- U-vrednost(strop/zunanji zrak) = 0,20 W / (m<sup>2</sup>K)

Tehnični sistemi:

- mehanski sistem prezračevanja s sistemom rekuperacije toplote iz odpadnega zraka
- sončni kolektorji
- bolj učinkovit plinski kotel

**ENERGIJSKI IZKAZ:**

- pred prenovo: Q<sub>H</sub>= 264 kWh/m<sup>2</sup>a
- po prenovi: Q<sub>H</sub>= 47 kWh/m<sup>2</sup>a

Standard

- obnovljen del: KfW-60
- nadzidan del: KfW-40

Celovita energetska prenova obstoječih stavb je v predstavljenem primeru zajela prenovo stavbnega ovoja z dodajanjem toplotne izolacije na fasado ter kletne stropove, zamenjavo stavbnega pohištva ter tehničnih sistemov. Po celotni stavbi je bilo uvedeno nadzorovano mehansko prezračevanje s sistemom rekuperacije toplote iz odpadnega zraka. Z zapiranjem balkonov so bili zmanjšani toplotni mostovi, hkrati pa pridobljena dodatna uporabna površina. Stavba tudi pri prenovi nima dvigala, ki bi omogoči dostop tudi gibalno oviranim osebam.

Objekti so bili nadgrajeni v prefabriciranimi panelni, z enim ali dvema nadstropjema, tako da se ohranjajo obstoječa komunikacijska in inštalacijska jedra. Dodatno je bilo ustvarjenih 81 novih stanovanj. Povprečno se je uporabna površina stavb povečala za 45%. Tudi ta stanovanja, z izjemo robnih, so dvostransko orientirana na V in Z, z umestitvijo dnevnih prostorov na Z, spalnih pa na V stran. Strehe dupleksov na postavljenih na J delu stavb so enokapnice optimalnega naklona za izkoriščanje sončne energije s pomočjo sončnih kolektorjev. S prenovo obstoječega dela so dosegli 30% znižanje potrebne energije za ogrevanje. Nadgrajeni del je zgrajen v pasivnem standardu z letno porabo energije 25,4 kWh/m<sup>2</sup>a. Prenova objekta skupaj z energijsko učinkovito nadgradnjo je skupno zmanjšala potrebo po energiji za ogrevanje za cca. 82%.

Poleg prikazanega primera su omembe vredni še primeri NASELJE BEBELALLEE Hamburg, Nemčija [2], Mesta vila v AACHEN-u Nemčija [3], VEČSTANOVANJSKA STAVBA SALSTRASSE, Winterthur [4], VEČSTANOVANJSKA STAVBA BIRMENS DORFERSTRASSE Zürich, Švica [5]



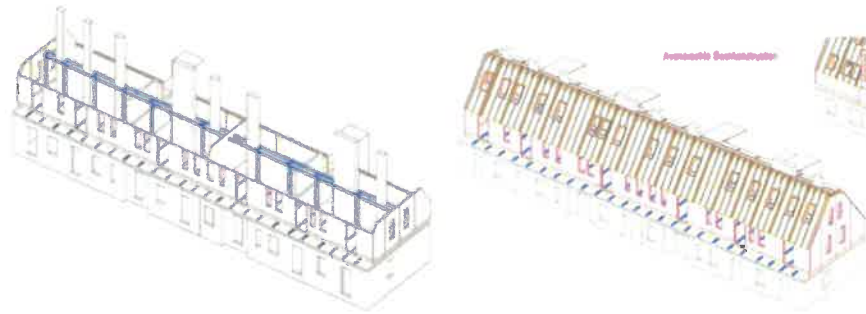
Večina pregledanih primerov prenov obstoječih stavb temelji na prenovi toplotnega ovoja stavbe v kombinaciji s prenovo posameznih tehničnih sistemov. Celostne prenove stavb, ki rešujejo tudi druge tehnične (ojačitev obstoječe nosilne konstrukcije ipd.) in funkcionalne probleme (dostop za gibalno ovirane osebe ipd.) v stavbah, so redke. Ugotovili smo, da je nadgradnja obstoječih objektov že uveljavljena praksa, vendar pa tovrstni posegi problematike prenov obstoječih energetsko neučinkovitih stavb večinoma ne obravnavajo celostno, v večini primerov sta namreč prenova in nadgradnja obstoječe stavbe obravnavani kot dva ločena posega. Pri načrtovanju prenov je zaznati predvsem pomanjkanje smernic za oblikovanje energetsko učinkovitih zasnov modulov nadgradnje, kar bo raziskano v nadaljevanju.

- **Znanstveno - raziskovalni prispevki**

**Nadgradnja obstoječih stavb z leseno-steklenimi moduli je ukrepov za reševanje pomanjkljivosti prostorskih kapacitet v obstoječih stavbah in izboljšanja energetskih in estetskih lastnosti obstoječih stavb. Kljub pojavnosti tovrstnih posegov v praksi, pa je tema relativno slabo sistematično in znanstveno raziskana.** Problematika prenove stavb z nadgradnjo je bila obravnavana v nekaterih znanstveno - raziskovalnih prispevkih, prikazanih na spodnjih primerih (Slika 4.14, Slika 4.15, Slika 4.16). Medtem ko problematika prenove stavb predšolske vzgoje z nadgradnjo v znanstveni literaturi skoraj da ni zastopljena. Vsekakor je ponovno potrebno poudariti, da je tovrsten poseg primeren za vrtce kateri imajo starejše starostne skupine za katere nadstropje (stopnice) ni ovira.

#### **1. A Systematic Approach to Sustainable Urban Densification Using Prefabricated Timber-based Attic Extension modules [7]**

**AVTORJI:** Stefan Jaksch, Angelika Franke, Doris Österreicher, Martin Treberspurg  
**OBJAVLJENO V:** Energy Procedia, Vol. 96, str. 638–649  
**LETO OBJAVE :** 2016



Slika 4.14. Nadgradnja stavbe s prefabriciranimi lesenimi moduli nadgradnje.

## 2. A timber based attic extension system for sustainable urban densification. [8]

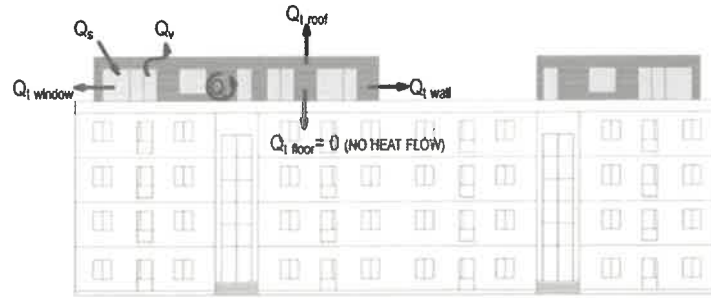
**AVTORJI:** Stefan Jaksch, Angelika Franke, Doris Österreicher, Martin Treberspurg  
**OBJAVLJENO V:** WCTE e-book: 5598 - 5606, <http://wcte2016.conf.tuwien.ac.at/home/>  
**LETO OBJAVE :** 2016



Slika 4.15. Nadgradnja stavbe s prefabriciranimi lesenimi moduli nadgradnje.

## 3. Application of the timber-glass upgrade module for energy refurbishment of the existing energy-inefficient multi-family buildings [11]

**AVTORJI:** Tina Špegelj, Vesna Žegarac Leskovar, Miroslav Premrov  
**OBJAVLJENO V:** Energy and buildings, 116, str. 362 - 375  
**LETO OBJAVE :** 2016



Slika 4.16. Prenova obstoječe večstanovanjske stavbe z leseno – steklenim modulom nadgradnje.

Prenova obstoječih stavb z nadgradnjo je kompleksen proces, saj mora biti prilagojen vsaki posamezni stavbi. To je tudi glavni razlog, da zasnove modulov nadgradnje v prikazanih znanstveno - raziskovalnih prispevkih, z izjemo zadnjega [11], večinoma niso obravnavane sistematično in niso prilagojene za uporabo na različnih tipih stavb.

- **Modul energetske nadgradnje iz nosilnih leseno-steklenih stenskih elementov**

Modul energetske nadgradnje iz nosilnih leseno-steklenih stenskih elementov je bil predmet projekta, ki ga je sodelujoči gospodarski subjekt na enem izmed svojih prejšnjih projektov INTEC-HLES že uspešno zaključil. Analizirani so in numerično in eksperimentalno preizkušeni enoetažni in dvoetažni modeli leseno-steklenih stenskih elementov. Iz tega naslova pridobiti znanje in intelektualni resursi s katerim razpolaga sodelujoči gospodarski subjekt so uporabljeni v projektu VRTEC+.

Znotraj projekta, čigar vodilni partner je bil INTECH-LES analizirane so različne kombinacije enoetažnih in dvoetažnih modelov leseno-steklenih modulov. Štirje enoetažni objekti naravne velikosti s tlorisnimi merami 2,4 x 3,4 m in višine 2,5 m, so bili sestavljeni iz stenskih elementov tipa TGWE1 in TGWE2. Projekt je zajel tudi številne eksperimente nosilnosti, togosti ipd.<sup>25</sup>

Za potrebe projekta VRTEC+ je naprej analizirana možnost uporabe enoetažnega leseno-steklenega modula za namen prenove z nadgradnjo stavb predšolske vzgoje. Uporaba modula je smiselna pri

<sup>25</sup> PREMROV, Miroslav, ŽEGARAC LESKOVAR, Vesna, BER, Boštjan, LEŠNIK, Maja, ŽIGART VERLIČ, Maja, KUTNAR, Andreja. "Inteligentni dom nove generacije zasnovan na pametnih napravah in lesu (IQ DOM)", Raziskovalno razvojni projekt (RRP 5): Inteligentno projektiranje konstrukcij (TRL 3-4), Delovni paket A 5.1 : zaključno poročilo raziskovalnega projekta : trajanje projekta (RRP 5): 1.9.2016-28.2.2018. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, 2018. 107 str. [COBISS.SI-ID [21319958](#)]

pritičnih stavbah predšolske vzgoje. Eksperimentalno preizkušeni enoetažni modeli leseno-steklenih objektov so prikazani v nadaljevanju (GLS: glass-less structures) (Slika 4.17).

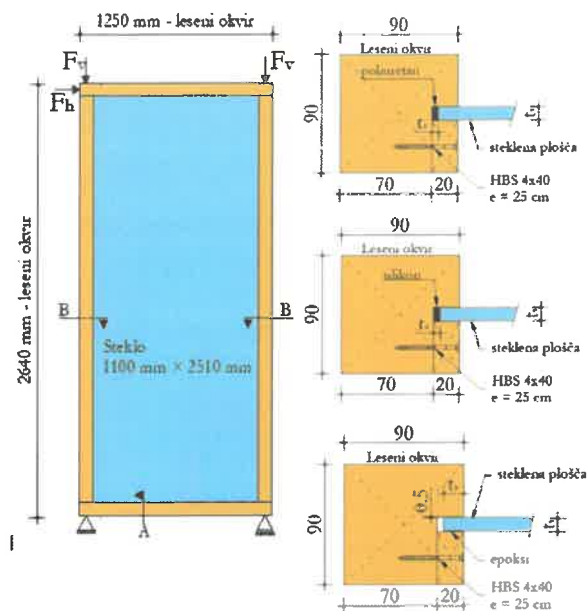


Slika 4.17. Eksperimentalno preizkušeni enoetažni modeli (GLS) [Vir: INTECH-IES, razvojni center]

V okvirju projekta, čigar vodilni partner je bil Intechles je razviti in testiran leseni okvir, na katerega je z uporabo kemičnih veziv – adhezivov, pritrjena steklena obloga, predstavlja sovprežno strižno steno, ki je glavni element modula nadgradnje. Tak stenski element s svojo togostjo v ravnini prispeva k stabilnosti celotne lesene konstrukcije v katero je vgrajen. V okvirju projekta IQDOM so bile izvedene preiskave[33][34] na treh tipih leseno-steklenih stenskih elementov:

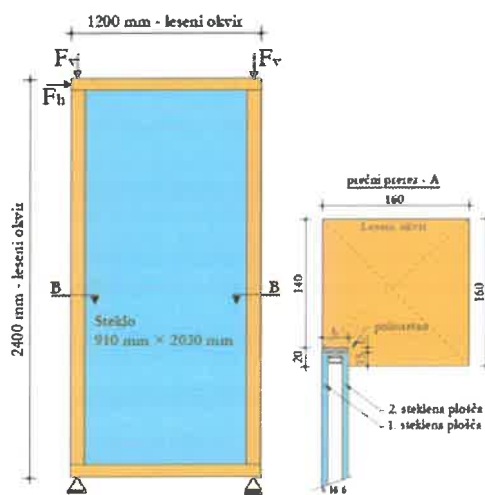
- 1) leseni okvir z enojno stekleno ploščo v srednji ravnini (TG),
- 2) leseni okvir z dvoslojnim izolacijskim steklenim panelom (TGW) in
- 3) leseni okvir s tri-slojnim izolacijskim steklenim panelom (TGWE).

Preizkušanci prvega tipa (TG) so bili sestavljeni iz lesenega okvirja z zunanjimi merami 1,25 m x 2,64 m, na katerega je bila z različnimi adhezivi pritrjena steklena plošča iz kaljenega stekla debeline 10 mm, kot prikazuje (Slika 4.17). Leseni stebrički so bili dimenzij 90 mm x 90 mm, prečke pa 90 mm x 80 mm. Prazna reža med lesenim okvirjem in stekleno ploščo je bila napolnjena z adhezivom. Lepljeni spoj izveden s silikonom (TG-S) in poliuretanom (TG-P) je imel dimenzije 10mm x 5,0 mm, tisti izveden z epoksidom (TG-E) pa 15 mm x 0,5 mm.



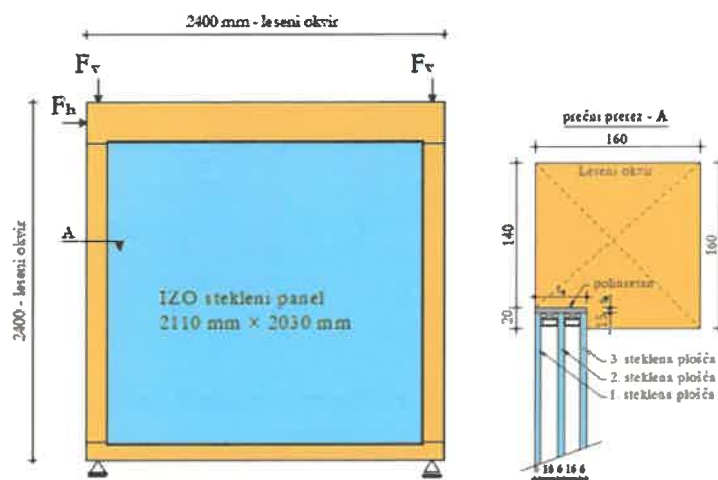
Slika 4.18: Prikaz TG modela z pripadajočimi prečnimi prerezi z detajli vgradnje stekla. [Vir: INTECH-IES, razvojni center]

Zunanje mere preizkušancev drugega tipa (TGW) so bile 1,2 m x 2,4 m. Leseni stebri in spodnja prečka so bili dimenzij 160 mm x 160 mm, zgornja prečka pa 160 mm x 240 mm. Dvoslojni izolacijski stekleni panel je bil v leseni okvir zalepljen s poliuretanskim adhezivom z dimenzijami 28 mm x 5,0 mm (Slika 4.19).



Slika 4.19: Prikaz TGW modela z dimenzijami in prečnim prerezom. [Vir: INTECH-IES, razvojni center]

Preizkušanci tretje testne skupine (TGWE) so imeli zunanje mere 2,4 m x 2,4 m. V leseni okvir je bil, s plastjo poliuretanskega adheziva z dimenzijami 50 mm x 5,0 mm, zalepljen tri-slojni izolacijski stekleni panel (Slika 4.20). Stebri okvirja so bili kvadratnega prereza 160 mm x 160 mm, prerez zgornjega prečnika 80 mm x 280 mm in prerez spodnjega prečnika 160 mm x 120 mm. Izolacijski stekleni paneli so bili izdelani iz treh 6,0 mm debelih steklenih plošč iz navadnega stekla.



Slika 4.20: Prikaz TGWE modela z pripadajočim prerezom. Pri slednjem modelu smo uporabili troslojno IZO zasteklitev in poliuretan, za variacijo pa smo sredino okvirja ojačali z vmesnim stebričkom. [Vir: INTECH-IES, razvojni center]

Eksperimentalne analize v izvedeni raziskavi so povzete kot ugotovitve in niso predmet raziskave oz. projekta VRTEC+, so znanja in kompetence sodelujočega gospodarskega subjekta z potencialno aplikacijo na stavbah predšolske vzgoje. Lahko se zaključi, da z ustreznim načinom vgradnje stekla v leseno konstrukcijo in predvsem z uravnoteženim deležem le tega, dosegamo številne pozitivne učinke vezane na robustnost osnovne konstrukcije, bivalno ugodje in energijsko učinkovitost. Prvo izmed naštetega predstavlja enega od pglavitnih razlogov za izvedbo številnih raziskav iz področja uporabe stekla za stabilizacijo fasad in objektov [21-30].

Potencialna uporaba predstavljenih modula za nadgradnjo pritličnih stavb predšolske je izreden. Z uporabo modulov se zagotovi: povečanje prostorskih kapacitet stavb predšolske vzgoje, izboljšanje kakovosti bivanja v prostorih v katerih bivajo otroci, izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe kot celote in izboljšanje estetskih lastnosti stavb. Shematske možnosti uporabe leseno-steklenih modulov nadgradnje pri stavbah predšolske vzgoje bodo predstavljene v nadaljevanu.



- **Analiza sklopa**

Sestave osnovnih stenskih konstrukcijskih elementov, ki se potencialno lahko uporabijo pri zasnovi strukturnih modulov nadgradnje so podani v tabelah (Tabela 4.22 in Tabela 4.23).

*Tabela 4.22 Sestava zunanje stene proizvajalca montažnih hiš Lumar - (stena PASIV) [vir: Intech-les]*

Zunanja stena PASIV		U z upoštevanim deležem lesa=0,099 W/m <sup>2</sup> K oz. U brez deleža lesa= 0,092 W/m <sup>2</sup> K		
	debelina		način pritrjevanja	dobavitelj
Mavčno kartonska plošča	12.5 mm		Vijaki (cca 70 vijakov) 3,9x35 MAGAZIN	Rigips
OSB plošča	15 mm		sponkanje (CCA 92 SPONK KG750)	OSB 3
I nosilci	360 mm			leseni I nosilci-Steico Joist60
Celuloza	360 mm		vpihana	celulozna izolacija Isocell-Trendisol vpihana 65kg/m <sup>3</sup>
Lesno vlaknena fasadna izolacija	60 mm		sponkanje (35 HAUBOLD BS29100 RF)	Inotherm
Osnovni pred namaz	1 mm			Sto Putzgrund
Armirna masa	3 mm			Sto Uni Level
Armirna mrežica				Sto armirna mrežica

*Tabela 4.23. Sestava zunanje stene proizvajalca montažnih hiš Lumar - (stena Super Standard) [vir: Intech-les]*

Zunanja stena Super Standard		U z upoštevanim deležem lesa=0,126 W/m <sup>2</sup> K oz. U brez deleža lesa= 0,114 W/m <sup>2</sup> K		
	debelina		način pritrjevanja	dobavitelj
Mavčno vlaknena plošča	10 mm		sponkanje (CCA 92 SPONK KG750)	Fermacell Gipsfase platte
Mavčno vlaknena plošča	15 mm		sponkanje (CCA 146 SPONKI KG750)	Fermacell Gipsfase platte
PE folija			palične sponke 140/8 - 4 sponke	Prima plast (certifikat v priponki)
Lesena konstrukcija 160/60	160 mm			Smrekov les
Kamena volna	160 mm			Knauf Insulation DP3
Mavčno vlaknena plošča	15 mm		sponkanje (CCA 146 SPONKI KG750)	Fermacell Gipsfase platte





Lepilo	1 mm		Sto prefa coll (certifikat v priponki)
Fasadna izolacija EPS-F	140 mm	sponkanje (HAUBOLD BS29150 CRF)	Fragmat (certifikat v priponki)
Osnovni pred namaz	1 mm		Sto Putzgrund
Armirna masa	3 mm		Sto Uni Level
Armirna mrežica			Sto armirna mrežica

### Etažnost

Pri analizi obstoječih večstanovanjskih stavb je potrebno opraviti analizo statične nosilnosti stavb. Na podlagi analiz se določi ali obstoječa konstrukcija lahko prenese obremenitev modula nadgradnje. Etažnost modulov nadgradnje je v primeru stavb predšolske vzgoje omejili na eno etaži, saj funkcionalne zahteve stavb predšolske vzgoje omejujejo etažnost stavbe (prizemne, eventuelno eno nadstropne zaradi.....).

### Toplotna prehodnost modula nadgradnje: $U_1 = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ in $U_2 = 0,165 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Vrednosti toplotne prehodnosti  $U_1 = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  in  $U_2 = 0,165 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sta izbrani kot najpogosteje zastopani v montažni leseni gradnji pri nas. Hkrati sta vrednosti nižji od predpisane vrednosti  $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES), saj se znotraj projekta razvijajo visoko energijsko učinkovite rešitve.

### Zasteklitev

Pri zasnovi vseh modulov nadgradnje so bila uporabljena okna s tri slojno zasteklitvijo, upoštevajoč senčenje z zunanjimi senčili. Deleži zasteklitve je potrebno prilagoditi orientaciji obstoječe stavbe.

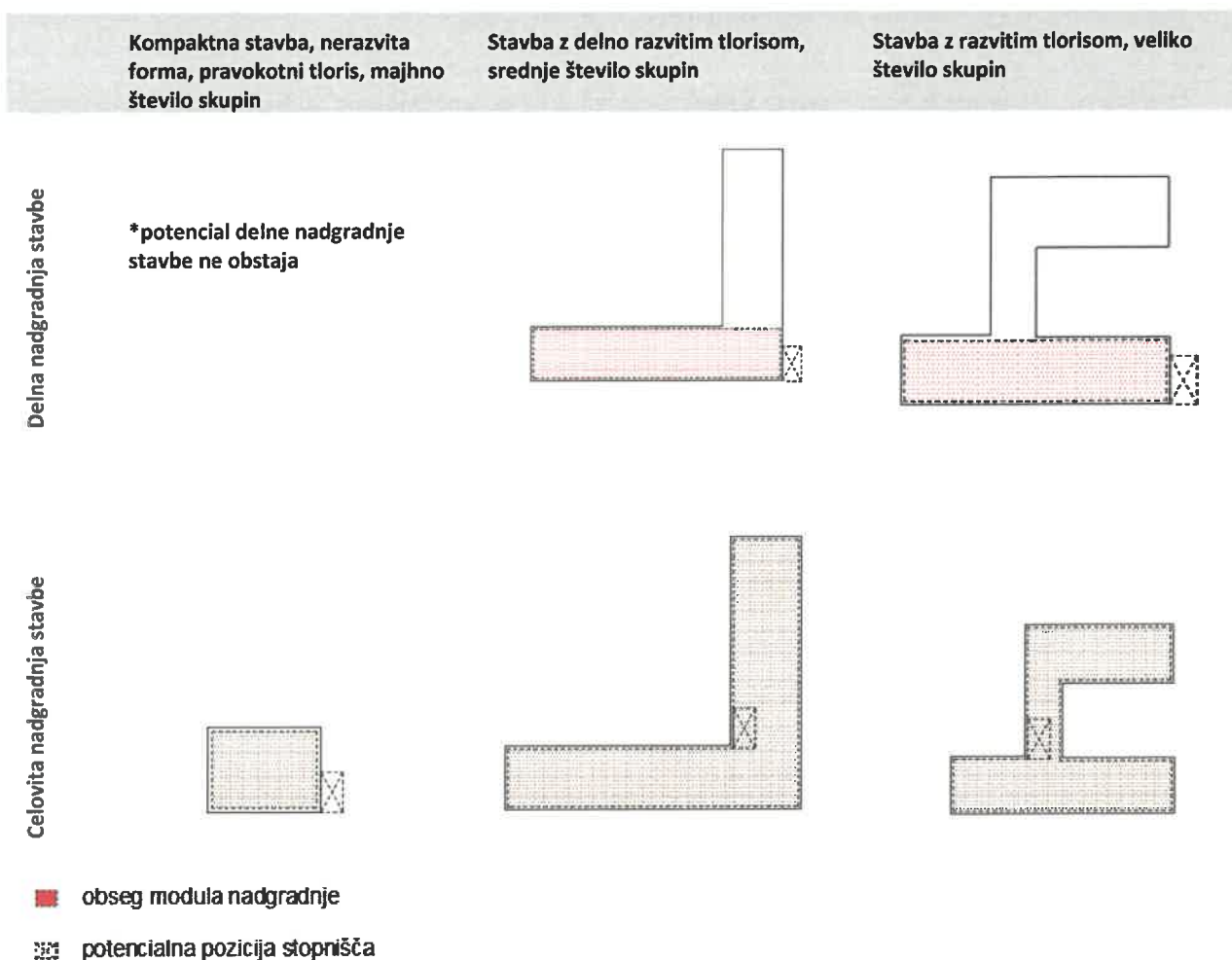
- **Shematski prikaz možnosti aplikacije leseno - skeletnih modulov na stavbe predšolske vzgoje**

Na tej točki v analizo vključimo predhodno tipološko klasifikacijo stavb, v splošnih točkah, in sicer obliko stavbe in velikost stavbe. Oblika stavbe predšolske vzgoje je lahko: kompaktnega tlorisa, delno razvitega in razvitega tlorisa. Velikost stavbe splošno lahko opredelimo kot: majhne/majhno število skupin (do 3

skupine), srednje/srednje veliko število skupin (od 4 do 8 skupin v enoti) in velike/veliko število skupin (več kot 9 skupini). Različna tipologija stavb predšolske vzgoje ima različen potencial nadgradnje z modulom izgradnje.

Kompaktna stavba, nerazvita forma, pravokotni tloris, majhno število skupin nima potencial delne nadgradnje le celovite, stopnišče se doda izven gabarita obstoječe stavbe. Stavba z delno razvitim tlorisom, srednje število skupin in stavba z razvitim tlorisom, veliko število skupin imajo potencial delne in celovite nadgradnje. Pri delni je stopnišče zunaj gabarita stavbe pri celoviti pa znotraj gabarita (opcisko tudi zunaj gabarita). Shematski prikaz možnosti aplikacije modula nadgradnje na različnih tipoloških predstavnikih stavb predšolske vzgoje je prikazan v nadaljevanju (Tabela 4.24).

Tabela 4.24. Shematski prikaz možnosti aplikacije modula nadgradnje na različnih tipoloških predstavnikih stavb predšolske vzgoje.





- **Zaključek**

Ugotovitve predhodno zaključene raziskave sodelujočega gospodarskega subjekta Intech-les.do.o. kažejo, da je parameter, ki v največji meri vpliva na zmanjšanje oziroma prihrankov potrebne energije za ogrevanje in hlajenje ( $(Q_h + Q_c)_{\text{saving}}$ ) pri nadgradnji večstanovanjskih stavb z leseno-steklenimi moduli višina modula, sledi izbira deleža zasteklitve ( $AGAW$ ) in nazadnje še toplotna prehodnost termičnega ovoja ( $U$ ). Izjema so stavbe z orientacijo daljše stranice proti vzhodu in zahodu, kjer določitev optimalnega deleža zasteklitve ( $AGAW_{opt}$ ) ni mogoča. Ker zasnova optimalnih modulov ni vedno mogoča ali uporabna, je priporočljiva uporaba modulov s povprečnim deležem zasteklitve ( $AGAW_{ave}$ ). Z moduli iste višine, lahko namreč dosežemo primerljiv energijski standard hibridne stavbe (REB + M) z uporabo modulov višje toplotne prehodnosti ( $U_2$ ) in optimalnega deleža zasteklitve ( $AGAW_{opt}$ ), kot z moduli nižje toplotne prehodnosti ( $U_1$ ) ter povprečnim deležem zasteklitve ( $AGAW_{ave}$ ). Glede na prikazane rezultate in zagotavljanje bivalnega ugodja v stavbah je priporočljiva uporaba modulov s povprečnim deležem zasteklitve in nižjo toplotno prehodnostjo ( $M_{1\text{ ave } U_1}$  in  $M_{2\text{ ave } U_1}$ ).

Ugotovitve raziskave gospodarskega subjekta načelno lahko upoštevamo tudi pri aplikaciji modulov na stavbe predšolske vzgoje pri celoviti energetski prenovi pri katerih je sicer optimalna nadgradnja enega nadstropja iz funkcionalnega vidika, s povprečnim deležem zasteklitve in nižjo toplotno prehodnostjo ( $M_{1\text{ ave } U_1}$  in  $M_{2\text{ ave } U_1}$ ). Vendar je za vsak posamezni primer potrebno posebej analizirati aspekt funkcionalnosti stavbe (smisla nadgradnje vrteca), energetske učinkovitosti in bivalnega ugodja.

Kljub namenoma izbranim stavbam različnih tipologij in orientacije, s tem pa različnih mikro- in makroklimatskih pogojev, so si rezultati nadgradnje izbranih večstanovanjskih stavb (REB) z istimi tipi modulov zelo podobni. Relativno majhne razlike in podobni vplivi enakih tipov modulov, dopuščajo možnost posplošitve rezultatov za namen predvidevanja in določanja višine prihrankov energije za ogrevanje in hlajenje ( $(Q_h + Q_c)_{\text{saving}}$ ) ter energetskega standarda nastalih hibridnih stavb.

**Nadgraditev obstoječih stavb predšolske vzgoje je smiselna v kolikor vrtec potrebuje dodatne prostorske kapacitete, funkcionalna zasnova stavbe omogoča smiselno nadgraditev, so vsi konstrukcijski elementi stavbe v ustreznem stanju in je splošno stanje stavbe primerno za investicijo. Nadgraditev obstoječih stavb predšolske vzgoje se nujno obravnava skupaj s prenovo obstoječe stavbe. Torej, celovita energetska prenova obstoječih stavb, ki zajema nadgradnjo stavbe z leseno-steklenim modulom izgradnje nujno mora zajeti še prenovu stavbnega ovoja z dodajanjem toplotne izolacije na fasado, zamenjavo stavbnega pohištva ter tehničnih**



sistemov ter uvedbo nadzorovanega mehanskega prezračevanje s sistemom rekuperacije toplote iz odpadnega zraka, s ciljem doseganja optimalnih lastnosti stavbe v smislu energijske učinkovitosti. V kolikor je stavba pritlična oz. nima dvigala ga je potrebno ob prenovi zagotoviti če obstaja za to možnost. Nadgraditev stavb predšolske vzgoje se omeji na maksimalno na P+1 izjemoma P+2 zaradi funkcionalnih razlogov. Prostor v nadstropjih se namenijo starejšim starostnim skupinam.



#### 4.1.3 MOŽNOSTI SO SLEDNJEGA IZVAJANJE POSAMEZNIH POSEGOV PRENOVE

Kot je že prikazano, stopnje posegov prenove stavb predšolske vzgoje, čigar cilj je izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe predšolske vzgoje (oz. varčevanje z energijo) so lahko zelo različne. Od enostavnih organizacijskih ukrepov, posegov delnih energetskih prenov s zelo pestrim naborom posameznih ukrepov do celovitih energetskih prenov katere s svojo obsežnostjo zajamejo številne posege na stavbah. Kot že rečeno dinamika in obseg izvajanja ukrepov so v slovenskih razmerah pogojeni s finančnimi sredstvi, ki so na razpolago lastnikom stavbe. Zaradi tega je v fazi načrtovanja energetske prenove zaželeno predvideti možnosti so slednjega izvajanja ukrepov, tudi s daljšo časovno distanco.

Pri načrtovanju posegov prenove, tudi če gre za posamezne ukrepe je izrednega pomena načrtovanje posegov prenove z možnostjo slednjega izvajanja, tudi s večjimi časovnimi distancami med posegi. Tehnični vidik izvajanja projektov celovite energetske prenove, bodisi v enkratni ali sosednji izvedbi ukrepov, narekuje, da se najprej zagotovi zmanjšanje izgub toplotne energije v stavbi in nato ustrezni tehnični sistemi za učinkovitejšo rabo energije, kot so sistemi za ogrevanje, pripravo tople sanitarne vode ter sistemi za hlajenje in prezračevanje. V praksi to pomeni izboljšanje toplotnega ovoja stavbe, katere bo zmanjšalo toplotne izgube in posledično potrebe stavbe po energiji na to pa vgradnja termo tehničnih sistemov v skladu z novonastalim razmeram. Ti sistemi pa morajo biti ustrezno zasnovani, to je dimenzionirani glede na ustrezno fazo izvedbe prenove (ovoj stavbe). Tako se omeji možnost izvedbe neustreznih, predimenzioniranih in prepotrebnih sistemov. Celovita energetska prenova se lahko izvaja tudi kot enostopenjski projekt, vendar pri pripravi programa in opredelitvi vrste projektov, ki se bodo financirali, je treba oceniti, kakšne so prednosti izvedbe celovite energetske prenove v enotnem svežnju ali v več segmentih v določenem obdobju.

Na podlagi prikazanih analiz posameznih posegov se v nadaljevanju določi možnosti so slednjega izvajanja posegov energetske prenove stavb. Možnost soslednjega izvajanja posegov je v kronološka zapovrstju naslednja:

- energetski pregled
- organizacijski ukrepi
- sanacija konstrukcije
- zamenjava stavbnega pohištva
- sanacija toplotnega ovoja
- sanacija sistema ogrevanja
- organizacijski ukrepi



## **(vrtec+) Stopnje posegov prenov stavb predšolske vzgoje**

Stopnje posegov predstavljajo dejansko ukrepe s katerimi se doseže izboljšanje energetskih lastnost stavbe in so v tej raziskavi klasificirane:....

### **• Organizacijski ukrepi**

Ukrepi za izboljšanje kakovosti notranjega bivalnega ugodja, predvsem kakovosti zraka in toplotnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje:

- odstranitev vseh možnih virov onesnaževal v notranjem prostoru vrtca, predvsem v igralnicah v katerih otroci preživijo največji del dneva,
- strategija prezračevanja stavbe,
- strategija izvajanja drugih dejavnosti oz. uporaba obstoječih prostorskih kapacitet v druge namene,
- ustrezna predstavitev ukrepov vsem deležnikom, vsem zaposlenim v vrtcih,
- dosledno izvajanje ukrepov in kontrola le-tega.

Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe in zmanjšanje rabe energije v stavbah predšolske vzgoje:

- strategija prezračevanja stavbe,
- strategija senčenja stavbe - sprejetje ukrepov za zmanjšanje toplotnih izgub po zimi in pretiranega pregrevanja stavbe v poletnih mesecih,
- strategija izvajanja drugih dejavnosti oz. uporaba obstoječih prostorskih kapacitet v druge namene,
- ustrezna predstavitev ukrepov vsem deležnikom, vsem zaposlenim v vrtcih,
- dosledno izvajanje ukrepov in kontrola le-tega,
- učinkovita notranja razsvetljava.

### **• Toplotna zaščita ovoja stavbe - Dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe**

- toplotna izolacija zunanjih sten,
- toplotna izolacija podstrešja,
- toplotna izolacija poševne strehe in
- toplotna izolacija talne plošče.



• **Zamenjava stavbnega pohištva**

- okna,
- strešna okna,
- drugo (vhodna vrata, velike steklene površine....).

• **Arhitekturni posegi na stavbi**

- Dograditev prostorov
- Nadgraditev
- Rušitev dela stavbe
- Povečanje ali regulacija deleža zasteklitev

**Mehanski sistemi**

• **Celovita energetska prenova**



## 4.1 FASADNI SISTEMI

V okviru aktivnosti A4: *Razvoj modelov energetske prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji* in podaktivnosti A.4.2 *Fasadni sistemi* je izvedena analiza možnosti uporabe različnih fasadnih sistemov pri energetske prenovi stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, in sicer: 4.2.1 Fasadni sistemi zunanje toplotne izolacije in 4.2.2 Sistem notranje toplotne izolacije. V uvodnem delu poglavja so predstavljene splošne ugotovitve o fasadnih sistemih.

### Uvod

Na začetku tega poglavja je potrebno pojem *fasada/fasadni sistem* opredeliti tudi lingvistično in tehnično. Kaj je pomen besede fasada? Beseda *fasáda -e ž (â)* pomeni zunanja, navadno čelna, arhitektonsko poudarjena stran stavbe.<sup>26</sup>

V tehničnem smislu so fasadni sistemi lahko opredeljeni kot, sistemi ki združujejo izbor materialov glede na kompatibilnost in način izgradnje fasade. Vsak fasadni sistem ima svoje zakonitosti in svoj postopek za izdelavo fasade od premazov do izolacije in izdelavo zaključnega sloja fasade. Fasade se med seboj razlikujejo po zgradbi, materialu in konstrukciji.

Fasade stavb predšolske vzgoje in drugih javnih stavb so v Sloveniji delno že obnovljene, del stavb pa je v precej slabem stanju, prav tako njihove fasade. Obnova fasadnega ovoja hiše je eden izmed najpomembnejših ukrepov pri energetske obnovi stavbe katerekoli namembnosti, kar je že predstavljeno v tej raziskavi. Praksa je pokazala, da starejše stavbe običajno porabijo od pet do desetkrat več energije na leto, kot je dovoljeno za novogradnje, zaradi tega **obnova fasadnega ovoja stavbe spada k osnovnim oz. najbolj pomembnim ukrepom za povečanje energetske učinkovitosti**. Zaradi tega je tudi posebna pozornost posvečena fasadnem ovoju stavb predšolske vzgoje in razvoju fasadnega sistema v tej raziskavi oz. v nadaljevanju tega poglavja.

V uvodnem delu tega poglavja bodo analizirani in predstavljene plošče za toplotno izolacijo dostopne na trgu v Sloveniji, kot osnovna komponenta vsakega fasadnega sistema. Toplotni izolaciji je, kot osnovni komponenti fasadnega sistema posvečena največja pozornost v tej raziskavi. Analizirani so številni aspekti uporabe različnih toplotnih izolacij: lastnosti, ki vplivajo na toplotno izolativnost,

<sup>26</sup> Vir: <https://fran.si/iskanje?FilteredDictionaryIds=130&View=1&Query=fasada>





gradbeno fizikalne lastnosti, možnost reciklaže posameznih materialov, finanjski aspekta ipd. Pozicija toplotne izolacije v sistemu opredeli tip fasade, in sicer fasade z notranjo in zunanjo toplotno izolacijo.

V osrednjem delu poglavja so predstavljeni razviti fasadni sistemi, in sicer ločeni v dve skupine: sistem zunanje toplotne izolacije in sistem notranje toplotne izolacije. Sistem zunanje toplotne izolacije je zasnovan, kot sistem sestavljen iz različnih komponent, ki se aplicirajo na obstoječo fasadno steno na gradbišču. Aplicira se na zunanji del nosilne stene zaradi preprečevanja uhajana toplote v okolico in optimalnega izkoristka akumulacijske kapacitete masivnih gradbenih elementov. V sklopu analize in razvoja sistema zunanje toplotne izolacije je v tej raziskavi teoretično razvit tudi prefabricirani fasadni element. Analize stavbnega fonda so pokazale da obstaja skupina stavb v stavbnem fondu predšolske vzgoje pri kateri iz tehničnih, estetskih ali drugih razlogov-stavba ima status kulturne dediščine in posegi na zunanosti stavbe niso dovoljeno, ni moč aplicirati fasadni sistem z zunanje strani ovoja stavbe. Za to posebno skupino stavb, bodo v tej raziskavi analizirane druge možnosti izboljšanja energetske učinkovitosti termalnega ovoja. Pri stavbah pri katerih ne obstaja moč uporabe fasadnega sistema s zunanje strani termalnega ovoja predstavljena je možnost uporabe sistema notranje toplotne izolacije SCIENTICE. Oba sistema sta predstavljena v nadaljevanju.

