



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo

PRIROČNIK ZA IZVAJANJE MERITEV OGLJIKOVEGA DIOKSIDA (CO₂) IN-SITU V STAVBAH PREDŠOLSKE VZGOJE

Dr. Vesna Lovec

Vsebina dokumenta je last avtorja in Univerze v Mariboru, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo.

© Vse pravice so pridržane. Brez dovoljenja avtorja ni dovoljeno nobenega dela tega poročila prekopirati ali prenesti v katerikoli obliki.

Maribor, september 2020

Avtor:	dr. Vesna Lovec
Lektor:	Sabina Mulej
Naslov:	Priročnik za izvajanje meritev ogljikovega dioksida (CO ₂) in-situ v stavbah predšolske vzgoje
Tip dokumenta:	Priročnik
Obseg in oprema:	34 str., 3 pregl., 11sl., 1 graf.
Izdajatelj:	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo prometno inženirstvo in arhitekturo
Leto in kraj izida publikacije:	2020, Maribor
Ključne besede:	vrtec, meritve <i>in-situ</i> , zdravje, udobje, kakovost zraka, ogljikov dioksid

KAZALO

1	UVOD	5
2	ZRAK V NOTRANJJIH PROSTORIH	5
	2.1 Kakovost notranjega zraka v stavbah predšolske vzgoje.....	6
	2.2 Ogljikov dioksid	8
	2.3 Pomen kakovosti notranjega zraka v vrtcih.....	10
	2.4 Pregled raziskav o kakovosti notranjega zraka v vrtcih	11
	2.5 Vpliv kakovosti zraka na zdravje in počutje ljudi	13
3	STAVBE PREDŠOLSKE VZGOJE V SLOVENIJI.....	15
	3.1 Slovenski vrtci v številkah.....	15
	3.2 Stavbni fond stavb predšolske vzgoje v Sloveniji	15
4	ZAKONSKA PODLAGA	17
	4.1 Zakonska podlaga za kakovost notranjega zraka v vrtcih	17
	4.2 Mednarodni standardi in priporočila.....	18
	4.3 Pregled koncentracij CO ₂ , določenih v zakonodaji	19
5	MERITVE <i>IN-SITU</i>	19
	5.1 Metodologija izvajanja meritev	20
	5.2 Oprema - merilne naprave, položaj merilnikov	25
	5.3 Ovire pri izvajanju meritev CO ₂ <i>in-situ</i> v stavbah predšolske vzgoje.....	28
	5.4 Analiza in prezentacija merilnih podatkov	29
6	ZAKLJUČEK	31
7	ZAHVALA	32
8	LITERATURA	32
9	KAZALO SLIK, PREGLEDNIC IN GRAFIKONOV.....	34

SIMBOLI IN OKRAJŠAVE

A_{du}	Površina kože človeka [m^2]
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje (ang. <i>Slovenian Environment Agency</i>)
ASHRAE	Ameriško združenje inženirjev za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje (ang. <i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>)
CO_2	Ogljikov dioksid (ang. <i>carbon dioxide</i>)
$CO_{2\ max}$	Maksimalna dovoljene/priporočena/izmerjena koncentracija ogljikovega dioksida
$CO_{2\ out}$	Koncentracija ogljikovega dioksida v zunanjem zraku
$CO_{2\ in}$	Koncentracija ogljikovega dioksida v notranjem zraku
EU	Evropska unija (ang. <i>European Union</i>)
IAQ	Kakovost notranjega zraka (ang. <i>Indoor Air Quality</i>)
IEQ	Notranje bivalno ugodje (ang. <i>Indoor Environmental Quality</i>)
M	Toplota, nastala z metabolizmom v enoti časa [W/m^2]
ppm	Število delcev na milijon (ang. <i>parts per million</i>)
PM10	Trdni delec, premera $10\mu m$ [ppm], [$\mu g/m^3$]
T_{ai}	Temperatura notranjega zraka
RS	Republika Slovenija
SURS	Statistični urad republike Slovenije
RH_{ai}	Zračna vlaga v prostoru
VOC	Hitro hlapljive organske spojine (ang. <i>Volatile organic compounds</i>)

1 UVOD

Ljudje preživimo v stavbah oz. v zaprtih prostorih doma, na delovnem mestu in v javnih stavbah poprečno 90% časa. Medtem ko smo v zaprtih prostorih, dihamo notranji zrak (ang.: *indoor air*), zato je njegova kakovost izrednega pomena za naše zdravje in počutje. Sodoben način življenja torej pomeni veliko časa preživetega v zaprtih prostorih in je vsekakor prispeval k temu, da v zadnjih desetletjih mednarodna znanstvena skupnost, strokovnjaki različnih strok, politiki in sektorji namenjajo čedalje več pozornosti področju kakovosti notranjega zraka.

Kakovost zraka v stavbah predšolske vzgoje je posebej pomembna, kajti v stavbah bivajo majhni otroci in je vpliv kakovosti zraka na njihovo zdravje še toliko bolj bistven. Za oceno kakovosti notranjega zraka se v raziskavah večinoma uporablja indikator - koncentracija ogljikovega dioksida [CO₂] v prostoru. Meritve *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje so edina zanesljiva metoda za ugotavljanje kakovosti zraka v stavbah oz. igralnicah, v katerih bivajo otroci. S tovrstno eksperimentalno analizo lahko zanesljivo določimo koncentracijo CO₂ v zaprtih prostorih in na podlagi le-te lahko ocenimo kakovost zraka v prostoru. Poleg meritev CO₂ v zaprtih prostorih, lahko izvajamo meritve tudi ostalih škodljivih snovi v zraku, ki pa niso predmet tega priročnika.

Eksperimentalne analize kakovosti zraka oz. meritve *in-situ* so lahko samostojne raziskave, po navadi pa so del obsežnejših raziskav, ki velikokrat zajemajo tudi druge eksperimentalne raziskave. Cilj tega priročnika je prikaz določene metodologije za izvajanje meritev CO₂ *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje z analizo vseh posebnosti in ovir v samem procesu. Priročnik bo približal problematiko eksperimentalne analize kakovosti zraka v vrtcih in ponudil jasne napotke za izvajanje meritev vsem prihodnjim raziskovalcem, študentom idr.

Ta priročnik je nastal v okviru znanstveno-raziskovalnega projekta »VRTEC+ razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji«, čigar temeljni cilj je usmerjen v razvoj modelov za prenovo stavb predšolske vzgoje v Sloveniji. Poleg tega projekt zajema teoretične analize stavb predšolske vzgoje v Sloveniji in teoretične ter eksperimentalne analize parametrov kakovosti notranjega okolja, ki vplivajo na bivalno ugodje, delovno učinkovitost in zdravje uporabnikov.

2 ZRAK V NOTRANJIH PROSTORIH

V zaprtih prostorih preživimo veliko časa, zato je kakovost zraka, ki ga dihamo v stavbah, izrednega pomena za naše zdravje in počutje. Zaradi tega je potrebno kakovosti notranjega zraka posvečati

posebno pozornost in so vse raziskave usmerjene v to tematiko izredno pomembne. V nadaljevanju priročnika, v tem poglavju bo analiziran zrak v notranjih prostorih s ciljem boljšega razumevanja celotne problematike kakovosti zraka, meritev CO₂ in vpliva kakovosti zraka v notranjih prostorih na zdravje in počutje ljudi.

2.1 Kakovost notranjega zraka v prostorih predšolske vzgoje - faktorji vpliva

Vrtec je vzgojno-izobraževalna ustanova za vzgojo in varstvo predšolskih otrok, kjer se v igralnicah vsak dan odvijajo številne dejavnosti. Kakovost notranjega zraka v prostorih igralnic je odvisna od vrste dejavnikov, ki so načeloma splošni in pogojujejo kakovost zraka v vseh zaprtih prostorih (stanovanjskih in nestanovanjskih), vendar se ta priročnik osredotoča na stavbe predšolske vzgoje in njihovo specifiko. Torej, na kakovost notranjega zraka v notranjih prostorih vplivajo številni dejavniki, ki bodo prikazani v nadaljevanju tega priročnika.

Način prezračevanja

Pri stavbah predšolske vzgoje je način prezračevanja ključnega pomena za kakovost notranjega zraka. Prezračevanje omogoča zamenjavo zraka v prostoru. Temeljna razlika med notranjim in zunanjim zrakom je v koncentracijah onesnaževal, ki so po navadi višje v notranjem zraku, zato je zrak v notranjih prostorih lahko bistveno bolj onesnažen od zraka zunaj objekta. S spuščanjem svežega zraka v prostor zmanjšujemo koncentracijo ogljikovega dioksida in ostalih škodljivih materij v notranjem zraku. Po drugi strani pa z zračenjem dovajamo v notranjost stavbe zunanji zrak in z njim vse škodljive pline in delce, od koder lahko sklepamo, da je kakovost notranjega zraka pogojena tudi s kakovostjo zunanjega zraka.

V večini stavb predšolske vzgoje v Sloveniji imajo igralnice izključno naravno prezračevanje z odpiranjem oken. Le dobrih 12% vrtcev v Sloveniji ima v igralnicah vgrajene mehanske sisteme za prezračevanje.¹ Pri igralnicah z naravnim prezračevanjem je za ohranjanje kakovostnega zraka v igralnici vrtca potrebno prostor intenzivno prezračevati večkrat na dan, kajti z zapiranjem oken po prezračevanju začne koncentracija CO₂ izredno hitro naraščati. Zračenje je še posebej pomembno pri novogradnjah in energetsko prenovljenih stavbah, kjer stavbno pohištvo dobro tesni in je infiltracija zraka oz. nenamerna izmenjava zraka v notranjih prostorih močno znižana. Vsekakor je naravno prezračevanje v večini stavb predšolske vzgoje edini način zagotavljanja kakovostnega zraka v

¹ Neobjavljeno gradivo, Znanstveno-raziskovalni projekt: *Razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji VRTEC+*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo. Vprašalnik VRTEC+ [UM, FGPA]

igralnicah, zato ga je potrebno skrbno izvajati in hkrati ozaveščati vzgojitelje in strokovne delavce o njegovem pomenu. Potrebno je izpostaviti posamezne raziskave, ki poudarjajo, da je le z naravnim prezračevanjem nemogoče ohranjati potrebno kakovost zraka v igralnicah, sploh pozimi, ko pomeni prezračevanje velike toplotne izgube in zmanjšanje temperature zraka v igralnicah, zaradi česar se tudi bistveno manj zrači. Vsekakor pa naravno prezračevanje vrtčevskih igralnic predstavlja velik izziv, če želimo ohranjati kakovosten zrak, ki mu je potrebno posvečati posebno pozornost.

