



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky

Průkaz energetické náročnosti budov

Energy performance certificate

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Novák

Nebojša Miloševič

Praha 2016



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Nebojša Milošević

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Obor: Aplikovaná elektrotechnika

Název tématu: Průkaz energetické náročnosti budov

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou tvorby průkazu energetické náročnosti budov
2. Ve vhodně zvoleném prostředí vytvořte výpočetní kód PENB pro konkrétní objekt
3. Porovnejte výsledky s dostupnými výpočetními programy

Seznam odborné literatury:

- [1] Vyhláška č. 78/2013 Sb.
- [2] Normy vycházející z vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Vedoucí: Ing. Zdeněk Novák

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2017/2018

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc
děkan

V Praze dne 18. 4. 2016



Abstrakt

Tato bakalářská práce má za úkol vytvoření PENB podle aktuální úpravy zákona č. 406/2000 Sb. První část práce je věnována legislativě a normám s uvedenými postupy pro vypracování průkazu energetické náročnosti budovy. Druhá část se věnuje aplikování první části na skutečnou budovu a naprogramování výpočetního kódu v softwaru Wolfram Mathematica, kde je v závěru určena hodnota energetické náročnosti budovy.

Abstract

This bachelor thesis aims to create PENB by the current regulations of the Law no.406/2000 Coll. The first part is devoted to legislation and standards with specified procedures for drawing up the energy performance certificate of the building. The second part is devoted to applying the first part of the actual building and computing programming code in the software Wolfram Mathematica, which is at the end determined by the value of the energy performance of the building.

Klíčova slova

teplo, ztráty, energie, výkon, spotřeba

Keywords

heat, loses, energy, performance, consumption



Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací. Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze
24.května 2016

.....

Nebojša Milošević



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Novákovi za cenné rady, připomínky a pedagogický přístup při vypracování této práce.



Obsah:

1. Úvod	7
2. Energetická náročnost budov a legislativa.....	8
2.1 Energetická náročnost budov	8
2.2 Legislativa	13
2.3 Vysvětlení pojmů používaných při vypracování PENB	15
2.4 Národní akční plán energetické účinnosti České republiky.....	16
2.5 Obsah průkazu energetické náročnosti budov.....	17
2.6 Sledované ukazatele PENB	18
2.7 Postup při výpočtu PENB.....	22
2.7.1 Hodnoty parametru venkovního prostředí.....	23
2.7.2 Tepelné odpory a součinitelé prostupu tepla.....	24
2.7.3 Součinitele prostupu tepla	25
2.7.4 Součinitel prostupu tepla zeminou	28
2.7.5 Měrný tepelný tok prostupem tepla budovy	29
2.7.6 Měrný tepelný tok přes neklimatizované prostory H_u	29
2.7.7 Měrný tepelný tok prostupem tepla zeminou H_g	30
2.7.8 Celkový měrný tepelný tok prostupem tepla H_T	31
2.7.9 Měrný tepelný tok větráním H_v	31
2.8 Tepelný tok a tepelná ztráta prostupem tepla a větráním	33
2.8.1 Tepelná ztráta obálkou	33
2.8.2 Měsíční tepelný tok tepla zeminou	33
2.8.3 Tepelná ztráta větráním Q_v	34
2.8.4 Celkové množství přeneseného tepla	34
2.9 Tepelný zisky	34
2.9.1 Solární tepelné zisky	34
2.9.2 Vnitřní tepelné zisky	36
2.9.3 Tepelné zisky od osvětlení	38
2.9.4 Tepelné zisky z metabolického tepla osob a technického vybavení ...	39
2.9.5 Potřeba tepla na vytápění	39
2.9.6 Faktor využitelnosti tepelných zisků $\eta_{H,gn}$	40
2.9.7 Celkové měsíční tepelné zisky.....	41
3. Vytvoření průkazu energetické náročnosti	41
3.1 Dodaná energie na vytápění	41
3.2 Potřeba energie na osvětlení	42
3.3 Potřeba energie na přípravu a rozvod teplé vody	42
4. Protokol energie na přípravu a rozvod teplé vody	43
5. Závěr	45



Seznam použitých veličin

Veličina	Značka	Jednotka
Součinitel prostupu tepla	U	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Měrný tepelný tok	H	W/K
Lineární činitel prostupu tepla	ψ	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
Redukční činitel	b	[-]
Plocha	A	m^2
Teplota	θ	$^{\circ}C$
Délka	l	m
Bodový činitel prostupu tepla	χ	W/K

Seznam použitých zkratk

PENB - průkaz energetické náročnosti budov

ČSN - česká technická norma

TNI - technická normalizační informace

TV - teplá voda



1. Úvod

Těsně po vzniku ekonomického hospodářského prostoru zároveň vzniká řada programů pro ochranu životního prostředí a také dochází k posílení tendence k energetickým úsporám. Brusel má za cíl do roku 2020 snížit emise CO₂ a tím pádem snížit spotřebu energie o 20% a do roku 2030 snížit spotřebu energie o 30%.

Jeden způsob jak snížit spotřebu energie je stavba inteligentních nízko náročných budov. V závislosti na místě a povětrnostních podmínkách daného regionu se vybírají konstrukční elementy, z kterých je nejdůležitější vysoká míra izolace budovy, čímž získá budova A+ energetickou třídu v kombinaci s aktivními instalacemi.

Hlavní místnosti by měly být orientovány na jih a chráněny listnatými stromy. To je vysvětleno tím, že na podzim, v zimě a na jaře sluneční světlo padá na podlahu pod nízkým úhlem a průchod velkými skleněnými stěnami přímo topí místnost, zatímco v létě listnaté stromy chrání místnost před přílišným slunečním svitem.

Základní parametr energeticky nezávislých budov je, že budova musí mít minimální energetickou spotřebu a mít realizovaný způsob využití obnovitelných zdrojů energie pro pokrytí energetických potřeb. Příklad takových budov je pasivně-energetická budova vedle Reichstagu v Berlíně. Budova bude vyrábět ročně 16000kWh elektrické energii díky fotovoltaickým panelům které se nacházejí na střeše. Další příklad je střední škola Lady Bird Johnsonv Irvingu (Texas). Též, úsporu energie lze zajistit vhodnou izolací v oblastech, které se nacházejí v těsné blízkosti podlah a střech, a také použitím vysoce účinných zdrojů tepla. V současné době rozvoj inteligentního systému KNX jako nejdokonalejšího systému pro inteligentní regulaci budov a umístění oken s nízkým prostupem tepla vedou k výrazné úspoře energií . Jako další projev snahy snížit spotřebu energie se dá považovat požadavek uvedený v novele zákona 406/2000 Sb, podle něhož musí být při prodeji domu či pronájmu předložen



průkaz energetické náročnosti domu, od 17.4.2014 má navíc Státní energetická inspekce právo pokutovat prodejce domu bez PENB. Pokuty se mohou pohybovat od 100 tisíc korun pro fyzickou osobu do až několik stovek tisíc pro průmyslové prostředí.

Náklady na výrobu energetického průkazu si hradí majitel domu sám, ale existuje také řada programů evropské unie, které podporují zlepšení energetické účinnosti. IEE (The Intelligent Energy – Europe) směřuje k odstraňování netechnických překážek v politice provádění energetické účinnosti a obnovitelných zdrojů energie. Také financuje projekty energetické účinnosti ve veřejných budovách, ELENA (European Local Energy Assistance), MLEI (Mobilising Local Energy Investments) nebo EEEF (European Energy Efficiency Fund). EEEA financuje ze svých zdrojů v oblasti energetické účinnosti (70%), obnovitelných zdrojů energie (20%) a použití čisté městské dopravy (10%).

2. Energetická náročnost budov a legislativa

2.1 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budov se vztahuje na zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a návaznou vyhláškou č. 78/2013, která zpracovává předpis Evropské unie 31/2010/ EU.

- určuje nákladově doporučené požadavky na energetickou náročnost pro už nové nebo budovy, na kterých byla prováděna rekonstrukce,
- obsahuje metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,
- vzor pro technické posouzení, ekologické a ekonomické proveditelnosti zvláštních systémů dodávek energie,
- vhodná opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,



- obsahuje vzorový protokol průkazu a způsob jak PENB zpracovat.

Průkaz energetické náročnosti slouží k vyhodnocení energetické náročnosti budov a zařazuje budovu do energetické třídy v daném rozsahu A-G. Průkaz hodnotí celkovou energii potřebnou pro provoz budovy, tedy energii na vytápění, chlazení, energii na osvětlení, přípravu teplé vody a úpravu vzduchu větráním. Průkaz je možné zpracovat pro jakoukoliv budovu.

Podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií každý majitel domu nebo společnost majitelů je povinná doložit průkaz o energetické náročnosti. To však není novinka a zákon se průběžně mění a doplňuje. Poslední je z prvního ledna roku 2013, který určuje, že každý vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je povinno zajistit zpracování průkazu při stavbě budovy nebo při větší změně již postavené budovy.

Vyhlášky předepisují pro nové budovy povinnost splnit

- podmínky na celkovou neobnovitelnou energii za rok
- průměrný součinitel prostupu tepla obálkou
- a veškeré dodané množství energie

Podle vyhlášky, budovy, na kterých byla provedena rekonstrukce, mají povinnost splnit jen dva požadavky. Průměrný součinitel prostupu tepla a celkové dodané množství energie anebo celkovou primární energii za rok. Pro budovu užívanou orgánem veřejné moci od 1. července 2013 (budova s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m²) a od 1. července 2015 (budova s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m²). V případě prodeje a pronájmů nemovitostí majitel má povinnost doložit průkaz energetické náročnosti a průkaz je platný po dobu 10 let. PENB může vypracovat pouze energetický specialista který je oprávněn Ministerstvem ke zpracování průkazu.