### Osnovne komponente fasadnega sistema

Konvencionalni fasadni sistemi t.i. neventilirane fasade (kontaktna fasada) so sestavljen iz naslednjih komponent: lepilo, toplotna izolacija, pritrdila, osnovni omet z armiranjem ter dekorativni zaključni omet. Pri tem so vsi deli sistema v kontaktu, povezani v celoto.

**Toplotna izolacija predstavlja jedro vsakega fasadnega sistema in kot najpogosteje uporabljen izolacijski material se v Sloveniji in Evropi uporablja ekspanzirani polistiren (EPS).**

Toplotna izolacija zunanjih sten je osnovna komponenta fasadnega sistema, neglede na to ali je sistem notranje ali zunanje toplotne izolacije. Najbolj pogosto se v praksi izvajajo sistemi zunanje toplotne izolacije, pritrjena plošča na zunanji strani stene se potem prekrije z zaključno plastjo. S tem načinom se omogoča odprava toplotnih mostov. Kot že rečeno, za notranjo toplotno izolacijo se odločimo takrat, ko zunanje ni mogoče izvesti. Navadno se notranja izolacija uporablja pri toplotni izolaciji posameznih prostorov ali sten. Izvedba notranje toplotne izolacije se prične z lepljenjem plošč toplotne izolacije na zunanje zidove, ki jih je nato potrebno še prekriti s parno zaporo in



zaključno oblogo. Vgradnja notranje toplotne izolacije mora biti izvedena skrbno, da bi se preprečil pojav toplotnega mostu.

Konvencionalne kontaktne fasade oz. sistemi z lepljenimi toplotnoizolacijskimi ploščami in zunanjim ometom načeloma sodijo med cenejše, zaradi tega imajo zelo razširjeno uporabo pri nas, hkrati pa lahko zagotovijo energetski učinkovito in zdravo bivanje v stavbah. Dražji so fasadni sistemi s prezračevano fasado, katerih v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje skoraj da ni in niso predmet te raziskave. Prezračevane fasade z lahko oblogo so pri nas v starejši stanovanjski gradnji manj običajne, čeprav v gradbeno fizikalnem smislu dobre.

### **Obstoječe stanje – fasade v stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje v Sloveniji**

V obstoječem stavbnem fondu je pester nabor stavb in konstrukcijskih sistemov. Prav tako so stavbe zelo različne tudi v smislu stopnje dosedanjih prenov, posamezne stavbe so delno ali v celoti prenovljene, veliko stavb je v izvorni obliki in niso bile predmet gradbenih posegov, čigar cilj je izboljšanje energetske učinkovitosti. Obstaja pa delež stavbnega fonda, ki je že prenovljen ali so stavbe novejšega datuma in ne potrebujejo prenove oz. izboljšanje fasadnega ovoja.

Na podlagi analiz obstoječega stavbnega fonda, je v tem delu raziskave podan odgovor na preprosto vprašanje: *kakšni so fasadni sistemi pri obstoječih stavbah v stavbnem fondu?*

**Gradnja pred letom 1920** - Stavbe grajene pred letom 1920 imajo kamnito-opečne zidove, debele od 38 do 65 cm brez toplotne izolacije, in pogosto spomeniško zaščitene fasade. Toplotna zaščita tovrstnih stavb je precejšnji izziv. Velikokrat se lahko izvaja le z notranje strani, kar ima številne pomankljivosti. Stavbe je potrebno toplotno izolirati in sanirati toplotne mostove, izolirati strop v kleti, strop nad zadnjo etažo oz. streho. Večina stavb je v izvorni obliki in ni bila deležna energetske prenove.

**Gradnja od 1920 do 1945** - Stavbe predvojnega obdobja do leta 1940 so običajno grajene s debelimi polnimi opečnimi zunanjimi zidovi 38-45 cm brez toplotne izolacije. Njihov fasadni ovoj, strehe in podstrešja so neizolirani, razen če so s časom bili že prenovljeni in toplotno zaščiteni, vendar pogosto s premajhno debelino toplotne izolacije. Toplotna zaščita tovrstnih stavb je precejšnji izziv. Velikokrat se lahko izvaja le z notranje strani, kar ima številne pomankljivosti. Večina stavb je v izvorni obliki in ni bila deležna energetske prenove. Stavbe je potrebno toplotno izolirati in sanirati toplotne mostove, izolirati strop v kleti, strop nad zadnjo etažo oz. streho.



**Stavbe od 1945 do 1980** - Stavbe, zgrajene do sredine sedemdesetih let, so bile grajene v obdobju intenzivne izgradnje na prostoru Slovenije in pomanjkanja in varčevanju z gradbenimi materiali. Izolacijskih materialov v fasadnem ovoju stavbe ni ali so za današnje standard nezadostni. Pomemben del stavbnega fonda te skupine je že bil delno ali v celoti energetsko prenovljen, vključno s prenovno fasadnega ovoja, ki je večinoma zajela povečanje debeline toplotne izolacije in na ta način izboljšanje energetskih lastnosti fasadnega ovoja stavbe.

**Stavbe od 1980 do 2000** - Novi predpisi so v poznih osemdesetih letih, že zahtevali višje standard za termalni ovoj stavbe. Grajene so masivne stavbe z dodatnim slojem toplotne izolacije ali pa skeletne z termoizolacijskimi materiali kot fasadnimi polnili. Na stavbah se je uporabljala toplotna izolacija: steklena in kamena volna ter stiropor. Pomemben del stavbnega fonda te skupine je že bil delno ali v celoti energetsko prenovljen, vključno s prenovno fasadnega ovoja, ki je večinoma zajela zamenjavo stavbnega pohištva. V posameznih primerih je prenova zajela tudi povečanje debeline toplotne izolacije, odvisno od izvirne sestave fasadne stene, in na ta način izboljšanje energetskih lastnosti fasadnega ovoja stavbe.

**Stavbe grajena po letu 2000 (2002)<sup>27</sup>** – Stavbni fond grajen v tem obdobju ima raznolike tehnike gradnje od masivnih do montažnih konstrukcijskih sistemih. Povečal se je delež stavb s ustrezno toplotno izolacijo. Vgrajena toplotna izolacija je zelo raznolika EPS, XPS, kamena volna, drugo. Objekte je smiselno dodatno toplotno izolirati le v primeru, ko so posamezni elementi konstrukcijskih sklopov poškodovani ali je predvidena njihova zamenjava. Po letu 2018 so vse nove ali obnovljene (večje) javne stavbe *skoraj nič energijske*, in pri tovrstnih stavbah fasadni sistemih načeloma ni potrebno spreminjati ničesar

Analize so pokazale, da sta v praksi najbolj pogosto uporabljata proizvoda EPS in XPS. Obe fasadne plošče lahko nameščene na isto fasado, sicer pa, XPS na področja, kjer se pričakuje kontakt z vlago oz. vodo in na predelih fasade, ki so precej izpostavljeni ter tako zahtevajo večjo trdnost izolacijskih plošč. To so fasadni podzidek oz. »cokel«, strešni napušči, vratne in okenske odprtine. EPS toplotna izolacija pa se vgrajuje na višje ležečih predelih zunanjih sten, kjer je tudi difuzija vodne pare pomembna za dobro toplotno zaščito objekta. V zemlji in na ravni strehi izven hidroizolacijskega

---

<sup>27</sup> Leta 2002 je v RS začel veljati PURES s katerim so se zahteve za termalni ovoj stavbe bistveno poostrele. Iz tega razloga je letnica 2002 prelomna, vendar je načrtovanje, projektiranje in izgradnja stavb dolgotrajen proces in se časovni okvir lahko določi tudi z zamikom.



ovoja stavbe nikoli se ne vgrajuje EPS toplotne izolacije, saj bi ta zaradi navlaženja povsem izgubila funkcijo toplotne izolativnosti.

Zaradi tega je fasadni sistem, ki je teoretično razvit v tej raziskavi potrebno predvidevati učinkovito aplikacijo na različne fasadne stene. V tem kontekstu so za potrebe te raziskave **ločena tri osnovna tipa stene na katere je mogoče aplicirati fasadni sistem**, in sicer:

- masivna stena (opeka, kamen, beton) **brez toplotne izolacije**,
- masivna stena (opeka, kamen, beton) **z nezadostno toplotno izolacijo** (eps ali xps),
- montažna stena (stavbe grajene v okvirnopanelnem sistemu) **z toplotno izolacijo različne debeline** (eps ali xps, kamena volna ipd.),

Prikazani so fasadni ovoji stavb v obstoječem stavbnem fondu, ki so najbolj pogosto prepoznani pri stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji in potrebujemo izboljšanje toplotnega ovoja. Velik del stavbnega fonda so tudi stavbe, ki so že bile energetsko prenovljene in je njihov termalni ovoj v skladu s sodobnimi zahtevi, one sicer niso predmet tega poglavja. Torej dejstvo je, da je pester nabor fasadnih sten in je fasadni sistem potrebno razviti na način da se lahko aplicira na različne obstoječe sklope. Pri difuzijsko odprtih sistemih npr. montažni objekti brez parne ovire je potrebno izbirati bolj paro-prepustno toplotno izolacijo in materiale. Pri difuzijsko zaprtih sistemih (fasadni sistem z parno oviro) je možna uporaba tudi paro-nepropustnih toplotnih izolacijah.

Pri že izvedenih prenovah stavb predšolske vzgoje in stavb druge namembnosti, je praksa pokazala, da se izolacijo temeljev in cokli (spodnjega dela objekta, ki se stika s tlemi) najpogosteje uporabljajo izolacijo, ki je odporna na vlago in se ne navlaži (ekstrudirani polistiren ali XPS), na stene se večinoma polaga stiropor ali izboljšani grafitni stiropor.

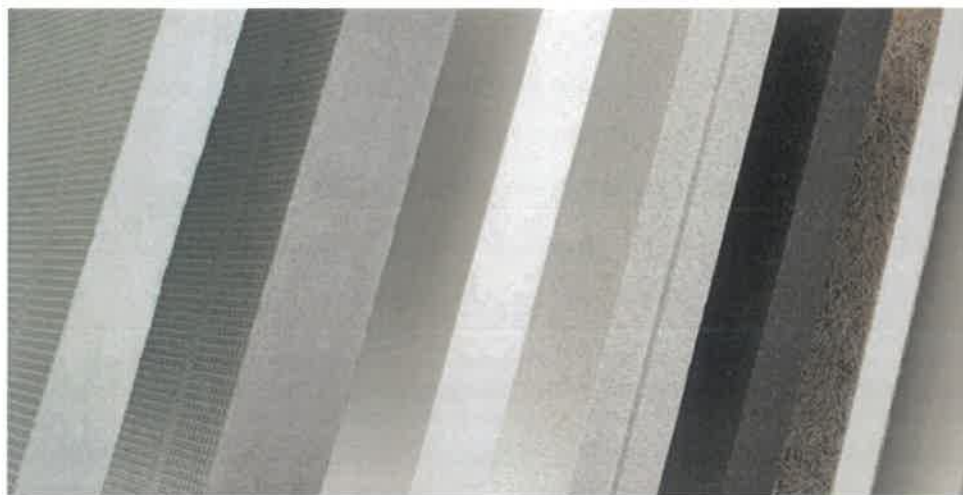
Prav tako se je v praksi pokazalo, da zaradi visokih cen in nezadostnih izkušenj pri uporabi naravnih in različnih inovativnih materialov za izolacije, kot je npr. pluta, vpihovanje celuloze ipd. redkeje uporabljajo oz. skoraj da se ne uporabljajo. Izolacije kot je **mineralna volna (kamena volna, steklena volna) so tudi v uporabi**. Pogosto uporabljen toplotnoizolacijski material za fasade je stiropor (ekspandirani polistiren oziroma EPS), ki pa ima poleg množice odličnih lastnosti tudi nekaj pomanjkljivosti. Druga najpogostejša izbira je kamena volna. Druge naprednejše oblike fasade, ki po ceni nekoliko odstopajo in imajo številne pomembne prednosti za zahtevnejše investitorje so fasade iz naravnih materialov. Po izkušnjah je bivanje v hišah, ki niso nujno izolirane iz EPS, veliko bolj

prijazno. Razen tega imajo naravni izolacijski materiali ekološko prednost, ko bo hiše potrebno nekoč reciklirati.

Analiza obstoječih stavb v stavbnem fondu je pokazala, da obstaja delež stavb pri katerih ni moč termalni ovoj stavbe izboljšati dodajanjem toplotne izolacije na zunanjo stran fasade. Zaradi tega se v tem delu raziskave, v tem poglavju pristopi razvoju fasadnega sistema zunanje in notranje toplotne izolacije.

### Fasadne izolacijske plošče dostopne na trgu v Sloveniji

Fasadna toplotno izolacijska plošča je osnovna komponenta sodobnega fasadnega sistema. Na slovenskem trgu je danes širok spekter dostopnih fasadnih izolacijskih plošč oz. termo izolacijskih materialov (ki niso le v obliki plošč), ki omogočajo zelo učinkovite prenove fasadnega ovoja obstoječih stavb (Slika 4.21), ki so delno analizirana tudi znotraj aktivnosti A1 te raziskave.



Slika 4.21. Termoizolacija EPS, XPS, kombi plošče [Vir: [www.fragmat.si](http://www.fragmat.si)]

Eden izmed največjih proizvajalcev toplotnih izolacij na slovenskem trgu je podjetje Fragmat TIM iz Laškega,<sup>28</sup> ki je proizvajalec EPS, XPS in kombi plošč (plošča iz lesne volne, povezane s cementnim vezivom). Fragmat Tim je eden izmed ustanoviteljev Intech-les, razvojnega centra sodelujočega gospodarskega subjekta na projektu. Poleg tega so na slovenskem trgu prisotni še drugi proizvajalci toplotnih izolacij, med najbolj znanim so KnaufInsulation,<sup>29</sup> ki je specializirano za toplotne izolacije iz

<sup>28</sup> <https://www.fragmat.si>

<sup>29</sup> <https://www.knaufinsulation.si>



kamene volne in steklene volne nove generacije termoizolacijskih materialov z vezivi na bio osnovi (ECOSE Technology). Na slovenskem trgu so zelo prisotni še izdelki podjetja URSA,<sup>30</sup> ki na trg plasira izolacijske izdelke iz mineralne steklene volne za toplotno, zvočno in požarno zaščito ter ekstrudiranega polistirena za toplotno zaščito. Na slovenskem trgu so tudi zelo prisotni izdelki firme JUB, čigar fasadni sistemi so v celoti izdelani v Sloveniji.<sup>31</sup>

Najpogostejša izbira investitorjev oz. izvajalcev med toplotnimi izolacijami za fasade pri nas so **ekspandirani polistiren (EPS), ekstrudirani polistiren (XPS) in kamena volna**. Poleg omenjenih konvencionalnih toplotnoizolacijskih materialov so na trgu prisotni še izdelki, ki nimajo še tako razširjeno uporabo, kot npr. toplotna izolacija iz celuloze, čigar uporaba je problematična z aspekta cene in dostopnosti izdelka. Pri izbiri toplotne izolacije se je za vsako posamezno stavbo potrebno analizirati katera izolacija je najbolj primerna.

Z debelino vgrajene toplotne izolacije, ne glede na tip (EPS, XPS, kamena volna) je potrebno, doseči toplotno prehodnost zunanje stene  $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ <sup>32</sup>, kar je zakonom določeno. Sicer pa  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kolikor je potrebno pri prenovah enostanovanjskih in večstanovanjskih stavb, ki računajo na oddajo zahtevkov za subvencijo Ekosklada.<sup>33</sup> Toplotna prevodnost fasadnih EPS plošč je od  $0,031$  do  $0,039 \text{ W/mK}$ , najnižjo toplotno prevodnost,  $0,031 \text{ W/mK}$ , imajo fasadne plošče Neo Super F 031 (proizvajalca Fragmat), ki jim je dodan grafit. Lamele kamene volne imajo toplotno prevodnost  $0,040 \text{ W/mK}$ , plošče pa  $0,034 \text{ W/mK}$ .

Osnovna surovina obeh toplotnih izolatorjev EPS in XPS je polistiren, bistvena razlika med njima pa sta plina in drugi dodatki, ki jih uporabijo med proizvodnjo. S tem so povezane njune razmeroma različne lastnosti, ki določajo primernost uporabe za izolacijo stavbe. XPS ima še bolj kot EPS zaprto celično strukturo, zato je bolj uporaben za izolacijo vlažnih delov, bolj kot EPS pa je odporen tudi proti mehanskim obremenitvam. Najlažje ju ločimo po barvi, prvi je zelenomoder, drugi pa bel ali črn. Ekspandirani polistiren (EPS) in ekstrudirani polistiren (XPS) sta že dolgo uporabljana materiala, ki imata poleg dobre toplotne izolativnosti tudi druge lastnosti, zaradi katerih se graditelji vedno znova odločajo zanj. Prvega je predvsem zelo preprosto vgrajevati, marsikoga pa prepriča njegova razmeroma nizka cena. Za drugega je značilno, da je vodoodbojen in edini primeren za izolacijo vlažnih in mokrih mest, poleg tega prenaša velike mehanske obremenitve.

<sup>30</sup> <https://www.ursa.si>

<sup>31</sup> <https://www.jub.si>

<sup>32</sup> Po določilih PURES2010, sprememba pravilnika je prinesla zaostrene zahteve.

<sup>33</sup> Zakonodaja in zahtevi Ekosklada so se z leti menjali in se po vsej verjetnosti bodo menjali tudi v prihodnje. Zaradi tega je potrebno ob vsaki prenovi stavbe preveriti aktualno, veljavno zakonodajo in zahteve.



V nadaljevanju bodo posebej analizirane in primerjane različne toplotne izolacije kot predpriprava za aktivnost v kateri bo razvit fasadni sistem zunanje toplotne izolacije v tej raziskavi. V nadaljevanju so predstavljene fasadne plošče z svojimi lastnosti, njihova analiza, primerjava na podlagi česa je v naslednji fazi raziskave razvit fasadni sistem. Analiza se bazira na izdelkih firme Fragmat, ki je eden izmed ustanoviteljev Intechles-razvojnega centra, ki je sodelujoči gospodarski subjekt na projektu. Kot je že prikazano na trgu so dostopni tudi izdelki drugih proizvajalcev, primerljive kakovosti, vendar se ta raziskava večinoma bazira na izdelkih Fragmat.

### Fasadene EPS plošče

V razvitih državah več kot 90 % vseh fasad izoliranih s ekspandiranim polistirenom (EPS) ali stiropora, tudi v Sloveniji več kot 80 %. V mnogih konstrukcijskih sklopih je zaradi izjemnih fizikalnih lastnosti nenadomestljiv. **Uporablja se povsod, kjer potrebujemo toplotno in zvočno izolacijo zidov, streh, tal in drugih konstrukcijskih sklopov za vse vrste stavb, pri prenovah in novogradnjah.**

Torej tudi v Sloveniji, je danes večina fasad stavb toplotno izolira s EPS ploščami, ki so v skladu s standardom SIST EN 13163. Fasadne EPS plošče v primerjavi z drugimi gradbenimi EPS ploščami že v fazi proizvodnje dovolj časa odležijo, s čimer je zagotovljena večja dimenzijska stabilnost in trdnost. Pri tem je treba opozoriti, da se EPS vgrajuje le kot del fasadnega sistema, ki ima evropsko tehnično oceno, ta pa je izdelana na podlagi evropske smernice za tehnično soglasje.

Stiroporu vlaga in voda iz okolice ne škodita, saj je material zvarjen pod vročo paro in zato ne potrebuje dodatnih veziv oz. škodljivih lepil. Ime "stiropor" je postalo sinonim za izolacijske plošče iz ekspandiranega polistirena s kratko oznako EPS. Pri penjenju surovine v kalupu se ustvarjajo veliki pritiski. Zaradi tega in velikih temperatur se material med seboj zvari brez zdravju škodljivih veziv.

Fasadne plošče imajo izredno paroprepustnost in majhno toplotno prevodnost zaradi mirujočega zraka, ki je kot tak odličen izolator. Poleg tega je okolju prijazen gradbeni material in je edini toplotno izolacijski material, ki omogoča 100 % recikliranje, saj vsebuje samo en polimer in je brez dodatnih veziv ali impregnacij. Glede propustnosti vodne pare je celo boljši od lesa. Zaradi vseh teh lastnosti se stiropor uvršča med univerzalne toplotno izolacijske materiale. **Lastnosti EPS lahko taksativno opredelimo kot:**

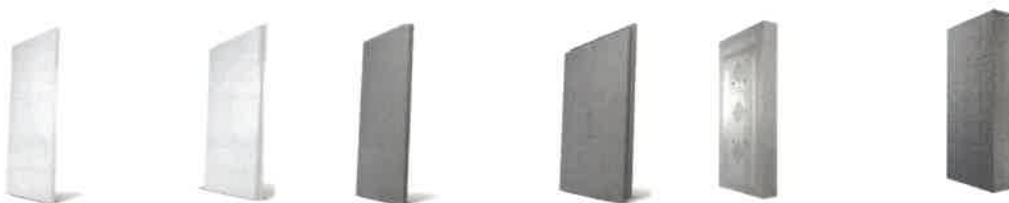
- odličen toplotni in zvočni izolator z odličnimi mehanskimi lastnostmi,
- v življenjskem ciklu ne spreminja oblike in lastnosti kot nekatere druge izolacije,
- primeren za celoten ovoj stavbe (temelji, zidovi, strehe).



- stiropor je 2-krat bolj paroprepusten kot les;  $\mu\text{EPS}=35 \rightarrow \mu\text{LES}=70$ .
- ves gradbeni stiropor je samougasljiv, v fasadnem sistemu z požarnim razredom B-d1,
- stiropor ohranja svoje vrhunske lastnosti celotno dobo objekta (60 let in več),
- nizek ogljični odtis glede na izolativnost,
- enostavna obdelava (brušenje, rezanje, oblikovanje), izdelava različnih posebnih oblik in formatov,
- agregat za lahke betone,
- mehansko odporen na nevihte, poplave in razna zamakanja,
- 20 – 30 % cenejša izvedba fasadnega sistema v primerjavi z ostalimi izolacijami,
- EPS plošče (stiropor) z leti ne spreminja svojih lastnosti.

Analiza se bazira na izdelkih firme Fragmat, ki je eden izmed ustanoviteljev Intechles-razvojnega centra, ki je sodelujoči gospodarski subjekt na projektu. Kot je že prikazano na trgu so dostopni tudi izdelki drugih proizvajalcev EPS, primerljive kakovosti, vendar se ta raziskava bazira na izdelkih Fragmat, in sicer so dostopni naslednji izdelki (Slika 4.22):

- EPS F
- EPS F-P
- EPS F-P 039
- NEO SUPER F 031
- PREMIUM 031
- NEO FLEX 031



Slika 4.22. Termoizolacija EPS. [Vir: [www.Fragmat.si](http://www.Fragmat.si)]

Analiza in primerjava fasadnih plošč EPS je prikazana v tabeli (Tabela 4.25). Zajeti so: toplotna prevodnost ( $\lambda_D$ ), debelina plošče, standard, razred gorljivosti, natezna trdnost in predstavitev zakaj je primerna posamezna toplotna izolacija.

Visoka natezna in tlačna trdnost omogočata uporabo tako na fasadi kot tudi v tlaku. Zaradi svoje celične strukture ni tako dovzeten na vpijanje vode kot nekateri drugi izolacijski materiali. Zaradi





nizke porabe surovine pri izdelavi EPS plošč, ki vsebuje 98 % zraka in le 2 % polistirena, ter ekonomične proizvodnje ima EPS odlično ekološko ravnotežje. Je zdravstveno neoporečen, saj ne vsebuje nobenih lepil ali primesi. Prav tako ga je možno 100% reciklirati. Če k vsem naštetim dejavnikom prištejemo še ugodno ceno, je logično, da velja EPS za najpogosteje uporabljen izolacijski material.

Tabela 4.25. Termoizolacija EPS, tehnični podatki.

<b>Primerjava lasnosti plošč EPS</b>						
	<i>toplotna prevodnost</i>	<i>Debelina plošče</i>	<i>standard</i>	<i>razred gorljivosti</i>	<i>primerne so za toplotno izolacijo</i>	<i>natezna trdnost</i>
<b>EPS F</b>	$\lambda_D = 0,039$ W/(m.K)	1 cm - 30 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	v fasadnih sistemih toplotne zaščite objektov v skladu z ETAG 004	TR100
<b>EPS F-P</b>	$\lambda_D = 0,039$ W/(m.K)	5 cm - 20 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	v fasadnih sistemih toplotne zaščite objektov v skladu z ETAG 004	TR100
<b>EPS F 039</b>	$\lambda_D = 0,039$ W/(m.K)	1 cm - 30 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	<i>v fasadnih sistemih toplotne zaščite objektov v skladu z ETAG 004</i>	TR150
<b>EPS F-P 039</b>	$\lambda_D = 0,039$ W/(m.K)	5 cm - 20 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	v fasadnih sistemih toplotne zaščite objektov v skladu z ETAG 004	TR150
<b>NEO SUPER F 031</b>	$\lambda_D = 0,031$ W/(m.K)	1 cm - 30 cm	SIST EN 13163,	E po EN 13501-1	v fasadnih sistemih ETIC S v skladu z ETAG 004, tlakov, notranjih sten in poševnih streh	TR150
<b>NEO SUPER F-P 031</b>	$\lambda_D = 0,031$ W/(m.K)	5 cm - 20 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	v fasadnih sistemih ETIC S v skladu z ETAG 004, notranjih sten in poševnih streh	TR150
<b>PREMIUM 031</b>	$\lambda_D = 0,031$ W/(m.K)	10 cm - 24 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	v kontaktnih fasadnih sistemih toplotne zaščite objektov, v skladu z ETAG 004	TR150
<b>NEO FLEX 031</b>	$\lambda_D = 0,031$ W/(m.K)	10 cm - 20 cm	SIST EN 13163	E po EN 13501-1	v kontaktnih fasadnih sistemih toplotne zaščite objektov, v skladu z ETAG 004	TR150

### Fasadne XPS plošče

Fasadne plošče XPS v Sloveniji nekoliko manj uporabljajo v primerjavi z EPS ploščami. Plošče se predvsem uporabijo na izpostavljenih mestih na fasadi (rob medetažne plošče, betonirani vogali, preklade, konzole, stebri) v t.i. izgubljenem opažu. XPS se uporablja tudi kot izolacijska sredica znotraj stavbnega pohištva (vhodna vrata in okna) ter jedro lahkih montažnih sten in za



preprečevanje toplotnih mostovih.

Dolgoletna uporaba v gradbeništvu je pokazala, da se ob pravilni vgradnji lastnosti XPS ne spreminjajo, torej njegova trajnost presega pričakovano življenjsko dobo objekta, v katerega je vgrajen. XPS plošče so sestavljene iz polistirena, v celicah pa je zrak. Biološko je nevtralen gradbeni material: nima nikakršnega kemičnega vpliva na naravne procese, prav tako nima hranilne vrednosti za živali in rastline. Po izteku življenjske dobe je možno 100 % recikliranje.

Zaradi drugačnega postopka proizvodnje in dodatkov ima XPS drugačno celično strukturo in mehansko stabilnost ter trdnost kot EPS, zato pred vgradnjo ni potrebno skladiščenje. **Lastnosti XPS lahko taksativno opredelimo kot:**

- odporen proti visokim mehanskim obremenitvam,
- odporen proti vodi in vlagi, tudi ob stalni izpostavljenosti,
- univerzalen izolacijski material za vgradnjo v različne sisteme gradbenih konstrukcij
- odličen v ekstremnih pogojih vgradnje: toplotna izolacija temeljev, izolacija pod temeljno ploščo, vkopani deli stavb, tlaki v industriji, ravne strehe itd.,
- majhna specifična teža,
- široko področje uporabe, enostavna manipulacija, formatiranje in vgradnja,
- zelo primeren za izdelavo izolacijskih polnil (stavbno pohištvo, bivalne enote, kontejnerji),
- odličen toplotni izolator,
- primeren za uporabo v težjih pogojih (stalna vlaga in mesta z visoko tlačno obremenitvijo).

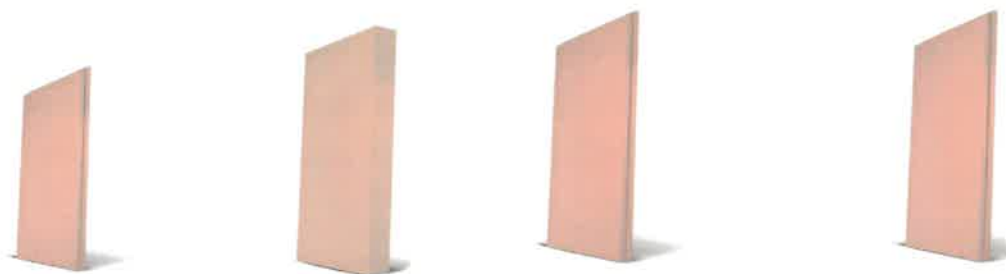
Fasade iz XPS (ekstrudirani polistiren) niso praksa, vendar deli fasade izvedeni z izolacijo od XPS-a zagotavljajo uravnoteženo paroprepustnost fasadnega ovoja stavbe, trajno energijsko učinkovitost fasade (izolativnost se z leti ter pod vplivom vlage ne spreminja), trajno trdnost sistema, ki je odporen proti udarcem in toči (tlačna trdnost fasadne izolacije iz XPS je najmanj 4-krat večja od EPS (ekspandirani polistiren) in do 8-krat večja od fasadne izolacije iz mineralne volne). XPS se uporablja tudi za preprečitev toplotnih mostov na okenskih in vratnih špaletah, za balkone, balkonske ograje, stebre, pilastre, tudi napušče in nadstreške. Poleg tega je nepogrešljiva izolacija dela stavbe, ki je v kontaktu s tlemi - cokla.



**Plošče XPS se uporabljajo za posamezne dele fasadnega ovoja.**

Glede na dejstvo, da XPS nima potencial širše uporabe pri energetski prenovi obstoječih stavb bodo v nadaljevanju predstavljene fasadne plošče XPS proizvajalca FRAGMAT, s svojimi splošnimi lastnosti. Analiza se bazira na izdelkih firme Fragmat, ki je eden izmed ustanoviteljev Intechles-razvojnega centra, ki je sodelujoči gospodarski subjekt na projektu. Kot je že prikazano na trgu so dostopni tudi izdelki drugih proizvajalcev, primerljive kakovosti, vendar se ta raziskava bazira na izdelkih Fragmat, in sicer so dostopni naslednji izdelki (Slika 4.23):

- Plošče FRAGMAT XPS 300 GL
- Plošče FRAGMAT XPS 300 NI
- Plošče FRAGMAT XPS 500 GL
- Plošče FRAGMAT XPS 700 GL



*Slika 4.23. Termoizolacija XPS [Vir: [www.Fragmat.si](http://www.Fragmat.si)]*

Debelina XPS plošč je od 3-20cm, toplotna prevodnost ( $\lambda_b$ ), debelina plošče, standard, razred gorljivosti, natezna trdnost in predstavitev zakaj je primerna posamezna toplotna izolacija so dostopni v izjavah o lastnostih proizvodov posameznih proizvajalcev.

Tehnični podatki za XPS plošče (toplotna prevodnost, razred gorljivosti, debelina plošče ipd.) niso relevantni, kajti v tej raziskavi XPS ne bo uporabljen kot fasadna plošča za fasadne sisteme. Kot se je že v praksi pokazalo kot zelo učinkovito uporabi se za posamezne dele fasadnega ovoja.



## Kamena volna

Plošče iz kamene volne se uporabljajo kot toplotna in zvočna izolacija hiše obenem pa nudijo tudi požarno zaščito in tudi dobre mehanske lastnosti. Kamena volna zagotavlja visoko toplotno izolativnost fasade, omogoča izvedbo kompaktnih, trajnih in visoko paropropustnih fasadnih sistemov, ki zagotavljajo ugodno bivalno klimo ter zmanjšujejo količino potrebne energije za ogrevanje in hlajenje objekta. Hkrati zagotavljajo tudi visoko požarno varnost objekta.

Prednosti izolacijskih plošč iz kamene volne so:

- visoka stopnja izolativnosti,
- visoka trdnost,
- požarna zaščita,
- omogočajo hitro izvedbo prenove fasade,
- paropropustnost.

Kamena volna je naraven mineralni material z nizko vsebnostjo organskih snovi. V osnovi je sterilni material, ki ni hrana za nobeno živo bitje, in je kot kamen neomejeno trajen material. V fasadnem sistemu nastopa kot trdna podlaga za sisteme armiranih ometov, ki dosegajo mehansko najboljše vrednosti točkovne trdnosti.

Mineralna volna je osnova za fasade iz kamene volne, ki se veliko vgrajuje za izolacijo fasade, ker jo odlikujejo odlična toplotna izolativnost, požarna odpornost, zvočna izolacija in paroprepustnost. Sestoji se iz kamenine bazalt, od tod ime kamena volna. Je paroprepustna izolacija, ki v sistemu kontaktne fasade deluje kot toplotnoizolacijski in hkrati paroizenačevalni sloj. Zaradi difuzije vodne pare skozi zunanji zid se pri kameni volni točka rosišča pojavi na zunanji strani sloja kamene volne. Zasičena vodna para se iz kamene volne lahko nemoteno izsuši navzven skozi paroprepusten sloj zunanjega ometa in se ne zadržuje v nosilni konstrukciji zidu. Kamena volna je okolju prijazen izolacijski material. Najbolj so za uporabo poznane plošče kamene volne za manjše vgradne debeline ter lamele kamene volne večjih debelin.

Proizvajalci toplotnih izolacij, ki ponujajo izdelke iz kamene volne v Sloveniji so KnaufInsulation,<sup>34</sup> URSA,<sup>35</sup> JUB<sup>36</sup> in številni drugi. Fragmat TIM iz Laškega,<sup>37</sup> eden izmed ustanoviteljev Intech-les,

<sup>34</sup> <https://www.knaufinsulation.si>

<sup>35</sup> <https://www.ursa.si>

<sup>36</sup> <https://www.jub.si>



razvojnega centra sodelujočega gospodarskega subjekta na projektu VRTEC+, mineralne volne ne proizvaja. V proizvodnem asortimanu tega proizvajalca najdemo gradbene plošče DRVOLIT D - Gradbene plošče iz mineralizirane lesne volne, ki so izdelana iz mineralizirane lesne volne, ki je s cementnim vezivom in dodatki povezana v kompaktno celoto. Zaradi porozne notranje strukture in oblike površine je odličen izolator v sistemih protihrupne zaščite. Toplotna prevodnost plošče je  $\lambda_D = 0,074 \text{ W/mK}$ , dober oprijem z betonom in idealna podlaga za omete, težko gorljiv material: B – s1, d0 po EN 13501-1, odpornost na staranje, kemične vplive, zajedavce in plesni, dobra absorpcija zvoka in visoka paroprepustnost, zelo dobre mehanske lastnosti, enostavno formatiranje in ostala obdelava pri vgradnji, visoka sposobnost vzdrževanja faznega zamika preboja toplote skozi površino stavbe. Potrebno je omeniti da plošče na trgu nimajo veliko uporabo in so načeloma izdelki od kamene volne bolj prodajani. Lastnosti plošč od kamene volne različnih proizvajalcev so prikazane v tabeli (Tabela 4.26).

*Tabela 4.26. Toplotno izolacijske plošče od kamena volna, tehnični podatki.*

<b>Primerjava lastnosti plošč kamene volne (podjetja Knauf Insulation)</b>				
	<b>toplotna prevodnost</b>	<b>Debelina plošče</b>	<b>standard</b>	<b>razred gorljivosti</b>
FKD-S	$\lambda_D = 0,035 \text{ W/(m.K)}$	5 cm - 24 cm	SIST EN 12667	SIST EN 13501-1: A1
FKD-N	$\lambda_D = 0,034 \text{ W/(m.K)}$	5 cm - 24cm	SIST EN 12667	SIST EN 13501-1: A1
FBN	$\lambda_D = 0,034 \text{ W/(m.K)}$	13.5 cm - 17cm	SIST EN 12667	SIST EN 13501-1: A1
N C1	$\lambda_D = 0,034 \text{ W/(m.K)}$	10 cm - 20 cm	SIST EN 12667	SIST EN 13501-1: A1
FKD	$\lambda_D = 0,039 \text{ W/(m.K)}$	2 cm - 4 cm	SIST EN 12667	SIST EN 13501-1: A1
<b>Primerjava lastnosti plošč kamene volne (podjetja Fragmat TIM)</b>				
	<b>toplotna prevodnost</b>	<b>Debelina plošče</b>	<b>standard</b>	<b>razred gorljivosti</b>
Drvolit D	$\lambda_D = 0,074 \text{ W/(m.K)}$	1.5 cm - 101 cm	SIST EN 12667	B – s1, d0 po EN 13501-1

### **Možnosti reciklaže toplotno izolacijskih materialov – vpliv na okolje**

Vprašanje reciklaže je izrednega pomena, ko govorimo o okoljskih vplivih posameznih toplotnih izolacijah in se tej tematiki v zadnjih letih posveča posebna pozornost. Večina proizvajalcev toplotnih izolacij na slovenskem trgu se z razvojem različnih rešitev za toplotno izolacijo stavb prizadevajo, da bi v načrtovanju svojih rešitev bili čim bolj prijazni do okolja in sicer tako do okolja, v katerem delujemo kot tudi širše, saj s proizvodnjo izolacijskih izdelkov bistveno pripomoremo k zmanjševanju emisij snovi v zrak.

<sup>37</sup> <https://www.fragmat.si>



Pri EPS in XPS toplotnih izolacijah proizvajalci reciklirajo vse ostanke, ki nastajajo v proizvodnem procesu. Zmeljejo jih in dodajo k osnovni surovini. Podobno lahko znova uporabijo že vgrajen in zavržen material. Pogoj je le, da je očiščen malte in lepil ter drugih nesnag. Pri večjih debelinah lahko nečistoče preprosto odrežejo, pri tanjših pa je to večinoma težava, zato priporočajo odlaganje na deponijo med gradbene odpadke. Velja opozoriti, da se polistirenov ne sme zažigati, saj se pri gorenju sprošča škodljiv plin stiren.

Po izteku življenjske dobe XPS in EPS, ki je sestavljen le iz polistirena, v celicah pa je zrak. Po izteku življenjske dobe je možno 100 % recikliranje tega gradbenega proizvod. Biološko je nevtralen: nima nikakršnega kemičnega vpliva na naravne procese, prav tako nima hranilne vrednosti za živali in rastline. Dolgoletna uporaba v gradbeništvu je pokazala, da se ob pravilni vgradnji lastnosti XPS ne spreminjajo, torej njegova trajnost presega pričakovano življenjsko dobo objekta, v katerega je vgrajen.

Eden izmed največjih slovenskih proizvajalcev toplotne izolacije FRAGMAT TIM d.o.o. je tudi pooblaščen predelovalec odpadnega stiropora in EPP-eja, saj razpolaga tudi z okoljevarstvenim dovoljenjem za predelavo odpadnega EPS-a (stiropora) in EPP-eja. FRAGMAT TIM d.o.o. je tudi eden izmed ustanoviteljev razvojnega centra Intech-les, ki je sodelujoči gospodarski subjekt na projektu. Vprašanje reciklaže fasadnih izdelkov oz. okoljski vpliv sistema kot celote je zajeto tudi z LCA analizo (poglavje 4.3 raziskave).

Na področju ravnanja z okoljem so aktivnosti večine proizvajalcev toplotnih izolacij usmerjene v obvladovanje zakonodajnih zahtev ter zmanjševanje vplivov na okolje. Poleg zmanjševanja emisij snovi v zrak so tudi prizadevanja za gospodarno ravnanje z naravnimi viri in energenti ter da bi povzročili čim manjše obremenjevanja okolja zaradi nastajanja odpadkov.