Pri stavbah s sistemi za prezračevanje je situacija nekoliko boljša, vendar problem nastane, ker vrtci velikokrat nimajo osebe, ki bi bila ustrezno izobražena za rokovanje s sistemom, zaradi česar se ta pogosto ne prilagaja dejanskim razmeram v igralnicah na ustrezen način. Poleg tega so posamezni sistemi naravnani na vzdrževanje temperature zraka ali vlage v zraku ne pa na vzdrževanje koncentracije CO₂, kar dejansko pomeni, da bo temperatura zraka optimizirana, koncentracija ogljikovega dioksida pa ne, vsekakor pa je večinoma manjša v igralnicah s sistemi za prezračevanje v primerjavi z igralnicami brez prezračevalnih sistemov.

Način prezračevanja torej močno vpliva na kakovost zraka v zaprtih prostorih, zato je potrebno ob izvajanju meritev *in-situ*, zaradi vseh naštetih dejavnikov, evidentirati način prezračevanja v stavbi. Pri naravno prezračevanih igralnicah je potrebno spremljati intervale prezračevanja z ustrezno evidenco prezračevanja (kar bo podrobno predstavljeno v Poglavju 5 tega priročnika).

Kakovost zunanjega zraka

Kakovost zunanjega zraka ocenjujemo z meritvami koncentracij onesnaževal v zunanjem zraku. Kakovost zraka v Sloveniji se je v zadnjih desetletjih bistveno izboljšala, vendar je koncentracija nekaterih onesnaževal v zunanjem zraku še vedno previsoka. Zrak je v Sloveniji prekomerno onesnažen predvsem z delci PM10 pozimi in s prizemnim ozonom poleti. Agencija za okolje izvaja v okviru državne mreže meritve kakovosti zunanjega zraka na različnih merilnih mestih po Sloveniji.

Kakovost zunanjega zraka močno vpliva na kakovost zraka v zaprtih prostorih. Z odpiranjem oken in zračenjem prostorov spuščamo zunanji zrak v notranje prostore. Na splošno lahko rečemo, da so stavbe predšolske vzgoje v urbanih in industrijskih conah umeščene v okolje s slabšo kakovostjo zraka kot na podeželju in v manjših mestih. Posledično je tudi zrak v notranjih prostorih v osnovi bolj onesnažen, kar pa je pogojeno tudi s številnimi drugimi parametri.

Zaradi vseh naštetih dejavnikov je potrebno ob izvajanju meritev *in-situ* spremljati tudi kakovost zunanjega zraka in evidentirati pozicijo stavbe: ob cesti, v industrijski coni, na podeželju ipd. Podatki o kakovosti zunanjega zraka so dostopni tudi v arhivu ARSO.

Število in dejavnost uporabnikov

Večino CO₂ v zaprtem prostoru proizvede človekovo dihanje, zaradi česar je število uporabnikov in njihova dejavnost v prostoru eden izmed ključnih dejavnikov koncentracije CO₂. Razumljivo je, da oseba pri sedenju ali izvajanju umirjenih aktivnosti nadiha manjšo količino CO₂ v primerjavi s fizično aktivno osebo. Otrok, sorazmerno s svojo težo, prediha večjo prostornino zraka kot odrasel človek. Zaradi omenjenega dejstva slaba kakovost zraka na otroke še bolj vpliva. Poleg tega so vrtni zelo specifične stavbe, v katerih je večja koncentracija uporabnikov (ang.: *high density*) kot npr. v pisarnah in se zato onesnaževalci notranjega zraka kopičijo bistveno hitreje.² Zaradi vseh naštetih dejavnikov je v procesu izvajanja meritev CO₂ potrebno spremljanje naštetih dejavnikov in vodenje evidence, da bi se zagotovila optimalna analiza in primerjava rezultatov (kar bo bolj podrobno predstavljeno v Poglavlju 5 tega priročnika).

Materiali in oprema v stavbah

Poleg vseh naštetih dejavnikov se kot faktor vpliva na koncentracijo CO₂ v strokovni literaturi navajajo vgrajeni materiali in oprema v stavbah (pohištvo). Notranji viri onesnaževal zraka v učilnicah vključujejo tudi prah, gradbene in izolacijske materiale, stenske in talne obloge ter druge površinske materiale, opremo, barve, voske, lepila in smole, topila, izdelke za čiščenje in razkuževanje, plesen, pa tudi izdelke za osebno nego.

Večina stavb predšolske vzgoje v Sloveniji je grajena v 70. in 80. letih prejšnjega stoletja in imajo še prvotno vgrajeno opremo (vgradno pohištvo, pohištvo, parket ipd.). Pri novogradnjah pa se vgrajujejo materiali in oprema skladno z veljavno zakonodajo in s sodobnimi standardi. Vpliv vgrajene opreme in materialov v stavbah je tema številnih sodobnih raziskavah in je zelo pomemben, vendar ni predmet tega priročnika. Priporočljivo je, da se pri izvajanju meritev CO₂ *in-situ* evidentira opremljenost igralnice ter opiše prostor in oprema igralnice vrta, v kateri se meritve izvajajo. Vsebina in natančnost evidence pa je seveda pogojena z namenom same raziskave, znotraj katere se izvajajo meritve.

2.2 Ogljikov dioksid

Zrak, ki ga dihamo, je zmes plinov in v majhnem deležu vsebuje tudi ogljikov dioksid (CO₂), ki pri majhnih koncentracijah v zraku ni zdravju škodljiv.³ Pri normalnih pogojih je ogljikov dioksid plin brez barve in brez vonja, zato ga ljudje ne opazimo. Glavni vir CO₂ v zaprtih prostorih smo živa bitja.

² Pardee, 2011

³ Čist, suh zrak blizu nivoja morja je sestavljen iz približno 21 % kisika, 78 % dušika, 1 % argona in 0,04 % ogljikovega dioksida. Zrak vsebuje tudi delce vodika, neona, helija, ozona, kriptonu in ksenona v odvisnosti od variabilne količine vodne pare ter submikronskih majhnih delcev.

Količina CO₂, ki ga človek izloči pri dihanju, je povezana z intenzivnostjo metabolizma. Povprečna sedeča oseba ($M = 70 \text{ W/m}^2$, $A_{\text{du}} = 1,8 \text{ m}^2$) izloči pri dihanju 0,005 l/s oziroma 18 l/h CO₂. V javnih stavbah, kot so vrtci z velikim številom uporabnikov, se koncentracija CO₂ hitro spreminja, kajti človeško telo ob vdihu sprejme kisik, ob izdihu pa odda ogljikov dioksid, zato med bivanjem v zaprtih prostorih koncentracija CO₂ narašča. Vsekakor pa je odvisna od prej naštetih dejavnikov: števila uporabnikov, njihove aktivnosti, prezračevanja ipd.

Ogljikov dioksid je ena izmed komponent zraka, ki ga dihamo. Kljub temu da ga Svetovna zdravstvena organizacija ne opredeljuje kot onesnaževalo,⁴ se uporablja kot indikator kakovosti zraka v prostoru, zlasti za plinasta onesnaževala, saj visoke vrednosti CO₂ kažejo na slabo prezračevanje prostora in posledično kopičenje onesnaževal v prostoru.⁵ Poleg tega indicira prisotnosti preostalih številnih onesnaževalcev v zraku, ki se sproščajo v notranjih virih in vključujejo formaldehid ter druge hlapne organske spojine (VOC), ftalate, polikrominirana ognjevarna sredstva, per-in poli-fluorirane kemikalije, vinil klorid, trikloretilen, tetrakloretilen, amonijak, terpene (limonen, alfa-pinen), fenol, naftalen, azbest. Poleg kemičnih onesnaževal zraka so v zraku prisotna tudi biološka onesnaževala (bakterije, virusi, plesen, živalska dlaka, kožni kosmiči, iztrebki, urin, žuželke, pršice, cvetni prah itd.). Jasno je, da je tema zelo kompleksna in da jo je potrebno z vso pozornostjo upoštevati, vendar je tematika tega priročnika izključno ogljikov dioksid v notranjem zraku in z njim povezane meritve.

Koncentracija ogljikovega dioksida v prostoru se meri v enotah [ppm], kar je kratica za angleško enoto *parts per million* in pomeni število delcev neke snovi na milijon delcev snovi, ki tvori večino, oz. delcev CO₂ v zraku. V svežem zraku je namreč vsebnost CO₂ zelo majhna in se giblje okoli 0.04 % oz. 400ppm. Priporočljiva koncentracija CO₂ v prostoru znaša največ do 800 ppm, pogojno do 1200 ppm ob občasnih kratkotrajnih prezračevanjih. Priporočena vrednost CO₂ za dolgotrajno izpostavljenost po priporočilih znanstvenih raziskav, ki je določena na podlagi bistveno zmanjšane sposobnosti pomnjenja in zmanjšanje produktivnosti, znaša 1000 ppm.⁶ Številne dosedanje raziskave, standardi, pravilniki ipd. določajo primerne koncentracije CO₂ v notranjem prostoru, ki se med seboj zelo razlikujejo, kar povzroča precej zmede (kar je tudi podrobno opisano v Poglavju 4 tega priročnika). Vendar na podlagi vseh dosedanjih znanstvenih raziskav in priporočil številnih zdravstvenih organizacij lahko koncentracijo CO₂ zelo splošno določimo kot v Tabeli 2.1.

⁴ Svetovna zdravstvena organizacija. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Kopenhagen: Urad Svetovne zdravstvene organizacije za Evropo, 2010.