„Energetickým specialistou je (podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v platném znění) fyzická osoba, která obdržela oprávnění ministerstva průmyslu a obchodu k vypracování energetického průkazu, vypracování energetického auditu a posudku. Specialista taky může provádět kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie a může regulovat a kontrolovat změny klimatizačních systému. Energetickým specialistou se může stát osoba s vysokoškolským (bakalářským, magisterským nebo doktorským) vzděláním v technických oblastech. A to v oborech energetiky nebo stavebnictví a třemi roky praxe v oboru. Existuje možnost dát povolení osobě se středním vzděláním s maturitní zkouškou v oblastech technického směru v oboru energetiky nebo stavebnictví, pokud má alespoň šestiletou praxi v oboru.” - <http://www.mpo.cz/dokument36333.html>

Potřeba je ale jasně vyjádřit rozdíl mezi energetickým štítkem a průkazem energetické náročnosti. Lidé laicky občas PENB a energetický štítek berou jako synonymum. Průkaz energetické náročnosti je obdobou energetického štítku. Zavedení energetických průkazu ovlivnilo celý trh. Je nepravděpodobné, že si dneska někdo koupí pračku energetické třídy D nebo G. Tím pádem zákazníci přestali kupovat neúsporné spotřebiče a výrobci je přestávají vyrábět. Zavedení energetických štítku je tolik populární že je výrobci zavedli i u oběhových čerpadel přestože to žádný zákon napožaduje. Jak předem bylo řečeno PENB není energetický štítek ale jeho obdobou. Jako jsou pro zákazníka přitažlivé jenom spotřebiče s nízkou třídou náročnosti, ve stavitelství se budovy s nízkou náročností také považují za dobrou investici. Jako energetický štítek ovlivnil trh spotřebičů, bude mít PENB podobný dopad na trh s nemovitostmi. PENB není český vynález, ale je určen zákonem v ostatních státech EU.

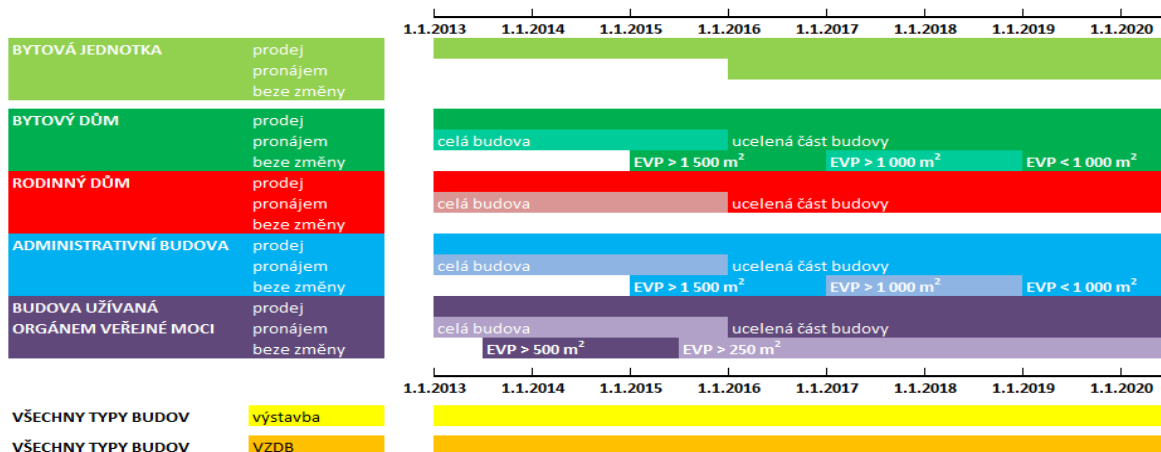
V České republice musí mít od 1. 1. 2009 PENB každá nová budova nebo budova na které byla provedena větší rekonstrukce a jejich celková podlahová plocha je větší jak 1000 m². To jsou ale skoro všechny veřejné budovy, školky, školy, sportovní areály atd. Když se řekne rekonstrukce, nemyslí se na drobné úpravy ale na takovou rekonstrukci, která má dopad na energetickou náročnost. Podle zákona se tím rozumí zásahy do více než 25% pláště budovy nebo změna vytápění objektu.



Obrázek č.1 – Harmonogram povinnosti zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti budovy

Harmonogram povinnosti zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti budovy (PENB)

podle § 7a zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií



PENB = PRŮKAZ energetické náročnosti budovy (nesprávně "energetický ŠTÍTEK budovy")
VZDB = větší změna dokončené budovy (rekonstrukce více než 25 % celkové plochy obálky budovy)
EVP = energeticky vztažná plocha (vnější půdorysná plocha všech prostorů s upraveným vnitřním prostředím)

© MPO 2014

Energetickou náročnost budovy lze významně ovlivnit pouze při její stavbě nebo při rekonstrukci. Jakmile je budova už postavena nebo zrekonstruována, nese s sebou energetickou spotřebu po desítky let. Provozovatelé budov, které jsou větší než 1000m² a má do nich volný přístup veřejnost, jako jsou kina, úřady, nákupní centra, sportovní haly, mají za povinnost energetickou spotřebu viditelně vyvést.

PENB majitel musí ukázat při prodeji bytu nebo domu a od povinnosti zpracování průkazu jsou osvobozeni jen samostatné budovy do 50 m², nevytápěné zemědělské objekty, dále prostory které se užívají jen občas, jako kostely a další podobné budovy. Obvykle pojem energetické náročnosti chápeme v souvislosti s vytápěním. Kromě vytápění se sleduje také spotřeba energie na větrání a chlazení, spotřeba energie na ohřev vody a také na chod podpůrných systémů jako jsou motory



nebo ventilátory. Z průkazu lze jen v určitém rámci poznat, jaké budou náklady na provoz budovy. Úsporná budova bude mít samozřejmě nižší náklady než budova neúsporná za předpokladu, že topíme stejným druhem energie. Když porovnáme rodinný dům, který budeme vytápět plynem s rodinným domem, který se vytápí elektrickou energií, lze vidět významný rozdíl, přestože průkaz ukazuje stejné energetické parametry. Průkaz porovná budovy bez vlivu místa. Nezáleží na tom, kde dům stojí a nebere se v úvahu rozličné lidské chování. Výpočet se provádí pro smluvní klimatické podmínky. V tom případě stejný výsledek pro budovu získáme, ať již budova stojí na Sněžce nebo v Praze. Cíl průkazu je vyjádřit charakteristiky budovy jako výrobku nikoli počítat s realnými parametry. Takže budova bude mít různé náklady, jestliže v ní bydlí vícečlenná rodina nebo pan v důchodu.

Štítek ukazuje celkovou tepelně-izolační schopnost obálky budovy. To je tak určeno kvůli tomu že požadavky na kvalitu jednotlivých konstrukcí jsou jiné a například okna splňující požadavek normy propouští mnohem víc tepla, než stěna také splňující požadavek normy. Kdybychom postavili dům celý ze skla, výsledek bude neuspokojivý. Kvůli tomu norma byla doplněna další podmínkou, aby průměrná hodnota pro celou obálku budovy nepřesáhla předem předpokládanou hodnotu. Pokud architekt zasklí významnou část budovy, měl by zlepšit další konstrukce tak aby se neutralizovala ztráta energie zasklením.

PENB také obsahuje část, která navrhuje určitá opatření pro dosažení úspornějšího stavu. V legislativě je také uvedeno, že k vypracování PENB lze použít podklady z energetického auditu, ale tvůrci průkazu to v praxi většinou nepraktikují. Postup výpočtu v auditu a v průkazu je nápadně odlišný, proto většinu informací z auditu nejde použít při vypracování průkazu.

Cena vypracování průkazu je variabilní. A záleží na tom, jestli se vypracovává samostatně průkaz nebo průkaz a audit dohromady. V tabulce níže jsou uvedeny průměrné ceny za vypracování průkazu.



tabulka č.1 – ceny PENB

Typ budovy	Rodinný dům jednopodlažní	Rodinný dům vícepodlažní	Bytový dům	Hotel a Res- taurace
Cena [Kč]	5000-7000	6000-7000	10000-20000	18000-25000
Typ budovy	Rodinný dům jednopodlažní	Rodinný dům vícepodlažní	Bytový dům	Hotel a Res- taurace
Cena [Kč]	5000-7000	6000-7000	10000-20000	18000-25000

PENB se ukazuje stavebnímu úřadu při stavbě nebo rekonstrukci budovy. Nesplní-li majitel závazek mít PENB, budova by neměla dostat stavební povolení, pokud nejde o budovu, která podle vyhlášky průkaz mít nemusí.

2.2 Legislativa

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií určuje minimální energetickou účinnost pro výrobu energie, ukazatele pro energetickou náročnost budov, vytápění a přípravu teplé vody a určuje závazek zpracování průkazů energetické náročnosti budov pro všechny novostavby a opravy větších budov a zavádí provedení energetického auditu pro větší spotřebitele energie.