### **Pravilna izbira toplotno izolacijske plošče sistema**

Eden izmed prvih pogojev kakovostnega bivanja in ustvarjanja idealnih razmer za bivanje je kakovosten fasadni sistem. Zato je pravilno izbrana izolacija ustrezne debeline izredno pomembna. Pri izbiri toplotno izolacijske plošče na fasadnem ovoju stavbe je potrebno upoštevati več dejavnikov. Prvi dejavnik je pozicija plošče v fasadnem ovoju: fasadna stena, streha, strop proti neogrevanem podstrešju ipd. Pozicija izolacije v sklopu opredeli tudi tip TI plošče. Drugi pomemben dejavnik je vrsta gradnje. Analize stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje so pokazale, da obstoječe stavbe







glede na tip konstrukcije (masivni in montažne) oz. uporabljeni gradbeni material nosilnih sten razdelimo lahko v tri skupine: stavbe grajene z opeko, stavbe grajene z betonom (grajene ali prefabricirane), lesene montažne stavbe (okvirno-panelni sistem). Glede na vrsto gradnje uporabljamo različne toplotno-izolacijske materiale. Glede na sestavo nosilnega dela fasadne stene (opeka, beton, ...) lahko različni fasadni sistemi bolje izkoristijo prednosti podlage. Vrsta gradnje in pozicija TI plošče v stavbi posredno opredeli tip izolacije in njeno debeljino. Maksimalna dovoljena toplotna prehodnost gradbenega elementa in minimalna debelina toplotne izolacije sta določeni v veljavni zakonodaji glede na gradbeni element oz. pozicijo izolacije v stavbi in prav tako vplivajo na izbiro toplotne izolacije. Vsi naštetih dejavniki, ki vplivajo na pravilno izbiro toplotne izolacije so predstavljeni v tabeli (



Tabela 4.27).



Tabela 4.27 Optimizacija izbire toplotne izolacije za posamezne gradbene elemente

Gradbeni element	Pozicija toplotne izolacije v sklopu	Max dovoljena toplotna prehod.PURES2010	Priporočene debeljina toplotne izolacije (mm)
<b>Poševn streha</b> 	-med ogrevanim in zunanjim prostorom  – med konstrukcijskimi elementi (šperovci oz škarniki)	<b>0,20</b>	<b>260-280</b>
<b>Strop proti neogrevanem podstrešju</b> 	-med ogrevanim in neogrevanim prostorom  – nad medetažno konstrukcijo ali med konst. elementi (okvirnopanelni sistem); pohoden ali nepohoden	<b>0,20</b>	<b>260-280</b>
<b>Zunaje stene, kontaktna ali prezračevana fasad</b> 	-med ogrevanim in zunanjim prostorom  – na zunanji strain konstrukcijskega elementa li med konst. elementi (okvirnopanelni sistem)	<b>0,28</b>	<b>160-200</b>
<b>Tla na terenu</b> 	-med ogrevanim in zunanjim prostorom  - nad AB ploščo, pod cementnim estrihom; posodna	<b>0,30</b>	<b>120-140</b>

Lastnosti toplotno izolacijske plošče, ki je potrebno upoštevati pri izbiri izolacije za posamezni konstrukcijski sklop v stavbi so: toplotna prevodnost, občutljivost na navlaževanje, trajnost, trdnost, požarna varnost in specifični okoljski kriteriji. Pomemben dejavnik, ki je že prej omenjen je tudi cena fasadnega sistema. Vse dejavnike je potrebno upoštevati ob iskanju optimalne rešitve za fasadni sistem novogradnje ali obstoječe stavbe.



Za potrebe te raziskave se pravilna izbira fasadnega sistema, predvsem vstrezna debelina in tip toplotne izolacije za posamezne sklope fasad analizira s softverskim orodjem UBAKUS in PHPP.

### **Gradbeno fizikalne lastnosti fasadnega sistema**

Gradbeno fizikalne lastnosti fasadnih sistemov se za potrebe te raziskave osredotočijo na gradbeno fizikalne lastnosti toplotne izolacije, kot osnovne komponente fasadnega sistema, in sicer EPS in kamene volne, kot dve osnovni komponente teoretično razvitih sistemov v tej raziskavi.

### **Protipožarna varnost**

Fasadni sistem tvori več različnih komponent, ki vplivajo na požarno varnost sistema. Protipožarna varnost je ena izmed osnovnih gradbeno-fizikalnih lastnosti fasadnega sistema. Osnovna komponenta sistema je toplotna izolacija in je protipožarna varnost toplotno izolacijskega materiala ključnega pomena za protipožarno varnost celotnega fasadnega sistema, vendar je treba pri gorljivosti upoštevati fasadni sistem kot celoto.

Kontaktni fasadni sistem s tankoslojnim ometom, ki je najpogosteje uporabljena rešitev, tako spada v razred B, kar pomeni stopnjo gorljivosti – težko gorljiv. Osnovna komponenta tovrstnega fasadnega sistema je toplotno izolacijska plošča, najbolj pogosto je to EPS plošča, ki je v osnovi normalno gorljiv material, razreda E po EN 13501-1, vendar se fasadni sistemi preizkušajo kot celota in ne posamezno po komponentah. Za izvedbo kontaktne fasade z uporabo EPS izolacije, kjer so vse komponente medsebojno povezane, tako večinoma velja požarni razred B-d1. Takšen sistem se uporablja do višine 10 m brez omejitev, medtem ko pri objektih višine 10 do 22 m, uporabimo pas negorljive izolacije razreda A2 nad okni ali vrati. Takšen pas negorljive izolacije višine 20 cm sega levo ali desno najmanj 30 cm čez rob okna ali vrat.

Kamena volna je popolnoma negorljiv material in spada v razred A1. Ker v vsaki kontaktni fasadi predstavlja volumsko največji delež materiala, so tudi fasadni sistemi s kameno volno požarno najbolj varni, in se kot celota največkrat uvrščajo v razred A2-s1, d0.

### **Paroprepusnost toplotnoizolacijskih materialov (difuzijska upornost in koeficient paroprepustnosti)**

Difuzijska upornost prehoda vodne pare  $\mu$  je brez dimenzijska vrednost, ki pove, kolikokrat večji je upor proti prehodu vodne pare pri nekem materialu kot prehod vodne pare po zraku. Višja je vrednost, večja je parozapornost materiala. Zrak ima vrednost  $\mu = 1,0$ . Bližje, ko je difuzijska upornost prehodu vodne pare tej vrednosti, bolj paroprepusten je material. Fasadne plošče EPS imajo količnik



difuzijskega upora prehoda vodne pare  $\mu$  od 20 do 60. Perforirani oziroma luknjičasti EPS ima  $\mu$  okrog 10. Luknjice omogočajo boljši prehod vodne pare. Pri mineralni volni je paroprepusnost veliko večja kot pri polistirenu, dejansko med fasadnimi ploščami iz ekspandiranega polistirena, bolj znanimi kot stiropor, in mineralno volno pravzaprav ni razlike pri toplotni izolativnosti, razlika je v paroprepustnosti.

»Koefficient paroprepustnosti«, »koefficient prehoda vodne pare«, »faktor upornosti difuzije vodne pare« ali »zaporna vrednost materiala za vodno paro« označujemo s simbolom  $S_d$ , ki je enak zmnožku difuzijske upornosti prehoda vodne pare in debeline materiala ( $S_d = \mu \cdot d$ ) in predstavlja ekvivalentno debelino zračnega sloja (m). Paroprepustni sloji imajo koefficient paroprepustnosti  $S_d$  manjši od 0,05 m, parne ovire imajo  $S_d$  od 0,05 do 10 m, parne zapore pa imajo zaporno vrednost  $S_d$  večjo od 10 m. Sloji, ki imajo zaporno vrednost  $S_d$  večjo od 1.000 m, kot so kovinske folije, ne prepuščajo vodne pare.

V vsaki gradbeni konstrukciji pa tudi v fasadnem ovoju poteka difuzija vodne pare vzdolž gradienta iz plasti z večjo nasičenostjo k plastem z manjšo nasičenostjo. Difuzija vodne pare skozi zunanje stene je posledica razlike parcialnih tlakov vodne pare na obeh straneh stene in je znan fizikalen pojav. Vлага prehaja od toplega k hladnemu zraku. Vlažne konstrukcije povečajo vlažnost zraka v prostoru, ter ustvarjajo pogoje za razvoj mikroorganizmov, ki vplivajo na kakovost bivanja. Zaradi tega mora fasadni sistem imeti optimalno paroprepusnost. Zaželeno je, da vodna para prehaja skozi vse plasti in uhaja iz konstrukcije, tako ne pride do njenega zadrževanja v kateri izmed plasti, kjer bi tako kondenzirala in povzročila korozijo, nastanek plesni in poslabšala lastnosti izolacijskih materialov.

Pri paro prepustnih sistemih, ki so difuzijsko odprti, vodna para enakomerno prehaja skozi vso površino parne ovire (difuzija). Parna ovira opravlja svojo funkcijo šele takrat, ko je v pravilnem razmerju z ostalimi vgrajenimi materiali. **Para se torej ne sme vezati na izolacijo in mora prosto izhajati ven, drugače se zaradi kondenzacije ali konstrukcija ali toplotna izolacija namočita.** Večji ekvivalent paroprepustnosti toplotnoizolacijskega materiala ne pomeni enako večjo paroprepustnost celotnega konstrukcijskega sklopa, nanj namreč pomembno vplivajo tudi drugi materiali in njihova paroprepustnost. Slednje še posebej velja za fasadne omete, ki imajo dve nasprotujoči si lastnosti: dobro paroprepustnost ob hkratni visoki vodoodbojnosti.

Pri večslojnih konstrukcijah se mora paroprepustnost slojev povečevati navzven. Po fizikalnih zakonih teži vodna para iz prostorov z višjim parnim tlakom v prostore z nižjim, bistveno pa je, da v konstrukcijo vstopa manj vlage kot je izstopa. Pravilna izvedba izolacijskih slojev glede na



paroprepustnost pare, je bistvenega pomena za učinkovito izolacijo in tudi za mikro klimo ter z njo povezanim, dobrim počutjem v prostoru. Če so zunanje površine stanovanja paroprepustne za paro, izparina z difuzijo prehaja prek zidov na plan. Dovolj je, da ena sama plast zapira pot izparini, ki zato ostaja v prostoru, ali še huje v izolaciji ali zidu.

Glede na prej zapisano poznamo torej dva načina izdelave fasadnih sistemov glede na paropropusnost. Prvi je paroneprepusten ali difuzijsko zaprt, drugi pa je paroprepusten ali difuzijsko odprt način. **V tej raziskavi bo analiza paroprepusnosti vsakega sistema izdelana v softveru *Ubakus*. Na podlagi analiz se določi točka rosišča oz. paroprepusnost in druge lastnosti sistema.**

#### **Mehanske lastnosti toplotnoizolacijskih materialov**

Kakovost fasadnih izolacijskih plošč je v veliki meri odvisna od njihove natezne trdnosti (oznaka TR), ki znaša 100 oziroma 150 kPa. Plošče z natezno trdnostjo TR 100 so primerne za večino stanovanjskih hiš, pri katerih ni večjih obremenitev zaključnih slojev, torej težjih kamnitih oblog ali večjih vetrnih obremenitev. Plošče TR 150 pa so primernejše za kompleksnejše fasade, kjer mora material prenašati večje mehanske obremenitve.

EPS ima kljub majhni teži dobre mehanske lastnosti ter velja za zelo odporen material. Gostota fasadnih EPS plošč znaša od 14 do 18 kg/m<sup>3</sup>. Od te so odvisne fizikalne lastnosti plošč. Kemijska odpornost in temperaturna obstojnost pa sta praktično neodvisni od gostote.

#### **Toplotna prevodnost in toplotna prehodnost**

Toplotnoizolacijski materiali (TI) se med seboj precej razlikujejo. Toplotna prevodnost  $\lambda$  (lambda) nam pove kako dobro material prevaja toploto. Nižja kot je vrednost, bolj je material izolativen, in je manjša debelina toplotne izolacije potrebna.

**Toplotna prevodnost običajnih TI materialov, ki se danes uporabljajo pri prenovi ali gradnji stavb se giblje med 0,025 in 0,060 W/mK. Toplotna prevodnost fasadnega stiropora je med 0,031 W/mK in med 0,039 W/mK. Izbrati je treba primerne izolacijske materiale za načrtovane konstrukcije. Hkrati pa je treba zasledovati tudi stroškovno učinkovitost in enostavnost vgradnje. Za toplotne izolacije fasad večine stavb je optimalen stiropor, navaden ali grafitni.**



### **Finančni aspekt izvedbe fasadnega sistema z toplotno izolacijo**

Seveda je ob prenovi fasadnega ovoja stavbe finančni aspekt prenove zelo pomemben, sploh pri javnih stavbah pri katerih se vsi večji gradbeni posegi na stavbah izvajajo preko javnih naročil, pri katerih je najbolj pomemben kriterij cena.

Pomembno je poudariti, da pri javnih naročilih nikakor ne sme kriterij najnižje cena vplivati na kakovost izvedenih del, kar mora biti skrb strokovnjakov, ki so zadolženi za nadzor in investitorjev. Pri finansijskem aspektu izvedbe fasadnega sistema sta dva dejavnika pomembna, cena posega oz. investicije in prihranki energije, ki jih lahko stavba doseže z leti in se kažejo tudi v obliki finančnih prihrankov. Glede na dejstvo, da se večina šolskih in predšolskih stavb pri nas danes prenavlja po principu javno-zasebnega partnerstva ali z nepovratnimi sredstvi različnih skladov EU, načrtovani prihranki energije so tudi zelo pomembni.

Cene investicije lahko zelo nihajo, odvisno od uporabljenih gradbenih materialov in bodo v nadaljevanju tega poglavja predstavljene oz. primerjane cene termoizolacije kot osnovne komponente fasadnega sistema, informativno v skladu z tržnimi pogoji v tem trenutku (september 2021).

Na splošno velja, da je fasadni sistem z EPS fasadnimi ploščami približno 20-30% cenejši od sistema z mineralno volno. Informativni izračuni za 200 kvadratnih metrov fasade, če primerjamo fasadni sistem s klasičnim EPS, ki ni paroprepusten, s sistemom s kameno volno, ki je paroprepusten. Razlika v investiciji je, upoštevajoč zgolj material 34%, če upoštevamo še delo, pa je razlika 30%. Če primerjamo fasadni sistem s paroprepustnim EPS in fasadni sistem s kameno volno, pa je cena prvega samo še 20% nižja, upoštevajoč tudi delo pa 22% nižja od drugega. V obeh primerih so primerjane cene za debeline, ki jih za odobritev subvencije zahteva Eko sklad.

Poleg cenovne razlike med EPS oz. XPS izolacijskimi ploščami in kameno volno, je razlika najprej njun izvor, paroprepustnost in protipožarni varnosti, kar je že predstavljeno v prejšnjih poglavjih. Kamena volna je mineralnega izvora, osnovni surovini sta balzat in diabaz, EPS in XPS pa proizvajajo iz polistirena, ki je eden od naftnih derivatov. Bolj paroprepustna je kamena volna, čeprav je v zadnjih letih na trgu tudi vse več ponudbe paroprepustnega EPS in XPS. Za vgradnjo toplotne izolacije iz mineralne volne, največkrat kamene, se pogosteje odločajo tisti, ki gradijo nove stavbe, izberejo pa



jo tudi tisti, ki želijo svoj dom obleči v bolj naraven in paroprepusten material, začetna investicija pa je bistveno večja.

Torej v kolikor finansijski aspekt gradbenega posega ni težava oz. investicija zagotavlja dovolj sredstev (kar pri javnih stavbah ni slučaj in so finansije večinoma zelo omejene) in odločitev temelji na želji po bolj naravnem, bolj paroprepustnem in požarno varnem materialu, drugi se odločajo glede na ceno. Ta seveda ni odvisna zgolj od cene toplotne izolacije temveč tudi od drugih komponent fasadnega sistema, kot so emulzije za oprijem, lepilo, fasadne mrežice, vijaki, čepi, zaključni fasadni sloj. Toplotna izolacija v ceni materialov predstavlja od 43 do 60%, v končni ceni izdelane fasade pa od 25 do 40%.

V nadaljevanju so primerjane cene termoizolacijskih plošč, kot osnovnih komponent fasadnega sistema. Cene so zgolj informativne, v skladu z trenutnimi tržnimi razmerami, ki se nenehano spreminjajo (Tabela 4.28).

*Tabela 4.28. Primerjava cen termoizolacijskih materialov za fasadne sisteme.*

	Toplotna prevodnost (W/mK)	Debelina (cm)	Cena (eur/m <sup>2</sup> ), brez ddv-ja
<b>EPS (klasičen), beli</b>	0.040	15	29
		17	31
		20	34
<b>EPS paroprepusten, beli</b>	0.040	15	32
		17	35
		20	38
<b>EPS paroprepusten, sivi</b>	0.031	14	36
		20	35
<b>Mineralna volna - lamela</b>	0.040	15	42
		18	47
		20	51
<b>Mineralna volna - plošča</b>	0.036	15	40
		16	42
		20	49

*\* OPOZORILO: Vse prikazane cene so brez DDV in so informativne narave. Cene izolacijskih materialov in trgovskega blaga veljajo po ceniku dobavitelja na dan izdaje tega cenika. Prodajalec si zato pridržuje pravico do spremembe cen, brez predhodne najave.*



V tabeli so cene termoizolacijskih plošč različnih debelin, popisane v skladu s trenutnimi tržnimi razmerami, ki so kot že rečeno precej nepredvidljive v zadnjem času. **Smisel podanih cen je medsebojno cenovno primerjanje termoizolacijskih izdelkov, za oceno stroškov je potrebno upoštevati ves material v fasadnem sistemu, delo, morebitno izdelavo projektne dokumentacije ipd.** Iz preglednice je jasno razvidno, da nekaj dodatnih centimetrov toplotne izolacije ne bo bistveno vplivalo na končno ceno fasade, lahko pa močno vpliva na izboljšanje parametrov energetske učinkovitosti in bivalnega ugodja.

Poleg cen termoizolacijskih plošč, ki so vsekakor največji strošek ob finančnem načrtovanju investicije je v ceni fasade potrebno upoštevati tudi ostale materiale v sistemu, in prav tako ceno izvedbe posega oz. ceno dela. Ob ekonomičnem načrtovanju posegov na fasadi stavbe je potrebno upoštevati tudi dejstvo, da cena izvedbe del, od postavljanja odra, izvedbe zaključnega sloja fasade ter vsega potrebnega, je ne glede na debelino izolacije, povsem enaka. To praktično pomeni, da enkrat večja debelina izolacije fasado podraži le za desetino, prihranki energije za ogrevanje stavbe, ki se ob tem zagotovijo (za daljše časovno obdobje) so seveda neprimerljivi. Cena izvedbe del lahko zelo njih, odvisno od ponudnika in zaradi tega je njena ocena brezpredmetna v tej raziskavi.

Drugi pomemben dejavnik finančnega aspekta prenove fasadnega sistema stavbe je prihranek ostvarjeni z znižanimi stroški ogrevanja, ki se lahko dosežejo z izolacijo fasade stavbe. Ta dejavnik je danes v obdobju, ko so cene energentov vedno višje, ključnega pomena za uporabnika javne ali privatne stavbe. Z izolacijo stavbe se stroški ogrevanja znižajo, energetska učinkovitost objekta pa se močno izboljša, s tem se stroški predvsem ogrevanja stavbe zmanjšajo in se investicija v izolacijo že v nekaj letih povrne, kar je še posebej pomembno pri javno-zasebnih partnerstvih preko katerih se danes financira večina energetskih prenov slovenskih vrtcev. Raziskave kažejo, da se investicija v toplotno izolacijo iz stiropora z energetskega stališča izredno hitro povrne, saj lahko vsak kilogram pravilno uporabljenega stiropora v petdesetih letih prihrani 400 litrov kurilnega olja.<sup>38</sup> Seveda je vse odvisno od sestave vseh konstrukcijskih elementov stavbe, namembnosti, načina uporabe, velikosti stavbe in številnih drugih dejavnikov.

**Danes se pri obnovi fasade investitorji večinoma odločajo za obnovo fasade na starejših stavbah s dodatno toplotno izolacijo iz ekspanziranim polistirenom (EPS). Takšna fasada je najcenejša, saj je klasični EPS najcenejši toplotnoizolativni material.**

<sup>38</sup> <https://www.fragmat.si/>



Na koncu se lahko zaključi, da na ceno izvedbe fasadnega sistema ima vpliv predvsem vrsta izolacije, debelina izolacije ter zahtevnost izvedbe fasade. Poseg oz. prenova fasade stavbe mora hkrati vplivati na izboljšanje bivalnega ugodje in občutno zmanjšanje mesečnih stroškov za ogrevanje.

Inovativne toplotne izolacije kot so npr. nanofibrilirana celuloza (izdelek, ki ga je eksperimentalno razvijal tudi sodelujoči gospodarski subjekt na tem projektu Intechles), naravna toplotna izolacija (ISOCELL) iz celuloznih vlaken, ki je izdelana z recikliranjem čistega in nemešanega papirja dnevnega časopisa z izjemno nizko toplotna prevodnost (AT/EU 0,038 W/mK, DE: 0,039 W/mK) ali drugi nekonvencionalni izdelki v Sloveniji nimajo širše uporabe, predvsem zaradi cene, ki ni konkurenčna.

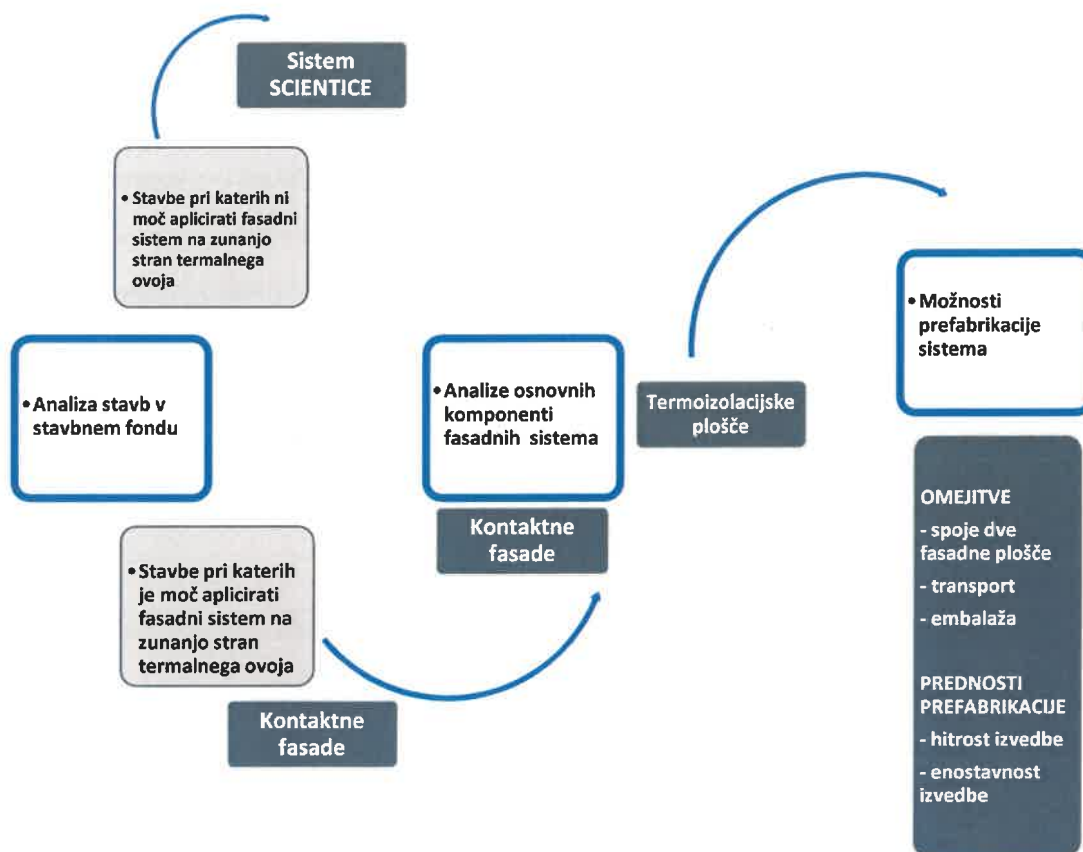
#### **Metodologija analize in razvoja fasadnih sistemov v raziskavi VRTEC+**

Na podlagi vseh izvedenih analiz v tej raziskavi se je pristopilo analizi možnosti uporabe različnih toplotnih izolacij in razvoju fasadnega sistema. Teoretični razvoj fasadnega sistema temelji na posebni metodologiji, ki je zajela: 1.) podrobne analize obstoječih stavb in fasadnih ovojev (aktivnost 3 in 4 raziskave) na podlagi analize se opredeli najbolj pogost tip fasade v obstoječem stavbnem fondu; 2) analize osnovnih komponent fasadnih sistemov s poudarkom na toplotni izolaciji kot osnovni komponenti vsakega fasadnega sistema in 3) analize možnosti prefabrikacije fasadnih sistemov, opredeljen na podlagi vseh analiz v tej raziskavi.

S opredeljeno metodologijo analize in razvoja fasadnih sistemov v raziskavi VRTEC+, ki je shematski prikazana (Slika 4.24) se ugotovi da je najbolj pogost fasadni sistem zunanje toplotne izolacije na obstoječih stavbah kontaktna fasada. Razlogi za to so: cena izvedbe, enostavnost izvedbe (veliko število izvajalcev/kvalificiranih delavcev, ki to fasado lahko kakovostno izvedejo). Najbolj pogosto uporabljena toplotna izolacija pri obstoječih stavbah s toplotno izolacijo in pri že izvedenih prenovah je EPS, v zadnjem desetletju je prisotna tudi uporaba kamene volne. Na podlagi ugotovitev se analizira možnosti prefabrikacije fasadnih sistemov. Na podlagi vseh analiz se izpostavijo tudi omejitve in prednosti prefabrikacije, in sicer omejitve: problem spoja dve fasadne plošče, problem transporta plošč z zaključnim slojem fasade in problem embalaže tovrstnih plošč. Osnovne prednosti prefabrikacije so: prednost hitre izvedbe fasade s prefabricirnimi sistemi, enostavnost izvedbe. Z metodoško analizo se ugotovi, da obstaja potreba tudi po sistemu notranje toplotne izolacije, pri



stavbah pri katerih je to edina možnost dodatne toplotne izolacije.



Slika 4.24. Shematski prikaz metodologije analize in razvoja fasadnih sistemov v raziskavi VRTEC+

Na podlagi analiz in opredeljene metodologije se v tej raziskavi opredelijo in analizirajo dva fasadna sistema opredeljena na podlagi pozicije toplotne izolacije, in sicer sistema zunanje toplotne izolacije, analiziran je in predstavljen tudi sistem notranje toplotne izolacije. Sistem zunanje toplotne izolacije se opredeli kot kontaktna fasadna primerna za dva tipa konstrukcij masivni in montažni in razvije se prefabricirani fasadni izdelek za kontaktne fasade.



#### 4.2.1 FASADNI SISTEM ZUNANJE TOPLOTNE IZOLACIJE

Smisel projekta VRTEC + je poleg razvoja modelov prenov stavb predšolske vzgoje, vzporedno teoretični razvoj fasadnih sistemov. Analizirane so možnosti uporabe različnih fasadnih sistemov in različnih toplotnih izolacijah in je teoretično razvit optimalni fasadni sistem zunanje toplotne izolacije za potrebe te raziskave. Analizirana je tudi možnost prefabrikacije sistema oz. njegovih elementov, z integrirano toplotno izolacijo v fasadni sistem v obliki panelov določene velikosti, ki so pred izdelani v tovarni ter se montirajo na obstoječo fasadno steno. Izvedene so tudi analize s ciljem da se razišče smisel takšnega sistema in, da se analizirajo možnosti njegovega razvoja in njegove prilagoditve pestrem stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, prav tako tudi omejitve tovrstnega sistema.

**V tem delu raziskave je predstavljen kontaktni fasadni sistem zunanje toplotne izolacije primeren za masivne obstoječe stavbe in fasadni sistem zunanje toplotne izolacije primeren za montažne obstoječe stavbe. Razvije se in predstavi prefabricirani fasadni element, ki ima možnost aplikacije v sistemu kontaktne fasade pri masivnih ali montažnih obstoječih stavbah.**

##### 4.2.1.1 Uvodne smernice

Na podlagi vseh dosedanjih raziskav uvodoma v tem delu raziskave se poda odgovor na vzgled tako preprosto vprašanje: *kaj je fasadni sistem?* Fasadni sistemi je kombinacija materialov: izolacije, lepila in zaključnega sloja, ki skupaj tvorijo najboljšo možno zaščito in energetske učinkovitost stavbe. Fasadni sistemi je zelo kompleksen element hiše, ki mora zagotoviti varčno, okolju prijazno in predvsem zdravo bivanje v vrtcih, šolah, javnih stavbah in hišah.

Fasadni sistemi v praksi se danes razlikujejo, vendar je zaželeno, da vsak fasadni sistem združuje materiale, ki so med seboj usklajeni in s strokovno vgraditvijo omogočajo energetske prihranke in izboljšuje kakovost bivanja v stavbi in estetski videz stavbe. Prav tako so to kriteriji, ki jih mora izpolniti fasadni sistem teoretično razvit v tej raziskavi. Cilj je, da se v tej raziskavi analizirajo, razvijejo in predstavijo fasadni sistemi, ki lahko zadostijo tem kriterijem. V tej raziskavi so predstavljeni pregledno, s ciljem da se investitorji oz. vsi ostali udeleženci v gradnji lahko seznanijo z različnimi možnostmi aplikacije fasadnih sistemov na obstoječe stavbe.



### O fasadnih sistemih zunanje toplotne izolacije

Fasada z zunanjo toplotno izolacijo, je najpogostejša izvedba fasade na stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji, toplotna izolacija se nahaja na zunanji strani nosilne stene k neogrevanem prostoru, kjer je zaščitena z oblogo. Obloga ima pomembno vlogo, saj je izpostavljena številnim vplivom. Imeti mora ustrezno mehansko trdnost, biti odporna proti svetlobi in vremenskim vplivom. Za toplotno izolacijo lahko uporabljamo različne materiale. Najpogosteje so to plošče iz polistirena, ki imajo zaprte pore, obstojne so na staranje, razpadanje (trohnenje) in praktično ne vpijajo vode. Drugi najbolj pogosto uporabljen gradbeni material je mineralna volna (steklena in kamena), izolacija iz lesnih vlaken, v zadnjem času tudi druge naravne toplotne izolacije. V angleški literaturi najdemo za fasade s zunanjo toplotno izolacijo izraz *ETI (External Thermal Insulation)*.

V gradbeno-konstruktivnem smislu ločimo lahko, dva sistema izvedbe fasade, in sicer: 1) neprezračevani – kontaktna fasada in 2) prezračevani fasadni sistem. Oba dva sistema sta predstavljena v nadaljevanju.

**Na podlagi vseh analiz v tej raziskavi, analize stavbnega fonda, gradbenih materialov dostopnih v Sloveniji, finančnih okvirjev izvedbe prenove stavb predšolske vzgoje, zahtev investorjev, dostopnih izvajalcev in številnih drugih okoliščin na mikrolokaciji Slovenije se v tej raziskavi pristopi razvoju kontaktnih fasadnih sistemov.**

### Osnovne vrste fasadnih sistemov zunanje toplotne izolacije

V praksi in v številnih teoretičnih in strokovnih raziskavam najdemo dva osnovna tipa fasad, in sicer: **prezračevane** in **neprezračevane fasade**. Pri stavbah predšolske vzgoje v Sloveniji večinoma najdemo neprezračevane le nekaj novejših stavb ima prezračevane fasade s zaključno oblogo od lesa. Osnovni razlog je cena in zahtevnost posega. V nadaljevanju bodo predstavljene lastnosti oba sistem.

- **Neprezračevana fasada - kontaktna fasada**

Pri kontaktnih-neprezračevanih fasadah so posamezne plasti fasadnega ovoja sicer tesno skupaj, vendar vsaka opravlja svojo funkcijo. Običajno je fasada sestavljena iz nosilne stene, toplotne izolacije ter notranje in zunanje obloge (Tabela 4.29). Pri neprezračevani fasadi je zunanja obloga, npr. zunanji omet, fasadna opeka, opečni blok z zunanjim ometom, lesena obloga položena tik ob toplotno izolacijo. Neprezračevana fasada ima podobne lastnosti kot



prezračevana fasada, razlika je v tem, da pri neprezračevani fasadi pri preračunu toplotne izolativnosti upoštevamo tudi oblogo. Trudimo se izbrati zunanjo oblogo, ki je vodoodbojna, pa vendarle zadosti paroprepustna, da kondenčna vlaga ne bo zastajala v sloju izolacije. Neprezračevano fasado lahko izvedemo brez parne zapore ali ovire na topli strani izolacije takrat, ko sta sestava konstrukcije in izbor materialov taka, da je prehod vodne pare skozi konstrukcijo neoviran. Pomembno je, da se nabrana vlaga v konstrukciji osuši v času predvidenem s standardom (SIST 1025). Kjer je le možno, se izogibamo paroneprepustnim materialom. V nasprotnem primeru se namesti parno oviro ali zaporo med nosilni zid in izolacijo, da preprečimo prekomerno difuzijsko navlaževanje v izolacijskem sloju.

Načeloma velja, če je nosilni zid zgrajen iz opeke, je potrebno namestiti parno zaporo ( $S_d > 10$  m). V primeru betonskega nosilnega zidu z minimalno volno debeline 20 cm, pa zaradi parozapornosti betona parna ovira ni potrebna. V vsakem primeru pa je potrebna analiza vsakega posameznega primera z ustreznim programskim orodjem (npr UBAKUS).

- **Prezračevana fasada**

Prezračevana fasada je v osnovi sestavljena iz nosilnega zidu, samonosnih, vodoodbojnih, toplotno in zvočno izolacijskih plošč, najmanj 4 cm prezračevalne plasti ter zunanje obloge (Tabela 4.30). Namen prezračevalne plasti je izsuševanje eventualne vlage kot posledica kondenzacije vodne pare, ki difuzijsko prehaja skozi konstrukcijo. Vlaga, ki se ne izsuši namreč poslabša izolativne lastnosti izolacije. Poleti pa prezračevalni kanal preprečuje prekomerno segrevanje stavbe. Prezračevana fasada z ustrežno izolacijo zgradbo naredi trajno, mehansko in požarno odporno in izboljša toplotno in zvočno zaščito. Prezračevano fasado odlikujejo naslednje prednosti: odlična toplotna izolacija v zimskem in poletnem času, odlična zvočna izolacija, visoka požarna odpornost, odpornost na atmosferske vplive, visoka mehanska odpornost, veliko možnosti za izgled zaključnega sloja (fasade). Debelina zračne plasti se giblje od 3 do 6 cm, največkrat 4 cm. Zunanji zid mora biti spodaj in zgoraj opremljen s prezračevalnimi odprtini površine min. 10 cm na tekoči meter zidu, ki omogočajo ventiliranje zraka po vertikali. Kroženje zraka ne sme biti ovirano. Obzidava fasade zahteva že vnaprej ustrezno pripravljene konstrukcije (primerno razširjen temelj, zob na plošči ali dodatno narejen nosilni element). Širina nosilnega elementa mora biti usklajena z debelino izolacije, širino prezračevalne plasti in debelino fasadnega zidu ob upoštevanju eventualnih arhitektonskih zahtev. Negativna plat prezračevalnih fasad, ki niso predmet te raziskave je cena in zahtevnost izvedbe.

Tabela 4.29. Fasadni sistem - kontaktna fasada.

ZUNANJI ZID – KOMPAKTNA FASADA	
<b>Sestava sistema:</b>	
1	NOTRANJI OMET
2	NOSILNI ZID
3	MINERALNA VOLNA
4	PRVI SLOJ GRADBENEGA LEPILA S STEKLENO MREŽICO
5	DRUGI SLOJ GRADBENEGA LEPILA - IZRAVNALNI SLOJ
6	ZAKLJUČNI SLOJ FASADNEGA OMETA
7	PRITRDILNI ČEP K

Tabela 4.30. Fasadni sistem - prezračevana fasada.

ZUNANJI ZID – PREZRAČEVANA FASADA / OBEŠENE RAVNE FASADNE PLOŠČE	
<p style="text-align: center;">Prezrez fasadne stene</p>	
<b>Sestava sistema:</b>	
1	NOTRANJI OMET
2	NOSILNI ZID
3	TOPLOTNA IZOLACIJA
4	KOVINSKA PODKONSTRUKCIJA
	PREZRAČEVANI PROSTOR MIN. 5cm
5	RAVNE FASADNE PLOŠČE - VLAKNOCEMENT, LAMINAT, KOMPOZIT, KERAMIKA, PLOČEVINA
6	PRITRDILNI ČEP K

### Možnosti prilagoditve fasadnih sistemov zunanje toplotne izolacije

Analize so pokazale, da zelo težko z univerzalnim fasadnim sistemom rešimo specifično prenovo vseh posameznih, izredno različnih stavbah v stavbnem fondu. Fasadni sistem je namreč potreben prilagoditve odvisno od sestave in lastnosti obstoječe fasadne stene na katero se aplicira. Razvojem sistemov v tej raziskavi se je poskušal poenotiti fasadne sisteme kateri so lahko uporabni za skupine stavb, in sicer stavbe grajene v masivnem konstrukcijskem sistemu in lahke (montažne) konstrukcije.

Na podlagi analiz obstoječega stavbnega fonda lahko sklepamo, da fasadni sistemi primerni za opečnato gradnjo, imajo največji potencial za uporabo v Sloveniji, kajti fasade iz opek so najpogostejše fasade pri nas in opečnate stavbe še vedno predstavljajo največji delež ne



prenovljenega dela stavbnega fonda Slovenije. Bistveno manjši del stavbnega fonda so montažne, največkrat lesene stavbe.

Pri opečni gradnji gre lahko za gradnjo iz polne ali votle opeke, ali pa (pri novejših objektih) za gradnjo iz termo opeke (ki je 30% bolj izolativna). V vseh primerih je vgradnja izolacije nujna. Odvisna je le debelina izolacije, glede na vrsto opeke. Pri masivno grajenih objektih (opečna ali betonska gradnja) je specifična lastnost gradbenega sklopa moč velike akumulacija toplote. Masivne stene teh objektov toploto sprejemajo, ter jo nato ob padcu temperature ponovno oddajo v prostor. Masivne stene objekta, ki imajo veliko toplotno akumulativnost in so zadostno toplotno izolirane, nam omogočajo veliko toplotno stabilnost notranjih prostorov. Tovrstne masivne sten iz opeke in betona se dodatno izolirajo dodajanjem toplotne izolacije na zunanjo stran stene, naj ne bi nikoli izolirali z notranje strani, sicer v celoti izničimo toplotni učinek sten. Izjema so primeri, ko zaradi tehničnih lastnosti zunanja izvedba izolacije ni mogoča, kar je tudi predstavljeno v poglavju 4.2.2.

Stavbe pri katerih je osnovna nosilna konstrukcija betonska, prav tako imajo svojo gradbeno-fizikalno specifiko. Beton ima slabo toplotno izolativnost in nizko paro-prepustnost. Pri betonski gradnji je zelo pomembno, da je ta ustrezno zaščiten s fasadnim sistemom, saj lahko sicer manjše napake v strukturi betona in železnih armatur povzročijo poškodbe. Za izolacijo objekta kjer je uporabljena betonska gradnja, se uporabljajo fasadni sistemi, ki omogočajo višjo izolativnost.

Pri montažni gradnji so stene najpogosteje sestavljene iz lesene konstrukcije, mavčnih plošč in izolacije (večinoma mineralna volna), parne zapore ter OSB plošč. Za izdelavo fasade pri montažni gradnji je potrebno uporabiti ali brez-cementna lepila ali pa dvokomponentna lepila, ki so namenjena za armiranje in lepljenje.

Torej, jasno je da gre za pester stavbni fond stavb predšolske vzgoje v Sloveniji in da je potrebno sistem, ki se želi razvit zasnovati na način, da se lahko aplicira na različne obstoječe stavbe.