⁵ Chatzidiakou, et al., 2015; Salthammer, et al., 2015

⁶ Salthammer, et al., 2015

Tabela 2.1: Koncentracija CO₂ v notranjih prostorih

Koncentracija CO ₂ [ppm]	
300-450ppm	Svež zrak (običajna zunanja konc.) ⁷
<1000ppm	Normalen - običajen notranji zrak po prezračevanju prostora
1000 – 1500 ppm	Rahlo zvišana
1500 – 2000 ppm	Močno zvišana
≥2000 ppm	Izredno močno zvišana

2.3 Pomen kakovosti notranjega zraka v vrtcih

Vrtec je posebno okolje, saj mora tako otrokom kot vzgojiteljem (pedagoškim delavcem) zagotoviti optimalne pogoje za bivanje. Kakovost notranjega zraka (ang.: *Indoor Air Quality*) je še posebej pomembna v stavbah predšolske vzgoje, v katerih večina otrok preživi povprečno od 6 do 8 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, in je zaradi tega izredno pomembno, da dihajo kakovosten zrak.

Poleg dejstva, da uporabniki v stavbah predšolske vzgoje (otroci in vzgojitelji) preživijo v zaprtih prostorih veliko časa, je še posebej pomembna kakovost notranjega zraka, saj so otroci 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.

⁷ Koncentracija CO₂ 300-450ppm skoraj ni zabeležena v igralnicah. Minimalna izmerjena koncentracija CO₂ je zabeležena po navadi v zgodnjih jutranjih urah in znaša povprečno 450-500ppm.

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. Slaba kakovost notranjega zraka lahko vpliva na otrokovo zdravje in počutje, pri šolskih otrocih pa je dokazano, da vpliva tudi na sposobnost koncentracije in učenja. 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. Dobra kakovost notranjega zraka, ki ga dihamo, zagotavlja udobje, zdravje in varnost in vpliva na dobro počutje ljudi.

2.4 Pregled raziskav kakovosti zraka v stavbah predšolske vzgoje

Na podlagi obširnega pregleda literature in dosedanjih raziskav o kakovosti zraka v stavbah predšolske vzgoje, lahko razdelimo raziskave na:

- raziskave, ki se ukvarjajo s kakovostjo zraka v zaprtih prostorih na splošno,
- raziskave, ki vsebujejo eksperimentalne analize, meritve CO₂ ali katerikoli drugih snovi v zraku,
- raziskave o vplivu kakovosti zraka oz. različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja (IEQ) na zdravje in počutje uporabnikov prostora, ali ciljno usmerjeno na predšolske oz. večinoma šolske otroke,
- raziskave o počutju ljudi v prostoru v povezavi s kakovostjo zraka.

Za ta priročnik so pomembne izkušnje dosedanjih raziskav, ki vsebujejo analize kakovosti notranjega zraka (IAQ) na podlagi meritev koncentracije CO₂, kar je osnovni indikator slabe kakovosti zraka.

Večina dosedanjih raziskav ne posveča veliko pozornosti procesu izvajanja meritev in metodologiji, bolj se posvečajo samim rezultatom in oceni kakovosti zraka na podlagi izmerjenih parametrov. Raziskave, katerih namen je bila opredelitev kakovosti zraka in ocena izpostavljenosti onesnaženemu zraku v predšolskih, šolskih in javnih stavbah na sploh, so večinoma vsebovale tudi meritve koncentracij ogljikovega dioksida CO₂. Izmerjene povprečne koncentracije CO₂ v posameznih evropskih državah za stavbe predšolske vzgoje so: Finska 810 ppm,⁸ Danska 1400 ppm,⁹ in 640 ppm na Švedskem.¹⁰ V portugalskih vrtcih s slabim prezračevanjem je izmerjena povprečna koncentracija CO₂ 2137 ± 368 ppm, v vrtcih z učinkovitim prezračevanjem 1233 ± 170 ppm.¹¹ V latvijskih vrtcih je

⁸ Ruotsalainen, 1993

⁹ Pejtersen, et.al., 1991

¹⁰ Cars, et.al., 1992

¹¹ Araújo-Martins, et.al., 2014

med drugim izmerjena maksimalna koncentracija CO₂ do 1700 ppm v igralnicah s PVC okni in do 1450 ppm v igralnicah z lesenimi okni.¹² V večini vrtcev so torej izmerjene zvišane koncentracije CO₂, ki so presegle vrednost 1000ppm, izjema so vrteci na Finskem in Švedskem. Presežena priporočena vrednost koncentracije CO₂ je bila ugotovljena tudi v šolskih učilnicah v različnih delih Evrope: v Skandinaviji,¹³ Nemčiji,¹⁴ Italiji,¹⁵ Srbiji¹⁶ in Grčiji.¹⁷ Pregled dosedanjih raziskav je zagotovo nujen del vseh eksperimentalnih raziskav, zato mu je priporočljivo posvetiti primerno pozornost, ob tem pa ga prilagoditi potrebam posamezne raziskave.

V Sloveniji je bilo v zadnjih letih v vzgojno-izobraževalnih ustanovah izvedeno nekaj raziskav, v sklopu katerih so se izvajale meritve različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja *in-situ*, med drugim tudi CO₂. Vendar se je večina raziskav fokusirala samo na meritve trenutnih parametrov ali krajših časovnih obdobj in so bile izvedene v enem dnevu ali v nekaj urah, z večkratnimi ponovitvami, zato je potrebno izpostaviti, da v našem prostoru manjkajo raziskave s kontinuiranimi meritvami kakovosti zraka in vseh parametrov notranjega bivalnega ugodja. 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 bila v 80% igralnic povprečno izmerjena vrednost CO₂ več kot 1000ppm.¹⁸ Poleg nekaj manjših raziskav so v Sloveniji v zadnjem desetletju vrteci in šole sodelovali v dveh večjih mednarodnih projektih, in sicer je bil projekt InAirQ (2016-2019) namenjen ocenjevanju kakovosti zraka v zaprtih prostorih v stavbah osnovnih šol in načrtovanju ukrepov za zagotavljanje zdravja in dobrega počutja otrok v šolskih objektih v Srednji Evropi.¹⁹ Poleg tega je Slovenija sodelovala še v projektu SINPHONIE, ki je pridobival informacije o načinih izpostavljenosti v notranjih prostorih in možnih vplivih na zdravje. Potrebno je poudariti, da sta bila oba projekta usmerjena na šole, stavbe predšolske vzgoje so načeloma manj obravnavane in so redkeje predmet eksperimentalnih raziskav.

¹² Borodinecs, Budjko, 2009

¹³ Wyon, 2010

¹⁴ Fromme et al., 2018

¹⁵ Stabile et al., 2016

¹⁶ Turanjanin et al., 2014

¹⁷ Dorizas et al., 2015

¹⁸ Pajek, et.al., 2017

¹⁹ Projekt "Transnational adaption actions for integrated indoor air quality management" (InAirQ) je triletni projekt, 2016-2019, v katerem poleg slovenskih partnerjev sodelujejo še predstavniki Italije, Češke, Poljske in Madžarske. Namen projekta je predstaviti vpliv kakovosti zraka v notranjih prostorih na zdravje otrok in delovati v smeri izboljšanja notranjega okolja v šolah na področju Srednje Evrope. Osnovne aktivnosti InAirQ projekta so: spremljanje kakovosti zunanega in notranjega zraka v izbranem tretjem razredu vsake izmed sodelujočih osnovnih šol ter ocena zdravja in počutja otrok v izbranem tretjem razredu vsake izmed sodelujočih osnovnih šol.

V tem priročniku so na splošno izpostavljeni rezultati dosedanjih raziskav kot vpogled v kakovost zraka v vrtcih. Pri vseh morebitnih prihodnjih meritvah je priporočljivo 1. teoretično raziskati področje in 2. narediti analizo dosedanjih raziskav in primerjavo rezultatov, zajete vsebine morajo biti prilagojene širšemu kontekstu vsebine raziskave. Lahko zaključimo, da so dosedanje raziskave, ki so se ukvarjale z oceno kakovosti notranjega zraka na podlagi meritev *in-situ* ter z oceno vpliva na zdravje in počutje uporabnikov bile v glavnem usmerjene na šole, nekoliko manj na vrtce. Raziskave večinoma izpostavljajo problem slabe kakovosti zraka v vrtcih, suhega zraka in previsokih temperatur. Raziskave so tudi pokazale, da predstavlja ocenjevanje vpliva onesnaženosti notranjega zraka na zdravje otrok velik metodološki izziv za strokovnjake javnega zdravja, in sicer tako v fazi načrtovanja raziskave (izbor ciljne populacije, opredelitev vzorca, potencialni dejavniki tveganja, opazovani zdravstveni izidi, ocena izpostavljenosti, skrbna priprava vprašalnika) kot v fazi izvedbe (etične dileme - predvsem soglasje staršev, izpolnjevanje vprašalnika, analiza in interpretacija podatkov).

Zaradi vseh naštetih dejstev, zaključkov in izkušenj dosedanjih raziskav je pomembno, da tudi v Sloveniji v prihodnosti posvetimo veliko pozornosti kakovosti zraka v stavbah predšolske, pa tudi šolske vzgoje in v ostalih javnih stavbah. V tem kontekstu ponuja ta priročnik jasne napotke za izvajanje meritev CO₂ *in-situ* in na ta način daje svoj doprinos kompleksni, meddisciplinarni tematiki, s katero se bomo morali spopadati tudi v prihodnje.