Souvisící normy a vyhlášky:

- **Zákon č. 406/2000 Sb.** o hospodaření energií, zpracovává příslušné předpisy Evropské unie o zvyšování účinnosti využití energie
- **Vyhláška č. 78/2013 Sb.** o energetické náročnosti
- **Vyhláška č.480/2012 Sb.** o energetickém auditu
- **Vyhláška č.118/2013 Sb.** o energetických specialistech-pravidla pro zkušební komise, komise prováděcí vyučování. Stanovuje náležitosti vedení evidence o činnostech energetického specialisty.
- **ČSN EN ISO 13 790** – Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení
- **ČSN EN ISO 15193** – Energetické požadavky na osvětlení
- **Vyhláška 237/2015 Sb.** mění vyhlášku **194/2007 Sb.** stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody
- **Vyhláška č.194/2013 Sb.** stanovuje rozsah, četnost a způsob kontroly účinnosti provozovaných kotlů pro výkony větší než 20kW
- **Vyhláška č. 193/2013 Sb.** pro jmenovité hladicí výkony nad 12kW stanovuje rozsah, četnost a způsob provádění kontroly klimatizačních systémů
- **Vyhláška č.480/2012 Sb.** o energetickém auditu a posudku



2.3 Vysvětlení pojmů používaných pro vypracování PENB

- **Celková energeticky vztažná plocha** – vnější půdorysná plocha celkového prostoru s upravovaným vnitřním prostorem v celé stavbě, omezena vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy
- **Systémová hranice** – plocha vytvořena vnějším povrchem konstrukcí ohraničujících zónu
- **Referenční budova** – Budova, podle které je definován výpočet. Budova je stejného druhu, má stejný geometrický druh a stejnou velikost. Včetně prosklených ploch a části, budova má stejné vnitřní uspořádání a stejnou orientaci ke světovým stranám jako hodnocená budova.
- **Nákladově optimální úroveň** – tomu se rozumí stanovené požadavky na energetickou náročnost budov, která vede na nejmenší náklady na investice v oblasti užití energií na údržbu a provoz
- **Zóna** – celá budova, ucelená část s vlastnostmi podobnými vnitřnímu prostředí a skladbou technických systémů
- **Budova s téměř nulovou spotřebou energie** – budova která má velmi malou spotřebu energie. Spotřebu je občas možno pokrýt z obnovitelných zdrojů energie.
- **Venkovní prostředí** – venkovní vzduch a vzduch v nevytápěných prostorech, které se opírají o budovu, vedlejší budova nebo vedlejší zóna,
- **Vnitřní prostředí** – prostor uvnitř budovy nebo zóny, které je definováno hodnotami relativní vlhkosti vzduchu a objemového toku výměny vzduchu, teploty a žádané hodnoty osvětlení uvnitř budovy
- **Vytápění** – hodnota dodaného tepla, které je potřebné k docílení požadovaného teplotního stavu uvnitř budovy



- **Chlazení** – teplo, které se odvádí po dosažení požadovaného teplotního stavu vnitřního prostředí
- **Větrání**- větrání může mít dva způsoby – přirozený a nucený. Dovádění nebo odvádění tepla s cílem dosažení požadovaných teplotních podmínek. Přirozené větrání funguje na principu tlakového a teplotního rozdílu a nucené větrání spočívá na principu nějakého mechanického zařízení
- **Osvětlení** – dosažení žádaného osvětlení uvnitř budovy nebo zony,
- **Úprava vlhkosti** – přivedení nebo odvedení páry pro dosažení požadované hodnoty vlhkosti daného prostoru
- **Potřebná energie** – energie, kterou je potřeba dodat mechanickým systémům pro zajištění požadované kvality vnitřního prostředí
- **Pomocná energie** – energie potřebná pro provoz technických systémů
- **Primární energie** – energie, která neprošla žádnou přeměnou
- **Energetický audit** - energetický audit je písemná zpráva obsahující informace o úrovni využívání energie v budovách. Ve zprávě je též ekonomický a ekologický návrh na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické náročnosti včetně doporučení k realizaci.
- **Obálka budovy**- soubor všech konstrukcí na systémové hranici zóny, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru a sousední nevytápěné budovy.

2.4 Národní akční plán energetické účinnosti České republiky

Podle směrnic Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti, členské státy jsou povinné každé 3 roky realizovat vnitrostátní akční plány energetické účinnosti. Národní akční plán energetické efektivity obsahuje plánovaná opatření zaměřující se na energetickou účinnost a už dosažené úspory včetně úspor při dodávkách, přenosu, rozvodu ale i distribuci energie.



První akční plán pro Českou republiku byl založen v roce 2007, druhý v roce 2011 a třetí nejnovější v roce 2014. Všechny tři plány splnily povinnosti směrnic evropské komise a Rady 2006/32/ES. Poslední třetí plán má za cíl snížit celkovou spotřebovanou energii v České republice. Ke snížení energie má dojít v jak průmyslu, dopravě a zemědělství, tak i v domácnostech. Konečným cílem je úspora energie ve výši 47,78 PJ (13.27 TWh) do roku 2020. Třetí národní akční plán vláda schválila dne 22.12.2014 svým usnesením č.1085/2014.

2.5 Obsah průkazu energetické náročnosti budov

Obsah průkazu energetické náročnosti budov je předepsán vyhláškou č. 78/2013 . Tímto byl upraven původní obsah podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Průkaz obsahuje protokol a grafické znázornění.

Protokol obsahuje :

- Podstatné informace o budově
- Záměr zpracování průkazu
- Informace o stavebních prvcích, konstrukcích a technických systémech
- Energetickou náročnost budovy

Dále PENB může obsahovat součásti, které nejsou povinné při prodeji a pronájmu. Ekonomickou a ekologickou proveditelnost alternativních dodávek energie, také může být předloženo opatření pro minimalizování energetické náročnosti. Na konci protokolu bývá uveden odkaz na energetického specialistu a datum vypracování.

Grafické znázornění průkazu obsahuje zařazení budovy do určité energetické třídy a taky obsahuje měrné hodnoty ukazatelů energetické náročnosti na vztáznou plochu a hodnoty ukazatelů pro celou budovu.



grafické znázornění PENB, obrázek č.2

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vytváří podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: _____
 PSC, místo: _____
 Typ budovy: _____
 Plocha obálky budovy: _____ m²
 Objemový faktor tvaru A/V: _____ m²/m³
 Celková energeticky vztázná plocha: _____ m²

FOTO

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je zahrnováno s přílohou Doporučení

PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok

Elektrikou ze sítě - XX,X
 Slunce a vn. prostředí - XX,X
 Zemní plyn - XX,X

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Viv provozu budovy na životní prostředí)																																																								
Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)																																																									
<table border="1"> <tr><td>Mimořádně úsporná</td><td>A</td><td>Dop.</td><td>A</td></tr> <tr><td>Velmi úsporná</td><td>B</td><td>XXX</td><td>B</td></tr> <tr><td>Úsporná</td><td>C</td><td></td><td>C</td></tr> <tr><td>Mírně úsporná</td><td>D</td><td></td><td>D</td></tr> <tr><td>Nehospodárna</td><td>E</td><td></td><td>E</td></tr> <tr><td>Velmi nehospodárna</td><td>F</td><td></td><td>F</td></tr> <tr><td>Mimořádně nehospodárna</td><td>G</td><td></td><td>G</td></tr> </table>	Mimořádně úsporná	A	Dop.	A	Velmi úsporná	B	XXX	B	Úsporná	C		C	Mírně úsporná	D		D	Nehospodárna	E		E	Velmi nehospodárna	F		F	Mimořádně nehospodárna	G		G	<table border="1"> <tr><td></td><td>XXX</td><td>Dop.</td><td>XXX</td></tr> <tr><td></td><td>XXX</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>XXX</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>XXX</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>XXX</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>XXX</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>XXX</td><td></td><td></td></tr> </table>		XXX	Dop.	XXX		XXX				XXX				XXX				XXX				XXX				XXX		
Mimořádně úsporná	A	Dop.	A																																																						
Velmi úsporná	B	XXX	B																																																						
Úsporná	C		C																																																						
Mírně úsporná	D		D																																																						
Nehospodárna	E		E																																																						
Velmi nehospodárna	F		F																																																						
Mimořádně nehospodárna	G		G																																																						
	XXX	Dop.	XXX																																																						
	XXX																																																								
	XXX																																																								
	XXX																																																								
	XXX																																																								
	XXX																																																								
	XXX																																																								
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X		XX,X																																																						

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
U _{ov} W/(m ² ·K)	Díčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)
A	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.	Dop.
B		Dop.				XX Dop.
C	X,XX	XX				
D	Dop.		XX			
E				Dop.		
F	XX				XX	
G						
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: _____ Osvědčení č.: _____
 Kontakt: _____ Vyhотовeno dne: _____
 Podpis: _____

2.6 Sledované ukazatele energetické náročnosti budov

Vyhláška jako ukazatel energetické náročnosti budov určuje za prvé celkovou primární energii za rok.

Celková primární energie se stanovuje sčítáním obnovitelné a neobnovitelné primární energie. Podle vyhlášky primární energie je energie která neprošla žádnou přeměnou.

- Pro výpočet celkové primární energie platí vztah podle § 5



$$E_{\text{celková primární}} = \sum_{i \in Z} E_i \times F_i \quad (1)$$

kde:

E_i je celková dodaná energie od energonositele

Z je množina všech typů energonositelů

F_i je faktor celkové primární energie energonositele uvedený v příloze č. 3 k vyhlášce č. 78/2013 Sb.

- neobnovitelnou primární energii za rok

Pro výpočet neobnovitelné primární energie platí stejný princip jako u postupu pro výpočet celkové primární energie, do výpočtu však vstupuje F_i který činí faktor neobnovitelné primární energie

$$E_{\text{neobnovitelná primární}} = \sum_{i \in Z} E_i \times F_i \quad (2)$$

kde:

E_i je celková dodaná energie od energonositele

Z je množina všech typů energonositelů

F_i je faktor neobnovitelné primární energie energonositele uvedený v příloze č. 3 k vyhlášce č. 78/2013 Sb.