Pri stavbah predšolske vzgoje v obstoječem stavbnem fonu so fasade večinoma izvedene kot kontaktne oz. neprezračevane, prav tako je fasadni sistem razvit v tej raziskavi neprezračevani fasadni sistem. Smisel razvoja fasadnega sistem v tej raziskavi je razvoj optimalnega sistema za prenovo stavb, s komponentami dostopnim na slovenskem trgu prav tako analiza možnost uporabe in razvoj prefabriciranega produkta oz. prefabriciranega fasadnega sistema v obliki panelov določene velikosti, ki so v celoti ali delno pred izdelani v tovarni ter se montirajo na obstoječo konstrukcijo in



jih je možno prilagoditi različnim obstoječim stavbam. Sistem torej lahko apliciramo na masivne in montažne stavbe različnih gradbeno-fizikalnih lastnosti. **Cilj sistema je, da ob aplikaciji izboljša termalne lastnosti ovoja, kakovost bivanja v notranjem prostoru in potencialno omogoči tudi izboljšanje estetsko-oblikovnih lastnosti stavbe.**

#### 4.2.1.2 Kontaktni fasadni sistemi

Analize znotraj raziskave VRTEC+ so pokazale, da je stavbni fond stavb predšolske vzgoje v Sloveniji zelo pester in, da je zaradi tega že splošna tipološka klasifikacija stavb (v poglavju A1 te raziskave) bila precejšnji izziv. Še večji izziv pa je razvoj fasadnega sistema, ki se lahko potencialno uporabljal za različne stavbe.

Analize so pokazale, da v obstoječem stavbnem fondu prevladujejo nevetrni fasadni sistemi oz. kontaktne fasade. Prav tako je z analizami ugotovljeno da je sestav fasad na obstoječih stavbah zaradi različnih lastnosti težko pri prenovah optimalno izboljšamo z enotnim fasadnim sistemom, kajti stavbe so precej različne in se zaradi teg z uporabo istega fasadnega sistema pri vseh stavbah ne doseže optimalna gradbena fizika vsakega fasadnega ovoja. S aspekta energetske učinkovitosti toplotnega ovoja fasadni sistem je potrebno prilagoditi stavbi in ob tem upoštevati načela gradbene fizike obstoječega sistema. Prav tako je nemogoče enotno določiti debelino izolacijskega sistema, kajti obstoječe fasadne stene so zelo različne in je potrebno ob vsaki prenovi posebno pozornost posvečati gradbeni fiziki kako bi se v smislu energetske učinkovitosti dosegli ustrezni rezultati. Zaradi tega sta v tem poglavju razvit fasadna sistema katera se lahko z prilagoditvami aplicirajo na različne stavbe. Osnovna prilagoditev sistema je sprememba v debelini in vrsti toplotne izolacije.

V tej raziskavi sta razvita dva fasadna sistema kontaktne fasade, in sicer:

- fasadni sistem za masivne konstrukcijske sisteme,
- fasadni sistem za lahke (montažne) konstrukcijske sisteme.

Kontaktne fasadni sistemi (angleško ETICS oziroma WDVS na nemško govorečem območju), ki je za potrebe te raziskave teoretično razvit je sestavljen iz naslednjih komponent: **lepilo, toplotna izolacija, pritrdila, osnovni omet z armiranjem ter dekorativni zaključni omet.** Pri tem so vsi deli sistema v kontaktu, povezani v celoto. Sistem je , prilagojen za masivne in montažne obstoječe stavbe. Sistem ima dve pojavnosti in je predstavljen v nadaljevanju. Razviti sistem deluje kot





popolna zaščita zidov. Stavbo ščiti pred vremenskimi vplivi in pred nastankom vlage na notranji strani sten. Hkrati razvita sistema z aplikacijo na stavbo zagotavljata ustvarjanje sistem brez toplotnih mostov, brez razpok in poškodb.

### Opis sistema

Kontaktna fasadna sistema razvita v tej raziskavi imata konfiguracijo konvencionalnih kontaktnih fasadnih sistemov. **Smisel predlaganih sistemov je, da ponudi optimalno rešitev za posamezne skupine stavb.** V kontaktnem sistemu so posamezne plasti fasadnega sistema sicer tesno skupaj, vendar vsaka opravlja svojo funkcijo. Fasadna stena je sestavljena iz nosilnega dela stene, toplotne izolacije ter notranje in zunanje obloge. Osnovna razlika med dvema predstavljenim fasadnim sistemom je toplotno izolacijski material, in sicer pri prvem sistemu EPS plošča pri drugem pa mineralna kamena volna.

Razviti fasadni sistem se aplicira na obstoječo stavbo ob energetske prenovi. Obstoječa stena je nosilna masivna ali montažna, brez toplotne izolacije ali s minimalno toplotno izolacijo. Fasadni sistem apliciramo z zunanje strani obstoječe stene. Sistema sta predstavljena v nadaljevanju (Tabela 4.31 in Tabela 4.32).

### Fasadni sistem za masivne konstrukcijske sisteme

Tabela 4.31. Fasadni sistem za masivne konstrukcijske sisteme

<b>Paroprepustni fasadni sistem</b>		
<p>Sestava fasadnega sistema je načrtovana iz medsebojno usklajenih paroprepustnih komponent. Vse komponente fasadnega sistema so paroprepustne in tako omogočajo, optimalna paroprepustnost fasadnega ovoja stavbe in udobno in zdravo bivalno klimo.</p> <p><b>Lanosti sistema:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visoko paroprepusten fasadni sistem</li> <li>• Ustvarja idealne bivalne razmere</li> </ul> <p><b>Sistem je uporaben pri:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Za novogradnje ali prenove, za tip stavbe A, B, C, D</li> </ul>		
<b>Uporabljena toplotna izolacija v sistemu</b>		
<p>V fasadnem sistemu je uporabljena toplotnoizolacijska plošča iz ekspaniranega polistirena (EPS), ne vsebuje freonov (CFC free / FCKW frei) in HBCD. Plošča je perforirana in zagotavlja visoko paroprepustnost. Zrak, ki se shrani v odprtinah (po pravilni vgradnji fasadnih plošč), prispeva k učinkoviti toplotni izolaciji. Tako "perforiran" stiropor ima enak izolacijski učinek kot brez perforacije, vendar ima perforirana plošča dodatno lastnost - sposobnost prenosa vodne pare. Prednost je enostavna vgradnja in ugodna cena v primerjavi z mineralnimi izolacijskimi ploščami. Izbrana siva EPS plošča je alternativa navadni EPS izolaciji (stiroporu), ki omogočajo več kot 23 % boljši izolacijski učinek.</p>		
<b>Lanosti toplotne izolacije</b>		
Difuzijska upornost prehodu vodne pare	< 10 ( $\mu \leq 10$ )	
Gostota	ca. 15 - 18 kg/m <sup>3</sup>	
Dimenzija plošče	50 x 100 cm	
Reakcija na požar – razred gorljivosti	E (evrorazred) po SIST EN 13501-1	
Toplotna prevodnost	$\lambda_D = 0.031$ W/mK	
Vrsta EPS	EPS-F	
Debelina plošč	10 cm - 20 cm	
Plošča je na trgu dostopna	Toplotnoizolacijski proizvod za stavbe FRAGMAT NEO FLEX F 031 ali podobno (primerljiv izdelek dostopen tudi pri drugih ponudnikih na trgu)	
Izdelek ustreza zahtevam standarda	SIST EN 13163:2013+ A1:2015	
Način vgradnje toplotnoizolacijske plošče	<p>Glede na način uporabe se vgrajujejo z lepljenjem ali mehanskim pritrdjevanjem (sidranje). Linijsko-točkovni nanos: Po vseh robovih plošče z gladilko nanese neprekinjen pas lepila širine ca. 5 cm, po sredini plošče lepilo nanese točkovno na treh mestih s premerom ca. 15 cm. Nanos lepila in potrebna kontaktna površina s podlago naj znaša vsaj 40%. Nanos linijsko na robovih in sredini: Lepilo se nanese linijsko po robovih in sredini v obliki črke W. Potrebna kontaktna površina lepila s podlago naj bo vsaj 40 %.</p>	
Ravnanje z odpadki	<p>Z odpadnim izdelkom je potrebno ravnati v skladu z Uredbo o odpadkih. Ostanek oziroma odpadek izdelka se razvršča kot nenevarni odpadek in sicer kot gradbeni odpadek-plastika (17 02 03). Odpadna folija sodi med odpadno plastično embalažo (15 01 02), odpadne palete pa med odpadno leseno embalažo (15 01 03).</p>	



#### Sestava sistema

- fasadno lepilo za lepljenje izolacijske plošče
- fasadna plošča EPS-F 031
- fasadno lepilo za izdelavo armirnega sloja
- armirna mrežica
- osnovni premaz
- zaključni sloj

#### Lasnosti sistema

**Paroprepustni fasadni sistem** omogoča s svojo homogeno sestavo in visoko paroprepustnostjo, ki je primerljiva z opeko, neoviran prehod vodne pare. Odvečna vodna para se tako izloča skozi »odprto« strukturo zidu, hkrati pa ne prihaja do toplotnih izgub. S fasadnim sistemom je mogoče izolirati tudi starejše stavbe s povečano vsebnostjo vlage in soli v zidu. Po odstranitvi vlažnega in poškodovanega ometa ter po odstranitvi vzrokov vlage je stavba pripravljena za izolacijo. Fasadni sistem je nastavljen tako, da izsušuje vlago, morebitne soli v zidu pa se odlagajo v prostor med zidom in izolacijsko ploščo. Sistem je primeren za prenovo starejših stavb, saj jih zaščiti pred neugodnimi podnebnimi razmerami in jim podaljša življenjsko dobo.

Tabela 4.32. Fasadni sistem za montažne konstrukcijske sisteme.

<b>Paroprepustni fasadni sistem</b>		
<p>Sestava fasadnega sistema je načrtovana iz medsebojno usklajenih paroprepustnih komponent. Vse komponente fasadnega sistema so paroprepustne in tako omogočajo, optimalna paroprepustnost fasadnega ovoja stavbe in udobno in zdravo bivalno klimo.</p> <p><b>Lanosti sistema:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroprepusten fasadni sistem</li> <li>• Ustvarja idealne bivalne razmere</li> </ul> <p><b>Sistem je uporaben pri:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Za novogradnje ali prenove, za tip stavbe B, C, D, E</li> </ul>		
<b>Uporabljena toplotna izolacija v sistemu</b>		
<p>V fasadnem sistemu je uporabljena toplotnoizolacijska plošča iz <b>KAMENA MINERALNA VOLNA – NATURBOARD VENTACUSTO</b>. Plošče iz mineralne kamene volne Knauf Insulation NaturBoard VENTACUSTO so večnamenske izolacijske plošče in se uporabljajo največkrat kot izolacijsko polnilo za toplotno, zvočno in požarno zaščito gradbenih konstrukcij, kjer izolacija ni direktno tlačno obremenjena. Najpogosteje se vgrajujejo za povečanje zvočne zaščite v suhomontažnih predelnih stenah, spuščениh stropovih in v kombinaciji z različnimi akustičnimi knauf oblogami.</p>		
<b>Lanosti toplotne izolacije</b>		
Difuzijska upornost prehodu vodne pare	Ni podatka	
Gostota	Ni podatka	
Dimenzija plošče	50 x 100 cm	
Reakcija na požar – razred gorljivosti	E (evrorazred) po SIST EN 13501-1	
Toplotna prevodnost	$\lambda_D = 0.034 \text{ W/mK}$	
Debelina plošč	10 cm - 20 cm	
Plošča je na trgu dostopna	Toplotnoizolacijski proizvod za stavbe <b>KAMENA MINERALNA VOLNA - NATURBOARD VENTACUSTO</b> , KNAUF INSULATION ali podobno	
Izdelek ustreza zahtevam standarda	SIST EN 13163:2013+ A1:2015	
Način vgradnje toplotnoizolacijske plošče	Glede na način uporabe se vgrajujejo z lepljenjem ali mehanskim pritrditvijo (sidranje).	
Ravnanje z odpadki	Upoštevajte ustrezna tehnična in procesna navodila, standarde in ustaljene tehnične predpise.	
<b>Sestava sistema</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• fasadno lepilo za lepljenje izolacijske plošče</li> <li>• fasadna plošča</li> <li>• fasadno lepilo za izdelavo armirnega sloja</li> <li>• armirna mrežica</li> <li>• osnovni premaz</li> <li>• zaključni sloj</li> </ul>		



### **Aplikacija/vgradnja kontaktnih fasadnih sistemov**

**Nanos lepilne malte** - Pri lepljenju EPS izolacijskih plošč je potrebno zagotoviti, da med izolacijsko ploščo in podlago ni kroženja zraka. To naredimo z ustreznim lepljenjem izolacijskih plošč, kjer lahko lepilo nanašamo na tri načine, pri čemer mora biti nanos do roba plošče. Poznamo linijski nanos po robovih in točkovno na sredini, linijski nanos po robovih in sredini ter polno-površinski nanos na ploščo. Prav tako morajo biti plošče enakomerno povezane s podlago, da ne pride do izbočenja ali vbočenja plošč. Osnova je ravna, trdna, suha in čista podlaga. V kolikor pride do prehoda zračne plasti in posledično do gibanja zraka, lahko to zmanjša učinkovitost fasadnega sistema. Zrak lahko skozi netesne stike vstopa za fasado, se zaradi segrevanja dviguje in izstopa na zgornjem koncu. To povzroča hlajenje za izolacijo in posledično zmanjšanje toplotne izolativnosti. Ko se zunanji zrak segreva hitreje kot zrak za izolacijo, pa lahko pride do kondenzacije med izolacijo in nosilnim zidom.

**Pritrditev izolacijskih plošč** - Fasadne plošče iz EPS se na zid pritrjujejo samo z lepili. Dodatno mehansko pritrjevanje je odvisno predvsem od kakovosti podlage ter teže celotnega sistema in višine objekta, pri čemer je smisel dodatnega pritrjevanja zaščita kontaktne fasade pred vetrno obremenitvijo. Minimalno se na kvadratni meter površine uporabi 6 sidrnih vijakov, vendar se za natančni izračun potrebnega števila sider naredi izračun, na podlagi objekta, njegove lokacije in vetrne obremenitve. Pri tem se sidrne vijake vstavi skozi lepilo ali v njegovi neposredni bližini. Shematska razporeditev za 6 pritrdil na m<sup>2</sup>, v obliki črke T oziroma W je grafično prikazana.

**Izravnava neravnin na položenih izolacijskih ploščah** - Položene EPS plošče je potrebno včasih zbrusiti oziroma izravnati, da bi dobili ravno površino. Prah, ki nastane med brušenjem je potrebno temeljito odstraniti. Plošče, ki so porumenele zaradi UV-žarkov, je potrebno pred nanosom osnovnega ometa obrusiti in omesti, ter odstraniti mokasto plast.

**Omet** ne daje prostoru le estetskega pečata, ampak v njem opravlja tudi zaščitno vlogo. Poleg določenih gradbeno-tehničnih zahtev, kot so stabilnost ter požarna in zvočna zaščita, je potrebno ustvariti tudi pogoje za zdravo in ugodno mikroklimo v prostoru. Prav zadnjim so v preteklosti pogosto posvečali premalo pozornosti, zaradi česar se sodobni ljudje z višjo senzibilnostjo odzivajo na različne gradbene materiale, kar predvsem velja za posameznike, ki trpijo zaradi različnih vrst alergij.

### **Praktični napotki za izvedbo kontaktnega fasadnega sistema**



Podlaga, ki je dejansko obstoječa fasadna stena vrtca, mora biti suha, trdna in čista, brez deformacij, ki so posledica krčenja, zvijanja, posedanja ipd. V primeru, da podlaga ni dovolj nosilna, fasadne izolacijske plošče se dodatno pritrdijo s sidri (upoštevamo navodila proizvajalca). Neravnine na zidovih, ki presegajo 5 mm, morajo biti izravnane z apneno-cementnim ometom. Predhodno morajo biti izvedeni že vsi fasadni preboji. Za pripravo fasadnega lepila, sledimo navodilom proizvajalcev (običajno zmešamo v posodi s čisto vodo in pripravljeno zmes pustimo mirovati 5 minut, nato še enkrat premešamo in začnemo z nanašanjem, v zmes ne dodajamo nikakršnih dodatkov). Z lepljenjem izolacijskih plošč se prične pri osnovni letvi. Plošče se lepe točkovno na sredini in pasovno ob robu. Izolacijske plošče polagamo brez fug z zamikom vrst. Pri tem pazimo, da lepilo ne zaide v fuge. Po potrebi izolacijske plošče dodatno pritrdimo s sidri. Pred izdelavo armirnega sloja preverimo ali je dosežena ustrezno ravnino. Armirni sloj izdelamo v debelini 2 do 3 mm s tem, da armirno mrežico vtisnemo v še sveže lepilo. Diagonalno armiranje je potrebno na vseh vogalih fasadnih odprtih. Armirno mrežico se preklaplja na vsaj 10 cm. To velja tudi pri uporabi vogalnih profilov. Pri robovih in vogalih je potrebno potegniti armirno mrežico vsaj 20 cm preko vogala ali roba. Po končanem sušenju armirnega sloja, le-tega premažemo osnovnim premazom. Na to se počaka 24 ur, da se osnovni premaz posuši. Na to nanese omet. Za izvedbo je potrebno upoštevati norme za zunanje toplotno izolacijske sisteme. Najnižja temperatura za izvedbo znaša +5°C (podlage in zraka). Izogibamo se neposrednega osončenja svežih površin. Pri izvedbi fasadnega sistema je potrebno posebno pozornost posvetiti vodotesnosti fasadnega sistema na vseh stikih (okenski okvirji, police, zaključki). Za vse stike se priporoča izvedba z vodotesnimi materiali in detajli z XPS izolacijo, enako velja tudi za podzidek.

### **Zaključna obloga sistema in estetsko-oblikovne lastnosti**

Zaključna obloga kontaktnega, nevetrenega fasadnega sistema je zaključni elementi na fasadi, ki vsako stavbo estetsko-oblikovno zaključijo. V tem smislu je potrebno, poleg izjemno pomembnega vidika energetske učinkovitosti fasadnega ovoja, upoštevati tudi estetsko-oblikovne značilnosti fasade.

Fasada oz. fasadne stene v stavbah predšolske vzgoje so lahko oblikovane na način da stavbi zagotovijo dodatno estetsko-oblikovno vrednost, prav tako lahko zagotovijo didaktično-učne elemente, gibalne elemente in razvedrilno okolje primerno ambientu vrtca. Vse predlagane rešitve in elementi na fasadi so finančno neobremenjajoči za proračun prenove, in so kot takšni izbrani in



predstavljeni z željo da spodbudijo udeležence u prenovah stavb predšolske vzgoje, da z majhnimi napori veliko prispevajo okolju v katerem bivajo otroci. Zaključna obloga fasadnega sistema lahko vsebuje:

- Učno-didaktični elementi na fasadi: elementi na fasadi s katerih se lahko uči višina, dolžina ipd.
- Gibalno-motorične elemente na fasadi: plezalne stene, različne elemente od lesa, ki spodbujajo gibanje in učenje, ipd.
- Pralne fasade: fasade, ki omogočajo pisanje/brisanje na fasadi
- Fasade v različnih barvah, ki lahko tvorijo razvedrilno okolje primerno ambientu vrtca.

V nadaljevanju je predstavljeno nekaj primerov dobre prakse pri prenovah slovenskih vrtcev, pri katerih je fasada uporabljena kot element, ki ima uporabno vrednost v stavbi predšolske vzgoje hkrati zaznamuje tudi estetsko-oblikovne značilnosti stavbe (Slika 4.25).



Slika 4.25. Vrtec Podgorje [6]



#### 4.2.1.3 Prefabricirani termoizolacijski panel/fasadni sistem za kontakne fasadne sklope

Smisel prefabricirani fasadni sistemi je, da omogočijo natančno izdelavo komponent v kontroliranem okolju, povečujejo trajnost končnega izdelka in pospešujejo hitrost gradnje.

V tej raziskavi je že prikazano in z analizami utemeljeno, da je eden od najcenejših in najbolj učinkovitih načinov varčevanja z energijo v stavbah izvedba dodatne toplotne izolacije na obstoječi fasadni ovoji. Izvedba zunanega toplotnega ovoja celotne stavbe je najbolj učinkovita rešitev, ki ima relativno dolg in zahteven proces izvedbe na samem gradbišču. Ta proces izvedbe oz. montaže se lahko bistveno skrajša z prefabrikacijo oz. delno prefabrikacijo fasadnega sistema, ki je predstavljena v tem delu raziskave.

**Smisel razvoja in potencialne uporabe prefabriciranega fasadnega sistema je potencialno ustvarjanje višjega stopnja ekonomičnosti izvedbe prenove fasadnega ovoja stavbe in časovno hitrejša izvedbe.**

#### Ugotovitve dosedanjih raziskav o prefabriciranih fasadnih sistemih

Poskusi proizvodnje prefabriciranih fasadnih sistemov za kontaktne fasade v Evropi večinoma niso zaživel v praksi, zaradi številnih težav, ki so analizirane tudi pri teoretičnem razvoju tega fasadnega sistema. Na podlagi analiz v tej raziskavi teoretično razvit prefabricirani fasadni element, ki se lahko uporabi kot komponenta kontaktnih fasadnih sistemov predhodno predstavljenih. Razviti sistem optimizira izvedbo fasade ob energetskih prenovah, z namenom izboljšanja energetske učinkovitosti stavbe in izboljšanja kakovosti bivalnega ugodja v stavbi.

V strokovni literaturi so dostopni številni projekti s fasadnimi ploščami predizdelanimi v tovarni, vendar nobena od prefabrikacij ni zaživila s širšo rabo v praksi. V Avstraliji je primer namestitve novega enotnega sistema fasadnih panelov (podjetja CSR Inclose™, skupin CSR Building Group.) na dveh študentskih nastanitvenih zgradbah v Canberri.<sup>39</sup> Gre za rabo prefabriciranih panelov na novogradnjo, stavbe višine devet in sedem nadstropji obe zgrajene z uporabo križnega lepljenega lesa. To je prvi tovrstni projekt v Avstraliji in obsega izdelavo skoraj 400 fasadnih plošč, ki jih je zasnoval in izdelal CSR Inclose™, novo podjetje znotraj skupine CSR Building Group. Proizvajalec ponuja popolne fasadne sisteme, primerne za komercialne ali večstanovanjske projekte, sistem je hiter za vgradnjo, odpravlja tradicionalne odre. Predstavljeni fasadni sistemi so primerni za

<sup>39</sup> <https://hebel.com.au/>





novogradnje. Potencialna uporaba sistema za preнове ima številne ovire. Obstoječe stavbe so namreč zelo različne, kar pomeni da bo potrebno prilagajanje vsake posamezne plošče sistema, s čemer se osnovni smisel prefabrikacije izgubi. Prav zaradi tega tovrstni sistemi niso primerni za manjše stavbe, enostanovanjske stavbe, prav tako vrtce zaradi raznolikosti v oblikovno-arhitekturnih in gradbeno-konstruktivnih lastnostih.

Med ponudniki na slovenskem trgu najdemo fasadni sistem *Qbiss One* podjetja Trimo, d. d., prefabricirani kovinski modularni stenski sistem, ki je stroškovno učinkovit in kakovostnejši v primerjavi z običajnimi stenami (nosilni zid in prezračevana fasada).<sup>40</sup> *Qbiss One* je samonosilen, izolativen in ognjevaren združuje estetiko, obliko, funkcijo in donosnost naložbe v popolno kombinacijo. Sistem *Qbiss One* celostna prefabricirana rešitev "vse v enem", ki nadomešča celoten sestav končne stene primeren je za novogradnje, potencialno tudi za preнове, vendar z vsemi omejitvami, ki so že v tem poglavju izpostavljene. Sistem je bil uporabljen tudi na stavbah predšolske vzgoje, sicer pa nima razširjene rabe danes v Sloveniji.



Slika 4.26 Vrtec Mavrica, Trebnje 2012, fasadni sistem *Qbiss Air* [Vir: Gradbeni vestnik, januar 2013]

Na podlagi analiz v tej raziskavi je narejena analiza vseh potencialnih težav oz. omejitvah pri proizvodnji in aplikaciji teoretično razvitega prefabriciranega fasadnega sistema.

Vsekakor pa že omenjene težave pri izvedbi in aplikaciji prefabriciranih sistemov kontaktnih fasad zaznamuje tudi teoretično razvit fasadni sistem za potrebe raziskave VRTEC+, in sicer:

- izvedba spojníc (*joints*),

<sup>40</sup> <https://www.trimo-group.com/si>



- obdelava oken, vogali, detajli,
- obdelava zaključne plasti, ki je v primeru popolne prefabrikacije zelo težaven element sistema,
- problem transporta in embalaže.

Vsekakor je potrebno poudariti številne prednosti prefabrikacije, predvsem brzina in enostavnost izvedbe, ki govorijo v pritožbi uporabi tovrstnih sistemov, prav tako potencialno tudi sistema razvitega v tej raziskavi.

#### Sestava sistema - opis sistema, predlog zasnove gradbenega produkta za namen prenove

Za potrebe raziskave VRTEC + se teoretično razvije prefabricirani element kontaktnog fasadnog sistema. Fasadni element je analiziran v dve različici, in sicer sistem 1 in sistem 2, ki sta po svojih sestavah ustrezni za različne stene v obstoječem stavbnem fondu. **Sistem bazira na sklopu sestavljenem iz termoizolacijske plošče, malte in armirane mrežice.** Sestava sistema je predstavljena v Tabeli 4.33 in Tabeli 4.34.

*Tabela 4.33. Sestava fasadnega sistema 1.*

Sistem 1	Fasadna plošča	FS 1_Fasadna plošča (grafitni stiropor, d=15cm, 1400x720cm)
	Malta	FS 1_Brezcementna lepilna malta (d=2 mm)
	Armirna mrežica	FS 1_Armirna mrežica

*Tabela 4.34. Sestava fasadnega sistema 2.*

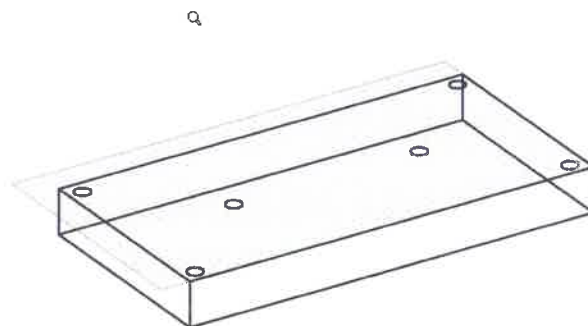
Sistem 2	Fasadna plošča	FS 2_Fasadna plošča (mineralna volna, d=10cm, 1400x720cm)
	Malta	FS 1_Brezcementna lepilna malta (d=2 mm)
	Armirna mrežica	FS 1_Armirna mrežica

Sistem je analiziran v dveh pojavnih oblikah: sistem 1 in sistem 2. Razlika je v uporabljeni toplotni izolaciji, čigar namen je možnost prilagajanja fasadnega sistema obstoječim stavbam. Uporaba sistema 1 se predlaga pri obstoječih stavbah v masivnem konstrukcijskem sistemu, uporaba Sistema 2 se predlaga pri obstoječih stavbah v montažnem konstrukcijskem sistemu. Debelina toplotne izolacije se prilagodi glede na potrebe stavbe, oz. obstoječe toplotno izolacijske lastnosti ovojnice stavbe. Vsekakor so to le priporočila in je možnosti uporabe sistema potrebno analizirati za vsaki primer prenove posebej.

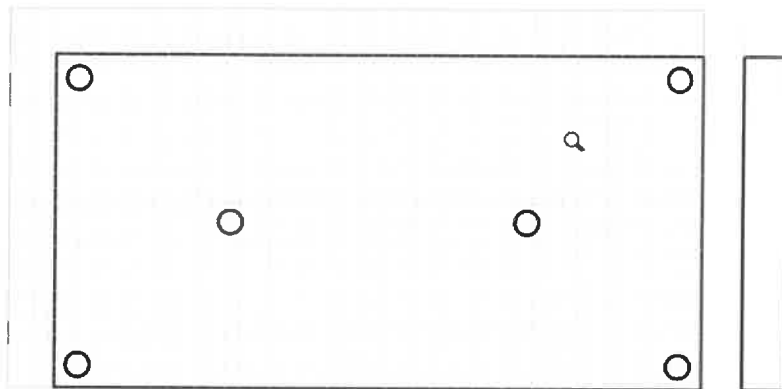
Osnovne lastnosti sistema so podane v nadaljevanju:

- toplotnoizolacijska plošča – grafitni stiropor ali kamena volna,
- plošča je obdelana slojem malte, mrežico in predhodno izvedenimi (izvrtanimi) luknjami za pritrditev plastičnih pritrdil za trše izolacijske plošče s pribijanjem in predpripravo za fugiranje med ploščami,
- ploščo je moč rezati,
- mrežica se v procesu prefabrikacije prevesi preko permoizolacijske plošče na eni daljši in eni krajši stranici, na ta način se pri montaži ustvarja preklop mrežice na spojnici dve termoizolacijske plošče,
- prefabricirani fasadni izdelek fasadna plošča se pritrdi na obstoječo fasadno steno, potem je potrebno aplicirati le zaključno plast fasadne ometa ustrezne barve,
- aplikacija fasadnih plošč se lahko izvede tudi pri nevstreznem vremenu, kajti malta aplicirana na plošče v procesu predfabrikacije ščiti ploščo med delom na gradbišču pred vremenskimi vplivi in sončnim sevanjem,
- prefabricirana fasadna plošča omogoča hitro in varno uporabo na gradbišču in izboljša produktivnost v fazi realizacije prenove stavbe,
- sistem je primeren za zunanjo izolacijo pri obnovah in novogradnjah, montažnih in zidanih stavb.

Prefabricirani fasadni izdelek je shematski prikazan v tej raziskavi, in sicer aksonometrija Slika 4.27, izgled in prerez Slika 4.28.



Slika 4.27. Prefabricirana fasadna plošča, aksonometrija.



Slika 4.28. Prefabricirana fasadna plošč: izgled, prerez.

#### 4.2.2 SISTEM NOTRANJE TOPLLOTNE IZOLACIJE

V tej raziskavi je že prikazano in z analizami utemeljeno, da je eden od najcenejših in najbolj učinkovitih načinov varčevanja z energijo v stavbah izvedba dodatne toplotne izolacije na obstoječi fasadni ovoju. Izvedba zunanega toplotnega ovoja celotne stavbe je najbolj učinkovita rešitev, ki pa žal v mnogih primerih ni mogoča, ni zaželena ali pa je izredno otežena, celo predraga, da bi bila upravičena.

Neizolirani termalni ovoj stavbe pomeni izgubo energije in slabo kakovost bivalnega ugodja v stavbi (neustrezne temperature, sevalne temperature, kondenz ipd.). Neizolirane stene pestijo tudi mnoge gradbeno-fizikalne težave, kot so: občasna ali stalna prisotnost vlage (nabiranje kondenzata vodne pare), plesni, lišajev, glivic in mahov na zidovih ter poškodbe le-teh, odpadanje ometa in cvetenje. Težave so na notranjih površinah vidne kot temni madeži na ometih ali pod tapetami, na robovih, v kotih, ob okenskih in vratnih odprtinah, izkazujejo pa se pretežno na področjih t. i. toplotnih mostov. Najhujša posledica neizoliranih sten pa je, poleg slabih bivalnih pogojev, predvsem zdravju izredno škodljiva notranja klima, ki je še posebej pomembna v stavbah v katerih bivajo otroci. Zaradi tega je skrb za toplotno izolacijo stavb pri katerih ni moč stavbo izolirati s zunanje strani ovoja, izredno pomembna. V tej raziskavi je predstavljen možnost uporabe sistema notranje toplotne izolacije *SCIENTIS* na stavbah predšolske vzgoje, ki je lastništvo razvajanega centra INTECHLES gospodarskega subjekta, ki je partner na tem projektu [7]. Predstavitev sistema, možnosti njegove uporabe na stavbah predšolske vzgoje je prikazana v nadaljevanju.



### Opis sistema

Sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS je patentiran in patent je lastništvo razvojnega centra INTECHLES d.o.o [7], ki tudi sodeluje v tej raziskavi. Sistem bazira na elementih iz bio-polimernih kompozitih, oz. kompozitih iz lesa, pri čemer je želja pri izdelavi samega kompozita bila, da se doseže čim večji delež lesa. Za izdelavo konstrukcijskih gradnikov sistema je raziskana uporabnost lesnega in lesno-plastičnega materiala WPC. WPC kompozit, ki vsebuje les in termoplastične (plastomerne) ter/ali duromerne »umetne plastične« materiale.

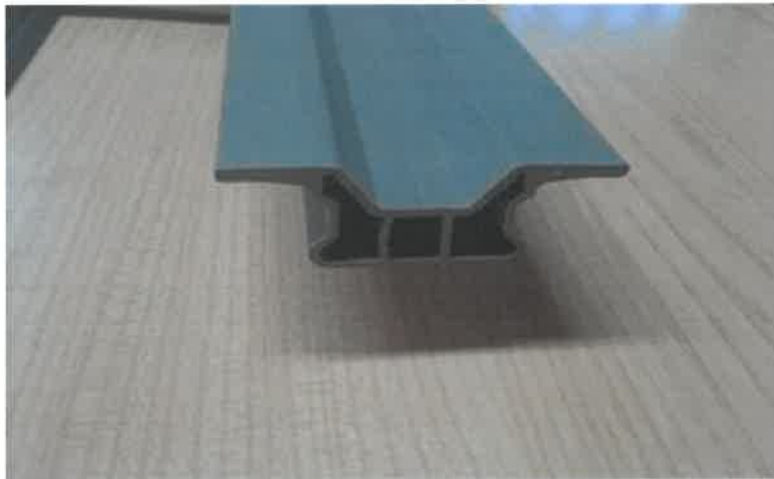
Danes je v gradbeni industriji uporaba kompozitnih naravnih materialov in kompozitnih materialov z naravnimi vlakni v porastu, predvsem na račun okoljskega vidika, ki se odraža v energetski učinkovitosti objektov ter ogljičnem odtisu. Zanimivi so predvsem zaradi majhnega vpliva na okolje saj so narejeni z relativno majhnim vložkom energije. Poleg majhnega vpliva na okolje se v primerjavi z lesom odražajo tudi z dobrimi fizikalnimi lastnostmi kot so trdnost, neprepustnost za vodo, dobra mehanska stabilnost ter biološka odpornost, ki vpliva na življenjsko dobo. Trenutno največji delež predstavlja ekstrudiranje profilov, pohodnih in ograjnih desk.

Študije in testi, ki jih je sprovedel razvojni center INTECH-LES v sklopu projekta Scientis na področju WPC kompozitov so pokazali, da delež lesne moke v lesno-polimernem kompozitnem materialu vpliva na nosilnost profila. Na osnovi testiranja, so partnerji na projektu za izdelavo končnih elementov izbrali material WPC 30/70 recycled. Izbran material se odraža s kvantitativnimi in kvalitetskimi karakteristikami, ki omogočajo stabilen ekstruzijski proces ter izdelavo trdnejših profilov.

**Na osnovi izbranega WPC materiala je optimizirana debelina sten profila. Izhodišče za razvoj konstrukcije je bila majhna poraba materiala, lahek in statično kompakten profil.**

S simulacijo obremenitve podpornega profila in na podlagi izkušenj z ekstrudiranjem profilov ter ob upoštevanju rezultatov testiranja različnih WPC materialov, je usklajena konstrukcijska zasnova in določena minimalna debeline sten, ki jih potrebujemo za izdelavo profila (Slika 4.29 in Slika 4.30). Stena profila ne sme biti tanjša od 1,6 mm, saj sestava WPC materiala 30/70 glede na procent lesne surovine, za dobro stabilnost podpornega profila in kontinuiranega proizvodnje, zahteva pri predelavi določeno minimalno debelino sten. Vsaka odebelitev sten profila posledično poveča potrošnjo materiala in s tem povišuje ceno

celotne izvedbe sistema. Zaradi zagotavljanja varnosti uporabe takih profilov so odebelili tiste stene, ki so najbolj obremenjene in kritične.



*Slika 4.29. WPC profil sistema SCIENTIS [Vir: Intech-les, razvojni center d.o.o.]*



*Slika 4.30. WPC profil sistema SCIENTIS, z vgrajeno EPS izolacijo [Vir: Intech-les, razvojni center d.o.o.]*

Uporabljen material za nosilne profile sistema ima oznako WPC 30/70 recycled, kar pomeni, da je v materialu 30% lesa in 70% recikliranega materiala (okenski reciklat). Izbira materiala kaže osveščenost partnerjev projekta na zmanjševanje vpliva na okolje. Reciklat je izdelan iz okenskega materiala, ki je odpadek proizvodnje PVC oken. Za izdelavo okenskih profilov se



uporablja kvaliteten material, ki mora biti statično dovolj kompakten, da zagotavlja stabilnost okna in da je hkrati obstojen v vseh vremenskih razmerah – tudi UV stabilen. V Tabela 4.35 so zbrani osnovni podatki uporabljenega WPC materiala in osnovne karakteristike.

Tabela 4.35. Osnovni podatki uporabljenega WPC materiala [Vir: Intech-les, razvojni center d.o.o.]

NAZIV	OZNAKA, PODATKI
Trgovsko ime	30/70 PVC recycled
Številka artikla	307003005
Dobavitelj	BEOLOGIC NV
Sestava materiala	30 % lesnega kompozita in 70 % PVC reciklata
Ekstruzijska kvaliteta	DA
Nasipna teža materiala	0,40 – 0,70 kg/dm <sup>3</sup>

Uporaba sistema je možna pri vseh predhodno prestavljenih stavbah v stavbnem fondu pri katerih ni možno stavbo izolirati s zunanje strani termalnega ovoja: pri spomeniščno zaščiteneh stavbah in druge stavbe kjer posegi v zunanji ovoj stavbe niso dovoljeni. Lastnosti sistema toplotne izolacije na notranji strani stavbnega ovoja (po izumu SCIENTIS) so predstavljene v nadaljevanju:

- enostavna suhomontažna izvedba/vgradnja sistema (predvidevamo enostavno rezanje, oblikovanje, krojenje in popolno prilaganje elementov sistema raznim podlagam, dimenzijam in oblikam prostorov), sistem omogoča tudi postopno izvajanja po posameznih enotah, posameznih prostorih ali celo posameznih stenah;
- montaža ni odvisna od vremenskih pogojev in jo izvajamo brez gradbenih odrov, ki so sicer potrebni za posege na zunanjih fasadah;
- čeprav je največ primerov težav z izolacijo sten, je sistem moč aplicirati na stropovih, torej za horizontalne, kot tudi poševne površine;
- možnost vgradnje inštalacij v plasti toplotne izolacije. Predvideno in omogočeno vodenje in celo križanje raznih inštalacijskih vodov, kot so električni, jakni tok, informacijski vodi, vodovodna inštalacija, cevi prezračevanja, rekuperacije in drugo;
- ekološka naravnost (osnovne letve, distančniki, pritrdila, vijaki, eventualne zaključne in osnovne letve ali vodila, so izdelana iz **bio polimerov na osnovi lesa**, brez uporabe kovinskih delov, seveda s ciljem po čim manjšem vplivu na okolje, možnostjo razgradnje ter zaščite prebivalcev pred škodljivimi elektromagnetnimi sevanji);
- bistveno izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe (zmanjševanje neželene toplotne izgube, ter zmanjšanje količine porabljene energije za ogrevanje in ohlajevanje);

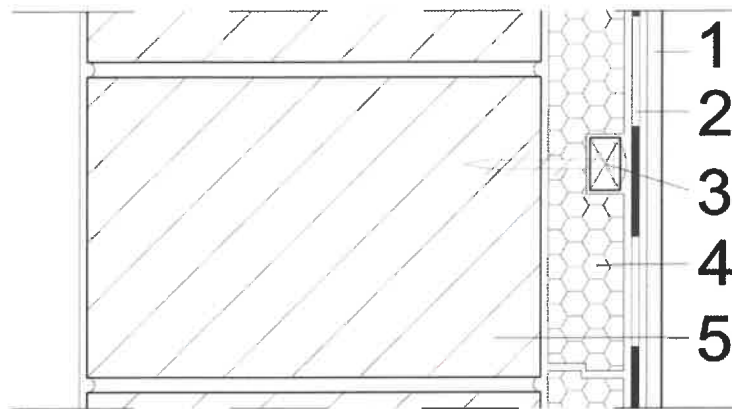


- ustvarjanje prijetnega bivalnega okolja (ustvarjanje termičnega ugodja in preprečevanje nezdravega bivalnega okolja);
- **potencialne težave/negativne lastnosti sistema:** z uporabo sistema notranje izolacije se volumen in površina notranjega prostora zmanjšata (kar je lahko težava v igralnicah katere so v stavbah predšolske vzgoje že tako premajhne), potencialne težave z vlago so pogostejše v primeru izoliranja stavbe z notranje strani termalnega ovoja, sam proces toplotnega izoliranja prostora zahteva, da je prostor prazen.