2.5 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. Otroci so glede vplivov onesnaževal v zraku na zdravje obravnavani kot občutljivejša populacijska skupina.²⁰ Prekomerno onesnažen zrak negativno vpliva na zdravje zlasti otrok, pri katerih se zaradi še razvijajočega imunskega sistema poveča možnost nastanka kroničnih bolezni in alergijskih reakcij.²¹ 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 tudi številne mednarodne raziskave, ki izpostavljajo zelo močan vpliv kakovosti notranjega zraka in različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja (IEQ) na razvoj in počutje predšolskih otrok.²² Preučevanje vpliva šolskega okolja na zdravje otrok je bil tudi predmet epidemioloških raziskav. Takšne študije potrebujejo skrbno načrtovanje in izvajanje v vsaki fazi študije

²⁰ Selgrade et al., 2008

²¹ Bakó-Biró et al., 2012

²² Yun, H., et al., 2014

(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.²³

Običajna koncentracija CO₂ 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 CO₂ v stavbah različnih namembnosti izpostavlja, da se možnost pojava simptomov bolnih stavb drastično zmanjšuje z znižanjem koncentracije CO₂ pod 800 ppm.²⁴ Priporočila mednarodnih zdravstvenih organizacij pa omenjajo mejo 1000 ppm, kar zagotavlja zdravje in dobro počutje otrok.

Izpostavljenost večjim koncentracijam CO₂ 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).²⁵ Pri bistveno zvišanih koncentracijah CO₂ 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 CO₂ povečuje tveganje za respiratorna obolenja. Hagerhed- Engman in sod. (2006) ter Haby in sod. (2000) poročajo o večjem tveganju za obolenje z astmo in alergijami otrok v vrtcih v primerjavi z otroki, ki vrtca ne obiskujejo.²⁶ Obstajajo tudi povezave med manjšo odsotnostjo otrok ob nižji koncentraciji CO₂.²⁷ V šolah pa je prekomerno onesnažen zrak v učilnicah povezan tudi z neželenimi vplivi na produktivnost in uspešnost²⁸ ter absentizem učencev.²⁹

²³ Tudi pri epidemioloških raziskavah so šolske ustanove večkrat obravnavane kot predšolske.

²⁴ [Seppänen et al., 1999](#)

²⁵ Finnegan [et al., 1984](#)

²⁶ Hagerhed-Engman et al., 2006; Haby et al., 2000

²⁷ Carrer et al., 2015; Haby et al., 2000

²⁸ Wargocki, Wyon, 2007; Haverinen-Shaughnessy et al., 2011; Petersen et al., 2016

²⁹ Shendell et al., 2004; Mendell et al., 2013

3 STAVBE PREDŠOLSKE VZGOJE

V vrtcih se izvaja predšolska vzgoja in varstvo, ki imata v Sloveniji dolgo tradicijo. Slovenski vrtci so se postopoma razvijali že v obdobju po drugi svetovni vojni. Predšolska vzgoja je sestavni del sistema vzgoje in izobraževanja in zanjo skrbi pristojno ministrstvo (MIZŠ). Stavbe, v katerih se odvija predšolska vzgoja, so pri javnih vrtcih načeloma lastnina občin oz. mestnih občin. Poleg varstva in celovite skrbi za otroka (nege, prehrane) je temeljni cilj vrtcev zagotoviti vsakemu otroku predvsem varno in zdravo bivalno ugodje.

3.1 Stavbe predšolske vzgoje v številkah

Vrtci skupaj s šolami predstavljajo pretežni del javnega stavbnega fonda v Sloveniji. 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.³⁰ Po podatkih SURS je 94,1% otrok starosti 4 - 5 let vključenih v programe predšolske vzgoje v Sloveniji, oz. 82,7% vseh otrok. Kar pomeni veliko število otrok, ki večji del svojega dneva preživljajo v zaprtem prostoru vrtca, zato je zanje kakovost zraka izrednega pomena.

Poprečna stavba vrtca v Sloveniji je starejša od 45 let. Vrtci v Sloveniji so nastajali v različnih časovnih obdobjih in so produkt različnih družbenih sistemov, normativov in gradbenih trendov. Obdobje najbolj intenzivne izgradnje je bilo v desetletju med 1970 do 1980, ko je gradnja vrtcev šla v korak z intenzivno stanovanjsko gradnjo. Med leti 1990 in 2000 je gradnja vrtcev izrazito upadla, kar lahko pripišemo družbenim spremembam.³¹ Na podlagi dostopnih podatkov lahko zaključimo, da v zadnjih 15 let beležimo ponovno rast gradnje vrtcev.

3.2 Stavbni fond stavb predšolske vzgoje v Sloveniji

Večina slovenskih stavb predšolske vzgoje iz 70. in 80. let prejšnjega stoletja je že delno ali v celoti energetske prenovljenih. Najbolj pogost poseg energetske prenove je menjava oken, kar direktno vpliva na kakovost zraka. Z menjavo starih oken z novim stavbnim pohištvo, ki dobro tesni, se naravna izmenjava zraka v notranjih prostorih močno zmanjša, enako velja tudi za novogradnje. Z večjo zrakotesnostjo stavb postaja vzdrževanje kvalitete notranjega zraka vse večji izziv. Tudi zaradi tega je nadzor nad koncentracijo CO₂, ki ponuja natančne podatke o kakovosti zraka, zelo pomben.

³⁰ *Evidenca vzgojno-izobraževalnih zavodov in vzgojno-izobraževalnih programov*. MIZŠ

³¹ Gregorski et al., 2017

Podatki jasno govorijo, da je stavbni fond arhitekturno zelo pester, tudi v smislu opreme, prezračevanja in dosedanjih posegov prenove (Slika 3.1 A, B, C, D). Vsi naštetni elementi vplivajo tudi na kakovost zraka v stavbah, ki je zelo različna. Zaradi tega je bistvenega pomena, da se v slovenskih vrtcih izvaja čim več meritev CO₂ *in-situ* s ciljem ugotavljanja dejanske kakovosti zraka v stavbah, kjer večji del dneva preživljajo številni otroci.



Slika 3.1 A, B, C, D: Vrtci v Sloveniji: A.) Trinadstropni vrtec grajen leta 1981; B.) Pritlični vrtec grajen leta 1981; C.) Pritlični vrtec iz leta 1956; D.) Nizkoenergijski vrtec iz leta 2012

Potrebno je še poudariti, da je tema kakovosti zraka zelo kompleksna, povezana z vsemi naštetimi gradbeno-fizikalnimi lastnostnimi stavb in tudi s prezračevanjem, ki je v vrtcih pogosto zelo težavno, ker otroci ne zapuščajo prostora tako pogosto kot šolarji. Zaradi tega je redno prezračevanje v vrtcih velik izziv in pogosto povsem nemogoče brez bistvenega poslabšanja kvalitete zraka. Ta priročnik se osredotoča na meritve CO₂ *in-situ*, vendar je za izvajanje meritev ključen tudi pregled stanja v stavbnem fondu poleg številnih drugih faktorjev, povezanih s stavbami, kar bomo tudi predstavili v nadaljevanju tega priročnika.

4 ZAKONSKA PODLAGA

Pomen kakovosti notranjega zraka v stavbah predšolske vzgoje je že predstavljen v tem priročniku. Glede na vsa izpostavljena dejstva o pomembnosti zraka, ki ga dihamo, je presenetljivo, da v Sloveniji nimamo nobene posebne uredbe ali predpisa o kakovosti zraka v zaprtih prostorih. Tematika kakovosti notranjega zraka je zajeta s posameznimi zakonodajnimi akti, ki bodo predstavljeni v nadaljevanju tega priročnika.

V priročniku je že izpostavljeno, da je zrak v prostorih, v katerih bivajo majhni otroci še toliko bolj pomemben, kljub temu pa v Sloveniji nimamo nobenega posebnega predpisa ali uredbe, ki bi posebej 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 narave 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 toliko, kolikor lahko vplivajo nanjo, poskrbeti sami uporabniki prostora.

4.1 Zakonska podlaga za kakovost notranjega zraka

Številni zakonski akti se v širšem smislu ukvarjajo s tematiko kakovosti bivalnega ugodja. Ta priročnik se osredotoča na meritve CO₂ in izpostavlja zakone in standarde, ki določajo koncentracijo CO₂ v zaprtih prostorih ali so povezani z meritvenimi procesi.

Področje kvalitete notranjega zraka v Sloveniji opredeljuje *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji*,³² 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 mu je potrebno zadostiti za normalno, zdravo bivanje in nemoten učni proces v vzgojno-varstvenih ustanovah. Pravilnik določa, da mora biti zrak v prostoru svež in prijeten, brez vonjav in ne sme ogrožati zdravja ljudi v prostoru. Pravilnik tudi določa najmanjši potrebni vtok zunanjega zraka na osebo v prostoru in predpisuje, da zdravju škodljive koncentracije snovi v zraku ne smejo presegati vrednosti iz standarda SIST CR 1752.

³² Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb RS

Pravilnik opredeljuje kakovost notranjega zraka s sledečimi parametri: temperatura, relativna vlažnost, občutek pretoka zraka, koncentracije različnih onesnaževal (CO₂, CO, trdni delci (predvsem PM10), radon, formaldehid, amonijak, hlapne organske snovi in ozon) ter hrupnost. **Pravilnik za CO₂ predpisuje dopustno vrednost 3000 mg/m³ (=1667 ppm).** Poleg tega so v prilogi 2 Pravilnika navedeni standardi, ki vplivajo na kakovost notranjega zraka in so postali po objavi v pravilniku obvezni:

- Metoda za izračun ventilacijskih izgub: 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 vrta*** predpisuje 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, medtem ko 3. člen predpisuje, da se temperatura zraka v prostoru meri na sredini prostora na višini 1,1m, **dopustno koncentracijo CO₂ v prostorih vrtecv pa pravilnik ne določa.**³³

4.2 Mednarodni standardni in priporočila

Tuja priporočila in standardi, ki za slovensko zakonodajo niso obvezujoči (če pravni akt ne zahteva drugače), so za nekatere parametre kakovosti notranjega okolja ostrejši. Določila o kakovosti notranjega zraka so v slovenski zakonodaji nekoliko manj stroga od tujih priporočil. Standard EN 15251 (2007) in standard ANSI/ASHRAE (62.1-2004) priporočata nižje koncentracije CO₂, kot jih določa slovenska zakonodaja ter predpisujeta kriterij za najvišjo koncentracijo ogljikovega dioksida CO₂= 1000ppm, ki je za dobro počutje uporabnikov še sprejemljiva.