Tabulka č.2 , Příloha k vyhlášce č. 78/2013 Sb.

Energoinstel	Faktor celkové primární energie (-)	Faktor neobnovitelné primární energie (-)
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LGP	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektřina	3,2	3
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí	1	0
Elektřina-dodávka mimo budovu	-3,2	-3
Teplo-dodávka mimo budovu	-1,1	-1
Soustava zásobování tep.energií s vyšším než 80%podílem obn.zdr	1,1	0,3
Soustava zásobování tep.energií 50-80% podílem obnov.zdrojů	1,1	1
Soustava zásobování tep.energií s 50% a nižším podílem obn.zdr	1,1	1,2

- celkovou dodanou energii za rok

Celkovou dodanou energii zjistíme součtem všech dílčích dodaných energií do budovy.

- dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, chlazení, osvětlení za rok a přípravu teplé vody.

1) Dílčí dodanou energii pro systémy vytápění stanovíme jako součet vypočtené spotřeby energie na vytápění a pomocné energie na provoz technického systému. Výpočet energie na vytápění se stanoví podle normy ČSN EN ISO 13 790. Pomocné energie a účinnosti systémů jsou uvedeny v normě ČSN EN 15 316.



2) Časový úsek výpočtu může být jeden měsíc nebo jedna hodina, pro obytné budovy časovým úsekem bývá též celé období vytápění. Při časových intervalech delších obdobích než jeden měsíc zanedbáváme akumulované teplo v konstrukci budovy. Pro výpočet rodinných domů obvykle se používá měsíční časový úsek.

3) Budova je podle situace rozdělena do několika zón, nebo je uvažována jako jedna zóna. Za zónu lze považovat podle TNI 73 0331 přílohy B části budovy se stejným zdrojem vytápění nebo chlazení.

4) Potřeby energie na vytápění se počítají podle bilance jednotlivých zón.

5) Energetická bilance může být na úrovni budovy a na úrovni systému.

6) Bilance energie na úrovni budovy zahrnuje:

a) odvádění tepla prostupem mezi klimatizovaným prostorem a venkovním prostředím, které se udává rozdílem teplot mezi nimi

b) přenos tepla prostupem a větráním mezi přiléhajícími zónami, daný rozdílem mezi teplotou klimatizované zóny a teplotou sousedního prostoru

c) přenos tepla větráním daný rozdílem mezi teplotou klimatizovaného prostoru a teplotou přilehlého nevytápěného prostoru

d) teplo, které se zásobuje v hmotných konstrukcích

e) solární tepelné zisky

- přímé – prostupem skleněnými plochami
- nepřímé – pohlcováním na neprůsvitných prvcích budovy

f) vnitřní tepelné zisky. Vnitřní tepelné zisky vznikají od spotřebičů, osvětlení, ztrátové teplo od technických systémů nebo od osob které bydlí v budově.

g) potřebu energie na vytápění vytápěné zóny

7) Bilance energie na úrovni technických systémů budovy zahrnuje:

a) potřebu energie na vytápění zóny budovy

b) energii ze systémů využívající obnovitelné zdroje energie



- c) ztráty při výrobě, ukládání a rozvodu, sdílení a ztráty regulací vytápění
 - d) energii na vstupu do systému vytápění
 - e) energii na vstupu do centrálního přehřevu, včetně transportu, tepelných a regulačních ztrát
 - f) energetickou produkci ze systému vytápění
-
- a) průměrný součinitel prostupu tepla
 - b) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
 - c) účinnost technických systémů

2.7 Postup při výpočtu sledovaných ukazatelů PENB

2.7.1 Hodnoty parametru venkovního prostředí

Postup výpočtu parametru venkovního prostředí popisuje norma ČSN 73 0540-3. Abychom stanovili návrhovou hodnotu teploty venkovního vzduchu v zimním období Θ_e (°C) potřebujeme vědět teplotní oblast a nadmořskou výšku, ve které se nachází budova. A dále se počítá podle následujícího vztahu.

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_{e,100} \cdot (h-100/100) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (3)$$

kde:

$\Delta\theta_{e,100}$ (°C) je návrhová teplota venkovního vzduchu v dané teplotní oblasti a nadmořské výšce 100 m n.m

$\Delta\theta_{e,0}$ (K) je výškový teplotní gradient v dané oblasti pro nadmořské výšky nad 100 m n.m



Tabulka č. 3, teplotní oblasti ČR návrhová teplota v zimním období, jejich průměrná nadmořská výška a teplotní gradient. (převzato z Tab. 1 ČSN)

Teplotní oblast	h (m n.m)	$\theta_{e,100}$ (°C)	$\Delta\theta_{e,0}$ (°C)
1	240	-12	-0,5
2	320	-14	-0,3
3	540	-16	-0,2
4	820	-18	-0,2

Návrhová průměrná teplota pro zimní období se pro konkrétní oblast stanoví ze vztahu (3)

Pro výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé měsíce se používají průměrné parametry venkovního prostředí dle TNI 73 0331.

Tabulka č. 4, průměrné měsíční parametry venkovního prostředí, (převzato z Tab. C.2 TNI 73 0331)

	Průměrné měsíční parametry venkovního prostředí											
	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Teplota vzduchu (°C)	-1,3	-0,1	3,7	8,1	13,3	16,1	18	17,9	13,5	8,3	3,2	0,5
Tlak vodní páry (hPa)	4,9	5,1	6,1	7,4	10,4	12,8	14,2	14,0	11,6	9,0	6,8	5,5
Relativní vlhkost (%)	83,1	80,1	73,4	66,2	66,6	68,4	67,1	67,4	73,5	79,4	85,0	85,3
Absolutní vlhkost (g/m ³)	3,9	4	4,7	5,6	7,9	9,6	10,5	10,4	8,8	6,9	5,3	4,3

Tabulka č. 5, délka výpočetního kroku, (převzato z Tab. C.3 TNI 73 0331)

	Délka časového kroku výpočtu											
	Le-den	Ún-or	Bře-zen	Du-ben	Kvě-ten	Čer-ven	Čer-venec	Sr-pen	Zář	Ří-jen	Listo-pad	Prosi-nec
Počet dnů (den)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Počet hodin (h)	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744



Tabulka č. 6, výřitek z tabulky C.1 TNI 73 0331

Úhel sklonu plochy β	Dávka měsíčního slunečního ozáření H (kWh/(m ² ·měsíc))											
	Led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čvn	Čvc	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)												
0	20,8	37,0	72,2	113,8	148,8	146,2	144,3	136,2	87,1	56,5	25,2	14,9
15	27,5	46,4	89,0	124,6	155,5	149,8	148,8	147,3	97,9	69,9	33,8	20,8
30	32,0	53,1	90,8	128,9	154,8	146,2	145,8	151,8	104,4	79,6	41,0	25,3
45	35,7	57,1	93,0	127,4	147,3	136,1	136,9	148,1	105,1	85,6	46,1	29,0
60	37,2	57,8	91,5	118,8	132,4	120,2	121,3	136,9	100,8	86,3	48,2	30,5
75	36,5	55,8	84,8	105,1	111,6	99,4	101,2	119,0	91,4	82,6	48,2	30,5
90	34,2	51,1	74,4	85,7	87,0	75,6	78,1	96,0	77,8	74,4	45,4	29,0
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 15^\circ$												
15	26,8	45,7	82,6	123,8	155,5	149,8	148,8	147,3	97,2	69,2	33,8	20,8
30	32,0	52,4	90,0	128,2	154,8	146,9	145,8	151,0	103,0	78,9	40,3	25,3
45	35,0	55,8	92,3	126,0	146,6	136,8	136,9	147,3	103,7	84,1	44,6	28,3
60	36,5	56,4	90,0	118,1	132,4	121,7	122,0	136,2	98,6	84,1	46,8	30,5
75	35,7	54,4	83,3	104,4	112,3	101,5	101,9	118,3	89,3	80,4	46,8	30,5
90	33,5	49,7	72,9	86,4	88,5	77,8	79,6	96,7	75,6	72,2	43,2	29,0
Azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 105^\circ$												
15	19,3	34,3	67,7	108,7	143,6	143,3	139,9	130,2	81,4	52,1	22,3	13,4
30	17,9	31,6	62,5	101,5	133,2	135,4	130,9	120,5	74,9	47,6	20,9	12,6
45	16,4	29,6	57,3	94,3	121,3	124,6	119,0	108,6	67,7	43,9	18,7	11,9
60	14,9	26,9	52,1	85,7	107,9	113,0	106,4	97,5	61,2	40,2	17,3	11,2
75	13,4	24,2	46,9	76,3	94,5	99,4	93,0	84,8	54,7	35,7	15,8	9,7
90	11,2	20,8	40,2	66,2	80,4	85,7	79,6	72,9	46,8	32,0	13,7	8,2

TNI 73 0331 dále stanovuje v tabulkové příloze C.1 pro výpočet celkové dodané energie při měsíční kroku výpočtu energii dodanou slunečním zářením.

Hodnoty ozáření jsou rozděleny podle kalendářního měsíce azimutového úhlu a sklonu ozařované plochy a energie je dána ozářením H (kWh/(m²·měsíc)).

2.7.2 Tepelné odpory a součinitelé prostupu tepla

Při výpočtu dodané energie na vytápění je nutné nejprve určit měrnou ztrátu prostupem tepla H_T (W/K). Měrná ztráta prostupem tepla je dána průměrným celkovým součinitelem prostupu tepla U_m



a měrným tepelným tokem větráním H_v (W/K), který závisí na základními hygienickými požadavky pro daný počet lidí.