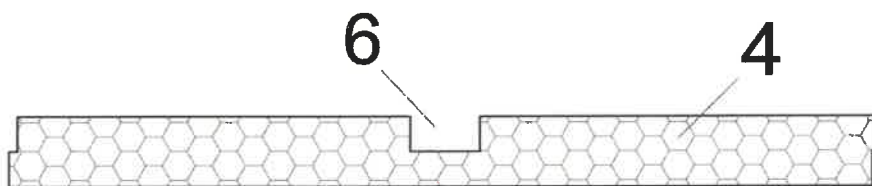
V nadaljevanju je bistvo patentnega izuma SCIENTIS, ki je lastništvo razvojenega centra INTECHLES [7], prikazano s pomočjo skic, pri čemer skice tvorijo del te patentne prijave, in prikazujejo, kot sledi na Slika 4.31, Slika 4.32, Slika 4.33:

- Na Slika 4.31 je prikazan prerez termoizolacijskega ovoja stavbe po izumu in sicer zaključni sloj (1), parna zapora (2), letve za pritrjevanje toplotne izolacije (3), toplotna izolacija (4), stena ovoja stavbe (5).
- Na Slika 4.32 je prikazana ena od oblik plošč, ki se jo uporablja v termoizolacijskem oboju stavbe po izumu in sicer toplotna izolacija (4), utor (6), ki služi za namestitev pritrditvenih letev.
- Na Slika 4.33 je prikazana ena od oblik plošč, ki se jo uporablja v termoizolacijskem oboju stavbe po izumu in sicer toplotna izolacija (4), utor, zapolnjen s polnilom (7), mesto pritrditve polnila na toplotno izolacijo, kjer v bistvu pride do loma ob odstranitvi polnila (8).
- Toplotnoizolacijski ovoj stavb je v izvedbenem primeru izdelan tako, da obsega množino plasti, in sicer od notranjosti stavbe navzven: zaključni sloj (1), parna zapora (2), toplotna izolacija (4), toplotnoizolacijski sloj pa je pritrjen na steno (5) ovoja stavbe.
- Toplotnoizolacijski ovoj stavb je po izvedbenem primeru izveden tako, da toplotna izolacija (4) obsega utor (6) za montažo letev (3), prednostno biopolimerov ali lesenih, za pritrjevanje toplotne izolacije (4) s pritrtilnimi sredstvi, prednostno iz biopolimerov, na steno (5) ovoja stavbe, ki je obrnjena proti okolici.
- Toplotnoizolacijski ovoj stavb je po izvedbenem primeru izveden tako, da je utor (6) pred montažo letev (3) zapolnjen s polnilom (7), prednostno iz enakega materiala kot toplotna izolacija (4), pri čemer je polnilo (7) moč odstraniti z lomljenjem na delu (8), kjer je pritrjen na toplotno izolacijo (4).

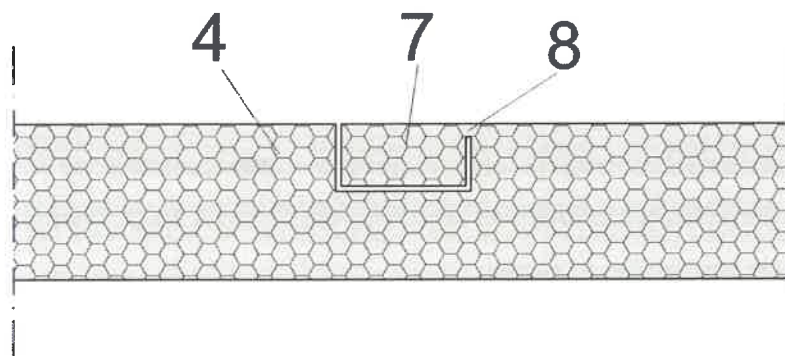




Slika 4.31. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS na notranjo stran masivne stene.



Slika 4.32. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS: obodna stena, 1.sloj EPS, WPC profil z inštalacijami, 2. sloj EPS, parna zapora, zaključna obloga.



Slika 4.33. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS: obodna stena, 1.sloj EPS, WPC profil z inštalacijami, 2. sloj EPS, parna zapora, zaključna obloga.

WPC profili so na toplotno izolacijo pritrjeni v osrednjem delu profila ter nalegajo na izolacijo z zavihki. Profili na bazi lesno-polimernega materiala vplivajo na spremembo v toplotni prevodnosti ter

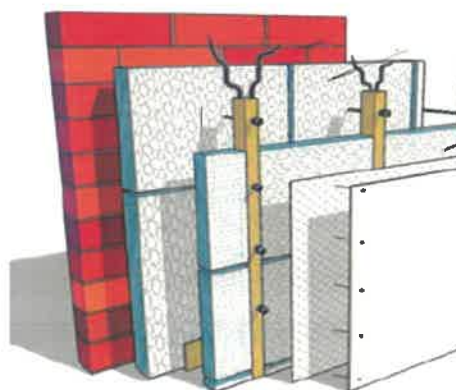
na račun vsebnosti lesne osnove vplivajo na odpravljanje toplotnih mostov, hkrati pa ponujajo možnosti za integracijo poljubne debeline izolacije. Izolacija ni lepljena na zid. Upoštevano je načelo krožnega gradbeništva saj se jo da odstraniti in ponovno uporabiti.

### Postopek montaže sistema notranje toplotne izolacije

Izolacija objekta z notranje strani mora biti pravilno izvedena, kako bi se zagotovilo kakovostno bivalno okolje in energetski prihranki. Zlasti vsi stiki, detajli okoli oken (da se prepreči nastanek toplotnih mostov), stiki sten s temelji, kjer je izolacijo sten potrebno povezati z izolacijo tlaka. Natančno izvedbo izolacije zahtevajo tudi medetažne konstrukcije z betonskimi in lesenimi stropi.

Sistem notranje toplotne izolacije se aplicira na stene, ki so suhe, statično stabilne, brez razpok ali vidnih sledovih vode, vlage in plesni. Postopek sistema notranje toplotne izolacije sistema *SCIENTI* obsega naslednje korake (Slika 4.34):

- pritrjevanje toplotne izolacije na steno ovoja stavbe, ki je obrnjena proti okolici, pri čemer se pritrjevanje izvede na strani stene, ki je obrnjena proti notranjosti stavbe, in nadalje, da se pritrjevanje izvede s pritrdilnimi sredstvi, prednostno iz biopolimerov;
- pritrjevanje parne zapore na toplotno izolacijo, prednostno z adhezivom (primeroma parna zapora s samolepilno površino);
- pritrjevanje zaključnega sloja na parno zaporo, prednostno z adhezivom.



Slika 4.34. Montaža sistem notranje toplotne izolacije *SCIENTIS*: obodna stena, 1.sloj EPS, WPC profil z inštalacijami, 2. sloj EPS, parna zapora, zaključna obloga.



Toplotna izolacija s izvede s parno zaporo in ob pravilni izvedbi detajlov in stikov preprečuje vstop vlage v konstrukcijo, na hladni strani pa ne pride do kondenzacije in morebitnega razvoja plesni.<sup>41</sup> Z izolacijo na notranji strani, pri kateri se uporabljajo lepila na apneni ali glineni osnovi, se tako doseže večjo površinsko temperaturo obodnih sten, ta pa je kot eden od parametrov toplotnega udobja definirana s temperaturo zraka in površinsko temperaturo zidov.

**PREDPRIPRAVA PODLAGE:** Najprej poteka izmera prostora in rezanje WPC profilov na potrebno dolžino. V kolikor so profili krajši kot je višina stropa se uporabi vezne elemente za prilagoditev dolžine profilov. Na profilu označimo mesta vijačenja na razdalji 80 cm. Na teh mestih pripravimo vdolbine za naleganje glave vijaka. Za izvedbo robov, zaključkov in vertikalnih opor na vogalih je potrebno odrezati eno stran zavihkov na WPC (glede na izmero terena). Nato sledi rezanje plošč 2. sloja izolacije na zeleno dolžino zaradi vijačenja zaključne plošče (dolžina 1125 cm). Odrezki izolacijskih plošč se lahko uporabijo pri polaganju ob odprtinah ali vogalih in zaključkih kar je razvidno na podlagi izmere terena.

**IZVEDBA NA VOGALIH:** Na vogalu postavimo dve plošči pravokotno druga na drugo tako, da tvorita vogal. Izolacijske plošče preklapljamo zaradi zagotavljanja enakomerne napetosti in odpravljanje toplotnih mostov. V vogalu med ploščama vertikalno postavimo dva WPC profila V5 tako, da z osrednjim delom in zavihkom zrcalno nalegata drug na drugega. Skozi profila prevrtamo luknjo in ju privijačimo na obodno steno do roba izolacije. Tako dobimo stabilno vertikalno oporo v vogalu sistema. Nato nadaljujemo na poljubni strani in položimo eno ploščo za izvedbo 2. sloja izolacije ter na stranski rob plošče položimo WPC profil in ga privijačimo. S polaganjem plošč nadaljujemo v vertikalni smeri ter sproti vijačimo profil in sistem utrjujemo. Tako naredimo na obeh straneh dokler ne pridemo do konca stene.

**IZVEDBA NA STENI:** Sistem polagamo postopoma v plasteh. Plošče polagamo v vzdolžni smeri v enakem razmiku od spodaj navzgor. Najprej začnemo s postavitvijo 1. sloja izolacije pri čemer položimo 2 plošči eno na drugo. Z roko držimo plošči na mestu in nadaljujemo s polaganjem 2. sloja izolacije. Na tla postavimo profil WPC in izolacijsko ploščo ter v vsaki drugi predhodno označeni točki

---

<sup>41</sup> Na trgu so sicer dostopne tudi notranje izolacije s kapilarno aktivno izolacijo, ki ne potrebuje parne zapore, pa ima sposobnost akumulacije vodne pare prehoda tekočin, tako da sistem ostane čim bolj difuzijsko odprt. Na hladni strani sicer pride do kondenzacije, ki pa jo izolacija s svojimi sistemskimi komponentami in lepili sprejme nase in jo vrne nazaj v prostor, tako pa uspešno uravnava mikroklimo ter izboljšuje toplotno udobje v prostoru.



vijačimo profil na obodno steno ter plasti med seboj pričvrščujemo. Nato položimo WPC profil in izolacijsko ploščo ter ponovimo postopek vijačenja. Postopek ponavljamo dokler ne zapolnimo stene. Ko so vse plasti položene, dokončno privijačimo profil po celotni dolžini na obodno steno.

**IZVEDBA OB ODPRTINAH:** Izolacijske plošče na vogalih ob odprtinah odrežemo v obliki črke L. S polaganjem začnemo od roba odprtine navzven. Namestimo 1. sloj izolacije, ki ga na robovih pritrdimo s profilom. Na vrhu pustimo rezervno debelino. Označimo višino okvirja in odrežemo odvečno višino izolacijske plošče zaradi izvedbe zaključnega sloja. Za večjo stabilnost vogala, namestimo še en profil ter ga privijačimo. Nato umestimo 2. sloja izolacije.

**IZVEDBA NA STROPU:** 1. sloj izolacije pritrdimo na strop s posebnimi pritrdili, tako da jih zabijemo v strop. Za pritrditev ene plošče potrebujemo 2 pritrdila. Namestimo prvo vrsto letvic na strop, z vijačenjem profila na vsaki drugi predhodno označeni točki. 2 sloj stisnemo ob 1 sloj z WPC profilom. Nato položimo na nepritrjen konec izolacijske plošče novi WPC V5 profil in ponovimo postopek vijačenja. Postopek ponavljamo dokler ne izoliramo celoten strop-

#### **Analiza stavbe pri katerih so omejeni posegi na zunanjem ovoju stavbe**

Naložbe v javne stavbe čigar videz želimo ali moramo ohraniti so kompleksne in celovite ter potrebujejo več usklajevanja in kompromisov, kar pa lahko pomeni tudi odmik od industrijskih rešitev in višje stroške ter daljše izvedbene roke. Zaradi tega se v praksi tovrstne prenove velikokrat strokovna javnost in ostali udeleženci izogibajo. Analiza stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je pokazala, da obstaja veliko število stavb v stavbnem fondu, različnih arhitekturnih in konstrukcijskih lastnostih, ki so potrebne prenove hkrati pa je njihov videz potrebno ohraniti, bodisi zaradi dejanskega statusa zaščite ali izrednih arhitekturnih dosežkov posameznih epoh, ki jih stavba reprezentira in je njihovo ohranjanje splošnega pomena.

Vrtci skupaj z šolami predstavljajo pretežni del javnega stavbnega fonda v Sloveniji. Glede na podatke Ministrstva za izobraževanje znanost in šport Republike Slovenije v Sloveniji imamo skupno 410 javnih in zasebnih vrtcev, oziroma 1177 javnih in zasebnih vrtcev z enotami [8]. Vrtci v Sloveniji so nastajali v različnih časovnih obdobjih in so produkt različnih družbenih sistemov, različnih normativov in različnih gradbenih trendov. Poprečna starost stavbe v katere se v Sloveniji izvaja predšolska dejavnost je več kot 45 let. Arhitekturne in konstrukcijske lastnosti stavb so sledile aktualnim trendom v gradnji, in je zelo pester razpon od masivno grajenih betonskih do lahkih



montažnih konstruktivnih sistemov. V stavbnem fondu stavb predšolske vzgoje so tudi namensko grajene stavbe i nenamensko grajene, večinoma stanovanjske prilagojenje izvajanju predšolske dejavnosti.

V kontekstu imperativa doseganja energetske prihrankov so v zadnjem desetletju številne stavbe predšolske vzgoje bile prenovljene, vendar jih je tudi veliko število še vedno potrebnih prenove. Poseben izziv je energetska prenova stavb pri katerih ni moč ali iz katerihkoli razlogov ni zaželeno energetske lastnosti stavbe izboljšati dodajanjem termoizolacije na ovoj stavbe z zunanje strani ovoja stavbe. Tukaj sodijo: 1) stavbe ki imajo status zaščite; 2) stavbe čigar arhitekturne lastnosti bi lahko bile močno narušene dodajanjem termoizolacije na zunanji ovoj stavbe in 3) stavbe predšolske vzgoje pri katerih zaradi tehničnih ali katerihkoli razlogov ni moč energetske lastnosti stavbe izboljšati dodajanjem termoizolacije s zunanje strani termalnega ovoja stavbe. Vse skupine stavb so posebej analizirane:

- 1) **stavbe ki imajo status zaščite** (varstvo kulturne dediščine ali katerikoli drugi režim zaščite), katerih je približno 7,4% v stavbnem fondu vseh stavb predšolske vzgoje v Sloveniji (ocenjeno na podlagi vzorca stavb analiziranega z anketnim vprašalnikom VRTEC+) [4]. Večinoma gre za nenamensko grajene stavbe starejšega datuma prilagojene izvajanju dejavnosti predšolske vzgoje (adaptirane stanovanjske stavbe, družinske vile, druge javne stavbe) (Slika 4.35) ali za namensko grajene vrtčevske stavbe ki predstavljajo izredne arhitekturne dosežke (Slika 4.36). Nenamensko grajene vrtčevske stavbe so večinoma zgrajene do 1945 in je zunanji videz stavb potrebno ohraniti zaradi tega kar imajo stavbe status kulturne dediščine, ali se nahajajo v conah katere so ambientalne celine katere je prav tako potrebno ohranjati (Slika 4.35). Namensko grajenih stavb predšolske vzgoje v Sloveniji le nekaj in večinoma datirajo iz epohe poznih sedemdesetih in ranih osemdesetih let prejšnjega stoletja (Slika 4.36).

Javno dostopne enotne baze podatkov v nadležnih inštitucijah katera bi zajela seznam vseh stavb ki imajo katerikoli režim zaščite ni, in se (glede na omejenost anketiranega vzorca) predvideva, da je to število še nekoliko večje; Zavod za varstvo kulturne dediščine (ZVKDS) je največja javna institucija, ki se v Sloveniji ukvarja z ohranjanjem in varstvom kulturne dediščine. Osnovne podatke o kulturni dediščini vsebuje Register nepremične kulturne dediščine (RKD), ki je uradna zbirka podatkov o nepremični kulturni dediščini na območju Republike Slovenije in ga vodi Ministrstvo za kulturo Republike Slovenije, vendar kot že povedano enotne javno dostopne baze podatkov ni.



*Slika 4.35. Nadstropna meščanska vila z mansardno streho in razgibano neobaročno fasado s prisekanimi vogali, balkoni in vhodno lopo, zgrajena 1927 v historicističnem slogu [Avtor]*



*Slika 4.36. Namensko grajena stavba, Vrtec Mladi rod, enota Vetrnica, Ljubljana 1972, arh. Stanko Kristl [7]*

Poleg stavb predšolske vzgoje s statusom zašite v stavbnem fondu so še številne druge zaščitene stavbe, muzeji, sakralni objekti ter druge starejše stavbe, katere so potrebne celovite ali delne prenove s ciljem izboljšanja energetske učinkovitosti in bivalnega ugodja. Uporaba sistema notranje toplotne izolacije pri tovrstnih stavbah je optimalna rešitev.

- 2) stavbe predšolske vzgoje, ki nimajo statusa zaščite, čigar arhitekturne lastnosti bi lahko bile močno spremenjene/narušene dodajanjem termoizolacije na zunanji ovoj stavbe. Tukaj sodi večinoma betonska prefabrikacija med letom 1970-1980, tovrstnih stavb različnih namembnosti je veliko tudi na prostorih nekdanje Jugoslavije (Slika 4.37).<sup>42</sup> Te stavbe večinoma niso uvrščene na seznam stavb kulturne dediščine, vendar se je potrebno zavedati njihovega arhitekturnega pomena in ga ohranjati (Slika 4.37 in Slika 4.38). Dodajanje termoizolacionih materiala na zunanji del ovoja stavbe močno ogroža vizualni identitet tovrstnih stavb, proporcijske odnose med konstrukcijskim in dekorativnim elementi fasade, in ogroža celotno estetiko stavbe. Podatka o številu teh stavb v stavbnem fondu ni, je pa dejstvo da jih je veliko in večina nima status zaščite, te je očuvanje tovrstnih arhitekturnih dosežkov prepuščeno v praksi odločitvam posameznikov, kar so občine i ravnateljji in je v praksi skrb za arhitekturni videz stavbe na zadnjem mestu.



*Slika 4.37. Vrtec Slavuj v otoku 28, Novi Beograd, Predšolska ustanova '11 April' [8]*

---

<sup>42</sup> Vrtec Mladi rod, enota Vetrnica, Ljubljana 1972, arh. Stanko Kristl (Slika 2) je arhitekturno-oblikovno zelo podoben kot Vrtec Slavuj v otoku 28, Novi Beograd (Slika 3).



*Slika 4.38. Namensko grajena stavba vrtca v Mariboru, stavba zgrajena 1972 [Avtor]*

Predstavljene stavb predšolske vzgoje (Slika 4.37 in Slika 4.38) časovno sodijo v arhitekturno epoho brutalizma [9], ki je na prostorih nekdanje Jugoslavije pustila močan pečat s številnimi javnimi stavbami specifične estetike, močnega arhitekturnega izraza vrednega ohranjanja. To so stavbe grajene v 70 in 80 in jih je potrebno prilagoditi sodobnim standardom v smislu energetske učinkovitosti. V tem kontekstu je uporaba sistema notranje toplotne izolacije tudi tukaj optimalna rešitev.

- 3) stavbe predšolske vzgoje pri katerih zaradi tehničnih ali katerihkoli drugih razlogov ni moč energetske lastnosti stavbe izboljšati dodajanjem termoizolacije s zunanje strani termalnega ovoja stavbe.** Tukaj sodijo npr. nenamensko grajene stavbe, ki so delno v lasti vrtca (pritličje večstanovanjskih stavb, ipd.) in je v takih primerih pri energetski prenovi stavbe moč toplotno izolirati le del stavbe v lastništvu (Slika 4.39). V to skupino sodijo tudi stavbe ki niso samostoječe na parcelah in so vzdane med druge stavbe (Slika 4.40), zaradi česar ni moč termalni ovoj stavbe tretirati s zunanje strani. Po navadi se nahajajo v mestnih jedrih so delno ali v celoti namenjene predšolski vzgoji.





*Slika 4.40. Namensko grajena stavba vrtca, v stogom mestnem jedru, Maribor [Avtor]*

Podobne primere stavb predšolske vzgoje pri katerih zaradi tehničnih ali katerihkoli drugih razlogov ni moč energetske lastnosti stavbe izboljšati dodajanjem termoizolacije s zunanje strani termalnega ovoja stavbe srečamo tudi pri stavbah druge namembnosti, npr. stanovanjskih ali poslovnih stavbah. Uporaba sistema notranje toplotne izolacije pri tovrstnih stavbah je optimalna rešitev za prenove dela stavb ali stavbe kot celote.

#### **Izboljšanje termalnega ovoja s uporabo prefabriciranega fasadnega elementa**

Energijska učinkovitost "Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah" (Ur. l. št. 52, 30. 6. 2010) med drugim predpisuje strožje zahteve za maksimalno dovoljeno toplotno prehodnost zunanjih sten. Tako se je ta znižala iz prejšnjih  $U_{max} = 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  na  $U_{max} = 0,28 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . To, ob upoštevanju dodatnega kriterija, ki omejuje povprečno toplotno prehodnost objekta ( $U_m$ ), za povprečen objekt v osrednji Sloveniji, pomeni 16 do 20 cm izolacije na zunanji steni.

Kot že povedano uporaba sistema je možna pri različnih stavbah oz. zunanjih sten različnih sestav. Pravtako je debelino izolacije sloja EPS (ekspandiranega polistirena) možno prilagajati potrebam stavbe po izboljšanju toplotne prehodnosti  $U$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) stene. V tem delu raziskave je prikazano izboljšanje za dva najbolj pogosta primera obstoječih stavb v stavbnem fondu, s prikazom toplotne prehodnosti stene v osnovni obliki in s apliciranim sistemom SCIENTIS (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**)

Torej, v tabeli je predstavljen izračun, ki odgovori na vprašanje, koliko se lahko izboljšajo lastnosti termalnega ovoja stavbe z uporabo sistema SCIENTIS. Za dva izbrana primera sestave sten stavbe predšolske vzgoje 1.) opečnata fasdna stena, brez toplotne izolacije (prisotna v različnih pojavnih



oblikih pri tipu stavbe A, B, C) in 2.) betonska prefabricirana fasadna stena, brez toplotne izolacije (prisotna v različnih pojavnih oblikih pri tipu stavbe B, C). Predstavljena je toplotne prehodnosti **U (W/m<sup>2</sup>K)** za sestavo sten v izvirni obliki in s dodatkom sistema toplotne izolacije Scientis. Debelina dodane EPS izolacije je aproksimativno izbrana, vsekakor je pa za konkretne primere potrebno prilagoditi na način, da lastnosti prenovljene stene zadostijo zakonskim odrednicam, kar je v Sloveniji za zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom opredeljeno s **0,28 W/m<sup>2</sup>K**.

Lahke-montažne konstrukcije niso razmatrane v tem segmentu iz več razlogov. Stavbe pri katerih niso dovoljeni posegi na zunajem ovoju stavbe niso grajene v montažnem konstrukcijskem sistemu in zaradi tega tudi primena sistema SIENTIS pri tivrstnih stavbah ni smiselna. Drugi razlog je tehnične narave, da v kolikor pri montažni stavbi obstaja ovira v smislu dodajanja toplotne izolacije z zunanje strani stavbe se izolacija z notranj strani lahko izvede n drugačne načine pri montažnih stavbah.

Tabela 4.36. Toplotne prehodnosti U (W/m<sup>2</sup>K) sten

Sestava stene: obstoječa stena/obstoječa s sistemom SCIENTIS	U (W/m <sup>2</sup> K) stene v izvirni obliki	U (W/m <sup>2</sup> K) stene s apliciranim System SCIENTICE
Zunanji omet 1,5cm Opečnata stena 45cm Notranji omet 1,5cm	1,027 W/m <sup>2</sup> K	0,186 W/m <sup>2</sup> K
<i>EPS 15+5cm</i> <i>Parna zapora</i> <i>Zaključna obloga</i>		
Zunanji omet 2 cm Betonska prefabricirana stena 20cm Notranji omet 2cm	2,83 W/m <sup>2</sup> K	0,180 W/m <sup>2</sup> K
<i>EPS 15+5cm</i> <i>Parna zapora</i> <i>Zaključna obloga</i>		



#### 4.2.3 ZAKLJUČKI

Na podlagi analiz v tej raziskavi se lahko zaključi, da je **fasadni sistem oz. fasadni ovoj stavbe ključni element energetske učinkovitosti stavbe, zdravega bivanja v stavbi in ključni element ki tvori estetiko oz. videz stavbe.**

Kljub mnogim poznanim rešitvam, uveljavljenim izolacijskim sistemom in vse strožjim predpisom, energetska učinkovitost stavb predšolske vzgoje (in vseh javnih) stavb v Sloveniji še vedno ni na najvišjem nivoju. Energetsko potratne stavbe še vedno predstavljajo največji možni potencial varčevanja z energijo in posledično vplivajo na zmanjšanje emisij ekvivalenta CO<sub>2</sub> v Sloveniji, Evropi in še posebej pa v nekdanjih Jugoslovanskih republikah. Prav tako je tudi med stavbnim fondom stavb predšolske vzgoje veliko stavb z potencialom za varčevanja z energijo in posledično vplivom na zmanjšanje emisij ekvivalenta CO<sub>2</sub>. Ta potencial se lahko najbolj učinkovito izkoristi z izboljšanjem energetskih lastnosti termalnega ovoja stavbe. Zaradi tega je v tej raziskavi posebna pozornost posvečena fasadnemu sistemu stavbe. **Analize so pokazale, da z enotnim fasadnim sistemom ni moč odgovoriti na posebnosti vseh stavbah v obstoječem stavbnem fondu, zaradi tega sta v tej raziskavi predstavljena dva sistema, in sicer: sistem zunanje in sistem notranje toplotne izolacije.**

Za zaključek tega poglavja, ki se osredotoča na fasadne sisteme je potrebno poudariti, da je v praksi priporočljiva izvedba fasadnega sistema s zunanjo toplotno izolacijo, ker doseže lahko boljše rezultate energetske učinkovitosti, ker je z ekonomskega vidika bolj opravičena. Vendar je pri stavbah predšolske vzgoje pri katerih ni moč uporabiti sistem zunanje toplotne izolacije ponujena rešitev s sistemom notranje toplotne izolacije. V nadaljevanju so predstavljeni zaključki v zvezi s izvedbo oba sistema toplotne izolacije.

Fasadni ovoj je izredno pomemben element energetske učinkovitosti in arhitekturno-oblikovnih lastnosti vsake stavbe, zagotavlja kvalitetno bivalno okolje uporabniku, pod pomore k izpolnjevanju kriterij energetske učinkovite stavbe in ustvarja arhitekturno identiteto prostora. Pričakovani prihranki energije, ki se lahko dosežejo z izboljšanjem termalnega ovoja stavbe so ekvivalentno poprečno do 35% vseh transmisijskih izgub v stavbi, odvisno od tipa stavbe in arhitekturno-konstrukcijskih lastnosti stavbe.



### **Zaključki – fasadni sistem zunanje toplotne izolacije**

**Fasadni ovoj je izredno pomemben element energetske učinkovitosti in arhitekture vsake stavbe. Njegova naloga je, da zagotovi kvalitetno bivalno okolje uporabniku, izpolni trajnostne kriterije gradnje in omogoči identiteto arhitekturnemu prostoru. Pričakovani prihranki energije za izboljšanje termalnega ovoja stavbe, z fasadnim sistemom zunanje toplotne izolacije so ekvivalent poprečno do 35% vseh transmisijskih izgub v stavbi.**

Analize so pokazale, da je razvoj sistema smiseln le v kolikor sistem ima različne produkte, ki se lahko prilagajajo obstoječim stavbam v stavbnem fondu. Razlog za to je pester stavbni fond in zelo različne gradbeno-fizikalne lastnosti termalnih ovojev stavb predšolske vzgoje, ki zahtevajo posebno obravnavo. Predstavljeni fasadni sistemi (1ali/2) s termoizolacijo na zunanji strani obstoječe stene so odgovor na izziv energetske potratnih in bivanjsko neugodnih objektov. Uporaba sistema ima potencial pri stavbah predšolske vzgoje, prav tako tudi pri stanovanjskih in ne stanovanjskih stavbah. Funkcije, ki aplikacija razvitega fasadnega sistema stavbe izpolnjuje so:

- objekt zaščiti pred zunanjimi vplivi,
- zagotavlja lahko željeni estetski izgled,
- zagotovi daljšo časovno obstojnost fasade,
- znižanje stroškov porabljenih energentov,
- izboljšanje kvaliteta bivalnega okolja.

Smisel razvitega prefabriciranega produkta (npr. prefabriciran fasadni sistem) je hitra in ekonomsko ugodna prenova stavbe-objekte predšolske vzgoje. Torej možnost integriranja izolacije v fasadni sistem v obliki panelov določene velikosti, ki so v celoti pred izdelani v tovarni ter se montirajo na obstoječo konstrukcijo, se kot smotrna pokazala le kod montažnih stavbah.

### **Zaključki – sistem notranje toplotne izolacije**

Na začetku tega poglavja so predstavljene začetna stališča in ugotovitve pri razvoju fasadnega sistema, prav tako tudi omejitve pri stavbah pri katerih ni moč fasadni sistem aplicirati na zunanjo stran stavbe. Zaradi tega je v tem delu raziskave pozornost bila posvečena tudi razvoju sistema notranje toplotne izolacije.

Predstavljeni sistema *SCIENTIS* je odgovor na izziv energetske potratnih in bivanjsko neugodnih objektov z integracijo prilagodljivega sistema toplotne izolacije na notranji strani toplotnega ovoja stavbe. Uporaba sistema ima potencial pri stavbah predšolske vzgoje, stanovanjskih in



nestanovanjskih stavbah pri katerih iz kateregakoli razloga obstajajo ovire za postavitve termoizolacije zunaj stavbe. Potencial je tudi pri obnovah stavb v starih mestnih jedrih kjer je veliko priložnosti za ureditev novih uporabnih prostorov v spomeniško varovanih stavbah, zlasti je veliko neizkoriščenega potenciala v mansardah, pri kateri se ta sistema lahko uporabi.

Uresničevanje energetske ukrepev nujno ima za cilj izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe in nikakor ne sme imeti za posledico poslabšanje kakovosti notranjega bivalnega ugodja uničenje kulturnih, historiginih in arhitekturnih vrednot stavb. V tem kontekstu je predstavljeni sistem optimalna rešitev za vse stavbe pri katerih uresničevanje energetske ukrepev ni moč doseči na klasičen način, dodajanjem termoizolacije na zunanji ovoj stavbe. Sistem ponuja kakovostno, okolju prijazno rešitev, s komponentami iz podpornih elementov izdelanih od leseno-polimernih kompozitnih materialov in polnilom od termoizolacije, ki v primerjavi s aluminijem ne rjavijo, proizvodnja je manj okoljsko obremenjujoča, možna je reciklaža, ne ustvarjajo faradejeve kletke, ponuja možnosti fleksibilne izvedbe.

Uporaba sistema v širšem kontekstu lahko pripomore ohranjanju stavb arhitekturne dediščine in ambientalnih urbanih celin, manjši rabi energije v stavbah in splošno trajnostno naravnem razvoju družbe.

#### 4.3 OKOLJSKI VPLIVI PRENOVE STAVB PREDŠOLSKE VZGOJE

V okviru A 4: *Razvoj modelov prenove stavb predšolske vzgoje* je s projektno prijavo predvidena parcialna LCA analiza, ki bo preverila tudi okolijski vpliv delno prefabriciranih fasadnih sistemov razvitih v tej raziskavi. Fasadni sistem je predhodno razvit na teoretični razini (poglavje 4.2 raziskave).

Negativni vplivi poseganja človeka v okolje so številni, zaradi njih se človečanstvo spopada s podnebnimi spremembami, ozonskimi luknjami, segrevanjem ozračja, onesnaženost zraka in številnimi drugimi negativnimi posledicami. Poleg tega manjšanje zalog obnovljivih virov energije (nafta, zemeljski plin, premog), zaradi česa postaja energija vse bolj dragocena dobrina. Zaradi vseh negativnih pojavov se ljudje vse bolj zavedamo pomena po varovanju in ohranjanju okolja za prihodnje generacije, potreba in pripravljenost za varčevanje z energijo pa še nikoli nista bili tako visoki kot sedaj. V takem kontekstu je okolijski vidik prenove stavb predšolske vzgoje oz. okolijski vidik



posameznih fasadnih sistemov uvrščen v to raziskavo, kot izredno pomemben segment sodobnega gradbeništva.

V tej raziskavi je večkrat že poudarjeno in z analizami utemeljeno, da je potrebno, da vsi elementi gradbenega sklopa hise pa tudi fasadni sistemi ne le varčujejo le z energijo, ampak tudi **učinkovito sodelujejo pri varovanju okolja**. V tem kontekstu je cilj LCA analize v tej raziskavi, ocena vpliva na okolje posameznih fasadnih sistemov, ki se potencialno lahko uporabljajo pri energetskih prenovah stavb.

#### 4.3.1 Uvodne smernice

Trajnostni pristop k prenovi ali načrtovanju stavb vse bolj postaja imperativ, tako z vidika zakonodaje kakor tudi zaradi ekonomske in ekološke nujnosti. Eden izmed bistvenih stebrov trajnostnega razvoja je ekološki vidik v pristopu k načrtovanju in izgradnji stavb in ocena vpliva le-teh na okolje. Energetska prenova stavbe naj bi zagotovila boljšo energetsko učinkovitost stavbe, nižjo rabo energije posledično tudi manjši vpliv na okolje, kar se lahko tudi preveri oz. dokaže z LCA analizo.

V prvem koraku tega dela raziskave je zajeta splošna predstavitev pojma in metod LCA, z njo povezana standardizacija, njene značilnosti, proces in njena uporaba v gradbeništvu. Drugi del vsebuje LCA analizo prefabriciranega fasadnega sistema, teoretično razvitega v tej raziskavi in njegovih komponent. Cilj je analiza, je ocena vpliva različnih fasadnih sistemov na okolje.

#### Opredelitev pojma

LCA (angl.: Life Cycle Assessment) ali *ocena življenjskega cikla* predstavlja tehniko za ugotavljanje potencialnih okolijskih vidikov in vplivov, povezanih s proizvodom, storitvijo ali procesom, z zbiranjem vhodnih in izhodnih podatkov sistema; oceno morebitnih vplivov na okolje, povezanih s temi vložki in rezultati (ISO 14040). Ocena življenjskega cikla (LCA) lahko zajame stavbo kot celoto ali posamezni gradbeni izdelek. LCA je instrument ne samo za varstvo okolja in ohranjanje naravnih virov, ampak tudi za zmanjšanje stroškov. Ena izmed metod za ugotavljanje negativnih vplivov na okolje je namenjena spremljanju proizvoda skozi celotno življenjsko obdobje – »od zibelke do groba« – in zajema pridobivanje surovin, proizvodnjo, transport in vgradnjo, vzdrževanje, odstranjevanje, reciklažo ali ponovno uporabo proizvoda.



LCCA (angl.: Life Cycle Cost Assessment) je postopek presoje upravičenosti celotne naložbe ali le posameznega posega v vseh fazah stavbe: od začetne naložbe, obratovanja in vzdrževanja, do obnove in končno odstranitve. LCCA je obetavna metoda presoje načrtovanih posegov v stavbi, ki je lahko uporabimo za presojo celotnih stroškov lahko uporabimo pri analizi celotne stavbe (novogradnje), pri večji obnovi stavbe ali pa le pri nabavi posameznih komponent ob vzdrževanju ali zamenjavi naprav ali delov stavbe. Za lastnika/uzdrževalca (občina, v primeru stavb predšolske vzgoje) so analize LCC ter LCA analize izrednega pomena, kajti lahko se koristijo za ocenjevanje ali primerjavo izvedbe energetske prenove ali uporabe različnih izdelkov ter za pripravo podatkov za njihov okoljski odtis (ogljčni odtis). LCCA metoda ni predmet te raziskave.

Načrtna obnova stavbe v skladu z napredkom tehnike, načeli LCA in zahtevami sodobnega uporabnika pa predstavlja povečanje njene vrednosti, zagotavlja smotrno porabo sredstev in omogoča boljše bivalne in delovne pogoje. Pogosto se po celoviti preučitvi načrtovane naložbe izkaže, da se začetni višji vložek v boljše materiale in sodobne energetske učinkovite tehnologije kmalu povrne skozi manjše obratovalne in vzdrževalne stroške. Kljub temu pa se srečujemo z vrsto ovir, zaradi katerih zamujamo priložnosti za dolgoročno gospodarno gradnjo in obnovo stavb. Širša uporaba LCCA pri vsakodnevnem načrtovanju in prenove stavb je tudi drugod redka, razen v skandinavskih državah, kjer je LCC analiza pri gradnji stavb financirani iz javnih virov obvezna. Rezultati LCCA predstavljajo dobro dodatno podlago za odločitve na strani investitorjev, kajti prevečkrat se odločamo za najcenejšo naložbo ali pa se pri izbiri optimalne rešitve opiramo le na izkušnje. Širši prodor LCCA bo omogočila učinkovita povezava računalniških programov za simulacijo toplotnega odziva stavbe s programi za ekonomsko presojo stroškov stavbe v življenjskem krogu, še posebej če bodo ti modeli vključevali tudi verjetnostni vidik pri načrtovanju dogodkov v življenjskem ciklu stavbe.

### **Vrste študij LCA**

Razpoložljivost in kakovost podatkov sta temeljni vprašanji analize LCI pri oceni življenjskega cikla. Ob opredelitvi cilja se je treba odločiti, kateri podatki za študijo bodo na voljo, kdo jih zbira ali izračuna in kako; po potrebi je treba pridobiti informacije o konkurenčnih izdelkih. Nadalje je treba določiti, za katere procese je treba pridobiti primarne podatke, kateri procesi se lahko zatekajo k že obstoječim podatkom in katere podatke je treba približati z ocenjenimi vrednostmi. Dostopnost podatkov je najpomembnejše merilo za odločitev o stopnji podrobnosti, do katere je mogoče izvesti



LCA študijo. Glede na stopnjo podrobnosti in razpoložljivost podatkov razlikujemo tri vrste LCA študij:

- pregledna,
- poenostavljena,
- in popolna LCA.