Standard prEN 15251:2006, ki govori o merilih notranjega okolja za načrtovanje in ocenjevanje toplotnih lastnosti stavb z upoštevanjem notranje kakovosti zraka, toplotnega okolja, svetlobe in hrupa, določa občuteno temperaturo glede na sezono ogrevanja ali ohlajevanja prostora. Pri načrtovanju temperaturnih pogojev za prostore, kjer se nahajajo otroci, predpisuje posebne pogoje. Določa tudi maksimalno dovoljeno koncentracijo CO₂ v prostoru, v katerem biva kategorija uporabnikov - občutljive osebe in mladi otroci: $CO_2_{max} < CO_2_{out} + 350ppm$, ob predpostavki, da je zunanja koncentracija CO₂ = 418ppm, je omejitev v omenjenem standardu veliko strožja od omejitev, ki veljajo

³³ Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrta

v Sloveniji. Maksimalna dovoljena koncentracija CO₂ je manjša tudi od vrednosti določene s standardom ANSI/ASHRAE 62.1:2004.

4.3 Pregled koncentracija CO₂, določenih v zakonodaji

Kot je že prikazano v veljavni zakonodaji RS, v tujih in slovenskih standardih so določene koncentracije CO₂ v notranjih prostorih. Večina jih je v obliki priporočil. Predpisane koncentracije se tudi med seboj razlikujejo, kar povzroča precej zmede, sploh ob analizi parametrov izmerjenih *in-situ*. Zakonske zahteve in posamezna priporočila so prikazani v tabeli (Tabela 4.1):

Tabela 4.1: Koncentracija CO₂, določena z veljavno zakonodajo, priporočila in standardi

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02)	Dopustna vrednost CO ₂ = 3000 mg/m ³ (=1667ppm)	Zakonske zahteve
EN 15251:2007	$CO_{2in} \leq CO_{2out} + 500ppm$	Priporočilo
ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004	$CO_{2in} \leq 2500ppm$, priporočena vrednost je 1000ppm	Priporočilo
SIST - DIN 1946-6	$\leq 1500ppm$	Priporočilo

Po končanem pregledu zakonodaje je potrebno poudariti nekatera dejstva. Slovenska zakonodaja obravnava določene parametre kakovosti notranjega zraka zelo splošno 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 posebej obravnavane. Glede na to, da so v vrtcih otroci, ki so v fazi razvijanja 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.

5 MERITVE *IN-SITU*

Meritev CO₂ *in-situ* v notranjih prostorih so lahko v praksi izvedene kot samostojna raziskava ali znotraj večjih raziskav z bolj obsežnimi meritvami različnih parametrov notranjega bivalnega ugodja. Njihov namen je izmeriti koncentracijo CO₂ in na podlagi izmerjenih parametrov analizirati in oceniti kakovost zraka v določenem prostoru, na katero v stavbah predšolske vzgoje vpliva veliko specifičnih dejavnikov, predhodno predstavljenih v Poglavju 2.1 tega priročnika.

Meritve CO₂ *in-situ* predstavljajo eksperimentalno analizo notranje kakovosti zraka in jih je potrebno izvajati *in vivo* v igralnicah, v katerih bivajo otroci (v času njihovega bivanja v igralnicah). Ta proces je v prostorih, v katerih bivajo majhni otroci, poln ovir. Vrtci imajo svoje ustaljene prakse in navodila glede uporabe prostora, prezračevanja, ogrevanja, v skladu z vsemi veljavnimi standardi, ki jim sledijo oz. jih zelo težko spreminjajo in prilagajajo merilnem procesu. Dejansko so vrtci stavbe z velikim številom uporabnikov na majhnem prostoru (ang.: *high density*), imajo posebno skupino uporabnikov (otroci) s specifičnim načinom uporabe (veliko število različnih dejavnosti v enem prostoru), zaradi česar mora biti merilni proces skrbno načrtovan.

Ocena dejanske kakovosti zraka terja meritve v prostoru, ki se uporablja na običajen način. Torej, vzgojitelji in zaposleni sledijo utečenim praksam in navodilom, običajne aktivnosti se v vrtcu izvajajo, medtem ko se jim meritve lahko le prilagajajo. Tovrstni 'živi' eksperimenti so izrednega pomena za oceno kakovosti zraka v naših vrtcih in cilj tega priročnika je, da vsem potencialnim raziskovalcem v prihodnje da jasne napotke za izvajanje meritev CO₂ v stavbah predšolske vzgoje.

5.1 Metodologija izvajanja meritev

Protokol izvajanja meritev CO₂ mora biti znotraj posamezne raziskave jasno določen in enoten: uporaba enakih merilnikov, enak način dela (izbira merilnih mest, način izvajanja meritev, merilna obdobja), enake evidence vseh podatkov v raziskavi (število uporabnikov prostora, način prezračevanja) ipd. V nadaljevanju tega priročnika bodo predstavljeni vsi elementi protokola izvajanja meritev CO₂ v stavbah predšolske vzgoje, določeni na podlagi izkušenj meritev *in-situ* izvedenih v znanstveno-raziskovalnem projektu VRTEC+.

Načrtovanje merilnega procesa

Meritve CO₂ *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje se večinoma izvajajo s ciljem, da bi analizirali kakovost zraka v igralnicah vrtcev. Pri načrtovanju merilnega procesa je potrebno določiti vzorec stavb in metodologijo izvajanja meritev, poleg tega je potrebno pridobiti soglasja lastnikov stavb za izvajanje meritev v stavbah. Pri načrtovanju merilnega procesa je treba določiti tudi vse ostale morebitne aktivnosti na terenu ob izvajanju meritev (evidentiranje, popis, fotografska dokumentacija ipd.), slednje so odvisne od cilja celotne raziskave. V kolikor gre za obsežno raziskavo, kjer je v merilni proces vključeno več stavb, je potrebno jasno določiti plan raziskave: datumsko, časovno in lokacijsko opredeljene meritve v posameznih stavbah, s ciljem časovne in finančne optimizacije. Smiselno je, da se ob tem v merilni proces potencialno vključijo tudi drugi parametri mikroklima: meritev temperature, vlage, osvetlitve in gibanja zraka v določenem prostoru, če to seveda širša raziskava zahteva. Ta

priročnik se ukvarja samo z meritvami koncentracije CO₂, ostali parametri bodo predmet morebitnih drugih priročnikov v prihodnje.

Priporočljivo je skrbno načrtovanje vseh elementov merilnega procesa pred začetkom izvajanja meritev, kar bo tudi v nadaljevanju priročnika predstavljeno. Pred začetkom merilnega procesa je potrebno imeti odgovore na naslednja vprašanja: **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), **katere podatke še potrebujemo in katere obrazce za evidenco na terenu je potrebno pripraviti ter katera soglasja je potrebno pridobiti od lastnika stavbe za izvajanje meritev**.

Izbira vzorca

Prvi korak pri izvajanju meritev je izbira vzorca. Torej je potrebno določiti, v katerih stavbah se bodo izvajale meritve oz. v katerih vrtcih. Potrebno je definirati tip in število, kar je direktno pogojeno z namenom posamezne raziskave in ga vsaki raziskovalec na začetku raziskave opredeli. Nujno se je tudi vprašati, kaj želimo meriti, v katerih stavbah in zakaj.

Meritve lahko potekajo v eni stavbi ali več različnih stavbah. Če jih izvajamo v eni ali v manjšem številu stavb, lahko uporabimo eno merilno napravo, ki jo po določenih časovnih intervalih prestavimo v drugo stavbo. V primeru obsežnejše raziskave z večjim številom stavb je priporočena uporaba večjega števila merilnikov istočasno.

Pri izbiri vzorca so pomembne tudi značilnosti stavbe, ki jih je potrebno podrobno evidentirati v vseh stavbah, v katerih načrtujemo izvajanje meritev: starost stavbe, konstrukcija, arhitekturne lastnosti, lokacija, prezračevalni sistemi v stavbi, dosedanji posegi ipd.

Soglasje za izvajanje meritev

Predšolska vzgoja v vrtcih je sestavni del sistema vzgoje in izobraževanja, tako da 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 občine. Pri izvajanju meritev na stavbah predšolske vzgoje je priporočljivo pred začetkom merilnega procesa priskrbeti soglasje lastnika stavbe. Lastnik stavb javnih vrtcev so torej občine oz. mestne občine, pri čemer je potrebno opozoriti, da je proces pridobitve soglasja za izvajanje meritev na stavbah dolgotrajen in da lahko vpliva na izbiro vzorca. Izkušnje so namreč pokazale, da vse občine oz. mesne občine ne želijo sodelovati v tovrstnih znanstveno raziskovalnih projektih.

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. Vsi naštetih dejavniki vplivajo na koncentracijo CO₂ in kakovost notranjega zraka. Zaradi tega je za pravilno analizo izmerjenih podatkov potrebno spremljati in voditi ustrezno evidenco. V kolikor je možno, je

priporočljivo poenotiti obrazce za evidentiranje, v katerih bodo združeni vsi naštetih parametri. 1) Vzgojitelj v skupini vsak dan vodi evidenco o številu prisotnih otrok, iz katere se lahko zajemajo podatki. 2) Prezračevanje, načeloma pri stavbah predšolske vzgoje gre za približno enak ponavljajoči vzorec: prostor se enkrat na dan temeljito prezrači, ko otroci zapustijo igralnico (so na sprehodu), večkrat na dan pa se zrači še v krajših intervalih (5 do 10 minut), vendar ima vsak vrtec oz. vzgojitelj svoje posebnosti in dinamiko, ki določajo intenzivnost prezračevanja prostora po ustaljeni praksi. Evidence o prezračevanju prostora v času izvajanja meritev se lahko prepusti strokovnem delavcu v skupini (vzgojitelju) z jasno določenimi navodili. 3) Zaželeno je tudi spremljanje dejavnosti uporabnikov prostora v času izvajanja meritev. Slednje se tudi lahko prepusti strokovnim delavcem (vzgojiteljicam). Vsi podatki se lahko združijo v enotni obrazec, seveda pa morajo biti jasna navodila ob začetku izvajanja meritev posredovana vzgojiteljici. Primer: dva obrazca uporabljena v projektu VRTEC+ sta prikazana na sliki (Slika 5.1 in Slika 5.2). Priložen je tudi primer izpolnjenega obrazca (Slika 5.3).