2.7.3 Součinitel prostupu tepla

Novela normy ČSN 73 0540-2 z roku 2011 zavádí k hodnocení součinitelů prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí dále hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla U_m obálky budovy jako celku. Hodnota U musí splňovat podmínku $U \leq U_N$, kde U_N je požadovaná hodnota která se uvádí v tabulce. Výsledná požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ musí podle normy splňovat podmínku $U_m \leq U_{em,N}$. Požadovanou hodnotu $U_{em,N}$ zjistíme výpočtem pro referenční budovu. Horní mez součinitele prostupu tepla je stanoven na $0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

$$U_m = \frac{H_T}{A} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (4)$$

A teplosměnná plocha obálky budovy $[\text{m}^2]$
 H_T je měrná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru $[\text{W/K}]$

$$U_{em,N,20} = \frac{\sum (U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum A_j + 0,02} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (5)$$

$U_{N,j}$ normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té konstrukce $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
 b_j teplotní redukční činitel $[-]$
 A_j plocha j-té konstrukce $[\text{m}^2]$

Pro budovy ve kterých je vnitřní teplota θ_{in} nastavena v intervalu od 18 do 22 °C a s relativní vlhkostí $\varphi_i \leq 60\%$ se požadované hodnoty U_N stanoví dle tabulky č.8 .

Pro budovy nespňující dané hodnoty požadovaná hodnoty U_N se stanoví z následujícího vztahu.

$$U_N = U_{N,20} \cdot e_1 \quad (6)$$



kde:

součinitel typu budovy $e_1 = \frac{16}{\theta_{im} - 4}$ [-]

pro koupelny $e_1 = 0,8$

$U_{N,20}$ součinitel pro teploty v intervalu 18 až 22 °C [W·m⁻²·K⁻¹]

Součinitel prostupu jednotlivých konstrukcí s uvažovaným lineárním tepelným tokem se stanoví z tepelného odporu konstrukce a odporů při přestupu tepla na vnitřní R_{si} a vnější straně R_{se} konstrukce.

$$U = (R_{si} + \sum R_j + R_{se})^{-1} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (7)$$

Kde:

R_{si} Vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla dle tabulky [m² · K · W⁻¹]

R_{se} Vnější tepelný odpor při přestupu tepla dle tabulky [m² · K · W⁻¹]

$R_j = d_j / \lambda_j$ Odpor j- té vrstvy konstrukce [m² · K · W⁻¹]

d_j Tloušťka j-té vrstvy konstrukce [m]

λ_j Součinitel tepelné vodivosti j-té vrstvy konstrukce [W·m⁻¹·K⁻¹]

Pro válcové stěny platí:

$$R_j = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{(2 \cdot \pi \cdot \lambda_j \cdot l) \cdot \frac{\alpha}{r_1}} \quad (8)$$

Kde

r_1 vnitřní poloměr oblouku stěny [m]

$r_2 = r_1 +$ síla stěny [m]

l výška stěny [m]

α vnitřní délka oblouku [m]

Tabulka č. 7, Tepelné odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce z ČSN EN ISO 6946

Roční období	Typ konstrukce	R (m ² · K · W ⁻¹)
-	svislá konstrukce	$R_{si} = 0,13$
-	vodorovná konstrukce tok nahoru	$R_{si} = 0,1$
-	vodorovná kon. Tok nadolu	$R_{si} = 0,17$
zimní období	vnější	$R_{se} = 0,04$
zimní období (n.v. ≥ 1000)	vnější	$R_{se} = 0,03$
letní období	vnější	$R_{se} = 0,07$



Tabulka č. 8, vybrané aktuální požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540 – 2 z roku 2011 týkající se konstrukčních prvků navrhované budovy

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)		
	Požadované hodnoty UN,20	Doporučené hodnoty Urec,20	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy Upas,20
stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ³⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
nekovový rám výplně otvoru	-	1,3	0,9 až 0,7



2.7.4 Součinitel prostupu tepla zeminou

Pro výpočet součinitele prostupu tepla zeminou platí norma ČSN EN ISO 13370.

Jestli už víme druh podkladové zeminy, podle normy ČSN EN ISO 13370 stanovíme hodnoty tepelné vodivosti zeminy.

Tabulka č. 9, tepelné vodivosti podkladové zeminy dle ČSN EN ISO 13370

Kategorie	Popis	Tepelná vodivost λ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	Hloubka průniku δ (m)
1	hlíny a jíly	1,5	2,2
2	písky a štěrky	2	3,2
3	stejnorodá skála	3,5	4,2

Pro výpočet součinitele prostupu tepla zeminou je nutné zavést charakteristický parametr podlahy B' (-)

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} \quad [m] \quad (9)$$

kde v případě posuzování celé budovy

A celková vnější půdorysná plocha kromě plochy nevytápěného prostoru [m²]

P celkový vnější obvod budovy kromě obvodu nevytápěného prostoru [m]

Dále se zavádí ekvivalentní tloušťka podlah d_t

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_t + R_{se}) \quad [m] \quad (10)$$

kde

λ vodivost podkladové zeminy [W·m⁻¹·K⁻¹]

w tloušťka obvodových stěn [m]

R_t celkový tepelný odpor podlahy včetně nášlapné vrstvy [m²·K·W⁻¹]

R_{si} vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla dle tabulky č.7 [m²·K·W⁻¹]

R_{se} vnější tepelný odpor při přestupu tepla (při styku se zeminou platí $R_{se} = 0$) [m²·K·W⁻¹]

Pro podlahy které celou svoji plochou leží na zemině

Pro $d_t < B'$ (běžně neizolované a špatně izolované podlahy) platí:



$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + dt} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{dt} + 1\right) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (11)$$

Pro $dt \geq B'$ (dobře izolované podlahy) platí:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + dt} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (12)$$

2.7.5 Měrný tepelný tok prostupem tepla budovy

Měrný tepelný tok H_T (W/K) ukazuje celkové tepelné ztráty prostupem tepla obálkou při daném rozdílu venkovních a vnitřních teplot.

Metoda výpočtu podle ČSN 730540-4 – Zjednodušená metoda

$$H_T = \sum A_j \cdot U_j \cdot b_j + A \cdot \Delta U_{t_{bm}} \quad [\text{W/K}] \quad (13)$$

- A** - plocha všech ochlazovaných konstrukcí obálky budovy $[\text{m}^2]$
A_j - plocha j-té ochlazované konstrukce obálky budovy $[\text{m}^2]$
b_j - činitel teplotní redukce j-té konstrukce, běžně z ČSN 73 0450-3 [-]
(pro přilehlé nevytápěné prostory $b_j = 0,49$)
U_j - součinitel prostupu tepla j-té konstrukce $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
ΔU_{t_{bm}} - průměrný vliv všech tepelných vazeb $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
b_j - je činitel teplotní redukce j-té konstrukce [-]

Jestli se při výpočtu H_T používá zjednodušená metoda, je vhodné pro staré budovy započítat vliv tepelných mostů $\Delta U_{t_{bm}}$ dle tabulky č.10.

Tabulka č. 10, hodnoty $\Delta U_{t_{bm}}$ dle ČSN 73 0540-4

Řešení konstrukce	$\Delta U_{t_{bm}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami	$\approx 0,02$
budovy s běžnými tepelnými vazbami	$\approx 0,1$
budovy s mírnými tepelnými vazbami	$\approx 0,05$
budovy s mírnými tepelnými vazbami	$\approx 0,05$



2.7.6 Měrný tepelný tok přes neklimatizované prostory H_U (W/K)

Výpočetní postupy popisuje norma ČSN EN ISO 13789.

$$H_U = H_{lu} \cdot b \quad [\text{W/K}] \quad (14)$$

kde

$$\begin{aligned} b &= H_{ue}/(H_{lu}+H_{ue}) \text{ redukční činitel rozdílu teplot} & [-] & (15) \\ H_{lu} & \text{ měrný tok mezi klimatizovaným a neklimatizovaným prostorem} & [\text{W/K}] & \\ H_{ue} & \text{ měrný tok mezi neklimatizovaným a venkovním prostorem} & [\text{W/K}] & \end{aligned}$$

2.7.7 Měrný tepelný tok prostupem tepla zeminou H_g (W/K)

Výpočet prostupu tepla zeminou a měrného tepelného toku prostupem tepla zeminou H_g (W/K), se určuje dle normy ČSN EN ISO 13370. Prostup tepla zeminou podle normy závisí na tepelném toku plochou podlahy, tepelném toku obvodem podlahy, který je daný tepelnými mosty po obvodu podlahy a též tepelně setrvačnými vlastnostmi zeminy. Pro účely této práce bude popsán vztah, uvedený v této normě s využitím hodnot pro lineární činitele prostupu tepla Ψ_g získanými z ISO 14683.