Pregledna študija LCA lahko služi za začetni (hiter) pregled vplivov stavbe ali izdelka na okolje. S pregledno LCA ni mogoče pridobiti podrobnih rezultatov o okoljski učinkovitosti stavbe ali izdelka, prav tako pa na njej ne morejo temeljiti primerjalne trditve v skladu s standardom ISO 14044. Ta vrsta študije daje oceno okoljske uspešnosti, ki lahko koristi v zgodnjih fazah načrtovanja ali razvoja izdelka. V primerjavi z drugimi vrstami študij, pregledna študija temelji na splošnih predpostavkah ter večinoma uporablja povprečne (generične) okoljske informacije o izdelkih, ali informacije, ki so lahko vzete iz splošnih podatkov LCA in iz privzetih okoljskih vrednosti. Hitrejšo oceno stavbe ali izdelka je mogoče izvesti tudi s poenostavljeno oz. „prilagojeno“ študijo LCA. V primerjavi s pregledno LCA študijo je treba navesti več podrobnosti, da se poveča reprezentativnost rezultatov študije. Prav tako bi morali biti okoljski podatki, uporabljeni za poenostavljene študije, bolj reprezentativni za izdelek, sestavni del, element ali del stavbe, ki se ocenjuje. Za popolno LCA je treba upoštevati strožje zahteve, da se zagotovi ustrezna raven reprezentativnosti podatkov. Popolna študija LCA odraža običajen pristop k LCA po ISO 14040/14044 in odraža podlago za primerjalne trditve in drugo zunanjo komunikacijo. Zajema celoten življenjski cikel in daje celovit in natančen vpogled v okoljsko učinkovitost stavbe ali izdelka.

Cilj študije izvedene znotraj projekta VRTEC+ je izvedba **pregledne LCA analiziranih in teoretično razvitih prefabriciranih fasadnih sistemov.**

### **Osnove analize življenjskega cikla**

Analiza življenjskega cikla je analitično orodje za sistematično objektivno vrednotenje vseh bistvenih vplivov, ki jih ima izdelek, storitev ali subjekt na okolje v svojem življenjskem ciklu. Namen analize LCA je optimizirati dizajn, proizvodne in tržne postopke ter izbiro materiala tako, da so poraba energije, vode in drugih virov ter emisije škodljivih snovi v okolje čim manjši (ISO 14040 2006). Analiza LCA je metodologija, ki to presoja na celovit in pregleden način na podlagi dejstev in strokovnega znanja. LCA je tudi orodje za analizo obremenitev okolja proizvodov v vseh fazah





njihovega življenjskega cikla - pridobivanje sredstev, proizvodnja surovin, uporaba izdelka, upravljanje in odstranjevanje odsluženih izdelkov z recikliranjem oz. ponovno uporabo materialov ali odlaganjem na odpad [10].

Strokovna literatura pozna več različic analize LCA, slednje so najpogostejše:

- **Od zibelke do groba** (ang. Cradle-to-grave): je analiza, ki spremlja proizvodnjo izdelka od začetka nastanka do konca njegove življenjske dobe;
- **Od zibelke do izhoda** (ang. Cradle-to-gate): je analiza delnega življenjskega cikla od proizvodnje (»zibelke«) do vrat tovarne, preden pride do uporabnika ali potrošnika. Pogosto je ta različica osnova za okoljske deklaracije proizvodov;
- **Od zibelke do zibelke** (ang. Cradle-to-cradle): je oblikovana analiza, ki se zavzema za odpravo odpadkov z recikliranjem materiala, namesto odlaganja. Je metoda za zmanjševanje vpliva izdelkov na okolje z uporabo trajnostne proizvodnje, delovanja in načini odstranjevanja.

Namen analize življenjskega cikla (LCA) je predvsem določitev vplivov na okolje izbranega proizvoda ali procesa. Analiza LCA zagotavlja celovit pregled nad okoljskimi vplivi izdelka ali procesa v celotnem življenjskem ciklu proizvoda, v primeru te raziskave fasadnega sistema. Analiza LCA omogoča oceno kumulativnih vplivov na okolje, ki izhajajo iz vseh faz. Glavni nameni analize LCA so v znanstveni literaturi opredeljeni kot [10]:

- analiza izvora težav, povezanih z določenim proizvodom;
- primerjava različnih verzij proizvoda;
- oblikovanje novih proizvodov;
- številčnejša izbira med proizvodi.

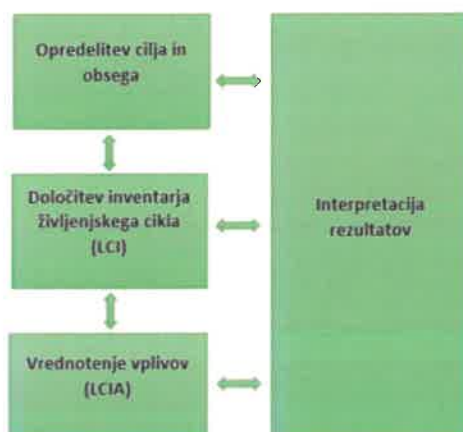
Metodo LCA lahko opredelimo kot edino standardizirano metodo za določitev oz. vrednotenje obremenitve okolja, povezane s proizvodnjo izdelka ali s storitvijo, tako da ugotovimo, koliko energije in materialov glede na vrsto in količino je potrebnih, kakšne so vrste in količine odpadkov in emisij v okolje ter kakšne so možne posledice za okolje. Z oceno življenjskega ciklusa izdelkov je tudi možno predvideti možne izboljšave v odnosu do okolja. Ocene vključujejo celotni življenjski cikel proizvoda ali procesa vključno z izdelavo, transportom in distribucijo, uporabo, vzdrževanjem,

morebitnim recikliranjem in končnim odlaganjem na odpad [11]. LCA je edina metoda, ki se uporablja za ocenjevanje okoljskih vplivov proizvoda v njegovem življenjskem ciklu, ki ju je standardizirala Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO). Vodilna standarda za LCA sta ISO 14040:2006 [1] in ISO 14044:2006 [2].

### Faze analize življenjskega cikla

Glede na ISO standard SIST ISO 14040:2006 Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla [12] LCA poteka v štirih interaktivnih fazah (Slika 4.41):

1. faza - opredelitev cilja in obsega študije,
2. faza - določitev inventarja življenjskega cikla (LCI),
3. faza - vrednotenje vplivov (LCIA),
4. faza - interpretacija rezultatov življenjskega cikla.



Slika 4.41. Faze življenjskega cikla (SIST EN 14040:2006).

V prvi fazi LCA analize se definira njen namen, oziroma kateri proces ali proizvod želimo z njo ovrednotiti ali katere procese ali proizvode primerjati med seboj. Najprej se opiše proces ali proizvod, ki se bo obravnava v študiji, nato se določi obseg. Obseg vključuje meje opazovanega sistema in z določitvijo stopnje natančnosti je odvisen od predmeta in namena študije. Širina in natančnost LCA študije se razlikuje glede na njen namen. Potem, se določi funkcionalno enoto, predmet analize LCA na katero se bodo nanašali končni rezultati in razlaga. Funkcionalna enota



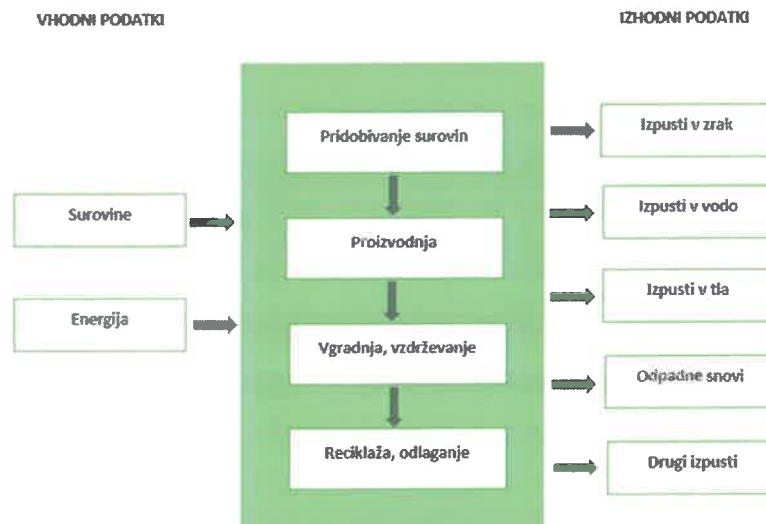
opisuje funkcijo izdelka, za katerega se načrtuje LCA. Njen glavni namen je podati referenčno vrednost, na katero se normalizirajo količine vhodnih in izhodnih podatkov. Ustrezno izbrana funkcionalna enota je nujno potrebna za dejansko primerljivost rezultatov (v primeru fasadnega sistema je to večinoma m<sup>2</sup>). Torej, cilj in obseg tako vsebujeta tehnične podrobnosti, ki vodijo nadaljnje delo, in sicer:

- funkcionalno enoto, s katero se določi, kaj natančno se proučuje, in kvantificira storitev, ki jo prinaša sistem proizvoda, s čimer se zagotavlja referenca, s katerimi lahko povežemo vhode (ang. Input) in izhode (ang. Output) obravnavanega sistema. Poleg tega je funkcionalna enota pomembna kot osnova, ki omogoča, da se primerja in analizira alternativni produkt ali storitev;
- meje sistema;
- predpostavke in omejitve;
- metode dodeljevanja, uporabljene za razdelitev okoljske obremenitve procesa, ko si več procesov ali funkcij deli isti proces;
- izbrane kategorije vplivov.

V drugi fazi, LCI, imenovani »določitev inventarja življenjskega cikla« (ang. Life Cycle Inventory oz. LCI) se obravnavajo vsi vhodni in izhodni tokovi različnih procesnih korakov znotraj analiziranega sistema in je potrebno ugotoviti in navesti količine surovin in energetskih virov, ki so potrebni za izvajanje tehnoloških procesov in proizvodnjo produktov, opredeljenih v obsegu študije. Za vsaki produkt in tehnološki proces je potrebno ugotoviti, kateri izpusti se sproščajo v okolje in jih je potrebno količinsko ovrednotiti oz. definirajo se vse snovni in energetski vnosi v sistem, ter vsi izpusti iz sistema (Slika 4.42, Slika 4.41). Druga faza LCA torej, vključuje oblikovanje inventarja tokov/procesov v naravo in iz nje (za sistem izdelkov). Seznam tokov vključuje porabo vode, energije, surovin in izpustov v zrak, zemljo in vodo. Za razvoj inventarja je potrebno zgraditi model tehničnega sistema, ki uporablja podatke o vseh vhodnih (ang. Input) in izhodnih (ang. Output) (Slika 4.42). Vhodni in izhodni podatki, ki so potrebni za izdelavo modela, se zbirajo za vse dejavnosti znotraj okvirja sistema, vključno z dobavno verigo. Podatki morajo biti povezani v funkcionalno enoto, ki je opredeljena v prvi fazi, torej pri opredelitvi ciljev in obsega študije. Podatke se lahko predstavi v tabelah, prav tako se lahko v tej fazi izvede že nekaj razlag. Rezultati popisa so LCI, ki zagotavljajo (v obliki elementarnega toka v okolje in iz njega) informacije o vseh vhodnih in izhodnih vseh procesnih enot, ki

so vključene v raziskavo. Število seznamov tokov lahko naraste do več sto, odvisno od postavljenih meja sistema.

Podatki za analize življenjskega cikla nekega produkta – bodisi generičnega (tj. reprezentativnega industrijskega povprečja) bodisi na ravni določene blagovne znamke – se običajno zbirajo s pomočjo anketnih vprašalnikov. Vprašalniki zajemajo celoten spekter vhodov in izhodov, po navadi s ciljem, da predstavijo 99 % mase proizvoda in 99 % energije, ki se uporablja v proizvodnji in v kakršnih koli okoljsko občutljivih tokovih, čeprav le-ti spadajo v raven 1 % vhodov. Eno od področij, kjer je verjetno težko dobiti podatke, so tokovi iz tehnološke sfere (ang. Techno-sphere). Tehnološka sfera je definirana kot nekaj umetno narejenega (ang. Man-made world), pri čemer je po mnenju strokovnjakov možno te vire 100 % reciklirati. Za LCI so “techno-sphere” izdelki (proizvodi dobavnih verig) tisti, ki so umetno proizvedeni. Na žalost pa tisti, ki izpolnjujejo vprašalnike o procesu uporabe umetnih proizvodov kot sredstvo za doseg cilja, ne morejo določiti, koliko vhodnih procesov uporabljajo. Velja namreč, da nimajo dostopa do podatkov v zvezi z vhodi in izhodi za pretekle proizvodne procese izdelkov. Podjetje, ki opravlja LCA, se mora nato, v kolikor nima podatkov iz svojih preteklih študij, obrniti na sekundarne vire. Vire teh informacij običajno predstavljajo nacionalne zbirke podatkov, ki so zlahka dostopne, ali pa so vključeni v orodjih LCA. Pri tem pa je potrebno paziti, da sekundarni viri podatkov odražajo realne regionalne in nacionalne razmere.



Slika 4.42. Stopnje življenjskega cikla z nakazano potrebo po surovinah in energiji ter spremljajočimi izpusti v okolje.



Tretja faza je LCIA, gre za poskus povezati pridobljene podatke o vrstah in količinah snovi iz predhodne faze (LCI) z njihovimi škodljivimi učinki na okolje. Faza predstavlja presoja vplivov življenjskega cikla (ang. Life Cycle Impact Assessment), s čimer analizi popisa sledi analiza vpliva. V LCIA se ovrednotijo okoljske vplive in po želji tudi vplive na zdravje ljudi, kot posledica porabe energije, in surovin (oboje povzroča okoljske izpuste). To vrednotenje temelji se na znanstvenih ugotovitvah o vplivih škodljivih emisij na okolje in zdravje. Vplive vrednotimo z določenimi kazalci, najbolj pogosto ocenimo vpliv na segrevanje ozračja, na zmanjšanje zalog fosilnih goriv ali podobno.

Ta faza LCA analize je namenjena ocenjevanju pomembnosti morebitnih okoljskih vplivov, ki temeljijo na rezultatih tokov LCI. Klasična presoja vplivov življenjskega cikla (LCIA) je sestavljena iz naslednjih elementov:

- izbor kategorij vplivov, kategorij kazalnikov in opredelitvenih modelov,
- razporeditvena faza, kjer so parametri popisa razdeljeni in dodeljeni posebnim kategorijam učinkov oz. vplivov,
- merjenje učinkov oz. vplivov, kjer so tokovi LCI označeni z eno izmed mnogih možnih metodologij LCIA in kategorizirani v skupne enakovredne enote, ki se nato združijo, da dobimo splošne kategorije vplivov.

V mnogih ocenah življenjskega cikla karakterizacijo zaključuje analiza LCIA. To je tudi zadnja obvezna faza po standardu ISO 14044:2006. Vendar pa lahko poleg zgornjih obveznih korakov LCIA glede na cilj in obseg študije LCA izvedemo tudi druge neobvezne elemente, kot so normalizacija, grupiranje in tehtanje. Pri normalizaciji se rezultati kategorij vplivov iz študije navadno primerjajo s celotnim vplivom v regiji (npr. v Sloveniji). Grupiranje je sestavljeno iz rangiranja in razvrstitve kategorij vplivov. Med tehtanjem pa so različni okoljski vplivi prilagojeni en drugemu tako, da se jih lahko združi, da dobimo eno vrednost za celoten vpliv na okolje. ISO 14044 na splošno odsvetuje tehtanje in navaja: "tehtanje se ne sme uporabljati v LCA študijah, ki so namenjene uporabi v primerjalnih trditvah za javnost". Ta nasvet je pogosto prezrt, zaradi česar (lahko) prihaja pri rezultatih tehtanja do visoke stopnje subjektivnosti.

V končni fazi LCA interpretirajo se pridobljeni rezultati oz. vplivi na izbrane okoljske kazalce v skladu s cilji LCA analize. Na podlagi rezultatov ugotavljamo ustreznost produktov in tehnoloških procesom in jih med sabo primerjamo. Zadnja faza je faza interpretacije rezultatov. Interpretacija življenjskega cikla je sistematična tehnika za identifikacijo, količinsko opredelitev, preveritev (verifikacijo) in ocenitev podatkov, pridobljenih iz rezultatov popisa življenjskega cikla in/ali presoje vplivov



življenjskega cikla (LCIA). V fazi interpretacije so združeni rezultati analize inventarja in ocene vpliva. Rezultat te faze pa je niz sklepov in priporočil za študijo. Po ISO 14040:2006 bi ta razlaga morala vključevati:

- opredelitev pomembnih vprašanj, ki temeljijo na rezultatih faz LCI in LCIA določene analize življenjskega cikla,
- vrednotenje študij glede na popolnost, natančnost in doslednost pregledov,
- zaključke, omejitve in navodila.

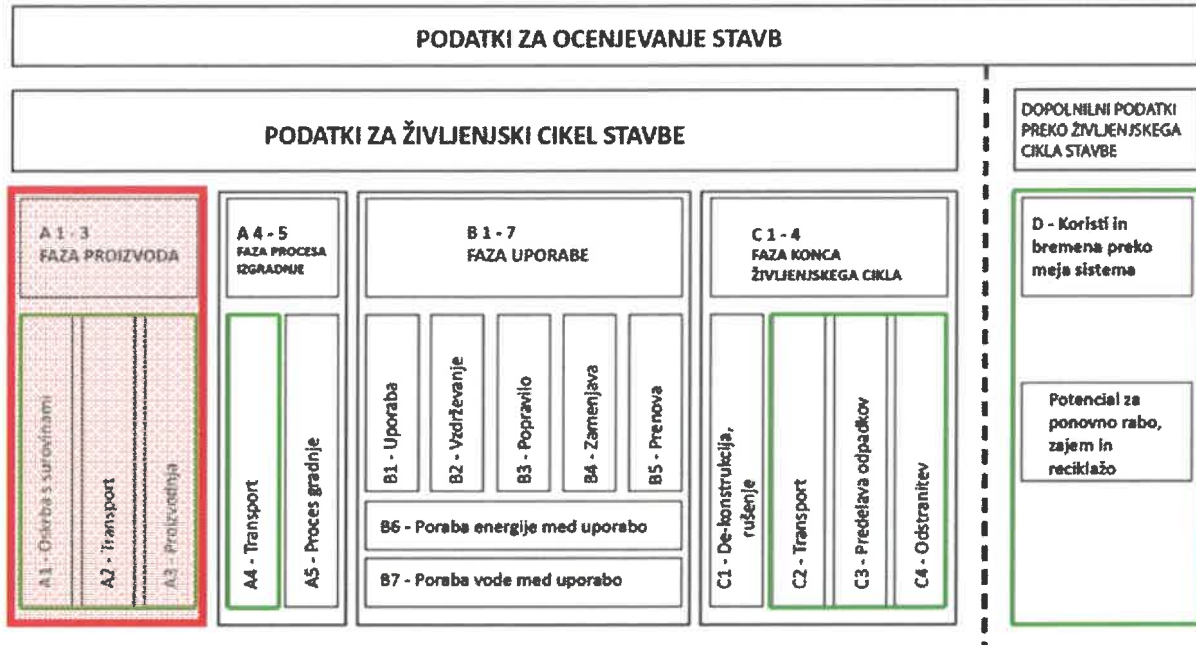
Ključni namen opravljanja interpretacije življenjskega cikla je, da določimo raven zaupanja v končne rezultate ter jih posredujemo pošteno, natančno in celovito. Interpretacija rezultatov LCA ni tako enostavna in se začne z razumevanjem točnosti rezultatov in zagotavljanjem, da bodo uresničeni cilji študije. To dosežemo z določanjem podatkovnih elementov, ki bistveno prispevajo k vsaki kategoriji vplivov, ki ocenjujejo občutljivost teh pomembnih podatkovnih elementov, ocenjujejo popolnost in doslednost študije ter sprejemajo sklepe in priporočila, ki temeljijo na jasnem razumevanju, kako je bila izvedena analiza življenjskega cikla in kako smo prišli do rezultatov. Na koncu se opravi referenčni test, pri čemer je najboljša alternativa tista, kjer LCA kaže, da ima najmanj negativnih vplivov na zemljo, zrak in vodo.

#### 4.3.2 Definiranje cilja in mej sistema za izdelavo LCA analize

Namen LCA analize v tej raziskavi je ocena okoljske prijaznosti fasadnih sistemov (teoretično) razvitih v tej raziskavi, ki se lahko uporabljajo v namen prenov stavb predšolske vzgoje, potencialno pa tudi vseh drugih stavb. **V okviru aktivnosti LCA analize razvitih fasadnih sistemov se raziskava osredotočila na analizo okoljskih vplivov na nivoju proizvoda** Fasadni sistem pa je namenjen predvsem obnovam obstoječih stavb, ima tudi potencial uporabe pri novogradnjah. Podroben opis metodologije in korakov v analizi LCA, je podan v nadaljevanju.

##### Sistemske meje – opredelitev življenjskega cikla

Meje sistema so opredeljene v skladu z modularnim načelom, opisanim v evropskem standardu SIST EN 15804:2012 Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije na proizvodih – Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode [13] in SIST EN 15978:2011 Trajnostnost gradbenih objektov - Vrednotenje učinkov ravnanja z okoljem v stavbah - Računska metoda [13] [14] (Slika 4.43).



Slika 4.43. Modularne informacije za različne faze v ocenjevanju življenjskega cikla (LCA) v skladu s standardi in opredeljene meje sistema v študiji razvitega fasadnega sistema. [13] [14]

Študija LCA fasadnih sistemov v tej raziskavi temelji na načelu »od zibelke do vrat« in obsega faze izdelave življenjskega cikla proizvoda oz. module A1-A3. Ostale faze: A4-Prevoz do gradbišča; vključno z zagotavljanjem vseh materialov, izdelkov in s tem povezane porabe energije in vode, C2-Prevoz na predelavo odpadkov, C3-Predelava odpadkov za ponovno uporabo, predelavo in/ali recikliranje, C4-Odlaganje; vključno z zagotavljanjem vseh materialov, izdelkov in s tem povezane porabe energije in vode in D modul, ki obsega koristi in obremenitve, ki presegajo meje sistema niso predmet te raziskave.

Izbira modulov A1-A3, ter izključitev modulov A4, A5, B1-B7, in C1, C2-C4 in D iz analize LCA se predvsem temeljila na razpoložljivosti, kakovosti in zanesljivosti podatkov. Poleg tega, v fazi uporabe fasadnih elementov na nivoju proizvoda ki je predvsem odvisna o referenčni življenjski dobi elementa (angl. reference service life-RSL), se ne pričakujejo vplivi na okolje večji kot 1% vplivov celotnega življenjskega cikla proizvoda.

Zaradi razpoložljivosti i zanesljivosti podatkov, prav tako niso obravnavani moduli A5 in C1, ki so predvsem odvisni od izvedbe del na gradbišču oz. tehnologije inštalacije elementa v stavbo in razgradnji stavbe ob koncu življenjskega cikla. V primeru te raziskave je to edina smiselna analiza, kajti uporaba fasadnega sistema se načrtuje v primeru prenove obstoječih stavb, ki so lahko zelo



različne konstrukcijsko, oblikovno in v materializaciji in se zaradi tega LCA analiza v vseh moduli A1-A5, B1-B7, C1-C4 in D svetuje pri konkretnih prenovah za vsako posamezno stavbo. Poleg tega je tudi ugotovljeno, da je pomembnost vplivov izhajajočih iz procesa gradnje zanemarljiva. Podatki, uporabljeni za module A1-A3 se temeljijo na izmerjenih količinah materialov, ki jih je zagotovil proizvajalec.

V nadaljevanju bo predstavljena LCA analiza življenjskega cikla fasadnega elementa, ki bo zajela fazo proizvodnje, in sicer:

- **A1: Pridobivanje surovin, proizvodnja osnovnih, pomožnih in sekundarnih materialov in zato potrebna energija,**
- **A2: Transport do proizvodnega obrata in znotraj obrata,**
- **A3: Proizvodnja pomožnih materialov in embalaže vključno s proizvodnjo in rabo energije med proizvodnim procesom ter emisijami, ki se pri tem sproščajo.**

V skladu s SIST EN 15804:2012+A1:2013 je obvezna le opredelitev faze proizvodnje (moduli A1-A3), opredelitev ostalih faz je opcijaska za razliko od SIST EN 15804:2012+A2:2019 kje je obvezna opredelitev modula A1-A3, C in D.

#### **Deklarirana enota**

Deklarirana enota pri izračunu LCA je določena v skladu z Pravili za Kategorijo Izdelkov (angl. Product Category Rules-PCR), ki sta jih izdala IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V.), kot 1 m<sup>2</sup> fasadnega elementa [15].

### **4.3.3 Izdelava podatkovne baze za analize življenjskega cikla fasadnih elementov**

#### **Določitev količine materialov**

Za namen ocene LCA za fasadni sistem oz. prefabricirani panel je pripravljen popis in izračuni količine materialov, vgrajenih v prefabricirani izdelek. Analizirana sta dva fasadna sistema (Sistem 1 in Sistem 2). Razlika med analiziranimi fasadnimi sistemi je v tipu toplotne izolacije, ostali elementi so enaki, lastnosti razvitega fasadnega sistema so predhodno predstavljene znotraj aktivnosti A 4.2 *Fasadni*





sistemi. Popis materialov in izračuni količine materialov, vgrajenih v različne fasadne sisteme, je podan v Tabela 4.37.

Tabela 4.37. Količina materialov za fasadni panel: Sistem 1 in Sistem 2.

Popis materialov				
Materijal	Količina	Podano na enoto	Količina	Podano na enoto
Type-Code_Sub-element-Number_Name-of-material		[pcs, m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> ]		[kg]
CHECKSUM:				kg
<b>Sistem 1</b>				
FS 1_Fasadna plošča (grafitni stiropor, d=15cm, 1400x720cm)	1,00	m <sup>2</sup>		kg
FS 1_Brezcementna lepilna malta (d=2 mm)		m <sup>2</sup>	3,52	kg
FS 1_Armirna mrežica	1,00	m <sup>2</sup>		kg
<b>Sistem 2</b>				
FS 2_Fasadna plošča (mineralna volna, d=10cm, 1400x720cm)	1,00	m <sup>2</sup>		kg
FS 2_Brezcementna lepilna malta (d=2 mm)		m <sup>2</sup>	3,52	kg
FS 2_Armirna mrežica	1,00	m <sup>2</sup>		kg

### Generične baze podatkov

Pridobivanje podatkov in izdelava podatkovne baze je osnova analize LCA in njen najbolj dolgotrajen proces. Inventar življenjskega cikla zajema popis vseh vplivov na okolje. Potrebno je torej zbrati vse podatke o količinah surovin in energije, ki vstopajo v življenjski cikel proizvoda, ter podatke o količinah emisij, ki se sprostijo v okolje, vodo ali tla. Od natančnosti teh podatkov je odvisna natančnost končnega rezultata.

Za izračun modulov A1-A3 so v tej raziskavi bile pregledane različne generične podatkovne baze in večina podatkov je uporabljena iz Ökobaudat baze podatkov. EcoInvent baza podatkov, ki predstavlja vodilno svetovno LCI podatkovno bazo primerno za znanstvene raziskave, ki se ukvarjajo z vplivi na okolje, ni vsebovala vseh potrebnih podatkov. Seznam podatkovnih nizov uporabljen v izračunu okoljskih vplivov v modulih A1-A3 ki vključuje uporabljen proces, geografsko pokritost in datum zadnje posodobitve podatkov je uporabljen iz baze podatkov. Za energente v proizvodnem procesu izdelave materialov so upoštevane povprečne evropske vrednosti za elektriko in zemeljski plin (evropska mešanica).



ÖKOBAUDAT platforma in baza podatkov je standardizirana zbirka podatkov za ekološko vrednotenje stavb. Baza podatkov je javno dostopna in brezplačna spletna zbirka podatkov z naborom podatkov o oceni življenjskega cikla o gradbenih materialih, gradbeništvu, transportu, energiji in postopkih odstranjevanja. Nabori podatkov v bazi so v skladu z EN 15804:2012 ter so predmet strogih zahtev glede kakovosti in se lahko uporabljajo v številnih različnih sistemih ocenjevanja stavb ter njenih elementov. Za okoljske podatke, ki niso bili ustrezni ali dostopni v bazi, so uporabljeni podatki iz drugih podatkovnih baz, ki so izdelani v skladu s standardom ISO 14025:2010 in EN 15804:2012+A1:2013 [8], ter v času trajanja raziskav niso bili starejši kot 5 let.

ÖKOBAUDAT baza podatkov deluje pod okriljem nemškega Zveznega ministrstva za interier, stavbe in skupnost v Nemčiji (nem. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat – BMI). Baza nastaja v okviru raziskovalnih projektov, ki so sestavni del inovativnega programa “Future Building” (nem. Zukunft Bau) in gradi standardizirano bazo podatkov za ekološko presojo stavb. Klasifikacija ÖKOBAUDAT pokriva 10 krovnih skupin (področij) gradbenih proizvodov in je hierarhično organizirana na treh ravneh. Podatki so javno dostopni brez stroškov. ÖKOBAUDAT opredeljuje 24 kazalnikov, ki morajo biti vključeni v okoljske deklaracije za gradbene proizvode in podpira zlasti certifikata trajnostne gradnje DGNB in BNB. V bazi je trenutno okrog 960 vpisanih podatkov. EPD (ang.: Environmental Product Declaration) je posebna vrsta LCA, ki se za posamezne produktne skupine izvede s pomočjo Pravil za Kategorije Proizvodov (ang. Product Category Rules - PCR). V skladu z ISO 14025:2010 [7], EDP-ji sodijo v okoljsko deklaracijo tipa III in pogosto predstavljajo dober vir okoljskih podatkov za oceno življenjskega cikla stavb in njenih elementov. Evropski standard EN 15804:2012 opredeljuje PCR-je z namenom razvoja EPD-jev za gradbene proizvode. Več različnih PCR je mogoče uporabiti za gradbene proizvode, vendar je potrebno biti pozoren na to, da je možna medsebojna primerjava le tistih EPD, ki sledijo istemu PCR.

#### **Kvaliteta vhodnih podatkov**

Analizirani so in uporabljeni generični podatki iz baze Ökobaudat v splošnem niso starejši od 10 let. Uporabljeni EPD-ji su izdelane v skladu z standardom ISO 14025:2010 in SIST EN 15804:2012+A1:2013 ter niso starejše kot 5 let. Generični podatki ustrezajo dejanskim podatkom o vhodnih materialih/surovinah in energentih. V uporabljenih podatkovnih bazah je upoštevana celovitost podatkov.



### Okoljske deklaracije proizvodov (EPD)

Z okoljsko deklaracijo proizvoda (ang.: Environmental product declaration, v nadaljevanju EPD) po SIST EN ISO 14025 se dokazuje trajnostno, naravnih virov. EPD podaja opis proizvoda in emisije, povezane s proizvodom v celotnem življenjskem ciklu, ki temelji na rezultatih ocenjevanja življenjskega cikla (LCA – life cycle assessment) in predstavlja kompleksno, a potrebno in zanesljivo podlago trajnostnemu gradbeništvu. **EPD za proizvode je v Sloveniji prostovoljna okoljska deklaracija, ki predstavlja enotno merljiv vpliv na okolje v življenjskem ciklu proizvoda in kot tak omogoča primerjavo med proizvodi z enako funkcijo.**

Tipi EPD-jev, glede na vključene faze življenjskega cikla, izbran za to raziskavo je: "od zibelke do vrat" - "cradle to gate" – MODULI A1-A3. Analiza življenjskega cikla (LCA) proizvodov in stavb je ena izmed aktivnosti v okviru pridobivanja EPD, ki se lahko pridobi za katerikoli proizvod in temelji na enotnih pravilih, ki so zapisana v Pravilih za kategorije proizvoda (PCR) za obravnavan proizvod. Postopek izdaje EPD je v Sloveniji pristojnost ZAG. Tipi EPD-jev glede na vključene faze življenjskega cikla se razlikuje:

- "od zibelke do vrat" - "cradle to gate" – MODULI A1-A3 (obvezni moduli);
- "od zibelke do vrat z možnimi izbirami" - "cradle to gate with options" –MODULI A1-A3 in posamezni izbrani opsijski moduli, opsijsko tudi modul D;
- "od zibelke do groba" - "cradle to grave" - MODULI A1-C4, opsijsko tudi modul D.

V različnih generičnih bazah podatkov obstajajo podatki za povprečno tehnologijo na različnim geografskim območjih in ne za specifične tehnologije in gradbene materiale določene znamke (vendar v nekaterih bazah podatkov ni dostopnih posameznih materialov, kot npr. grafitnega stiropora, ki je osnovni element enega izmed fasadnih sistemov v tej raziskavi). Za določitev okoljskih vplivov fasadnih elementov je dodatno še narejena specifična baza podatkov na podlagi okoljskih podatkov pridobljenih od izbranih proizvajalcev gradbenih materialov oz. toplotnih izolacij in dostopnih EPD-jev za proizvode uporabljene za izdelavo fasadnih sistemov. Fragmat, eden izmed ustanoviteljev Intech-les sodelujočega gospodarskega subjekta na projektu VRTEC+ nima EPD za svoje izdelke, zaradi tega so izbrani dostopni EPD za gradbene proizvode, ki s svojimi laksnostmi ustrezajo proizvodom uporabljenim v projektu VRTEC+.



EPD je posebna vrsta LCA, ki se za posamezne produktne skupine izvede s pomočjo Pravil za Kategorije Proizvodov (PCR). V skladu s SIST EN ISO 14025:2010 [16] EDP-ji sodijo v okoljsko deklaracijo tipa III in pogosto predstavljajo dober vir okoljskih podatkov za analizo življenjskega cikla. Na nivoju proizvoda evropski standard SIST EN 15804:2012 [13] opredeljuje PCR-je z namenom razvoja EPD-jev za gradbene proizvode. Več različnih PCR je mogoče uporabiti za gradbene proizvode, vendar je potrebno pri tem paziti, saj je mogoča medsebojna primerjava le tistih EPD, ki sledijo istemu PCR. Uporabljeni EPD-ji v študiji sledijo ISO 14025:2010 in SIST EN 15804:2012+A1:2013 [17][16] in so podana v Tabela 4.38 in Tabela 4.39.

Tabela 4.38. Okoljska deklaracija proizvodov (EPD) za termoizolacijo iz ekstrudiranega polistirena (EPS).

Okoljska deklaracija proizvodov (EPD)/nabor podatkov	Izolacija iz pene iz ekspaniranega polistirena (EPS) 80 (Ang.: EPS 80 insulation). EPS toplotna izolacija, tlačna trdnost 80 kN/m <sup>2</sup> . Komercialni izdelki, ki vstrezajo EPD-ju: EPS 80 in EPS Sivi/Grafitni stiropor .
Lastnik deklaracije	EPS Sverige a sector group within IKEM – Innovation and Chemical Industries in Sweden
Izdajatelj	IVL Swedish Environmental Research Institute
V skladu z	ISO 14025:2010, EN 15804:2012+A1 2013
Številka deklaracije	S-P-02035
Datum izdaje	16/11/2020
Velja do	25/05/2025

#### Podroben opis izdelka ekspaniranega polistirena (EPS):

EPS izolacijske plošče so izdelane iz bele ali sive polistirenske surovine, od česa je odvisna tudi barve končnih EPS plošč. Siva polistirenska surovina vsebuje približno 3% grafita, kar daje materialu malo boljše izolacijsko sposobnost. Običajena velikost plošč je 600 mm široka, 1200 mm dolga in debelina



med 10-200 mm, vendar na trgu obstajajo različne velikosti. Morebitni ostanki iz proizvodnje se reciklirajo v istem postopku.

Tehnični podatki o izdelku: Ocenjena življenjska doba izdelkov je po navedbah proizvajalcev najmanj 60 let, saj na izdelek načeloma staranje sploh ne vpliva. Izdelek, vključen v ta EPD, sledi tehničnemu standardu SS-EN-13163 in ima naslednje tehnične lastnosti: R-vrednost: 1 m<sup>2</sup>K/W, Debelina: 38 mm, K-vrednost: 0,038 W/mK.

*Tabela 4.39: Okoljska deklaracija proizvodov (EPD) za termoizolacijo iz mineralne kamene volne.*

<b>Okoljska deklaracija proizvodov (EPD)/nabor podatkov</b>	Izdelki iz kamene mineralne volne za gradnjo stavb. Komerčni izdelki, ki vstrezajo EPD-ju: FGD N Thermal, SmartWall N C1, SmartWall N C2, MW Dammplatte 034 Evo, MW Dammplatte 034 Evo+
<b>Lastnik deklaracije</b>	Knauf Insulation Sprl, Rue de Maestricht 95 , 4600 Visé, Belgium
<b>Izdajatelj</b>	The International EPD System , EPD International AB, Box 210 60, SE-100 31 Stockholm, Sweden
<b>V skladu z</b>	ISO 14025:2010, EN 15804:2012+A1 2013
<b>Številka deklaracije</b>	S-P-01882
<b>Datum izdaje</b>	06/07/2020
<b>Velja do</b>	06/07/2025

**Podroben opis izdelka (kamena mineralna volna):**

Izdelki iz kamene mineralne volne za gradbeništvo so na voljo v obliki plošč, desk, lamel in zvitkov. Plošče RMW (rock mineral wool) se uporabljajo kot toplotno, zvočno in požarno izolacijski izdelek. Knauf Insulation v svoje EPD uporablja pristop v najslabšem primeru (“worst case” approach into).

Na splošno se gostota izdelkov iz kamene mineralne volne giblje od 20 do 200 kg/m<sup>3</sup>. Po sestavi je anorganski del (92-98 %) sestavljen iz vulkanskih kamnin, običajno bazalt, in nekaj dolomita ter z naraščajočim deležem recikliranega materiala v obliki briketov, mešanice ostankov kamene volne, drugih sekundarnih materialov in cement. Deklarirana enota je 1 kvadratni meter neobdelane,



obojestransko prevlečene kamene mineralne volne SmartWall N C1, SmartWall N C2, FKD N Thermal, MW Dammlatte 034 Evo, MW Dammlatte 034 Evo+ z debelino 100 mm (v priloženem EPD-ju). Deklarirana lambda je 0,034 W/mK. Gostota, uporabljena za izračun tega specifičnega LCA, je 90 kg/m<sup>3</sup>.

Za izdajanje EPD je v Sloveniji pristojen Zavod za Gradbeništvo (ZAG), in po trenutno javno dostopnih podatki okoljska deklaracija je dostopna le za peščico gradbenih izdelkov. Od toplotnoizolacijskih materialov so to izdelki firme Ursa. Izdelki Fragmata, ki je eden izmed ustanoviteljev sodelujočega gospodarskega subjekta na projektu nimajo dostopne okoljske deklaracije proizvodov.

Vsi podatki iz okoljskih deklaracij proizvodov so za vse komponente razvitega sistema predstavljeni v tabelah (



Tabela 4.40, Tabela 4.41, Tabela 4.42 in Tabela 4.43). Podatki iz okoljskih deklaracij proizvodov so uporabljeni za LCA analizo in oceno Potencial globalnega segrevanja (GWP) in Potenciala uporabe popolnoma obnovljiva primarna energija (PERT) za fasadi sistem kot celoto.



Tabela 4.40. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za termoizolacijo iz ekstrudiranega polistirena (EPS).