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:	
Kontakt 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 5.1: Primer merilnega obrazca I: evidenca podatkov o stavbi. Raziskovalec v obrazcu evidentira vse podatke o vrtcu in skupini in opiše vse arhitekturne lastnosti stavbe.

MERILNI OBRAZEC II – evidentiranje intervala prezračevanja in dejavnosti v igralnici	
<ul style="list-style-type: none"> 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. 	
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 5.2: 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.

aktivnost	ura
PREZRAČEVANJE	cca 10 min
Prihod otrok v igralnico	5 ⁰⁰
ŠTIRANSKI KOTIČKI	
Zajtrk	8 ⁰⁰
RAZGIBAVANJE V GARDEROBI	PREZRAČEVANJE cca 30 min
Malica	10 ⁰⁰
IGRA + NEGA	
Kosilo	11 ¹⁵
PREZRAČEVANJE	cca 10 min
Počitek - Spanje	12 14 ⁰⁰
Malica	14 ³⁰
IGRA V KOTIČKIH	
Odhod otrok iz igralnice	15 ⁰⁰

Slika 5.3: Primer izpolnjenega merilnega obrazca II. Vrtec v Mariboru, meritve izvedene v okviru projekta VRTEC+.

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 CO₂ se izvajajo z namenom ocene kakovosti zraka na podlagi koncentracije CO₂, ki se v igralnici nenehno spreminja in je odvisna od aktivnosti metabolizma otrok. Poleg tega se tudi število otrok dnevno spreminja, kar prav tako vpliva na koncentracijo CO₂. 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 koncentracije CO₂ 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.

Obdobje izvajanja meritev

Meritve *in-situ* CO₂ je v stavbah predšolske vzgoje optimalno izvajati v zimskih mesecih zaradi številnih dejavnikov, ki v zimskem času vplivajo na 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 CO₂. Izven ogrevalne sezone, ob višjih zunanjih temperaturah, se prostori bolj pogosto prezračujejo in ob meritvah dejansko beležimo boljšo 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,³⁴
- 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 števila otrok, ki večji del dneva preživijo v zunanjih prostorih vrtca, kakovost zraka v igralnicah ne odraža dejanskega stanja kvalitete zraka, ki ga dihajo otroci v igralnicah naših vrtcev.

³⁴ Missia et al., 2010

Vsi naštetih dejavniki indicirajo, da je najbolj verodostojen pregled kakovosti zraka v stavbah predšolske vzgoje na podlagi meritev CO₂ v zimskem času. Vendar je seveda odvisno od tega, kaj želimo analizirati, npr. primerjava kakovosti zraka v različnih letnih časih vsekakor zahteva časovno prilagojene meritve, ki jih je potrebno določiti v načrtu izvajanja meritev, glede na cilj in namen posameznih raziskav.

5.2 Oprema – merilne naprave, položaj merilnikov v prostoru

Merilne naprave

Naprava za izvajanje katerikoli meritev v igralnici stavbe predšolske vzgoje mora predvsem biti čimbolj neopazna, majhna, brez preveč napeljav, kablov, stojal ipd. Pri izbiri naprave je ves čas potrebno imeti v mislih, da v prostoru bivajo radovedni, igrivi otroci, ki jih vsaka sprememba v igralnici zmoti oz. pritegne njihovo pozornost. Zaradi tega bodo zelo verjetno vse dostopne in nezavarovane naprave tarča otrok. Poleg tega, zaradi že pojasnenih metodoloških zahtev v procesu meritev CO₂, je zaželena uporaba avtomatskih merilnikov, ki so nameščeni v prostor za daljše časovno obdobje.

V tem priročniku je za meritve CO₂ predvidena uporaba merilnika z zapisom podatkov *rotronic CL II* (Slika 5.4). Naprava ima velikost 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:

- CO₂ 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 higrometer IN-I*).



Slika 5.4: Naprava *rotronic CL II*

Natančnost naprave pri 23 ± 5 °C za CO₂ meritve znaša ± 30 ppm ± 5 % izmerjene vrednosti, za meritve zračne vlage < 2.5 %RH (10...90 %RH) in za meritve notranje temperature zraka ± 0.3 °K. Merilni obseg za izmerjene parametre znaša: 0...5'000ppm; 0...100%RH; -20...60°C. Naprava lahko izvaja meritve tudi v zunanjem okolju stavbe, kar je tudi priporočljivo. Vendar če tehnični pogoji ne dopuščajo nastavitve naprave tako, da se istočasno izvajajo meritve v prostoru in zunanjem zraku, se podatki o zunanjih izmerjenih parametrih lahko povzamejo iz arhiva Agencije za okolje Republike Slovenije.

Meritve z ročnimi merilniki niso priporočljive za stavbe predšolske vzgoje. Kot že pojasnjeno, se v igralnicah tekom dneva vrstijo številne dejavnosti, pri čemer meritev z ročnim merilnikom, ki omogoča meritve v trenutku bivanja v prostoru, ne more zagotoviti realnih podatkov o koncentraciji CO₂ na dnevni ravni. Poleg tega terja obisk in prisotnost osebe z merilnikom, kar lahko ovira ustaljene dnevne rutine v stavbah predšolske vzgoje in moti otroke. V tem priročniku je prikazan merilni proces z napravo, uporabljeno znotraj raziskovalnega projekta VRTEC+. Sicer se vsa navodila tega priročnika z manjšimi prilagoditvami lahko upoštevajo tudi za meritve z drugačnimi merilnimi napravi.

Položaj merilnih naprav

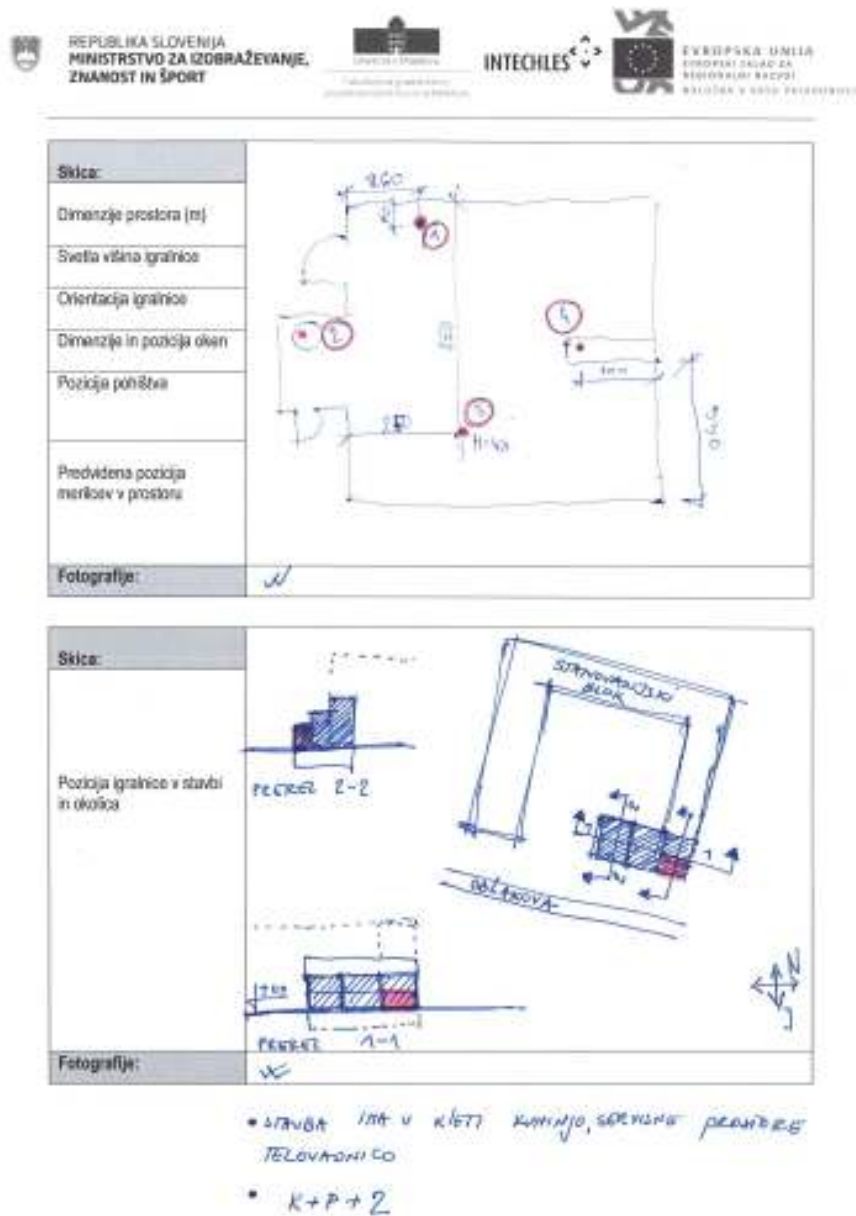
Kot je že izpostavljeno, izvajanje meritev v stavbah, v katerih bivajo otroci, spremlja veliko ovir. Položaj in višina merilnih naprav v prostoru mora biti prilagojena specifikam samih dejavnosti v prostoru in uporabnikom prostora v igralnici vrtca. Ker gre za igralnice z majhnimi otroki, je potrebno 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 5.5 A i B: Merilna naprava *rotronic CL 11* v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+

Merilne naprave nastavimo 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. Senzor je optimalno postaviti na višino $h=1,5$ m, oddaljiti od okna, nastaviti približno v sredino igralnice, oddaljiti od stene, če gre za 1 m.³⁵ Če pa naprave ni možno nastaviti na opisan način, je potrebno upoštevati navodila kolikor se da. Merilne naprave v igralnici vrtca so prikazane na sliki (Slika 5.5 A, B).

Položaj naprave v prostoru je potrebno tudi evidentirati. Zelo priročno je pri obisku igralnice in nastavitvi naprav zabeležiti podatke o prostoru in poziciji naprave (Slika 5.6). Prostor za risbe je lahko znotraj merilnih obrazcev.