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_g \quad [\text{W} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (16)$$

kde

$$\begin{aligned} P & \text{ - celkový vnější obvod budovy kromě plochy nevytápěného prostoru} & [\text{m}] & \\ A & \text{ - celková vnější půdorysná plocha kromě plochy nevytápěného prostora} & [\text{m}^2] & \\ \Psi_g & \text{ - lineární činitel prostupu tepla} & [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] & \\ U & \text{ - součinitel prostupu tepla zeminou} & [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] & \end{aligned}$$

Když se jedná o klimatizovanou podlahu, vnitřní návrhovou teplotu nahradí střední teplota v rovině otopného prvku. Střední teplota v rovině otopného prvku θ_h se určuje z tepelného toku Φ_2 , který zahrnuje veškeré ztráty vytápěné části budovy, podle následujícího vztahu.



$$\theta_h = \theta_1 + \frac{R_1 \cdot \Phi_2}{A} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (17)$$

kde:

odpor materiálu nad rovinou otopného prvku R_1 $[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$
plocha podlahy A $[\text{m}^2]$
vnitřní návrhová teplota θ_1 $[^{\circ}\text{C}]$

Tabulka č. 11, dle ISO 14683

Rozhraní	Typ tepelného mostu	Ψ_e W/(m·K)
Zed'/střecha	R2	0,50
Zed'/Zed'	C2	0,10
Zed'/Přízemní podlaha	GF6	0,45

2.7.8 Celkový měrný tepelný tok prostupem tepla H_T (W/K)

Celkový měrný tepelný tok prostupem tepla je dán součtem následujících položek.

$$H_T = H_o + H_g + H_u \quad [\text{W/K}] \quad (18)$$

Kde H_o je přímý měrný tepelný tok mezi vnitřním a venkovním prostředím $[\text{W/K}]$

Kde H_g je měrný tepelný tok prostupem zeminou $[\text{W/K}]$

Kde H_u je měrný tepelný tok prostupem do přilehlých budov $[\text{W/K}]$

2.7.9 Měrný tepelný tok větráním H_v (W/K)

Objekt by měl být navržen tak aby potřeba chlazení byla co nejmenší. U obytných budov lze potřebu energie na chlazení eliminovat, ale u administrativních budov stavebním řešením tuhle potřebu nelze úplně eliminovat. Klimatizační systémy jsou běžný způsob jak vyřešit chlazení, např. v administrativních budovách.

Vedle klimatizačního způsobu chlazení existuje ale i způsob nízkoenergetického chlazení jako je noční větrání, adiabatické chlazení, využití zemského polomasivu



nebo využití spodní vody. Při nočním větrání předpokládáme nízkou teplotu a dobrou větratelnost budovy.

Vzhledem na teplotu vzduchu můžeme říci, že jsou podmínky v České republice příznivé. V létě noční teploty neklesají pod 15 °C, resp. 20 °C. Existují 2 druhy nočního větrání. Nucené nebo přirozené. Přirozené větrání nespotřebuje žádnou energii, ale celá konstrukce budovy musí být přizpůsobená tak, aby zajistila přístup větracího vzduchu k akumulární hmotě budovy. Během nuceného větrání vzduch dováží ventilátory. Při takovém odvodu teplotní zátěže musíme analyzovat spotřebu energie pro pohon ventilátorů, protože špatné nastavení může způsobit vyšší nárok na energie než při používání klimatizačních zařízení. Nevýhodou nočního větrání je že se hodí jen pro administrativní budovy. Pro zajištění hygienického prostředí k pobytu osob platí obecné doporučení na základě produkce CO₂ výměna 15 – 30 m³ · h⁻¹ vzduchu na osobu. Dále udává norma ČSN 73 0540 – 2 požadovanou násobnost výměny vzduchu **n** 0,3 – 0,6 h⁻¹.

následující vztahy vyplívají z normy ČSN EN 13 789

$$H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot V_{V,j} \quad [\text{W/K}] \quad (19)$$

pro přirozené větrání platí následující vztah pro určení **V_{V,j}**

$$V_{V,j} = n_j \cdot \frac{V_{a,j}}{3600} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (20)$$

Kde:

měrná tepelná kapacita vzduchu c_a	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
hustota vzduchu ρ_a	[kg/m ³]
objem vzduchu v j-té zóně V_{a,j}	[m ³]
násobnost výměny vzduchu n_j	[h ⁻¹]
objemový tok vzduchu pro větrání j-té zóny V_{V,j}	[m ³ /s]



2.8 Tepelný tok a tepelná ztráta prostupem tepla a větráním

2.8.1 Tepelná ztráta obálkou [MJ]

$$Q_T = H_T \cdot (\theta_1 - \theta_e) \cdot t \quad [\text{MJ}] \quad (21)$$

Kde

θ_e	venkovní teplota	[°C]
θ_1	vnitřní teplota	[°C]
t	délka kroku výpočtu	[Ms]

2.8.2 Měsíční tepelný tok tepla zeminou Φ_m

$$\Phi_m = H_g \cdot (\theta_1 - \theta_e) + H_{p1} \cdot (\theta_1 - \theta_{i,m}) + H_{pe} \cdot (\theta_e - \theta_{e,m}) \quad [\text{W}] \quad (22)$$

kde

periodický měrný tepelný tok v důsledku kolísání vnitřní teploty H_{p1} [W/K]

Jestli vnitřní návrhová teplota je konstatní není nutno uvažvat periodický měrný tepelný tok.

periodický měrný tepelný tok v důsledku kolísání venkovní teploty H_{pe}

$$H_{pe} = 0.37 \cdot P \cdot \lambda \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right) \quad [\text{W/K}] \quad (23)$$

$$\theta_{e,m} = \bar{\theta}_e - \hat{\theta}_e \cdot \cos\left(\frac{2\pi(m-T)}{12}\right) \quad [^\circ\text{C}] \quad (24)$$

kde

θ_e	venkovní teplota	[°C]
θ_1	vnitřní teplota	[°C]
$\hat{\theta}_e$	amplituda kolísání průměrné měsíční venkovní teploty	[°C]
$\bar{\theta}_e$	roční průměrná venkovní teplota (8,43 °C)	[°C]
$\theta_{e,m}$	měsíční průměrná venkovní teplota v měsíci m	[°C]
m	pořadové číslo měsíce	[-]
δ	hloubka průniku tab.č. 666	[m]
T	pořadové číslo měsíce s nejnižší venkovní teplotou	[-]

Pro tepelnou ztrátu prostupem tepla zeminou za výpočtový krok platí

$$Q_m = \Phi_m \cdot t \quad [\text{MJ}] \quad (25)$$

kde

t	délka kroku výpočtu	[Ms]
-----	---------------------	------



2.8.3 Tepelná ztráta větráním Q_v (MJ)

$$Q_v = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad [\text{MJ}] \quad (26)$$

kde

θ_i	vnitřní teplota	[°C]
θ_e	venkovní teplota	[°C]
t	délka kroku výpočtu	[Ms]

2.8.4 Celkové množství přeneseného tepla při vytápění

Q_{ht} - celkové množství přeneseného tepla při vytápění

Q_v - celkový tepelný tok větráním Q_v

Q_t - celkové přenesené teplo prostupem obálkou budovy

$$Q_{ht} = Q_t + Q_v \quad [\text{MJ}] \quad (27)$$

2.9 Tepelné zisky

2.9.1 Solární tepelné zisky

Výpočet solárních tepelných zisků se provádí podle normy ČSN EN ISO 13 790. Norma popisuje stavební prvky včetně jejich schopnosti využití solárních tepelných zisků. V rámci stavebních prvků jsou zahrnuti obvodové neprůhledné prvky, vnitřní konstrukční prvky a všechna zasklenění.

Pro výpočet solárních zisků je nutné určit:

Účinná solární sběrná plocha zasklených prvků

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1-F_F) \cdot A_{wp} \quad [\text{m}^2] \quad (28)$$

$$g_{gl} = F_w \cdot g_{gl,n} \quad (29)$$

$$F_{sh,gl} = \frac{((1-f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh})}{g_{gl}} \quad (30)$$

kde

$f_{sh,with}$ podíl doby se stínícími prvky a podíl celkové doby [-]



$F_{sh,gl}$	korekční činitel pohyblivého stínění	[-]
g_{gl+sh}	propustnost sluneční energie se stínícími prvky	[-]
g_{gl}	propustnost sluneční energie bez stínících prvků	[-]
F_w	korekční činitel pro nerozptylující zasklení, lze uvažovat hodnotu 0,9	[-]
$g_{gl,n}$	propustnost sluneční energie pro kolmé záření	[-]
A_{wp}	celková plocha zaskleného prvku (včetně rámu)	[m ²]
F_F	podíl plochy rámu k pohledové ploše A_{wp}	[-]

Tabulka č. 12, Typické hodnoty $g_{gl,n}$ dle ČSN EN 13 790

Typ zasklení	$g_{gl,n}$ (-)
Jednoduché zasklení	0,85
Dvojitě zasklení	0,75
Dvojitě zasklení se selektivní vrstvou	0,67
Dvojitě okno 0,75	0,75
Trojité zasklení	0,7
Trojité zasklení se dvěma selektivními vrstvami	0,5

Účinná solární sběrná plocha neprůhledných prvků

$$A_{sol} = \alpha_{\epsilon,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \quad [m^2] \quad (31)$$

kde

$\alpha_{\epsilon,c}$	emisivita konstrukčního prvku	[-]
U_c	součinitel prostupu tepla konstrukčního prvku	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]
R_{se}	vnější tepelný odpor při přestupu tepla	[m ² ·K·W ⁻¹]
A_c	plocha konstrukčního prvku	[m ²]

Solární tepelný tok $\Phi_{sol,k}$ k-tým konstrukčním prvkem je dán vztahem

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,A} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k} \quad [W] \quad (32)$$

Celkový solární tepelný zisk je dán součtem všech solárních tepelných toků zasklenými a neprůhlednými prvky.

kde

$F_{sh,ob,A}$	korekční činitel na externí překážky	[-]
$A_{sol,k}$	účinná solární sběrná plocha dané konstrukce	[m ²]



- $I_{sol,k}$ ozáření, energie solárního záření, na konstrukci dané prostorové orientace **[W·m⁻²]**
 $F_{r,k}$ faktor sálání mezi stavební prvkem a oblohou (0,5 svislý prvek a 1 vodorovný) **[-]**
 $\Phi_{r,k}$ tepelný tok daný sáláním mezi stavebním prvkem a oblohou **[-]**

Tabulka č. 13, zjednodušené hodnoty $F_{sh,ob,A}$ dle dodatkových informací 78/2013

Okna a prosklené plochy v nejnižším nadzemním podlaží	$F_{sh} = 0,6$
Okna a prosklené plochy v ostatních vyšších nadzemních podlažích	$F_{sh} = 0,9$

Pro tepelný tok daný sáláním vůči obloze platí vztah

$$\Phi_{r,k} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta T_{er} \quad \text{[W]} \quad (33)$$

kde

ΔT_{er} - průměrný rozdíl teploty vzduchu a zdánlivé teploty oblohy, pro mírné pásmo

$\Delta T_{er} = 11$ K - součinitel přestupu tepla sáláním

$$h_r = \frac{\alpha_{\varepsilon,c} \cdot \sigma \cdot (T_{oblohy} + T_{povrchu})^3}{2} \quad \text{[W·m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}] \quad (34)$$

2.9.2 Vnitřní tepelné zisky

Podle normy ČSN 13 790 do vnitřních tepelných zisku zahrnujeme teplo pocházející z osvětlení, teplo odvádějící z domácích spotřebičů, teplo systémů vytápění a též metabolické teplo obyvatel.