Deklarirana enota: 1 m <sup>2</sup> of EPS 80 insulation with 38mm thickness, an R-value of 1 K*m <sup>2</sup> (conversion factor 1.04 for graphite and 3,95 for thickness) /W and class 80 kN/m <sup>2</sup>		STADIJ PROIZVODNJE		
		Oskrba s surovinami	Transport	Proizvodnja
<b>GRAFITNI STIROPOR</b>		A1	A2	A3
		X	X	X
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE UČINKOV NA OKOLJE</b>				
Potencial globalnega segrevanja (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> eq.]	6,70E+00		
Potencial tanjšanja ozonske plasti v stratosferi (ODP)	[kg CFC11 eq.]	4,35E-02		
Potencial zakisanja tal in vode (AP)	[kg SO <sub>2</sub> eq.]	5,14E-10		
Potencial evtrofikacije (EP)	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> eq.]	1,77E-02		
Potencial ustvarjanja ozona v troposferi (POCP)	[kg ethene eq.]	1,70E-03		
Potencial za abiotsično razgradnjo nefosilnih virov (ADPE)	[kg Sb eq.]	6,16E-07		
Potencial za abiotsično razgradnjo fosilnih goriv (ADPF)	[MJ]	2,06E+02		
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE VLOŽKA RESURSOV</b>				
Obnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PERE)	[MJ]	9,69E+00		
Obnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PERM)	[MJ]	5,55E-02		
Popolnoma obnovljiva primarna energija (PERT)	[MJ]	9,74E+00		
Neobnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PENRE)	[MJ]	2,16E+02		
Neobnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PENRM)	[MJ]	6,41E-04		
Popolnoma neobnovljiva primarna energija (PENRT)	[MJ]	2,16E+02		
Uporaba sekundarnih snovi (SM)	[kg]	2,32E-02		
Obnovljiva sekundarna goriva (RSF)	[MJ]	0,00E+00		
Neobnovljiva sekundarna goriva (NRSF)	[MJ]	0,00E+00		
Uporaba sladkovodnih virov (FW)	[m <sup>3</sup> ]	4,85E-02		
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE IZHODNIH TOKOV IN KATEGORIJ ODPADKOV</b>				
Nevarni odpadki za deponijo (HWD)	[kg]	2,25E-03		
Odstranjeni nenevarni odpadki (NHWD)	[kg]	1,21E-01		
Odstranjeni radioaktivni odpadki (RWD)	[kg]	0,00E+00		
Komponente za ponovno uporabo (CRU)	[kg]	0,00E+00		
Snovi za reciklažo (MFR)	[kg]	0,00E+00		
Snovi za rekuperacijo energije (MER)	[kg]	0,00E+00		
Izvožena električna energija (EEE)	[MJ]			
Izvožena termalna energija (EET)	[MJ]			





Tabela 4.41. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za termoizolacijo iz kamene mineralne volne.

Deklarirana enota: 1 m <sup>2</sup> of Rock Mineral Wool SmartWall N C1, SmartWall N C2, FKD N Thermal, MW Dammplatte 034 Evo, MW Dammplatte 034 Evo+ with a thickness of 100 mm.		STADIJ PROIZVODNJE		
		Oskrba s surovinami	Transport	Proizvodnja
		A1	A2	A3
<b>KAMENA MINERALNA VOLNA</b>		X	X	X
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE UČINKOV NA OKOLJE</b>				
Potencial globalnega segrevanja (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> eq.]	9,26E+00		
Potencial tanjšanja ozonske plasti v stratosferi (ODP)	[kg CFC11 eq.]	1,49E-11		
Potencial zakisanja tal in vode (AP)	[kg SO <sub>2</sub> eq.]	9,46E-02		
Potencial evtrofikacije (EP)	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> eq.]	2,69E-03		
Potencial ustvarjanja ozona v troposferi (POCP)	[kg ethene eq.]	4,86E-03		
Potencial za abiotsično razgradnjo nefosilnih virov (ADPE)	[kg Sb eq.]	7,93E-06		
Potencial za abiotsično razgradnjo fosilnih goriv (ADPF)	[MJ]	1,46E+02		
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE VLOŽKA RESURSOV</b>				
Obnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PERE)	[MJ]	1,24E+01		
Obnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PERM)	[MJ]	1,56E+01		
Popolnoma obnovljiva primarna energija (PERT)	[MJ]	2,80E+01		
Neobnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PENRE)	[MJ]	1,43E+02		
Neobnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PENRM)	[MJ]	1,10E+01		
Popolnoma neobnovljiva primarna energija (PENRT)	[MJ]	1,54E+02		
Uporaba sekundarnih snovi (SM)	[kg]	2,55E+00		
Obnovljiva sekundarna goriva (RSF)	[MJ]	4,33E-19		
Neobnovljiva sekundarna goriva (NRSF)	[MJ]	5,08E-18		
Uporaba sladkovodnih virov (FW)	[m <sup>3</sup> ]	3,90E-02		
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE IZHODNIH TOKOV IN KATEGORIJ ODPADKOV</b>				
Nevarni odpadki za deponijo (HWD)	[kg]	3,44E-07		
Odstranjeni nenevarni odpadki (NHWD)	[kg]	8,20E-01		
Odstranjeni radioaktivni odpadki (RWD)	[kg]	3,29E-03		
Komponente za ponovno uporabo (CRU)	[kg]	0,00E+00		
Snovi za reciklažo (MFR)	[kg]	0,00E+00		
Snovi za rekuperacijo energije (MER)	[kg]	0,00E+00		
Izvožena električna energija (EEE)	[MJ]	0,00E+00		
Izvožena termalna energija (EET)	[MJ]	0,00E+00		



Tabela 4.42. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za malto.

Deklarirana enota: 1 kg of modified mineral mortar with a density 800 -1,700 kg/m <sup>3</sup>		STADIJ PROIZVODNJE		
		Oskrba s surovinami	Transport	Proizvodnja
MALTA		A1	A2	A3
		X	X	X
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE UČINKOV NA OKOLJE</b>				
Potencial globalnega segrevanja (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> eq.]	4,02E-01		
Potencial tanjšanja ozonske plasti v stratosferi (ODP)	[kg CFC11 eq.]	5,16E-09		
Potencial zakisanja tal in vode (AP)	[kg SO <sub>2</sub> eq.]	1,62E-03		
Potencial evtrofikacije (EP)	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> eq.]	1,38E-04		
Potencial ustvarjanja ozona v troposferi (POCP)	[kg ethene eq.]	1,52E-04		
Potencial za abiotsično razgradnjo nefosilnih virov (ADPE)	[kg Sb eq.]	1,43E-06		
Potencial za abiotsično razgradnjo fosilnih goriv (ADPF)	[MJ]	6,29E+00		
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE VLOŽKA RESURSOV</b>				
Obnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PERE)	[MJ]	1,91E+00		
Obnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PERM)	[MJ]	0,00E+00		
Popolnoma obnovljiva primarna energija (PERT)	[MJ]	1,91E+00		
Neobnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PENRE)	[MJ]	6,45E+00		
Neobnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PENRM)	[MJ]	6,00E-01		
Popolnoma neobnovljiva primarna energija (PENRT)	[MJ]	7,05E+00		
Uporaba sekundarnih snovi (SM)	[kg]	0,00E+00		
Obnovljiva sekundarna goriva (RSF)	[MJ]	0,00E+00		
Neobnovljiva sekundarna goriva (NRSF)	[MJ]	0,00E+00		
Uporaba sladkovodnih virov (FW)	[m <sup>3</sup> ]			
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE IZHODNIH TOKOV IN KATEGORIJ ODPADKOV</b>				
Nevarni odpadki za deponijo (HWD)	[kg]			
Odstranjeni nenevarni odpadki (NHWD)	[kg]			
Odstranjeni radioaktivni odpadki (RWD)	[kg]			
Komponente za ponovno uporabo (CRU)	[kg]	0,00E+00		
Snovi za reciklažo (MFR)	[kg]	0,00E+00		
Snovi za rekuperacijo energije (MER)	[kg]	0,00E+00		
Izvožena električna energija (EEE)	[MJ]	0,00E+00		
Izvožena termalna energija (EET)	[MJ]	0,00E+00		



Tabela 4.43. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za armirano mrežico.

Deklarirana enota: Glass fibre fleece; Glass fleece m <sup>2</sup>		Oskrba s surovinami	Transport	Proizvodnja
<b>ARMIRANA MREŽICA</b>		A1	A2	A3
		X	X	X
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE UČINKOV NA OKOLJE</b>				
Potencial globalnega segrevanja (GWP)	[kg CO <sub>2</sub> eq.]		2,93E-01	
Potencial tanjšanja ozonske plasti v stratosferi (ODP)	[kg CFC11 eq.]		5,53E-15	
Potencial zakisanja tal in vode (AP)	[kg SO <sub>2</sub> eq.]		1,65E-03	
Potencial evtrofikacije (EP)	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> eq.]		1,13E-04	
Potencial ustvarjanja ozona v troposferi (POCP)	[kg ethene eq.]		1,09E-04	
Potencial za abiotično razgradnjo nefosilnih virov (ADPE)	[kg Sb eq.]		9,12E-08	
Potencial za abiotično razgradnjo fosilnih goriv (ADPF)	[MJ]		4,48E+00	
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE VLOŽKA RESURSOV</b>				
Obnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PERE)	[MJ]		1,01E+00	
Obnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PERM)	[MJ]		0,00E+00	
Popolnoma obnovljiva primarna energija (PERT)	[MJ]		1,01E+00	
Neobnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PENRE)	[MJ]		4,52E+00	
Neobnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PENRM)	[MJ]		2,77E-01	
Popolnoma neobnovljiva primarna energija (PENRT)	[MJ]		4,79E+00	
Uporaba sekundarnih snovi (SM)	[kg]		0,00E+00	
Obnovljiva sekundarna goriva (RSF)	[MJ]		0,00E+00	
Neobnovljiva sekundarna goriva (NRSF)	[MJ]		0,00E+00	
Uporaba sladkovodnih virov (FW)	[m <sup>3</sup> ]		1,08E-03	
<b>REZULTATI EKOLOŠKE BILANCE IZHODNIH TOKOV IN KATEGORIJI ODPADKOV</b>				
Nevarni odpadki za deponijo (HWD)	[kg]		3,78E-09	
Odstranjeni nenevarni odpadki (NHWD)	[kg]		2,80E-02	
Odstranjeni radioaktivni odpadki (RWD)	[kg]		1,26E-04	
Komponente za ponovno uporabo (CRU)	[kg]		0,00E+00	
Snovi za reciklažo (MFR)	[kg]		0,00E+00	
Snovi za rekuperacijo energije (MER)	[kg]		0,00E+00	
Izvožena električna energija (EEE)	[MJ]		0,00E+00	
Izvožena termalna energija (EET)	[MJ]		0,00E+00	



#### 4.3.4 Ocena okoljskih vplivov

V fazi vrednotenja vpliva življenjskega cikla sta v zvezi z EN 15804:2012+A1:2013 predvideni dve kategoriji okoljskih vplivov za EPD-je: okoljski kazalniki, ki opisujejo vplive na okolje, in okoljski kazalniki, ki opisujejo vhodne in izhodne materialne tokove. Oba tipa kazalnikov sta podana v tabelah (Tabela 4.45, Tabela 4.46 in Tabela 4.46).

Tabela 44. Dokaz kazalniki vpliva na okolje (SIST EN 15804:2012+a2:2019)

Kazalnik	Enota
Potencialna primerjalna strupena enota za ljudi (rakotvorni)	CTUh
Potencialna primerjalna strupena enota za ljudi (nerakotvorni)	CTUh
Potencialna primerjalna strupena enota za ekosistemi	CTUe
Indeks potencialne kakovosti tal	brezdimenzijski
Potencialna pojavnost bolezni zaradi emisije PM (trdne delce)	Pojavnost bolezni
Potencialna relativna učinkovitost izpostavljenosti ljudi do U 235	kBq U235 eq

Razlika med okoljski kazalniki ki jih je potrebno poročati v okoljski deklaraciji proizvoda v skladu s SIST EN 15804:2012+A1:2013 in SIST EN 15804:2012+A2:2019 je v tem da je v novejši revidirani verziji poročati potrebno o širšem naboru okoljskih kazalcev kar je v skladu s PEF (angl. Product Environmental Footprint) [18].

Tabela 4.45: Kazalniki vpliva na okolje (EN 15804:2012 + A1:2013).

Kazalnik	Enota
Potencial porabe abiotskih virov – elementi (ADPE)	kg Sb eq.
Potencial porabe abiotskih virov – fosilna goriva (ADPF)	MJ, neto kalorična vrednost
Potencial zakisovanja tal in vode (AP)	mol H+ eq.
Potencial razgradnje stratosferske ozonske plasti (ODP)	kg CFC 11 eq.
Potencial globalnega segrevanja (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq.
Potencial evtrofikacije (EP)	kg PO <sub>4</sub> eq.
Potencial nastanka ozona v troposferi (POCP)	kg Ethene eq.



Tabela 4.46. Dodadni kazalniki vpliva na okolje (SIST EN 15804:2012+A2:2019).

Kazalnik	Enota
Potencialna primerjalna strupena enota za ljudi (rakotvorni)	CTUh
Potencialna primerjalna strupena enota za ljudi (nerakotvorni)	CTUh
Potencialna primerjalna strupena enota za ekosistemi	CTUe
Indeks potencialne kakovosti tal	brezdimenzijski
Potencialna pojavnost bolezni zaradi emisije PM (trdne delce)	Pojavnost bolezni
Potencialna relativna učinkovitost izpostavljenosti ljudi do U 235	kBq U235 eq

Tabela 4.47: Kazalniki, ki opisujejo porabo virov (EN 15804:2012 + A1:2013).

Kazalnik	Enota
Poraba obnovljivih virov primarne energije, brez virov energije v obliki surovin (PERE)	MJ, neto kalorična vrednost
Poraba obnovljivih virov primarne energije iz surovin (PERM)	MJ, neto kalorična vrednost
Poraba neobnovljivih virov primarne energije, brez virov energije v obliki surovin (PENRE)	MJ, neto kalorična vrednost
Poraba neobnovljivih virov primarne energije iz surovin (primarna energija in primarni viri energije ki se uporabljajo kot surovine) (PENRM)	MJ, neto kalorična vrednost
Poraba sekundarnih surovin (SM)	kg
Poraba obnovljivih sekundarnih goriv (RSF)	MJ, neto kalorična vrednost
Poraba neobnovljivih sekundarnih goriv (NRSF)	MJ, neto kalorična vrednost
Poraba čiste sladke vode (FW)	m <sup>3</sup>

Izbrane okoljske kategorije za opis okoljskih vplivov fasadnega sistema v tej študiji ustrezajo okoljskim kategorijam v EN 15804:2012+A1:2013. Kazalniki, ki opisujejo porabo virov Poraba obnovljivih virov primarne energije, brez virov energije v obliki surovin (PERE) in poraba obnovljivih virov primarne energije iz surovin (PERM) ter Poraba neobnovljivih virov primarne energije, brez virov energije v obliki surovin (PENRE) in Poraba neobnovljivih virov primarne energije iz surovin (primarna energija in primarni viri energije, ki se uporabljajo kot surovine) (PENRM) so združeni in poročani kot Skupna raba obnovljivih virov energije (PERT) ter Skupna raba neobnovljivih virov energije (PENRT). Kazalniki Poraba sekundarnih surovin (SM), Poraba obnovljivih sekundarnih goriv (RSF), Poraba neobnovljivih sekundarnih goriv (NRSF) in Poraba čiste sladke vode (FW) niso obravnavani. Modularna zasnova zgoraj navedenega standarda je bila tudi sprejeta, zato so rezultati pregledne LCA analize izraženi za modul oziroma skupno vrednost v posamezni fazi. V nadaljevanju je podan kratki opis kazalnikov vpliva na okolje predvidenih v EN 15804:2012+A1:2013 [9]. Za to raziskavo sta bistvenega pomena kazalnika: GWP in PENRT. Vsi ostali kazalniki okoliškega vpliva so predstavljeni informativno v nadaljevanju.



### Potencial globalnega segrevanja (ang. Global Warming Potential – GWP)

Učinek tople grede nastane zaradi infrardečih (IR) aktivnih plinov, ki so naravno prisotni v zemljini atmosferi (npr. H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> in O<sub>3</sub>). Ti plini absorbirajo zemeljsko (infrardečo) energijo (oz. radiacijo), ki jo oddaja Zemlja, ter njen del odbijajo nazaj proti Zemlji. Tako prispevajo k segrevanju površine Zemlje in spodnjega dela atmosfere. Koncentracija teh plinov, znanih tudi kot toplogredni plini (ang. Green House Gases - GHG), se povečuje od začetka industrijskega obdobja in povečuje naravni učinek tople grede na Zemlji, kar povzroča dvig temperature na površini Zemlje. Opisano stanje zvišanja temperature povzroča zaskrbljenost nad morebitno nastalimi podnebnimi spremembami. Vsi GHG niso enaki. Medtem ko je CO<sub>2</sub> najbolj razširjen toplogredni plin, obstajajo številni drugi, ki prispevajo k podnebnim spremembam na enak način kot CO<sub>2</sub>. Učinek različnih GHG se določa z uporabo koncepta potenciala globalnega segrevanja.

GWP je mera za relativno količino CO<sub>2</sub>, ki bi jo bilo potrebno sprostiti, da bi imela v določenem času enak učinek sevanja, kot sproščen 1 kg GHG. GWP je torej način, ki za določen plin opredeljuje potencialni vpliv na globalno segrevanje. S strani Medvladnega foruma o podnebnih spremembah (ang. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2007) so bile vrednosti GWP izračunane za tri časovna obdobja po 20, 100 in 500 let in so v Tabela 4.48 navedene za tri najpomembnejše toplogredne pline posebej za omenjena tri časovna obdobja [10].

*Tabela 4.48: GWP-ji za podana časovna obdobja (v kgCO<sub>2</sub>ekv./kg).*

GHG plin	20 let	100 let	500 let
ogljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	1	1	1
metan (CH <sub>4</sub> )	62	25	7
didušikov oksid (N <sub>2</sub> O)	275	298	156

Torej, po enačbi (1), je kazalnik globalnega segrevanja "Global Warming" določen kot,

$$Global\ Warming = \sum_i GWP_i \times m_i \quad (1)$$

kjer je, m<sub>i</sub> masa sproščene snovi i (v kg). Kazalnik je izražen v ekvivalentu 1 kg plina CO<sub>2</sub>. V privzetem pristopu je bilo upoštevano le časovno obdobje 100 let.



### Potencial razgradnje ozonske plasti (ang. Ozone Depletion Potential – ODP)

Plini, ki povzročajo zmanjševanje ozonske plasti, s sproščanjem prostih radikalov molekul povzročajo poškodbe stratosferskega ozona oziroma ozonske plasti (O<sub>3</sub>). Poškodbe na ozonskem plašču zmanjšujejo njegovo zmožnost za preprečevanje ultravijolične (UV) svetlobe, ki vstopa v zemljino atmosfero, kar povečuje količino kancerogene UVB svetlobe, ki zadane zemljino površino. To pa povzroča zdravstvene težave pri ljudeh, kot na primer kožni rak, siva mrena, in s sončno svetlobo povezane poškodbe na živalih in rastlinah. Poglavitni plini, ki povzročajo tanjšanje ozonske plasti so CFC-ji, HCFC-ji in haloni.

Naraščajoča zaskrbljenost je leta 1980 privedla do svetovnih prizadevanj za omejitve uničevanja ozonske plasti. Takrat doseženi Montrealski sporazum je uveljavil prepoved uporabe mnogih ozonu najbolj škodljivih plinov. Faktor škodljivosti za ozon je definiran kot potencial snovi za zmanjševanje globalne ravni ozona v kilogramih, v primerjavi z ekvivalentom klorofluorogljikovodikom-11 (CFC-11). Model karakterizacije je razvila Svetovna meteorološka organizacija (ang. World Meteorological Organization - WMO) in opredeljuje potencial različnih plinov za zmanjševanje ravni ozona. Vrednosti faktorja škodljivosti za ozon za nekatere snovi, ob predpostavki stanja dinamičnega ravnovesja, predstavlja Tabela 4.49 [11].

Tabela 4.49: Vrednosti faktorja škodljivosti za ozon (v kgCFC-11eq./kg).

	Stanje ravnotežja (t=∞)
CFC-11	1
CFC-10	1,2
Halon 1211	6,0
Halon 1301	12,0

Tako je kazalnik zmanjševanja ravni ozona definiran kot

$$\text{Ozone Depletion} = \sum_i ODP_i \times m_i \quad (2)$$

kjer je m<sub>i</sub> masa i-te sproščene snovi (v kg). Kazalnik je izražen v kilogramih ekvivalenta CFC11.

### Potencial zakisovanja (ang. Acidification Potential - AP)

Zakisovanje je proces, v katerem se onesnažen zrak pretvori v kisle snovi. Med zakisovalne pline prištevamo amonijak (NH<sub>3</sub>), žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>) in dušikove okside (NO<sub>x</sub>). V ozračje izpuščene kisle



spojine potujejo z vetrom in padajo na zemljo v obliki kislil delcev, kislega dežja ali snega. Kisel dež, ki pogosto pade zelo daleč od prvotnega mesta z izpustom plina, v različnem obsegu povzroča škodo ekosistemu, odvisno od narave krajinskih ekosistemov. Možnost zakisovanja merimo z zmožnostjo snovi za sproščanje H<sup>+</sup> ionov, ki je vzrok zakisovanja, ali pa se lahko meri glede na ekvivalentno sproščanje SO<sub>2</sub>.

Karakterizacijski faktorji, privzeti v tem delu, temeljijo na modelu RAINS-LCA, ki upošteva obnašanje izpušnih plinov, usedlin in z njimi povezane učinke. Povprečne vrednosti faktorjev opredelitve za Evropo predstavlja Tabela 4.50 [10].

Tabela 4.50: Možnost zakisovanja (v kgSO<sub>2</sub>ekv.).

	amoniak (NH <sub>3</sub> )	dušikovi oksidi (NO <sub>x</sub> )	žveplov dioksid (SO <sub>2</sub> )
AP <sub>i</sub>	1,60	0,50	1,0

Kazalnik zakisovanja je definiran kot:

$$Acidification = \sum_i AP_i \times m_i \quad (3)$$

kjer je m<sub>i</sub> masa i-te sproščene snovi (v kg). Kazalnik je izražen v kilogramih ekvivalenta SO<sub>2</sub>.

#### Potencial evtrofikacije (ang. Eutrophication Potential - EP)

Hranilne snovi, kot so nitrati in fosfati, se običajno z gnojenjem dodajajo prsti z namenom spodbujanja rasti rastlin in kmetijskih proizvodov. Ta hranila so ključnega pomena za življenje, ko pa končajo v občutljivih naravnih vodnih ali kopenskih območjih, lahko to nenamerno gnojenje povzroči hitro in prekomerno rast rastlin oziroma alg. Rastline odmrejo in razpadejo in zadušijo ostale organizme. Zato je mogoče evtrofikacijo oziroma bogatitev s hranili, opredeliti kot prekomerno bogatitev vodotokov. Njen pojav lahko povzroči poškodbe ekosistemov, povečano umrljivost vodnih živalskih in rastlinskih vrst, kar lahko privede do izgube vrst, ki so odvisne od okolij z nizko vsebnostjo hranil. Vse to vodi k skupnemu zmanjšanju biotske raznovrstnosti teh okolij in ima vpliv tudi na kopenske živali in ljudi, ki so odvisni od teh ekosistemov.

Stopnja evtrofikacije se meri z referenčno enoto kilograma dušikovega ali fosfatnega ekvivalenta. Evtrofikacija je torej mera za obseg proliferacije (čezmerne rasti) zaradi prisotnosti snovi v vodi, izražene na podlagi prisotnosti dušika ali fosfata kot referenčne snovi. K evtrofikaciji najbolj





prispevajo dušikove spojine, kot so nitrati, amonijak, dušikova kislina in fosforne spojine, vključno s fosfati in fosforno kislino. Tabela 4.51 prikazuje karakterizacijske faktorje, če fosfat predstavlja referenčno snov [10].

Tabela 4.51: Možnost evtrofikacije (v kgPO<sub>4</sub>ekv.)

	amonjak (NH <sub>3</sub> )	dušikovi oksidi (NO <sub>x</sub> )	nitrat (N)	fosfat (P)
EP <sub>i</sub>	0,35	0,13	0,10	1,00

Potemtakem je indikator evtrofikacije definiran kot:

$$Eutrofication = \sum_i EP_i \times m_i \quad (4)$$

kjer je  $m_i$  (kg) masa  $i$ -te sproščene snovi v zrak, vodo ali tla. Kazalnik je izražen v kilogramih ekvivalenta PO<sub>4</sub>.

#### Potencial fotokemičnega nastanka ozona (ang. Photochemical Ozone Creation Potential - POCP)

V atmosferah, ki vsebujejo dušikove okside (NO<sub>x</sub>), druga onesnaževala in hlapne organske spojine (ang. volatile organic compound – VOC), se lahko v prisotnosti sončne svetlobe tvori ozon in druga onesnaževala zraka. Čeprav je ozon ključnega pomena v višjih plasteh atmosfere za zaščito pred ultravijoličnim (UV) sevanjem, prisotnost ozona v nižji atmosferi vpliva na nastanek najrazličnejše škode na pridelkih, povečane pojavnosti astme in drugih bolezni dihal. Najpogostejši pokazatelj učinkov visoke stopnje prisotnosti plinov, ki prispevajo k temu pojavu, je nastanek smoga v poletnih mesecih nad velikimi mesti kot sta Los Angeles in Peking. Pri tem je glavni vir emisij NO<sub>x</sub> izogrevanje goriva, medtem ko hlapne organske spojine pogosto izhajajo iz topil, ki se v veliki meri uporabljajo v barvah in premazih.

Kategorija vpliva POCP je merilo za relativno sposobnost snovi, da v prisotnosti NO<sub>x</sub> in sončne svetlobe tvori ozon. Pri tem je POCP izražen glede na referenčno snov, ki je v tem primeru etilen. Karakterizacijski faktorji za POCP so bili razviti s pomočjo usmeritvenega modela Gospodarske komisije združenih narodov za Evropo (ang. United Nations Economic Commission for Europe – UNECE). Faktorji POCP so bili izračunani za dva scenarija [10]:

- scenarij z relativno visoko koncentracijo NO<sub>x</sub> v ozadju;
- scenarij z relativno nizko koncentracijo NO<sub>x</sub> v ozadju.



Vrednosti obeh faktorjev opredelitve za izbrane snovi predstavlja Tabela 4.52.

Tabela 4.52: Karakterizacijski faktorji POCP za različne koncentracije NO<sub>x</sub>, določene za izbrane snovi (v kgC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>ekv./kg).

	visok delež NO <sub>x</sub>	nizek delež NO <sub>x</sub>
acetaldehid (CH <sub>3</sub> CHO)	0,641	0,200
butan (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,352	0,500
ogljikov monoksid (CO)	0,027	0,040
acetilen (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	0,085	0,400
metan (CH <sub>4</sub> )	0,006	0,007
dušikov oksid (NO <sub>x</sub> )	0,028	ni podatka
propen (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	1,123	0,600
žveplov oksid (SO <sub>x</sub> )	0,048	ni podatka
toluen (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	0,637	0,500

Definicija kazalnika za nastanek ozona (ang. Photo-oxidant formation) je:

$$Photo - oxidant\ formation = \sum_i POCP_i \times m_i \quad (5)$$

kjer je, m<sub>i</sub> (kg) masa i-te sproščene snovi. Kazalnik je izražen v kilogramih ekvivalenta etilena (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). V okviru privzetega pristopa so upoštevani le karakterizacijski faktorji, ki se nanašajo na scenarij z visoko koncentracijo NO<sub>x</sub>, ki nastane z lokalnimi naravnimi procesi, kot s tistimi, ki pridejo od daleč (tako fizičnega ali antropogenega izvora).

### Potencial porabe abiotskih virov (ang. Abiotic Depletion Potential)

Kazalniki porabe abiotskih virov opredeljujejo pomanjkanje neobnovljivih surovin, ki je posledica ekstrakcije virov (npr. mineralnih surovin, fosilnih nosilcev energije). V tem poročilu sta upoštevani dve vrsti kazalnikov:

- poraba abiotskih elementov, ki obravnava pridobivanje redkih elementov (in njihovih rud);
- poraba abiotske energije/fosilnih goriv, v zvezi z uporabo fosilnih goriv za pogonska goriva ali surovino.

Potencial porabe abiotskih virov v povezavi s pridobivanjem elementov (ang. The Abiotic Depletion Potential for elements – ADPE) je definiran za vsako pridobivanje elementov posebej na podlagi preostalih rezerv in intenzitete izrabe. ADP temelji na enačbi proizvodnja/preostala zaloga, ki služi za primerjavo z referenčnim primerom, antimon (Sb) [13].



Različni pristopi uporabljajo različne izračune rezerv v zemljini skorji: npr. izračun celotne zaloge pred samim izčrpavanjem (ang. ultimate reserve), izračun zgornje meje količine pridobljene surovine, na osnovi ekonomske upravičenosti (ang. economic reserve). Zato je možnost porabe i-tega abiotskega vira elementa ( $ADP_i$ ) podana z razmerjem med količino že porabljenega vira in količino zalog istega vira, ki jo je mogoče izrabiti. Za količinsko mero se uporablja kilogram referenčnega vira antimona. Pripadajoče karakteristične faktorje za nekatere vire predstavlja Tabela 4.53.

Tabela 4.53: Možnost porabe abiotskih virov za nekatere elemente (v Sb ekv./kg).

rudninski vir	ADP element
aluminij	1,09E-09
kadmij	1,57E-01
baker	1,37E-03
železo	5,24E-08
svinec	6,34E-03

Definicija kazalnika za porabo abiotskih elementov je:

$$Abiotic\ Depletion = \sum_i ADP_i \times m_i \quad (6)$$

kjer je,  $m_i$  (kg) količina i-tega izkoriščenega vira. Kazalnik je izražen v kilogramih antimona.

Prvotno se je količina fosilnih goriv merila na enak način, vendar se od leta 2010 uporabljajo nekoliko drugačni izračuni. V tem primeru se uporablja absolutno merilo, ki temelji na energijski vsebnosti fosilnih goriv [13]. Ta pristop ne upošteva razlik v relativnem pomanjkanju med različnimi fosilnimi gorivi, saj so fosilna goriva v veliki meri prenosljiva sredstva in je razlika v pomanjkanju med rudo (kot najpogostejšim virom) in zemeljskim plinom (kot virom z najmanjšimi zalogami) le 17 %. Kazalnik porabe abiotskih fosilnih virov (ang. Abiotic Depletion Fossil) je izražen v MJ.

#### 4.3.5 Rezultati LCA analize za fazo proizvodnje (modul A1-A3) - Analiza pregledne ocene okoljskega profila prefabriciranega fasadnega panela

Za potrebe te raziskave so rezultati LCA analize, fasadnih sistemov razvitih v tej raziskavi, predstavljeni oz. analizirani z dva ključna kazalnika, in sicer:



- **Skupna poraba neobnovljivih virov primarne energije [MJ] /**  
*ang.: Use of non-renewable primary energy (PENRE)*
- **Potencial globalnega segrevanja [kgCO<sub>2</sub>eq.]**  
*ang.: Global warming potential (GWP)*

Za zaključek LCA analize v tej raziskavi rezultati so sumirani v tri celine: **1) rezultati za Modul A1-A3 – fasadni sistem** v katerem so predstavljeni vsi kazalniki za oba fasadna sistema, sistem 1 in sistem 2.; **2) Potenciala globalnega segrevanja (GWP)** za fasadna sistema 1 in 2 in **3) Skupna poraba neobnovljivih virov primarne energija (PENRT)**. Rezultati LCA analize so predstavljeni v nadaljevanju.

#### 1) Rezultati za Modul A1-A3 – fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2

Rezultati, dobjeni iz obravnavanih sestav različnih konfiguracij fasadna sistema 1 in 2, so predstavljenih v Tabela 4.54 za posamezne okoljske kazalnike in dve konfiguracije sistema.



Tabela 4.54. Rezultati za fasadni sistem 1 in 2 za MODUL A1-A3.

MODUL A1-A3			
Deklarirana enota: 1 m <sup>2</sup> fasadnega sistema		Sistem 1	Sistem 2
<b>VPLIV NA OKOLJE</b>			
<b>Potencial globalnega segrevanja (GWP)</b>	<b>[kg CO<sub>2</sub> eq.]</b>	<b>8,40E+00</b>	<b>1,10E+01</b>
Potencial tanjšanja ozonske plasti v stratosferi (ODP)	[kg CFC11 eq.]	4,35E-02	1,82E-08
Potencial zakisanja tal in vode (AP)	[kg SO <sub>2</sub> eq.]	7,35E-03	1,02E-01
Potencial evtrofikacije (EP)	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> eq.]	1,83E-02	3,29E-03
Potencial ustvarjanja ozona v troposferi (POCP)	[kg ethene eq.]	2,34E-03	5,50E-03
Potencial za abiotsično razgradnjo nefosilnih virov (ADPE)	[kg Sb eq.]	5,74E-06	1,31E-05
Potencial za abiotsično razgradnjo fosilnih goriv (ADPF)	[MJ]	2,32E+02	1,73E+02
<b>UPORABA RESURSOV</b>			
Obnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PERE)	[MJ]	1,74E+01	2,01E+01
Obnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PERM)	[MJ]	5,55E-02	1,56E+01
Popolnoma obnovljiva primarna energija (PERT)	[MJ]	1,75E+01	3,75E+01
Neobnovljiva primarna energija kot nosilec energije (PENRE)	[MJ]	2,43E+02	1,70E+02
Neobnovljiva primarna energija za snovno uporabo (PENRM)	[MJ]	2,39E+00	1,33E+01
<b>Popolnoma neobnovljiva primarna energija (PENRT)</b>	<b>[MJ]</b>	<b>2,45E+02</b>	<b>1,84E+02</b>
Uporaba sekundarnih snovi (SM)	[kg]	2,32E-02	2,55E+00
Obnovljiva sekundarna goriva (RSF)	[MJ]	0,00E+00	4,33E-19
Neobnovljiva sekundarna goriva (NRSF)	[MJ]	0,00E+00	5,08E-18
Uporaba sladkovodnih virov (FW)	[m <sup>3</sup> ]	4,96E-02	4,01E-02
<b>IZHODI TOKOV IN KATEGORIJI ODPADKOV</b>			
Nevarni odpadki za deponijo (HWD)	[kg]	2,25E-03	3,48E-07
Odstranjeni nenevarni odpadki (NHWD)	[kg]	1,49E-01	8,48E-01
Odstranjeni radioaktivni odpadki (RWD)	[kg]	1,26E-04	3,42E-03
Komponente za ponovno uporabo (CRU)	[kg]	0,00E+00	0,00E+00
Snovi za reciklažo (MFR)	[kg]	0,00E+00	0,00E+00
Snovi za regeneracijo energije (MER)	[kg]	0,00E+00	0,00E+00
Izvožena električna energija (EEE)	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00
Izvožena termalna energija (EET)	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00

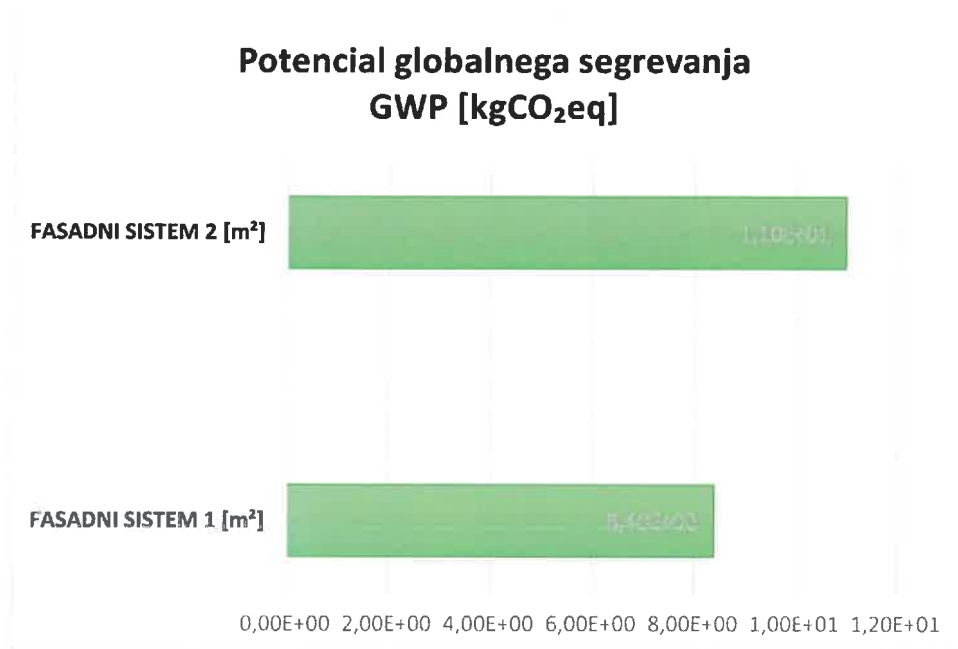


## 2) Potencial globalnega segrevanja (GWP)

Rezultati potenciala globalnega segrevanja (GWP) za prefabricirani fasadni sistem oz. fasadno ploščo v modulu A1-A3 so posebej podani v Tabela 4.55 in grafikonu (Tabela 4.55, Slika 4.44).

Tabela 4.55. Potencial globalnega segrevanja (GWP) fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2

Fasadni sistem/element	GWP [kgCO <sub>2</sub> eq]	Enota
FASADNI SISTEM 1	8,40E+00	m <sup>2</sup>
FASADNI SISTEM 2	1,10E+01	m <sup>2</sup>



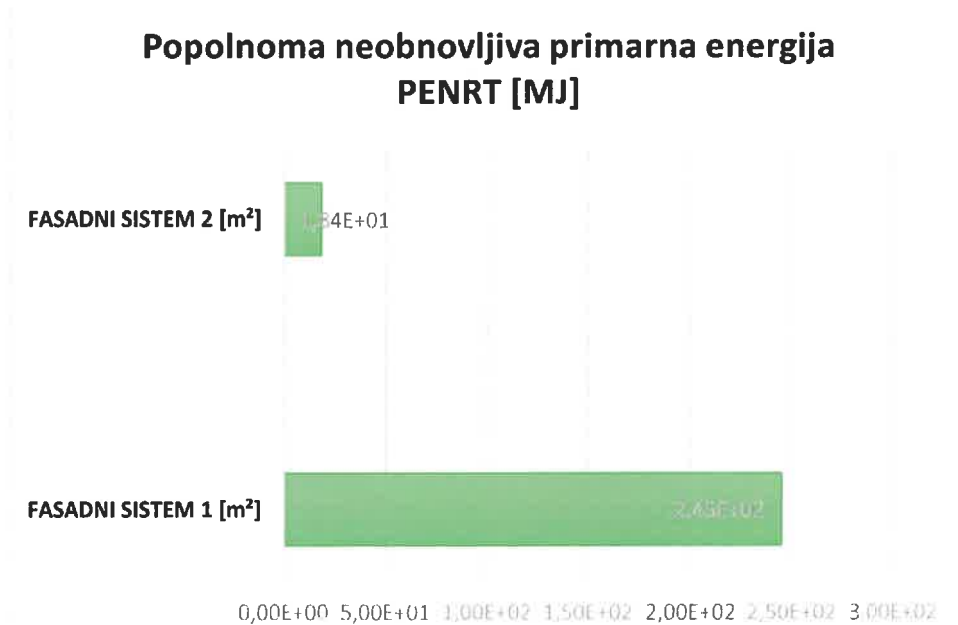
Slika 4.44. Primerjava potenciala globalnega segrevanja (GWP) za prefabricirani fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2

## 3) Skupna poraba neobnovljivih virov primarne energije (PENRT)

Rezultati analize LCA kazalnika primarne energije iz neobnovljivih virov za fasadni sistem v modulu A1-A3 so posebej podani v Tabela 4.55 in grafikonu (Slika 4.45Tabela 4.55Slika 4.44).