Slika 5.7: Prikaz pozicije merilnih naprav v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+

³⁵ School Environment: policies and current status, 2015

5.3 Ovire pri izvajanju meritev CO₂ *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje

Glede izvajanja meritev CO₂ v stavbah predšolske vzgoje bo ta priročnik opozoril tudi na morebitne težave v merilnem procesu. Probleme izpostavljam na podlagi izkušenj meritev izvedenih znotraj znanstveno-raziskovalnega projekta »VRTEC+ razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji«.

Kot je že omenjeno, je optimalno obdobje za izvajanje meritev CO₂ v igralnicah v zimskem času oz. od oktobra do aprila, v času ogrevalne sezone, ko so vrtci obiskani v polnem obsegu in je v skupinah polno število otrok. Vendar je potrebno poudariti, da v zimskem času obstaja večja možnost širjenja nalezljivih bolezni med otroci v zaprtih prostorih, kar lahko posledično tudi zmanjša število otrok v skupini. V tem primeru je priporočljivo ponoviti merilni proces, kajti manjše število otrok v skupini privede do zmanjšane koncentracije CO₂ 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.

5.4 Analiza in prezentacija merilnih podatkov

Glavni namen meritev CO₂ *in-situ* je analiza dejanske kakovosti notranjega zraka igralnic v stavbah predšolske vzgoje, določena na podlagi koncentracije CO₂. Po končanem merilnem procesu, v katerem so zbrani podatki, sledi faza analize podatkov. V tem priročniku bodo prikazane splošne usmeritve za analizo izmerjenih podatkov, seveda pa mora biti analiza podatkov prilagojena namenu celotne raziskave oz. namenu izvajanja meritev.

Merilnik zabeleži koncentracijo CO₂ v prostoru vsakih 10 ali 15 minut (odvisno od nastavitve) v enotah [ppm].³⁶ Poleg tega pa uporabljeni merilnik *rotronic CL II* (pa tudi pri večini ostalih merilnikov) izmeri še parametre zračne vlage RH [%] in notranje temperature zraka [°C]. Podatke lahko s pomočjo odgovarjajočega softvera pretvorimo v obliko xmls (po navadi ima vsaka merilna naprava svoj računalniški program, s pomočjo katerega lahko podatke z naprave shranimo na računalnik in jih

³⁶ [ppm] je kratica za angleško oznako *parts per million* in pomeni, koliko je delcev neke snovi na milijon delcev snovi, ki tvori večino, oz. delcov CO₂.

obdelujemo). Podatke je potrebno sistematično in pregledno prezentirati, lahko grafično v obliki grafa ali numerično v obliki tabele s podatki, odvisno od namena in potreb po predstavitvi podatkov v posameznih raziskavi.

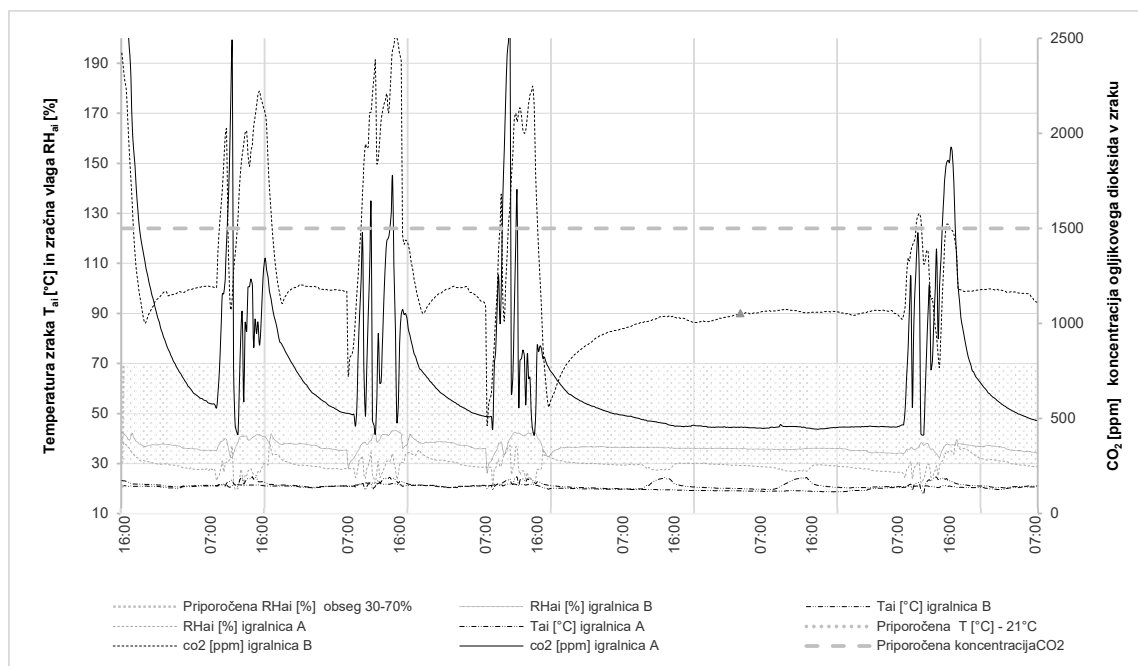
Priročno je, da tabelarični prikaz podatkov vsebuje: datum, uro, jasno opredeljene poprečne izmerjene vrednosti, tako kot v prikazanem primeru z izmerjenimi parametri v mariborskem vrtcu v okviru projekta VRTEC+ (Tabela 6.1). Na prikazanem primeru so v tabelaričnem prikazu označeni tudi intervali prezračevanja (črtasta linija) in pa intervali z zadovoljivo, rahlo zvišano ali močno zvišano koncentracijo CO₂ (v barvnih odtenkih, od svetle do zelo temne rdeče, ki kaže na močno zvišano koncentracijo CO₂). Kot je že izpostavljeno v priročniku, je pri izvajanju meritev potrebno upoštevati daljša časovna obdobja in poprečje merilni rezultatov. Pri iskanju poprečja je običajno potrebno določiti maksimalno, minimalno in poprečno koncentracijo CO₂. Ob upoštevanju specifik uporabe prostora v stavbah predšolske vzgoje je smiselno upoštevati parametre, izmerjene v času, ko otroci dejansko bivajo v vrtcu, torej poprečje merilnih točk npr. med 7. in 16. uro (odvisno od zasedenosti igralnice), kot je prikazano v tabeli (Tabela 6.1). Če analiziramo 24 urni vzorec izmerjenih podatkov, bo poprečje izmerjene koncentracije CO₂ bistveno manjše, kajti v popoldanskih urah in ponoči se koncentracija CO₂ začne postopoma zmanjševati zaradi spontane infiltracije zraka skozi okna, vrata in ostale elemente gradbene konstrukcije. Načeloma koncentracija CO₂ dosega minimum v zgodnjih jutranjih urah pred prihodom otrok v igralnico.

V tabeli su prikazani vsi parametri, ki jih je naprava izmerila (relativne vlažnosti notranjega zraka RH_{ai} [%], temperatura notranjega zraka T_{ai} [C°], koncentracija ogljikovega dioksida v zraku CO₂ [ppm]), kar je zelo priročno za analizo širšega konteksta kakovosti zraka v stavbah. Ta priročnik se sicer osredotoča samo na koncentracijo CO₂, vendar je za prikaz rezultatov meritev *in-situ* zelo pomemben cilj same raziskave.

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	1509	34,5	21,44	1149	33,9	21,56	897
	38,8	21,44	1597	35,3	21,61	1269	34,8	21,67	1041
	39	21,5	1709	36,2	21,72	1396	35,9	21,72	1173
	39,4	21,5	1827	37,6	21,78	1521	37,9	21,72	1382
	40	21,56	1988	38,1	21,89	1685	38,2	21,78	1512
10:00:00	39,6	21,5	2021	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	1922	33,5	21,28	1012
	32,3	20,72	1072	37,9	22,17	1930	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	2112	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
	38,6	21,56	1559	43,1	22,11	2377	41,8	21,83	1896
	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	2106
	12:00:00	40,9	21,44	1886	39,7	22,17	1971	42	21,56
41		21,44	1944	41	21,94	2065	42,3	21,67	2107
41		21,44	2002	41,7	21,78	2119	42,1	21,67	2135
40,9		21,44	2012	41,7	21,83	2153	41,5	21,72	2090
39,6		21,33	1889	41,6	21,83	2176	41,2	21,67	2020
39,4		21,39	1827	41,8	21,83	2207	41,2	21,56	1999
39,9		21,44	1901	41,2	21,78	2107	41,5	21,5	2013
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	2201
41,5		21,61	2201	43	21,94	2463	42,1	21,67	2217
41,5		21,39	2222	43,3	21,89	2530	42,5	21,67	2245
14:00:00	41,3	21,33	2187	43	21,72	2507	42,3	21,5	2110
	40,9	21,28	2159	42,7	21,61	2466	42,2	21,33	1786
				42,3	21,56	2414	40,6	21,33	1558
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

Tabela 6.1: Tabelarni prikaz podatkov, izmerjenih v igralnici vrta v Mariboru, projekt VRTEC+

Pri grafični predstavitvi podatkov je potrebno določiti, kateri podatki bodo izpostavljeni na grafu. Potrebno je biti pozoren, kajti grafi lahko zelo hitro postanejo preobremenjeni in se ne da razbrati podatkov. V tem priročniku je prikazan primer grafa (meritve izvedene znotraj projekta VRTEC+), na katerem je prikazana koncentracija ogljikovega dioksida, temperatura in zračna vlaga, prav tako so prikazane tudi priporočene vrednosti za določene parametre, zaradi česar se na grafu jasno vidi, v katerih vremenski intervalih so bile koncentracije posameznih parametrov zunaj sprejemljivih okvirjev (Graf 6.1).



Graf 6.1: Grafični prikaz podatkov izmerjenih v dve igralnici vrta v Mariboru, projekt VRTEC+

6 ZAKLJUČEK

Ta priročnik ponuja splošne napotke za izvajanja meritve CO_2 *in-situ* v stavbah predšolske vzgoje, ki so edina zanesljiva metoda za ugotavljanje kakovosti zraka v zaprtih prostorih. Tematika kakovosti zraka v stavbah predšolske vzgoje, v katerih bivajo številni otroci po vsej Sloveniji, je izrednega pomena, vendar ji žal ne posvečamo dovolj pozornosti.