Výpočet energie na osvětlení a tepelných zisků od osvětlení:

Tabulka č. 14, Požadovaná minimální průměrná osvětlenost E_m (lx), v bytových a obytných budovách je určena přílohou B1 normy ČSN 73 4301.

Prostor	Udržovaná osvětlenost E_m (lx)	Index oslnění UGR_L	Index podání barev R_a	Výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou (m)
1 Domovní dvory, atria	10	–	–	0
2 Domovní, méně frekventované komunikace	20	25	80	0
3 Vnitřní části domovních vstupů, vstupy do výtahů u objektů s malou frekvencí	30	25	80	0
4 Na místě se jménem uživatele bytu, na zvonkovém tablu a na vstupu do bytu	30	–	–	–
5 Celkové osvětlení obytné místnosti (které se ještě doplňuje místním osvětlením)	50	22	80	0,85
6 Komunikace v bytě	75	22	80	0
7 Obytné kuchyně, šatny, spíže	100	22	80	0,85
8 Sušárny, úschovny kočárků a kol	100	28	80	0,85
9 Domovní, frekventované komunikace včetně vnitřních částí vstupů a vstupy do výtahu – zvýšený pohyb v objektu nebydlících osob	100	25	80	0
10 Domovní prádelny	150	25	80	0,85
11 Koupelny, WC	200	22	80	0,85
12 Domácí dílny, místnost pro domácí práce, mandl	300	22	80	0,85
13 Kuchyňská pracovní linka, varná deska sporáku	300	22	90	–

Kvůli chýbějícím vstupním údajům k osvětlení budovy nemůžeme počítat podle typických metod pro stanovení energie na osvětlení. Vzhledem k tomu v rozsahu této práce budeme používat průměrný měrný příkon pro osvětlení rodiných a bytových domů vztažený k osvětelnosti zóny $P_{L,ix,R} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$. Stanovíme běžné využívání denního světla od 6:00 do 22:00.



$$Q_L = A_{\text{průměrné místnosti}} \cdot P_{L \text{ lx R}} \cdot 166 \cdot t \cdot n \quad [\text{kWh; m}^2; \text{lx}; \text{h}; \text{osob}] \quad (35)$$

2.9.3 Tepelné zisky od osvětlení

Celkový příkon od osvětlení se přeměňuje na teplo a proto energie na osvětlení se rovná tepelnému zisku.

Výpočet energie na přípravu TV v přímo ohřívaném zásobníku a tepelné zisky

$$Q_{W,nd} = q_w \cdot n \cdot 4180 \cdot 0,998 \cdot (\theta_{W,h} - \theta_{W,c}) \quad [\text{J/den}] \quad (36)$$

n – počet osob bydlících v domě [-]

Výchozí hodnoty pro výpočet energie na ohřev TV dle TNI 73 0331.

Teplota studené vody v České republice je $\theta_{W,c} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Pro rodinné domy je měrná denní spotřeba vody q_w o teplotě teplé vody $\theta_{W,h} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ 35-55 l/(os.den) .

- $Q_{W,nd} = n \cdot 40 \cdot 4180 \cdot 0,998 \cdot 45$
Obvykle se uvádí 40 l/(os.den) $\theta_{W,h} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- Denní ztráta zásobníku s přímým ohřevem o objemu 200 l
- $Q_{W,gen,ls,d} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ (kWh/den)} = 0,023 \text{ (MJ/den)}$
- Denní ztráta tepla rozvodů teplé vody bez cirkulace standardního průměru trubky 1" s izolací 20mm
- $Q_{W,dis,ls} = 146,3 \cdot 10^{-3} \text{ (kWh} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{den}^{-1})$
- Pro účel PENB dle metodických pokynů zákona č. 78/2013 sb.
 $Q_{W,dis,ls} = 44,7 \cdot 10^{-3} \text{ (kWh} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{den}^{-1})$

pro výpočet $Q_{W,dis}$ platí

$$Q_{W,dis} = Q_{W,dis,ls} \cdot (L_s + L_v) \quad [\text{kWh/den}] \quad (37)$$

$$\text{délka vodorovného rozvodu } L_s = 2 \cdot L_B + 0,0125 \cdot L_B \cdot B_B \quad [\text{m}] \quad (38)$$

$$\text{délka hlavního rozvodu } L_v = 0,075 \cdot L_B \cdot B_B \cdot n_f \cdot h_f \quad [\text{m}] \quad (39)$$

kde



L_B	největší délka domu	[m]
B_B	největší šířka domu	[m]
n_f	počet podlaží domu	[-]
h_f	výška podlaží domu	[m]

Celková energie Q_W pro přípravu TV s rozvody vody bez systému cirkulace, přípravu v zásobníku s přímým ohřevem a bez započtení ztrát v elektrickém vedení.

$$Q_W = Q_{W,nd} + Q_{W,gen,ls,d} \cdot 3,6 \cdot 10^6 + Q_{W,dis} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \quad [\text{J/den}] \quad (40)$$

2.9.4 Tepelné zisky z metabolického tepla osob a technického vybavení domácnosti

Tabulka č. 15, výchozí hodnoty pro výpočet tepelných zisků dle TNI 73 0331.

Typ zony	Měrné tepelné zisky od osob	Časový podíl přítomnosti osob	Měrné tepelné zisky z vybavení	Časový podíl doby provozu
	q_{oc} W/m ²	f_{oc} -	q_{ap} W/m ²	f_{ap} -
Rodinný dům - obytné prostory	1,5	0,7	3	0,2
Rodinný dům - prostory bez pobytu osob	0	0	0	0,2

$$Q_{l,s} = A_Z \cdot (q_{oc} \cdot f_{oc} + q_{ap} \cdot f_{ap}) \cdot 24 / 100 \quad [\text{kWh/den}] \quad (41)$$

Uvedená data platí pro obsazenost 40 m²/os.

2.9.5 Potřeba tepla na vytápění

Podle normy ČSN EN ISO 13790 se počítá potřeba tepla na vytápění $Q_{H,nd}$

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad [\text{MJ}] \quad (42)$$

kde

$\eta_{H,gn}$ faktor využitelnosti tepelných zisků	[-]
$Q_{H,ht}$ celková tepelná ztráta budovy	[MJ]
$Q_{H,gn}$ celkové solární a vnitřní tepelné zisky	[MJ]



2.9.6 Faktor využitelnosti tepelných zisků $\eta_{H,gn}$

Pro výpočet faktoru využitelnosti tepelných zisků platí následující vztahy dle ČSN EN ISO 13790

$$\tau = \frac{\frac{C_m}{3600}}{H_T + H_V} \quad [\text{h}] \quad (43)$$

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad [-] \quad (44)$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad [-] \quad (45)$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}} \quad [-] \quad (46)$$

Kde

$Q_{H,ht}$ celkové ztráty ve výpočtovém kroku [MJ]

$Q_{H,gn}$ celkové zisky ve výpočtovém kroku [MJ]

γ_H — bilanční poměr [-]

a_H číselný parametr závisející na časové konstantě [-]

$a_{H,0}$ číselný parametr (pro měsíční výpočtový krok $a_{H,0} = 1,0$) [-]

$\tau_{H,0}$ referenční časová konstanta (pro měsíční výpočtový krok $\tau_{H,0} = 15$) [-]



Tabulka č. 16, orientační hodnoty vnitřní tepelné kapacity pro výpočet časové konstanty dle ČSN EN ISO 13790

Konstrukce	C _m [J/K]
Velmi lehká	80 000 · A _f
Lehká	110000 · A _f
Střední	165 000 · A _f
Těžká	260 000 · A _f
Velmi těžká	370 000 · A _f

kde

A_f podlahová plocha budovy

[m²]

C_m vnitřní tepelná kapacita budovy

[J/K]

2.9.7 Celkové měsíční tepelné zisky Q_{gn}

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [MJ] \quad (47)$$

Kde

Q_{sol} celkové solární tepelné zisky

[MJ]

Q_{int} celkové vnitřní tepelné zisky

[MJ]

3. Vytvoření průkazu energetické náročnosti

3.1 Dodaná energie na vytápění

Posuzovaná budova se nachází v městě Cheb. V dané budově je instalováno vytápění plynem. V rámci systému vytápění není instalováno podlažní vytápění. Účinnost podle TNI 730331 je $\eta = 0,9$ a systém neobsahuje ztráty způsobené pomocnými zařízeními. Vytápí se plynem.