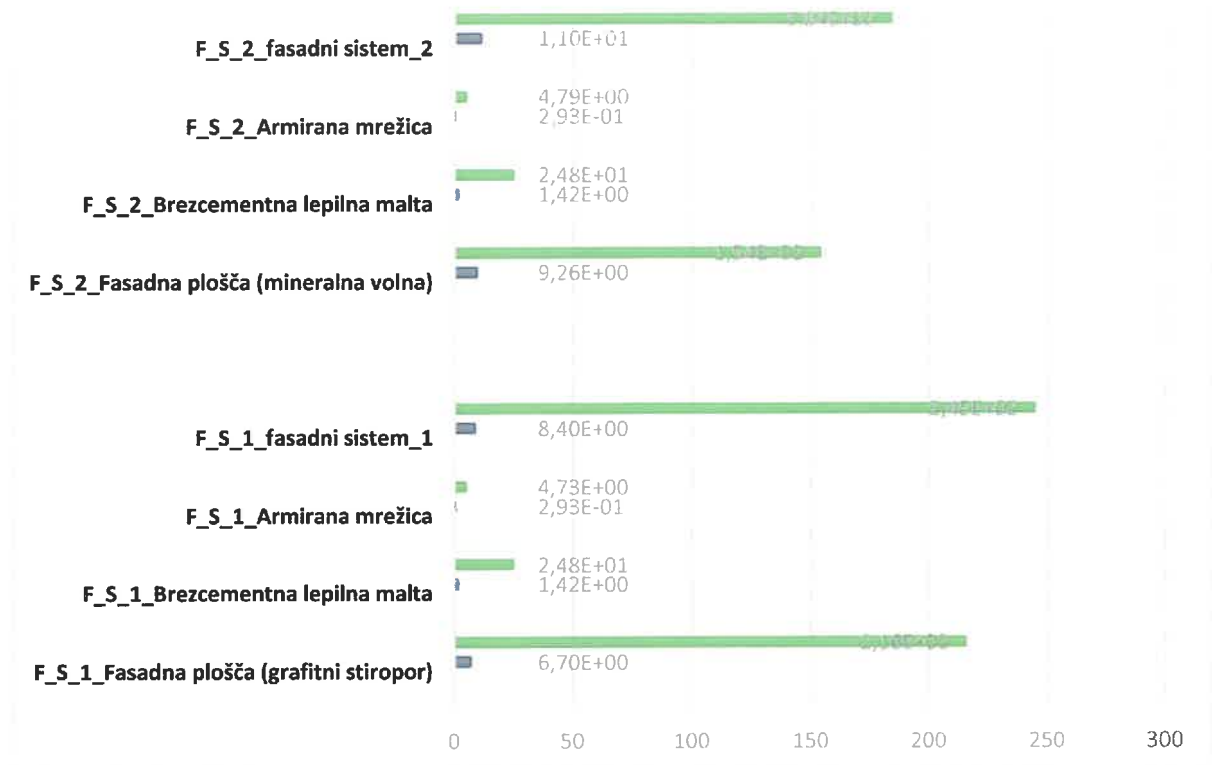
Tabela 4.56. Skupna poraba neobnovljivih virov energije (PENRT) fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2

Tabela 4.1Tabela 4.1Tabela 4.1	Popolnoma neobnovljiva primarna energija (PENRT)	Enota
FASADNI SISTEM 1	2,45E+02	m <sup>2</sup>
FASADNI SISTEM 2	1,84E+01	m <sup>2</sup>



Slika 4.45. Poraba neobnovljivih virov energije (PENRT) prefabricirani fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2.

V zaključnem delu LCA analize sta analizirana in predstavljena dva okoljska kazalnika PENRT in GWP za vsako komponento sistema 1 in sistema 2 posebej (Slika 4.46). Lahko se zaključi, da sta kazalnika v največji meri odvisna od vrste termoizolacijskega panela. V primeru fasadnega sistema 1 je 88% potencial globalnega segrevanja dejansko, GWP fasadnega panela, medtem ko je v primeru fasadnega sistema 2 ta delež 83%. Poleg tega je v primeru fasadnega sistema 1 je 79% skupne poraba neobnovljivih virov primarne energije je PENRT fasadnega panela, medtem ko je v primeru fasadnega sistema 2 ta delež 84%.



Slika 4.46. Poraba neobnovljivih virov energije (PENRT) in potenciala globalnega segrevanja (GWP) za komponente fasadnega sistem 1 in fasadnega sistem 2.





#### 4.3.7 Zaključki LCA analize

O pomembnosti okolskega vpliva gradbenih materialov govori v prit tudi podatek, da za gradbene proizvode, gradnjo ter vzdrževanje stavb v njihovem življenjskem ciklu na ravni EU namenjeno kar 50% vsega pridobljenega materiala, porabljenih okoli 50% končne energije v EU, da je 33% porabe vode povezano s stavbami ter 33% proizvedenega odpada je povezano s stavbami, ne nazadnje pa so stavbe v EU odgovorne za oddajo okoli 36% emisije CO<sub>2</sub> [19]. Stavbe v energetske bilanci predstavljajo velikega potrošnika energije, saj porabijo okoli 40% končne energije v Evropski uniji [20], ki vsekakor močno vpliva na naše okolje.

Gradbeni sektor ustvarja velike količine različnih vrst odpadkov in se z možnostjo reciklaže gradbenih materialov lahko bistveno zmanjšano količino odpadkov, ki nastanejo pri gradnji ali rušenju zgradb, razvija proizvode, ki ustvarjajo manj odpadkov ali ustvarja le selektivne vrste odpadkov na gradbiščih.

LCA analiza je pokazala da je GWP (*ang.: Global warming potential*) oz.potencial globalnega segrevanja [kgCO<sub>2</sub>eq.] večji pri fasadnem sistemu 2. Hkrati ima fasadni sistem 2 manjšo skupno poraba neobnovljivih virov primarne energije PENRE (*ang.: Use of non-renewable primary energy*) [MJ].

V tej raziskavi je predstavljena LCA analiza fasadnih sistemov, vendar je potrebno poudariti, da je ob celovitih energetskih prenovah potrebno analizirati tudi okoljski vplivi celotne prenove in se na podlagi ugotovitev odločati o korakih in posegih vsake posamezne prenove.



Velik del stavb ni bil deležen rednega ali ustreznega vzdrževanja (posebej v državah nekdanje Jugoslavije kot so Srbija, Bosna, Makedonija, Črna Gora in Hrvaška), zaradi tega se izkazuje dokaj velika potreba po posodobitvah, in funkcionalnih prilagoditvah.

Torej, številne evropske države se v zadnjem dvadesetletju sooča z nujnostjo prenove stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje iz druge polovice 20. stoletja. Kljub razmeroma majhnemu številu stavb v primerjavi s stanovanjskimi stavbami in stavbami druge namembnosti,<sup>43</sup> je to pomemben del stavbnega fonda, kateremu je potrebno posvečati posebno pozornost zaradi precejšnje povprečne starosti stavb, potrebe po vzdrževanju tovrstnih stavb, in predvsem zaradi njihovega vpliva na zdravje in počutje uporabnikov, večinoma otrok.

### **Finančni aspekt prenove stavb predšolske vzgoje**

Poprečna vračilna doba ukrepa prenove fasade ali zamenjave sistema ogrevanja je čez 15 let. Z nobenim od ukrepov prenove ne dosežemo visoke finančne učinkovitosti, saj je vračilna doba prenove ovoja stavbe in vgradnje toplotne črpalke v najboljšem primeru 15 let, s vgradnjo mehanskega prezračevanja še daljša. Vender, **pri stavbah širšega družbenega pomena z občutljivo populacijo v njih, kot so vrtci, se ne sme omejevati zgolj na finančne indikatorje, potrebno je upoštevati tudi izboljšavo bivalnega ugodja in širše multiplikativne učinke.**

---

<sup>43</sup> Del evropskega stavbnega fonda namenjen vzgojno izobraževalnim namenom je približno zgolj 6 % celotnega stavbnega fonda Evrope (Decarbonising the non-residential building stock)



### Energetski prihranki, ki jih lahko dosežemo z različnimi posegi prenove

Prenova stavbe v energetske učinkovito stavbo po PURES-u 2010 temelji na zmanjšanju potrebe po energiji v stavbi z razpoložljivimi, izvedljivimi in učinkovitimi ukrepi, poleg tega pa moramo potrebno energijo zagotavljati z obnovljivimi viri energije in tako rekonstruirati sistem za energetske oskrbo stavbe. Prav tako moramo zadostiti kriterijem toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov stavbe podanih v TSG4, da se stavba po PURES-u 2010 smatra za energetske učinkovito. Z predstavljeni posegi oz. ukrepi za zmanjšanje rabe energije pri energetskih prenovah stavb, kot so toplotna izolacija zunanjih sten in streh, menjava oken ali zasteklitve, posegi na ogrevalnem sistemu se lahko teoretično, z izvedbo vseh naštetih posegov, prihrani veliko energije namenjene ogrevanju, kar je tudi primarni cilj njihovega izvajanja. Energetski prihranki so seveda odvisni od starosti stavbe, tehnologije gradnje, kakovosti izvedbe in vzdrževanja.

Na podlagi dosedanjih teoretičnih in računskih analiz v tej raziskavi, izvedenih znotraj aktivnosti A3 in A4 je ocenjen varčevalni potencial posameznih posegov pri prenovi stavb. **Ocena energijsko varčevalnega potenciala posega** je prikazana v tabeli:

Tabela 4.59 Ocena energijsko varčevalnega potenciala posegov za zmanjšanje rabe energije v stavbah predšolske vzgoje - primer

	Obstoječi objekt, brez kleti	Obstoječi objekt + klet	Korak 1 - OKNA	Korak 2 - STENE	Korak 3 - TLA	Korak 4 - STREHA	Korak 5 - REKUPERACIJA	Renovacija SKUPAJ	Renovacija MODULI
$U_{stene,1}$ [W/m <sup>2</sup> K]	1,294	1,294	1,294	0,157	1,294	1,294	1,294	0,157	0,157
$U_{stene,2}$ [W/m <sup>2</sup> K]	1,812	1,812	1,812	0,163	1,812	1,812	1,812	0,163	0,163
$U_{klet,1}$ [W/m <sup>2</sup> K]	1,303	1,303	1,303	0,187	1,303	1,303	1,303	0,187	0,187
$U_{klet,2}$ [W/m <sup>2</sup> K]	1,829	1,829	1,829	0,195	1,829	1,829	1,829	0,195	0,195
$U_{streha}$ [W/m <sup>2</sup> K]	2,071	2,071	2,071	2,071	2,071	0,135	2,071	0,135	0,135
$U_{tda}$ [W/m <sup>2</sup> K]	-	2,142	2,142	2,142	0,296	2,142	2,142	0,296	0,296
$U_g$ [W/m <sup>2</sup> K]	2,30	2,30	0,50	2,30	2,30	2,30	2,30	0,50	0,50
$U_f$ [W/m <sup>2</sup> K]	2,50	2,50	0,78	2,50	2,50	2,50	2,50	0,78	0,78
$g$	0,75	0,75	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,50	0,50
$U_{sten,MOD}$ [W/m <sup>2</sup> K]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,101
$U_{streh,MOD}$ [W/m <sup>2</sup> K]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,101



	Obstoječi objekt, brez kleti	Obstoječi objekt + klet	Korak 1 - OKNA	Korak 2 - STENE	Korak 3 - TLA	Korak 4 - STREHA	Korak 5 - REKUPERACIJA	Renovacija - SKUPAJ	Renovacija - MODULI
$Q_{t, \text{stene}}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	52,53	43,19	43,19	<u>4,22</u>	<u>46,02</u>	43,19	43,19	4,78	5,20
$Q_{t, \text{streha}}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	51,46	41,47	41,47	41,47	41,47	<u>2,71</u>	41,47	2,84	1,57
$Q_{t, \text{tla}}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	10,32	6,77	6,77	<u>5,05</u>	<u>2,06</u>	6,77	6,77	2,28	1,67
$Q_{t, \text{okna}}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	33,27	29,21	<u>9,44</u>	29,21	29,21	29,21	29,21	9,44	9,74
$Q_t$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	147,59	120,63	<u>100,87</u>	<u>79,96</u>	<u>118,76</u>	<u>81,87</u>	120,63	19,34	18,17
$Q_v$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	37,50	35,82	<u>34,06</u>	<u>34,79</u>	<u>36,47</u>	<u>35,59</u>	<u>22,95</u>	11,12	9,82
$Q_s$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	11,23	9,67	<u>6,46</u>	<u>6,14</u>	9,67	9,67	9,67	4,42	5,87
$Q_i$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35
$Q_h$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	155,50	128,43	110,13	90,25	127,21	89,45	113,71	9,31	6,50
$Q_c$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	4,49	3,72	1,42	3,19	4,11	4,25	3,63	4,00	5,84
$Q_h + Q_c$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	159,99	132,15	<u>111,55</u>	<u>93,44</u>	<u>131,32</u>	<u>93,70</u>	<u>117,34</u>	<u>13,31</u>	<u>12,34</u>

	Obstoječi objekt, brez kleti	Obstoječi objekt + klet	Korak 1 - OKNA	Korak 2 - STENE	Korak 3 - TLA	Korak 4 - STREHA	Korak 5 - REKUPERACIJA	Renovacija - SKUPAJ	Renovacija - MODULI
ŠT. IZMENJAV ZRAKA [1/h]	7,00	7,00	5,00	5,50	6,50	6,00	7,00	2,00	2,00
PREGREVANJE [%]	1,6	0,6	0	1,3	2,5	1,7	0,4	24,2	25,2
A [m <sup>2</sup> ]	2769,12	3091,99	3091,99	3091,99	3091,99	3091,99	3091,99	3194,67	4293,08
V [m <sup>3</sup> ]	5228	6488	6488	6488	6488	6488	6488	6488	8872
$f_o$ [m <sup>-1</sup> ]	0,530	0,477	0,477	0,477	0,477	0,477	0,477	0,492	0,484
AGAW <sub>sever</sub> [%]	8,06	8,11	8,11	7,86	8,11	7,78	8,11	7,53	3,91
AGAW <sub>jug</sub> [%]	8,06	8,11	8,11	7,86	8,11	7,78	8,11	7,53	5,14
AGAW <sub>vzhod</sub> [%]	14,43	14,23	14,23	14,03	14,23	13,66	14,23	13,46	17,1
AGAW <sub>vzhod</sub> [%]	15,19	15,10	15,10	14,89	15,10	14,49	15,10	14,28	21,09
AGAF [%]	7,89	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	9,08

Računske in teoretične raziskave so pokazale, da največji del izboljšanja energijske učinkovitosti predstavljajo načrtovane izboljšave ovoja stavbe. Prihranki energije so sorazmerni s površino ovoja



stavbe. Zunanji zidovi predstavljajo pri stavbah po obsegu največje površine na stavbi, skozi katere prehaja toplota. Poleg tega velike površine predstavljajo tudi streha in stavbno pohoštvo. Dodatno, znatne prihranki se lahko dosežejo še z odpravo toplotnih mostov, z izolacijo tlakom proti tlam in z dobrim tesnjenjem. Ocena energijsko varčevalnega potenciala posega je tukaj splošno podana, v procentih zmanjšanja rabe energije za ogrevanje stavbe. Ocena zmanjšanja rabe energije je odvisna od obstoječega stanja stavbe, kakovosti in obsega izvedenih posegov in je potrebno za posamezno stavbo določiti pri energetskega pregledu stavbe.



#### 4.5 ZAKLJUČKI RAZISKAVE

Prenova starejših stavb namenjenih predšolski vzgoji in splošno vzgoji in izobraževanju predstavlja velik potencial za izboljšanje njihove uporabnosti, energetske učinkovitosti, potresne ali požarne varnosti ter nenazadnje potencial za boljše pogoje notranjega bivalnega ugodja, ki lahko zagotovijo boljše počutje in zdravje uporabnikov prostorov. Pristopi k prenovam tako ne sme izpostavljati le ene izmed zgoraj naštetih izboljšav, temveč stremeti k združevanju posameznih ukrepov in tako zagotoviti čim večjo kompleksnosti prenove, kar je tudi usmeritev razvitih modelov prenove.

V tej obsežni raziskavi so rezultati posameznih sklopov raziskave predstavljeni na koncu vsakega sklopa teg poročila, in sicer:

- **Zaključki v zvezi z obstoječim stavbnim fondom (A1)**
- **Zaključki v zvezi z obstoječim stavbnim fondom (A2)**
- **Zaključki v zvezi z obstoječim stavbnim fondom (A3)**
- **Zaključki v zvezi z modeli prenove stavb predšolske vzgoje (A4).**

V tem zaključnem delu raziskave podani so še splošni zaključki raziskave, širši kontekst raziskave in doseženi cilji oz. podcilji raziskave nastavljeni s prijavno vlogo.

##### Splošni zaključki

Predstavljeni modeli prenove stavb predšolske vzgoje v praksi imajo za cilj, da posameznim udeležencem v procesu prenove stavb predšolske vzgoje ponudijo pregled možnosti izvajanja kakovostnih, hkrati pa tudi ekonomsko učinkovitih posegov prenove, ki lahko zagotovijo učinkovito energijsko prenovo stavb s ciljem doseganja visoke kakovosti notranjega okolja.

V splošnem interesu je, da so stavbe v svoji celotni življenjski dobi tudi varne, učinkovite, uporabne in kakovostne, sploh stavbe v katerih bivajo otroci. Tudi gradbeni zakon določa bistvene zahteve



stavb, in sicer: mehanska odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higienska in zdravstvena zaščita ter zaščita okolja, varnost pri uporabi, zaščita pred hrupom, varčevanje z energijo in ohranjanje toplote, univerzalna graditev in raba objektov ter kot osmo še trajnostno rabo naravnih virov. **Učinkovita in dobro načrtovana prenova stavbe mora upoštevati zakonske zahteve in splošni interes.** Vsekakor, se je potrebno prizadevati za bolj celovito rešitev, ki odpravi celo paleto težav povezanih z bivalnim ugodjem in izboljša energetske lastnosti stavbe.

Rezultat projekta ponujajo podrobno analizo obstoječega stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje v Sloveniji, modele oz. obrazce prenove stavb predšolske vzgoje, ki omogočajo praktično in teoretično uporabo rezultatov projekta. Projekt s svojimi rezultati ima bistven namen, da preventivno prepreči negativne posledice neprimernih posegov ob prenovi ali vzdrževanju vrtcev, predvsem v aspektu poboljšanja energetske učinkovitosti in kvalitete bivalnega ugodja. Rezultati projekta so uporabni kot strokovna podlaga pri načrtovanju projektov prenov in tudi drugih posegov v stavbah za vzgojo in izobraževanje predšolskih otrok. Ugotovitve oz. rezultati raziskave so lahko uporabni kot platforma za nadaljnje teoretične in praktične raziskave.

Doseženi so cilji raziskave nastavljeni s prijavno vlogo, in sicer:

- Razvita je sistematična metodologija in analiziran je potencialnih modelov prenove obstoječih objektov predšolske vzgoje.
- Razvita je študija, ki obravnava multidisciplinaren pristop k funkcionalni, energijski in konstrukcijski analizi objektov predšolske vzgoje v Sloveniji s podajo variantnih rešitev za prenovu stavb.
- Pričakovani rezultati raziskave izkazujejo znanstveni pristop posodobitve obstoječih stavb, kjer je vzporedno znanstveno upoštevan vidik izboljšanja energetske učinkovitosti in kakovosti bivalnega okolja.
- Izsledki raziskave so predstavljeni in strukturirani in je na podlagi le-teh moč podati smernice, in oblikovati akcijski načrt in vplivati na nacionalno politiko na področju sistematičnih prenov objektov predšolske vzgoje v Sloveniji.
- Rezultati raziskav so prenešeni v širši prostor nekdanjih republik SFRJ. S ciljem razširjanja rezultatov raziskave so izsledki projekta predstavljeni na številnih konferencah v nekdanjih republik SFRJ. Zgodovinske analize širšega konteksta izgradnje vrtcev v nekdanjih republik SFRJ so pokazale, da v obstoječem stavbnem fondu lahko pričakujemo veliko število vrtcev



izgrajenih v času obstoja SFRJ s podobnimi tehničnimi rešitvami na področju celotne države. Prenos rezultatov raziskave VTEC+ je tako omogočil dvig tržnega potenciala slovenskih termoizolacijskih gradbenih materialov, ki so tudi pomemben predmet raziskave v projektu, ter utemeljil pomen njihove uporabe na tujih trgih.

- Razvoj modela prenove stavb predšolske vzgoje v Sloveniji.

Doseženi so podcilji raziskave nastavljeni s prijavno vlogo, in

- Analiza obstoječega stavbnega fonda stavb predšolske vzgoje iz vidika arhitekturne tipologije, funkcionalne primernosti, gradbene fizike in energijske učinkovitosti. Rezultat analize so ugotovitve ki ponujajo pregled obstoječega stavbnega fonda stavb predšolske v Sloveniji v obliki kataloga stavb predšolske vzgoje.
- Analiza in razvoj sistematičnega pristopa k celostni energijski prenovi objektov s poudarkom na ustreznih ukrepih vezanih na termalni ovoj. Rezultat analize so ugotovitve ki ponujajo sistematičen pregled celostne energijske prenove stavb in ustreznih posegov prenove s poudarkom na ustreznih ukrepih vezanih na termalni ovoj stavbe.
- Analiza praktične uporabe termoizolacijskih materialov na trgu v Sloveniji. Rezultat analize so ugotovitve ki ponujajo sistematičen pregled praktične uporabe termoizolacijskih materialov dostopnih na trgu v Sloveniji.

### **Širši kontekst raziskave VRTEC+**

Razviti modeli prenove stavb predšolske vzgoje imajo potencialno uporabo tudi v širšem kontekstu držav nekdanje Jugoslavije. Kot je že večkrat v raziskavi poudarjeno gre za geografsko območje na katerem so v obdobju do leta 1991 grajene podobne stavbne tipologije s uporabo enakih gradbenih proizvodov.

Obstoječ stavbni fond na prostorih nekdanjih republike Jugoslavije izhaja iz enakega politično-zgodovinskega in socio-kulturloškega konteksta. Prav tako iz enake gradbene zakonodaje in gradbenih predpisov. Posledica tega je veliko podobnosti v stavbnem fond, še posebej stavbnem fondu javnih stavb. V tem kontekstu izsledki te raziskave imajo izreden potencial pri prenovah stavb predšolske vzgoje v Makedoniji, Srbiji, Črni Gori, Bosni in Hrvaški. Pomen raziskave v širšem kontekstu republik nekdanje Jugoslavije je še posebej izpostavljen ob dejstvu da je večina nekdanjih





republic še le na začetku procesa energetske prenove stavb predšolske vzgoje in tudi stavb druge namembnosti.



#### LITERATURA – AKTIVNOST 4

- [1] *Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17).* .
- [2] *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02, 110/02 – ZGO-1 in 61/17 – GZ).* .
- [3] NIJZ, "HIGIENSKA PRIPOROČILA ZA PREPREČEVANJE ŠIRJENJA OKUŽBE S SARS-CoV-2 V VRTCIH," 2021. Accessed: Feb. 06, 2021. [Online]. Available: [https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/vrtci\\_objava\\_150121.pdf](https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/vrtci_objava_150121.pdf).
- [4] Lovec Vesna, *UM, FGPA rezultati neobjavljene raziskave VRTEC+*. 2019.
- [5] "Vrtec Podgorje, arhitekta Jure Kotnik." .
- [6] razvojni center, d. o. o. INTECH-LES, "PATENT: Toplotnoizolacijski ovoj stav in postopek za njegovo vgradnjo," 2014.
- [7] M. za izobraževanje znanost in šport. Republika Slovenija, "Evidenca vzgojno-izobraževalnih zavodov in vzgojno-izobraževalnih. Stanje vpisa 2018/2019.," Accessed: Jan. 05, 2020. [Online]. Available: <https://paka3.mss.edus.si/registriweb/default.aspx>.
- [8] Justin McGuirk, "The Unrepeatable Architectural Moment of Yugoslavia's 'Concrete Utopia,'" 2018.
- [9] G. M. . H. R. . H. G. . K. R. . V. O. L. . D. K. A. . W. S. A. . S. S. . U. de H. H. A. . D. B. H. . V. D. R. . H. M. A. J. Guinée B. J., . "Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards.," Dordrecht , 2002.
- [10] G. B. Klöpffer W., "Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice," KGaA, Weinheim, Nemčija, 2014.
- [11] SIST ISO 14040:2006., *Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice.* .
- [12] SIST EN 15804:2012., *Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije na proizvodih – Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.* .



- [13] SIST EN 15978:2011, *Trajnostnost gradbenih objektov - Vrednotenje učinkov ravnanja z okoljem v stavbah - Računska metoda.* .
- [14] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)., "Part B: Requirements on the EPD for Double skin metal faced sandwich panels." Accessed: Apr. 19, 2021. [Online]. Available: <https://epd-online.com/>.
- [15] SIST ISO 14025:2010, *Okoljske označbe in deklaracije – Okoljske deklaracije tipa III – Načela in postopki.* .
- [16] EN 15804:2012+A1:2013, *Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije na proizvodih – Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.* .
- [17] "Product Environmental Footprint Category Rules Guidance—Version 6.3; Evropska komisija," Bruselj, Belgija, 2018.
- [18] "Buying green! A handbook on green public procurement. 3rd edition.," Bruselj, 2016.
- [19] *Eur-lex. 2015. Energetska učinkovitost stavb.* .
- [1] *Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17).* .
- [2] *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02, 110/02 – ZGO-1 in 61/17 – GZ).* .
- [3] NIJZ, "HIGIENSKA PRIPOROČILA ZA PREPREČEVANJE ŠIRJENJA OKUŽBE S SARS-CoV-2 V VRTCIH," 2021. Accessed: Feb. 06, 2021. [Online]. Available: [https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/vrtci\\_objava\\_150121.pdf](https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/vrtci_objava_150121.pdf).
- [4] Lovec Vesna, *UM, FGPA rezultati neobjavljene raziskave VRTEC+*. 2019.
- [5] "Vrtec Podgorje, arhitekta Jure Kotnik." .
- [6] razvojni center, d. o. o. INTECH-LES, "PATENT: Toplotnoizolacijski ovoj stav in postopek za njegovo vgradnjo," 2014.
- [7] M. za izobraževanje znanost in šport. Republika Slovenija, "Evidenca vzgojno-izobraževalnih



zavodov in vzgojno-izobraževalnih. Stanje vpisa 2018/2019.," Accessed: Jan. 05, 2020. [Online]. Available: <https://paka3.mss.edus.si/registriweb/default.aspx>.

- [8] Justin McGuirk, "The Unrepeatable Architectural Moment of Yugoslavia's 'Concrete Utopia,'" 2018.
- [9] G. M. . H. R. . H. G. . K. R. . V. O. L. . D. K. A. . W. S. A. . S. S. . U. de H. H. A. . D. B. H. . V. D. R. . H. M. A. J. Guinée B. J., . "Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards.," Dordrecht , 2002.
- [10] G. B. Klöpffer W., "Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice," KGaA, Weinheim, Nemčija, 2014.
- [11] SIST ISO 14040:2006., *Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice.* .
- [12] SIST EN 15804:2012., *Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije na proizvodih – Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.* .
- [13] SIST EN 15978:2011, *Trajnostnost gradbenih objektov - Vrednotenje učinkov ravnanja z okoljem v stavbah - Računska metoda.* .
- [14] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), "Part B: Requirements on the EPD for Double skin metal faced sandwich panels." Accessed: Apr. 19, 2021. [Online]. Available: <https://epd-online.com/>.
- [15] SIST ISO 14025:2010, *Okoljske označbe in deklaracije – Okoljske deklaracije tipa III – Načela in postopki.* .
- [16] EN 15804:2012+A1:2013, *Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije na proizvodih – Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.* .
- [17] "Product Environmental Footprint Category Rules Guidance—Version 6.3; Evropska komisija," Bruselj, Belgija, 2018.
- [18] "Buying green! A handbook on green public procurement. 3rd edition.," Bruselj, 2016.
- [19] *Eur-lex. 2015. Energetska učinkovitost stavb.* .



## POPIS SLIK IN TABEL – AKTIVNOST 4

### Popis slik

Slika 4.1. Stroški za električno in toplotno energijo pri proračunskih uporabnikih (vir: Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenove stavb, 2015). .....	14
Slika 4.2. Kronološka shema celovitega pristopa - strategije k energetske prenovi.....	22
Slika 4.3 Shematski prikaz, cilj energetske prenove stavb.....	27
Slika 4.4. Shematski prikaz metodologije razvoja modelov prenove stavb predšolske vzgoje. ....	29
Slika 4.5. Optimalen model dolgoročnega prezračevanja igralnice v stavbi predšolske vzgoje.....	40
Slika 4. 6. Model kratkoročnega prezračevanja igralnice v stavbi predšolske vzgoje.....	40
Slika 4.7. Dnevni režim prezračevanja igralnice predšolske vzgoje. ....	41
Slika 4.8. Shematski prikaz posega- dodatna toplotne izolacije zunanjih sten (( a) pritlična stavba s dvokapno streho, b) pritlična stavba s ravno streho, c) dvonadstropna stavba s ravno streho) .....	51
Slika 3.9 Izvedba toplotne izolacije STREHE – primer za tip stavbe A, , C, D, E, računska analiza v programu UBAKUS.....	58
Slika 4.10 Izvedba toplotne izolacije tal – primer talne plošče za tip stavbe E, računska analiza v programu UBAKUS.....	60
Slika 4.11 Primer prenove vrtec v Dravljah, Ljubljana, Prušnikova ulica. ....	80
Slika 4.12. Shematski prikaz trajnostnega pristopa prenovi stavb, komponente celovite energetske prenove.....	91
Slika 4.13. Naselje Ford pred (levo) in po prenovi (desno), Köln, Nemčija [1]. ....	97
Slika 4.14. Nadgradnja stavbe s prefabriciranimi lesenimi moduli nadgradnje. ....	100
Slika 4.15. Nadgradnja stavbe s prefabriciranimi lesenimi moduli nadgradnje. ....	100
Slika 4.16. Prenova obstoječe večstanovanjske stavbe z leseno – steklenim modulom nadgradnje.	101
Slika 4.17. Eksperimentalno preizkušeni enoetažni modeli (GLS) [Vir: INTECH-IES, razvojni center]	102
Slika 4.18: Prikaz TG modela z pripadajočimi prečnimi prerezi z detajli vgradnje stekla. [Vir: INTECH-IES, razvojni center].....	103



Slika 4.19: Prikaz TGW modela z dimenzijami in prečnim prerezom. [Vir: INTECH-IES, razvojni center] .....	103
Slika 4.20: Prikaz TGWE modela z pripadajočim prerezom. Pri slednjem modelu smo uporabili troslojno IZO zasteklitev in poliuretan, za variacijo pa smo sredino okvirja ojačali z vmesnim stebričkom. [Vir: INTECH-IES, razvojni center].....	104
Slika 4.21. Termoizolacija EPS, XPS, kombi položče [Vir: www.Fragmat.si] .....	118
Slika 4.22. Termoizolacija EPS. [Vir: www.Fragmat.si] .....	121
Slika 4.23. Termoizolacija XPS [Vir: www.Fragmat.si].....	124
Slika 4.24. Shematski prikaz metodologije analize in razvoja fasadnih sistemov v raziskavi VRTEC+ .....	138
Slika 4.25. Vrtec Podgorje [6].....	152
Slika 4.26 Vrtec Mavrica, Trebnje 2012, fasadni sistem Qbiss Air [Vir: Gradbeni vestnik, januar 2013] .....	154
Slika 4.27. Prefabricirana fasadna plošča, aksonometrija. ....	156
Slika 4.28. Prefabricirana fasadna plošč: izgled, prerez.....	157
Slika 4.29.WPC profil sistema SCIENTIS [Vir: Intech-les, razvojni center d.o.o.] .....	159
Slika 4.30. WPC profil sistema SCIENTIS, z vgrajeno EPS izolacijo [Vir: Intech-les, razvojni center d.o.o.].....	159
Slika 4.31. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS na notranjo stan masivne stene... ..	162
Slika 4.32. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS: obodna stena, 1.sloj EPS, WPC profil z inštalacijami, 2. sloj EPS, parna zapora, zaključna obloga.....	162
Slika 4.33. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS: obodna stena, 1.sloj EPS, WPC profil z inštalacijami, 2. sloj EPS, parna zapora, zaključna obloga.....	162
Slika 4.34. Montaža sistem notranje toplotne izolacije SCIENTIS: obodna stena, 1.sloj EPS, WPC profil z inštalacijami, 2. sloj EPS, parna zapora, zaključna obloga.....	163
Slika 4.35. Nadstropna meščanska vila z mansardno streho in razgibano neobaročno fasado s prisekanimi vogali, balkoni in vhodno lopo, zgrajena 1927 v historicističnem slogu [Avtor].....	167
Slika 4.36. Namensko grajena stavba, Vrtec Mladi rod, enota Vetrnica, Ljubljana 1972, arh. Stanko Kristl [7].....	167



Slika 4.37. Vrtec Slavuj v otoku 28, Novi Beograd, Predšolska ustanova '11 April' [8] .....	168
Slika 4.38. Namensko grajena stavba vrtca v Mariboru, stavba zgrajena 1972 [Avtor] .....	169
Slika 4.39. Prostori vrtca (enota) v pritličju večstanovanjske stavbe, Ljubljana [Avtor] .....	169
Slika 4.40. Namensko grajena stavba vrtca, v stogom mestnem jedru, Maribor [Avtor] .....	170
Slika 4.41. Faze življenjskega cikla (SIST EN 14040:2006) .....	179
Slika 4.42. Stopnje življenjskega cikla z nakazano potrebo po surovinah in energiji ter spremljajočimi izpusti v okolje. ....	181
Slika 4.43. Modularne informacije za različne faze v ocenjevanju življenjskega cikla (LCA) v skladu s standardi in opredeljene meje sistema v študiji razvitega fasadnega sistema. [13] [14] .....	184
Slika 4.44. Primerjava potenciala globalnega segrevanja (GWP) za prefabricirani fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2 .....	207
Slika 4.45. Poraba neobnovljivih virov energije (PENRT) prefabricirani fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2 .....	208
Slika 4.46. Poraba neobnovljivih virov energije (PENRT) in potenciala globalnega segrevanja (GWP) za komponente fasadnega sistem 1 in fasadnega sistem 2 .....	209



## Popis tabel

Tabela 4.1. Skupni obseg naložb v energetske prenovne stavb javnega sektorja in možni viri financiranja v obdobju 2016–2023 [vir: Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenovne stavb, 2015. ....	17
Tabela 4.2. Pregled splošne koristi energetske prenovne stavb.....	19
Tabela 4.3. Pregled omejitev pri energetske prenovne stavb. ....	20
Tabela 4.4. Pregled organizacijskih ukrepov s ciljem zmanjšanja rabe energije ali izboljšanja bivalnega ugodja v stavbah predšolske vzgoje.....	36
Tabela 4.5. Pregled ukrepov – dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe. ....	49
Tabela 4.6. Pregled posega/ukrepa energetske prenovne stavb predšolske vzgoje – dodatna toplotna izolacija na zunanji fasadni steni – montažni konstrukcijski sistem (tip stavbe B, C, D).....	53
Tabela 4.7. Pregled posega/ukrepa energetske prenovne stavb predšolske vzgoje – dodatna toplotna izolacija na zunanji fasadni steni – masivni konstrukcijski sistem (tip stavbe A, B, C, D). ....	54
Tabela 4.8 Izvedba toplotne izolacije tal – primer talne plošče med pasovnimi temelji za tip stavbe A, B, C, D, računska analiza v programu UBAKUS .....	60
Tabela 4.9. Pregled mogočih arhitekturnih posegov na stavbah predšolske vzgoje uporabnih za različne modele energetskih prenov. ....	63
Tabela 4.10. Model dograditve za TIP A stavbe predšolske vzgoje. ....	65
Tabela 4.11. Model dograditve za TIP B stavbe predšolske vzgoje. ....	66
Tabela 4.12. Model dograditve za TIP C stavbe predšolske vzgoje. ....	67
Tabela 4.13. Model dograditve za TIP D stavbe predšolske vzgoje. ....	68
Tabela 4.14. Model dograditve za TIP E stavbe predšolske vzgoje.....	69
Tabela 4.15. Model nadzidava za TIP A stavbe predšolske vzgoje. ....	72
Tabela 4.16. Model nadzidave za TIP B stavbe predšolske vzgoje.....	73
Tabela 4.17. Model nadzidave za TIP C stavbe predšolske vzgoje.....	74
Tabela 4.18. Model nadgradnje za TIP D stavbe predšolske vzgoje. ....	75
Tabela 4.19. Model nadzidava za TIP E stavbe predšolske vzgoje.....	76





Tabela 4.20. Pregled smiselnih posegov celovite energetske prenove za tipske predstavnike stavb v stavbnem fondu TIP A-E.....	93
Tabela 4.21 Ocena energetske bilance celovite energetske prenove stavbe predšolske vzgoje – primer Montažni konstrukcijski sistem.....	95
Tabela 4.22 Sestava zunanje stene proizvajalca montažnih hiš Lumar - (stena PASIV) [vir: Intech-les] .....	105
Tabela 4.23. Sestava zunanje stene proizvajalca montažnih hiš Lumar - (stena Super Standard) [vir: Intech-les] .....	105
Tabela 4.24. Shematski prikaz možnosti aplikacije modula nadgradnje na različnih tipoloških predstavnikov stavb predšolske vzgoje. ....	107
Tabela 4.25. Termoizolacija EPS, tehnični podatki. ....	122
Tabela 4.26. Toplotno izolacijske plošče od kamena volna, tehnični podatki.....	126
Tabela 4.27 Optimizacija izbire toplotne izolacije za posamezne gradbene elemente.....	130
Tabela 4.28. Primerjava cen termoizolacijskih materialov za fasadne sisteme.....	135
Tabela 4.29. Fasadni sistem - kontaktna fasada. ....	142
Tabela 4.30. Fasadni sistem - prezračevana fasada.....	143
Tabela 4.31. Fasadni sistem za masivne konstrukcijske sisteme .....	147
Tabela 4.32. Fasadni sistem za montažne konstrukcijske sisteme. ....	149
Tabela 4.33. Sestava fasadnega sistema 1.....	155
Tabela 4.34.Sestava fasadnega sistema 2.....	155
Tabela 4.35.Osnovni podatki uporabljenega WPC materiala [Vir: Intech-les, razvojni center d.o.o.]	160
Tabela 4.36. Toplotne prehodnosti U (W/m <sup>2</sup> K) sten .....	171
Tabela 4.37. Količina materialov za fasadni panel: Sistem 1 in Sistem 2.....	186
Tabela 4.38.Okoljska deklaracija proizvodov (EPD) za termoizolacijo iz ekstrudiranega polistirena (EPS). ....	189
Tabela 4.39: Okoljska deklaracija proizvodov (EPD) za termoizolacijo iz mineralne kamene volne. .	190
Tabela 4.40. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za termoizolacijo iz ekstrudiranega polistirena (EPS). ....	193



Tabela 4.41. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za termoizolacijo iz kamene mineralne volne. .....	194
Tabela 4.42. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za malto. ....	195
Tabela 4.43. Podatki iz okoljske deklaracije proizvodov za armirano mrežico.....	196
Tabela 44. Dokaz kazalniki vpliva na okolje (SIST EN 15804:2012+a2:2019) .....	197
Tabela 4.45: Kazalniki vpliva na okolje (EN 15804:2012 + A1:2013). ....	197
Tabela 4.46.Dodatni kazalniki vpliva na okolje (SIST EN 15804:2012+A2:2019). ....	198
Tabela 4.47: Kazalniki, ki opisujejo porabo virov (EN 15804:2012 + A1:2013).....	198
Tabela 4.48: GWP-ji za podana časovna obdobja (v kgCO <sub>2</sub> ekv./kg).....	199
Tabela 4.49: Vrednosti faktorja škodljivosti za ozon (v kgCFC-11eq./kg).....	200
Tabela 4.50: Možnost zakisovanja (v kgSO <sub>2</sub> ekv.).....	201
Tabela 4.51: Možnost evtrofikacije (v kgPO <sub>4</sub> ekv.) .....	202
Tabela 4.52: Karakterizacijski faktorji POCP za različne koncentracije NO <sub>x</sub> , določene za izbrane snovi (v kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./kg).....	203
Tabela 4.53: Možnost porabe abiotskih virov za nekatere elemente (v Sb ekv./kg).....	204
Tabela 4.54. Rezultati za fasadni sistem 1 in 2 za MODUL A1-A3.....	206
Tabela 4.55. Potencial globalnega segrevanja (GWP) fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2.....	207
Tabela 4.56. Skupna poraba neobnovljivih virov energije (PENRT) fasadni sistem 1 in fasadni sistem 2 .....	208
Tabela 4.57. Strategija prenove stavb predšolske vzgoje.....	213
Tabela 4.58 Model prenove stavb predšolske vzgoje.....	214
Tabela 4.59 Ocena energijsko varčevalnega potenciala posegov za zmanjšanje rabe energije v stavbah predšolske vzgoje - primer .....	216