V Sloveniji ni celovitega pristopa k spremljanju in preučevanju kakovosti zraka v stavbah predšolske (pa tudi šolske) vzgoje. Zaradi tega so posamezne raziskave, pa tudi raziskave manjšega obsega z meritvami CO_2 *in-situ* velikega pomena pri analizi kakovosti notranjega zraka.

Pomen izvajanja meritev CO_2 *in situ* v stavbah predšolske vzgoje je predvsem v preverjanju dejanskega stanja kakovosti zraka v naših vrtcih. Na podlagi izmerjenih podatkov koncentracije CO_2 je možno opozoriti na težave, pa tudi v splošnem kontekstu podati spodbudo k celoviti pripravi načrta za ukrepanje in priporočil za izboljšanje kakovosti zraka v vrtčevskih in šolskih prostorih v Sloveniji. Izrednega pomena je tudi ozaveščanje javnosti in strokovnih delavcev v vrtcih o vplivu kakovosti zraka na zdravje otrok in o pomenu prezračevanja pri zagotavljanje kakovostnega zraka v stavbah predšolske vzgoje.

7 ZAHVALA

Predstavljeno delo je bilo pripravljeno v okviru raziskovalnega projekta »VRTEC+ Razvoj modelov prenove stavb za predšolsko vzgojo in izobraževanje v Sloveniji«, ki se izvaja 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 sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (www.eu-skladi.si). Nosilec projekta je Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo (www.fgpa.um.si).

8 LITERATURA

- [1] Araújo-Martins, J., Carreiro Martins P., Viegas J., Aelenei, D., Cano, M.M., Teixeira, J.P., Paixão, P., Papoila, A.L., Leiria-Pinto, P., Pedro, C., Rosado-Pinto, J., Annesi-Maesano, I., Neuparth N. (2014). *Environment and Health in Children Day Care Centres (ENVIRH) - Study rationale and protocol*, Pneumologija, Portuguese Journal of Pneumology, 220, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0873215914000361?via%3Dihub> [7.04.2020]
- [2] Bakó-Biró Z., Clements-Croome DJ., Kochhar N., Awbi HB, Williams MJ. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Build Environ*; 48: 215–23
- [3] Borodinecs, A., Budjko, Z. (2009), *Indoor air quality in nursery schools in Latvia*, V: Proceedings of Healthy Buildings 2009, Healthy Buildings 2009, Syracuse, NY, ZDA, str. 1–4
- [4] Carrer, P., Wargocki, P., Fanetti, A., et al. (2015). What does the scientific literature tell us about the ventilation-health relationship in public and residential buildings? *Building and Environment* 94, 1:273-286
- [5] Cars, H., Petersson, C., Hakansson, A. (1992). *Infectious diseases and day-care center environment*, Scandinavian Journal of Infectious Diseases, 24(4), pp.: 525–528
- [6] Chatzidiakou L., Mumovic D., Summerfield A. (2015). Is CO₂ a good proxy for indoor air quality in classrooms? Part 1: the interrelationships between thermal conditions, CO₂ levels, ventilation rates and selected indoor pollutants. *Build Serv Eng Res Technol* 2015; 36: 129–61
- [7] Dorizas PV., Assimakopoulos MN., Helmis C., Santamouris M. (2015). *An integrated study of the ventilation rate, the exposure and the indoor air quality in naturally ventilated classrooms in the Mediterranean region during spring*. *Sci Total Environ*; 502: 557–70
- [8] EN 15251:2006. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
- [9] *Evidenca vzgojno-izobraževalnih zavodov in vzgojno-izobraževalnih programov*. Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje znanost in šport. Stanje vpisa 2018/2019. <https://paka3.mss.edus.si/registriweb/default.aspx> [17.02.2020]

- [10] Finnegan, M. J., Pickering, C. A. C., Burge, P. S. (1984). The sick building syndrome: prevalence studies. *British Medical Journal* 289: 1573–1575
- [11] Fromme H., Heitmann D., Dietrich S., Schierl R., Korner W., Kiranoglu M., Zapf A., Twardella D. (2008). *Air quality in schools — classroom levels of carbon dioxide (CO₂), volatile organic compounds (VOC), aldehydes, endotoxins and cat allergen*. *Gesundheitswesen* 2008; 70: 88–97
- [12] Gregorski M., Zaviršek Hudnik D., Nardoni Kovač Š. (2017). *Pomen evidentiranja in vrednotenja stavb vrtcev v Sloveniji*. AR, 2
- [13] Haby, M. M., Marks, G. B., Peat J. K., Leeder, S. R. (2000). Daycare attendance before the age of two protects against atopy in preschool age children, *Pediatric Pulmonology* 30 (5), 377–384
- [14] Hagerhed-Engman L., Bornehag C. G., Sundell J., Aberg N. (2006). Day-care attendance and increased risk for respiratory and allergic symptoms in pre-school age. *Allergy* 61 (4), 447–453
- [15] Haverinen-Shaughnessy U., Moschandreas DJ., Shaughnessy RJ. (2011). Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air*; 21(2): 121–31
- [16] Missia Daffni A., et al. 2010. "Indoor exposure from building materials: A field study." *Atmospheric Environment*, no.35: 4388–4395
- [17] Mendell MJ., Eliseeva EA., Davies MM., Spears M., Lobscheid A., Fisk WJ Apte MG. (2013). Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air*; 23: 515–28.
- [18] Pajek, L., Kristal, Ž., Košir M., Kacjan Žgajnar, K., Dovjak, M. (2017.). Indoor environmental quality (IEQ) in Slovenian children daycare centres. Part I: Results of in-situ measurements, *International Journal Sanitary Engineering Research*, 11(1), str. 4-19
- [19] Pardee, Mav. (2011). "Building an Infrastructure for Quality: An Inventory of Early Childhood Education and Out-of-School Time Facilities in Massachusetts." Boston, Children's Investment Fund, pp. 43. <https://cedac.org/Uploads/Files/CIFBldgInfrastructureReport.pdf> [3.04.2020]
- [20] Pejtersen, J., Clausen, G., Sorensen, D., Quistgaard, D., Iwashita, G., Zhang, Y., Fanger, P. O. (1991). *Air pollution sources in kindergartens*, in: *V Proceedings of IAQ, Healthy Buildings*, Washington DC, Atlanta, ZDA, pp.: 221–224
- [21] Petersen S., Jensen K., Pedersen A., Rasmussen H. (2016). The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children. *Indoor Air*; 26(3): 366–79
- [22] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02)
- [23] Pravilnik o normativih in minimalnih tehniških pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, 73 (2000))
- [24] Ruotsalainen, R., Jaakkola, J. J. (1993). *Ventilation and indoor air quality in Finnish daycare centers*, *Environment International*, 19, pp.: 109–119
- [25] Salthammer T., Uhde E., Schripp T., Schieweck A., Morawska L., Mazaheri M., et al. (2016). Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution. *Environ Int* 2016; 94: 196–210
- [26] Selgrade MK., Plopper CG., Gilmour MI., Conolly RB., Foos BS. (2008). *Assessing the health effects and risks associated with children's inhalation exposures—asthma and allergy*. *Journal of Toxicol Environ Health A* 2008; 71: 196–207

- [27] Shendell D., Prill R., Fisk W., Apte M., Blake D., Faulkner D.(2004). Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*; 14: 333–41. 10
- [28] Seppänen, O. A., Fisk, W. J., Mendell, M. J. (1999). Association of Ventilation Rates and CO₂ Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *Indoor Air*; 9: 226–252.
- [29] Stabile L., Dell'Isola M., Frattolillo A., Massimo A., Russia A. (2016). Effect of natural ventilation and manual airing on indoor air quality in naturally ventilated Italian classrooms. *Building and Environment* 98: 180–9
- [30] Turanjanin V., Vutiaevic B., Jovanovic M., La Mirkov N., Lazovic I. (2014). *Indoor CO₂ measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation*. *Energy* 77: 290–6
- [31] Wargocki P, Wyon D. (2007) The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children. *HVAC&R*; 13: 193–220.
- [32] World Helth Organisation. European Environment and Helth Procesess. (2015). *School Environment: policies and current status*.
- [33] Wyon D., Wargocki P., Toftum J., Clausen G. (2010). *Classroom ventilation must be improved for better health and learning*. REHVA journal 2010; 3: 12–6
- [34] Yun, H., Nam, I., Kim, J., Yang, J., Lee, K., & Sohn, J. (2014.). *A field study of thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children*, *Building and Environment*, 75, pp.: 182-189, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.02.003> [23.02.2020]

9 KAZALO SLIK, PREGLEDNIC, GRAFIKONOV

Kazalo slik

Slika 3.1 A, B, C, D: Vrtci v Sloveniji: Trinadstropni vrtec grajen leta 1981; Pritlični vrtec grajen leta 1981; Pritlični vrtec iz leta 1956; Nizkoenergijski vrtec iz leta 2012. [Avtor]

Slika 5.1: Primer 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. [Avtor]

Slika 5.2: 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. [Avtor]

Slika 5.3: Primer izpolnjenega merilnega obrazca II. Vrtec v Mariboru, meritve izvedene v okviru projekta VRTEC+. [<https://www.rotronic.com/en/cl11.html>]

Slika 5.4: Naprava *rotronic CL II* [Avtor]

Slika 5.5 A i B: Merilna naprava *rotronic CL II* v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+ [Avtor]

Slika 5.6: Prikaz pozicije merilnih naprav v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+ [Avtor]

Kazalo preglednic

Tabela 2.1: Koncentracija CO₂ v notranjih prostorih [Avtor]

Tabela 4.1: Koncentracija CO₂ o določena z veljavno zakonodajo, priporočilo in standardi [Avtor]

Tabela 6.1: Tabelarni prikaz podatkov izmerjenih v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+ [Avtor]

Kazalo grafikonov

Graf 6.1: Grafični prikaz podatkov izmerjenih v igralnici vrtca v Mariboru, projekt VRTEC+ [Avtor]