Celková spotřeba energie na vytápění $E = \frac{94457,8}{0,9} = 104953 \text{ kWh} = 377831,1 \text{ MJ}$

Celková spotřeba celkové primární energie za rok na vytápění je

$377831,1 \cdot 1,1 = 415614,2 \text{ MJ}$

Celková spotřeba neobnovitelné primární energie za rok na vytápění je

$377831,1 \cdot 1,1 = 415614,2 \text{ MJ}$



Pro referenční budovu $E = \frac{105185,8}{0,9} = 116873,15 \text{ kWh} = 420743,33 \text{ MJ}$

Celková spotřeba neobnovitelní primární e. za rok na vytápění = $420743,33 \cdot 1,1 = 462817,67 \text{ MJ}$

3.2 Potřeba energie na osvětlení

Časy východu a západu slunce se pro oblast Chebu, kde se nachází posuzovaná budova, minimálně liší od Prahy. Proto tabulka obsahuje údaje pro zeměpisnou oblast Prahy.

tabulka č.17 - Tabulka východu a západu Slunce byla převzata z : www.timeanddate.com/worldclock/sunrise/html

Měsíc	Východ(h)	Západ(h)	Doba svícení od 06:00h do východu slunce	Doba svícení večer od 22:00h do západu slunce	Počet dní v měsíci	Dodana energie pro světla pro 4 osoby daný měsíc(kWh)
leden	8:00	16:30	2	5,5	31	124,87
únor	7:15	16:15	1,25	5,75	28	88,2
březen	6:20	18:15	0,3	3,75	31	56,49
duben	6:15	19:15	0,25	2,25	30	33,75
květen	5:09	20:30	0	1,5	31	20,92
červen	5:00	21:30	0	0,5	30	6,75
červenec	5:15	21:00	0	1	31	13,95
srpen	5:40	20:30	0	1,5	31	20,92
září	6:30	19:00	0,5	3	30	47,25
říjen	7:15	18:15	1,25	3,75	31	69,75
listopad	7:15	16:15	1,25	5,75	30	94,5
prosinec	8:00	16:00	2	6	31	111,6
celková						688,95

3.3 Potřeba energie na přípravu a rozvod teplé vody

Při výpočtu teplé vody používáme vzorec (36) a (40)

$$Q_{W,nd} = q_W \cdot n \cdot 4180 \cdot 0,998 \cdot (\theta_{W,h} - \theta_{W,c}) = 40 \cdot 4 \cdot 4180 \cdot 0,998 \cdot (60-10) = 33373120 \text{ J/den}$$

$$Q_W = Q_{W,nd} + Q_{W,gen,ls,d} \cdot 3,6 \cdot 10^6 + Q_{W,dis} \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 56,250 \text{ MJ/ den} = 15,62 \text{ kWh/den}$$



Tabulka č.18 roční spotřeba energie na přípravu a rozvod teplé vody

měsíc	počet dní v měsíci	Qw [MJ/měsíc]	Qw [kWh/měsíc]
Leden	31	1743,2	484,22
Únor	28	1574,5	437,36
Březen	31	1743,2	484,22
Duben	30	1686,96	468,6
Květen	31	1743,2	484,22
Červen	30	1686,96	468,6
Červenec	31	1743,2	484,22
Srpen	31	1743,2	484,22
Září	30	1686,96	468,6
Říjen	31	1743,2	484,22
Listopad	30	1686,96	468,6
Prosinec	31	1743,2	484,22
Celk(MJ)		22211,7	
Celk(kWh)			6169,9

4. Protokol PENB a zařazení budovy do klasifikační třídy

Zařazení budovy do klasifikační třídy se provádí podle tabulky č. 19

Tabulka č. 19, hodnocení energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č.78/2013

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	Uem	
A	0.5 x Er	0.65 x Er	Mimořádně úsporná
B	0.75 x Er	0.8 x Er	Velmi úsporná
C	Er		Úsporná
D	1.5 x Er		Méně úsporná
E	2 x Er		Nehospodárná
F	2.5 x Er		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná



Energetická náročnost hodnocene budovy

tabulka č.20 – přepočtena energie s uvažováním energoinstele

Energoinstel	Zemní plyn	
Dílčí vypočtena spotřeba energie	104953	[kWh/rok]
Faktor celkové primární energie	1,1	[-]
Faktor neobnovitelné primární energie	1,1	[-]
Celková primární energie	115448,4	[kWh/rok]
Celková neobnovitelná energie	115448,4	[kWh/rok]

tabulka č.21 – energie na vytápění , osvětlení a přípravu teplé vody

	Vytápění		Příprava teplé vody		Osvětlení		
	referenční	hodn.	ref.	hodn.	ref.	hodn.	
Potřeba energie	105185,8	94457,8	3511,9	3511,9	688,95	688,95	kWh/rok
Vypočtená spotřeba energie	116873	104953	6169,9	6169,9	688,95	688,95	kWh/rok
Pomocná energie	0	0	0	0	0	0	kWh/rok
Dílčí dodaná energie	116873	104953	61699	61699	688,95	688,95	kWh/rok

tabulka č.22 – zobrazení celkové dodané a celkové neobnovitelné energie

	Celková dodaná energie	Celková neobnovitelná energie	
Referenční budova	128560,46	128560,46	[kWh/rok]
Hodnocená budova	115448,39	115448,39	[kWh/rok]

Vzhledem k tomu že dům vytápíme plynem z hlediska celkové dodané a celkové neobnovitelné energie energetická náročnost budovy je $E = E_R \times 1.1$
 A z tabulky č.19 vyplývá že budova je energetický úsporná (C).



5. Závěr

Cílem práce bylo seznámit se s legislativou tvorby PENB, spočítání energetické náročnosti specifické budovy a vytvořit pro něj výpočtový kód v softwaru Wolfram Mathematica vhodný pro další použití. První část obsahuje příslušnou legislativu a doporučené nebo zavazující postupy k vytváření PENB. Pro mě rozhodující byly normy ČSN 73 0540, TNI 73 0331 a zákon č. 406/2006 Sb. doplněné vyhláškou č. 78/2013. Druhá část se zabývá výpočtem a vyhodnocením konkrétní budovy. Tento výpočet je v příloženém notebooku přiloženém v elektronické příloze. V textové části je tento výpočet přehledně rozepsán. Na závěr je spočtena referenční budova E_R , ze které je vyhodnocena celková energetická náročnost písmeny A až G. Můj hodnotící objekt získal hodnocení C - energeticky úsporná budova. Součástí práce mělo být porovnání výpočetní kódu ve Wolfram Mathematice s komerčním softwarem vyhodnocujícím PENB. Bohužel vedoucí práce neměl dostupnou licenci, proto mi doporučil dokončit práci bez tohoto bodu.



Použitá literatura

- [1] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov
[2] <http://www.tzb-info.cz/>
[3] <http://www.mpo.cz/dokument36333.html>
[4] <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>
[5] TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. Gorazdova 24, 128 01 Praha 2: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
[6] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Gorazdova 24, 128 01 Praha 2: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
[7] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov - Část 1: Požadavky*. Gorazdova 24, 128 01 Praha 2: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
[8] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Gorazdova 24, 128 01 Praha 2: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
[9] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Gorazdova 24, 128 01 Praha 2: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

Seznam obrázků

Obrazek č.1 - Harmonogram povinnosti zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti budovy	7
Obrazek č.2 - grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budov	14

Seznam tabulek

Tabulka č.1 - obvyklé ceny průkazů energetické náročnosti budov	9
Tabulka č.2 - Příloha k vyhlášce č. 78/2013 Sb. – faktory primární energie	16
Tabulka č.3 - teplotní oblasti ČR návrhová teplota v zimním období, jejich průměrná nadmořská výška a teplotní gradient	19
Tabulka č.4 - průměrné měsíční parametry venkovního prostředí.....	19
Tabulka č.5 - délka výpočetního kroku	19
Tabulka č.6 - dávka měsíčního slunečního záření	20
Tabulka č. - tepelné odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce..	22
Tabulka č.8 - vybrané aktuální požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla.....	23
Tabulka č.9 - tepelné vodivosti podkladové zeminy	24
Tabulka č.10 - hodnoty ΔU_{tbm} dle ČSN 73 0540-4	25



Tabulka č.11 - lineární činitele prostupu tepla zeminou.....	27
Tabulka č.12 - Typické hodnoty $g_{gl,n}$ dle ČSN EN 13 790	31
Tabulka č.13 - zjednodušené hodnoty $F_{sh,ob,A}$	32
Tabulka č.14 - Požadovaná minimální průměrná osvětlenost E_m (lx)	33
Tabulka č.15 - výchozí hodnoty pro výpočet tepelných zisků.....	35
Tabulka č.16 - orientační hodnoty vnitřní tepelné kapacity pro výpočet časové Konstanty.....	37
Tabulka č.17 - Tabulka východu a západu Slunce.....	38
Tabulka č.18 - roční spotřeba energie na přípravu a rozvoř teplé vody.....	39
Tabulka č.19 - hodnocení energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č.78/2013.....	39
Tabulka č.20 - přepočtena energie s uvažováním energoinstele.....	43
Tabulka č.21 - energie na vytápění , osvětlení a přípravu teplé vody.....	43
Tabulka č.22 - zobrazení celkové dodané a celkové neobnovitelné energie	43

SEZNAM PŘÍLOH

1. Půdorys prvního patra
2. Půdorys druhého patra
3. Vnější rozměry domů