

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
STAVEBNÍ FAKULTA

Katedra konstrukcí pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

KLIMATICKY NEUTRÁLNÍ BYTOVÝ DŮM
CLIMATE NEURAL RESIDENTIAL HOUSE

Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí
Vedoucí práce: Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.
Vypracovala: Bc. Gabriela Teleková

2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce pana Ing. Antonína Lupíška, Ph.D. Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala jsou uvedeny v seznamu referencí.

V Praze dne 7. ledna 2018

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Antonínovi Lupíškovi, Ph.D. za podnětné připomínky a osobní přístup během vypracování této práce. Dále děkuji Bc. Tomášovi Bedřichovi a své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Obsahem práce je posouzení studie vybraného bytového domu z environmentálního hlediska navržením třech variant materiálového a provozního řešení a ověření možnosti návrhu klimaticky neutrálního bytového domu. Varianty byly posouzené z hlediska produkce emisí skleníkových plynů ve fázi výstavby a provozu a porovnány s vypočteným emisním limitem na jednoho obyvatele bytového domu České republiky, který vychází z limitů stanovených Pařížskou klimatickou dohodou.

Klíčové slova

klimaticky neutrální bytový dům, globální oteplování, skleníkové plyny, GWP, SBTool, Envimat, Pařížská klimatická dohoda, obnovitelné zdroje energie

Abstract

This thesis is about evaluating a case study of a residential house from the environmental point of view by offering three variants of material and operational solutions and about verifying a possibility to design a climate neutral residential house. The variants have been evaluated from greenhouse gas emissions point of view in construction and operation phases and compared with calculated emission limit per one Czech resident of a residential house, which is based on limits given by the Paris climate agreement.

Key words

climate neutral residential house, global warming, greenhouse gas, GWP, SBTool, Envimat, the Paris climate agreement, renewable energy sources

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod | 11 |
| 2 | Rešerše klimatických cílů a závazků | 12 |
| 2.1 | Cíl diplomové práce | 12 |
| 2.2 | Základní pojmy..... | 12 |
| 2.3 | Popis problému..... | 13 |
| 2.3.1 | Jaké to může mít důsledky? | 15 |
| 2.4 | Metodika..... | 16 |
| 2.5 | Emisní indikátor | 16 |
| 2.6 | Stanovení emisních požadavků pro bydlení..... | 16 |
| 3 | Studie bytového domu..... | 18 |
| 4 | Energetický koncept bytového domu | 24 |
| 4.1 | Obecný postup při výpočtu potřeby energií | 24 |
| 4.1.1 | Celkové tepelné ztráty budovy [9] | 24 |
| 4.1.2 | Celkové tepelné zisky budovy [9] | 27 |
| 4.1.3 | Potřeba tepla na vytápění budovy [9]..... | 30 |
| 4.1.4 | Potřeba chladu na chlazení budovy [12]..... | 32 |
| 4.1.5 | Potřeba tepla na přípravu teplé vody [13] | 32 |
| 4.1.6 | Potřeba energie na větrání | 33 |
| 4.1.7 | Potřeba energie na osvětlení | 33 |
| 4.1.8 | Potřeba pomocné energie | 34 |
| 4.2 | Varianta 1..... | 34 |
| 4.2.1 | Fáze výstavby | 35 |
| 4.2.2 | Fáze provozu..... | 43 |
| 4.2.3 | Vyhodnocení emisí GWP | 60 |
| 4.3 | Opatření 1 – změna materiálového složení | 60 |
| 4.4 | Opatření 2 – lepší zateplení budovy..... | 60 |
| 4.5 | Opatření 3 – zavedení chlazení | 60 |
| 4.6 | Opatření 4 – změna zdrojů energií..... | 61 |
| 4.7 | Varianta 2..... | 61 |
| 4.7.1 | Fáze výstavby | 64 |
| 4.7.2 | Fáze provozu..... | 70 |
| 4.7.3 | Posouzení emisí GWP | 84 |
| 4.8 | Varianta 3..... | 85 |
| 4.8.1 | Fáze výstavby | 86 |
| 4.8.2 | Fáze provozu..... | 95 |

| | | |
|-------|-----------------------------|-----|
| 4.8.3 | Vyhodnocení emisí GWP | 105 |
| 5 | Porovnání variant | 106 |
| 6 | Závěr | 107 |
| 7 | Seznam příloh | 109 |
| 8 | Reference | 110 |

1 Úvod

Tato diplomová práce navazuje na zpracovaný projekt bytového domu z předmětu Specializovaný projekt 2 a dále ho rozšiřuje o nové podrobné výpočty týkající se klimatických změn. Byly vytvořeny další možné varianty provedení stavby pro porovnání dnešního způsobu výstavby a optimalizovaného budoucího.

2 Rešerše klimatických cílů a závazků

2.1 Cíl diplomové práce

Cílem práce je posouzení studie vybraného bytového domu z enviromentálního hlediska metodikou SBToolCZ sledováním GWP emisí s použitím online knihovny Envimat a ověření možnosti návrhu klimaticky neutrálního bytového domu.

2.2 Základní pojmy

SBToolCZ – „jednoduchý nástroj pro posuzování stavebních konstrukcí z hlediska dopadů jejich výroby na životní prostředí.“ [1]

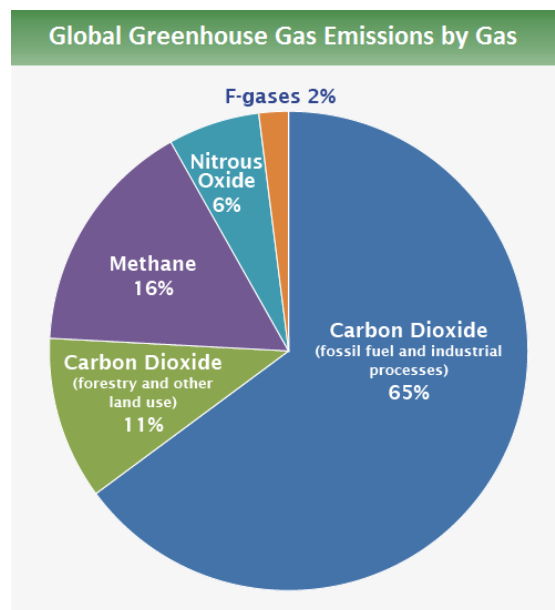
Envimat – „první český interaktivní katalog stavebních materiálů a konstrukcí, sloužící k posuzování a porovnávání jejich dopadů na životní prostředí.“ [1]

GWP – Global Warming Potencial – Potenciál globálního oteplování [1]

Svázané emise CO₂ ekvivalentní – „ekvivalentní emise vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku, způsobující skleníkový efekt. Ekvivalentní znamená, že se nejedná pouze o emise CO₂, ale také o emise dalších skleníkových plynů (např. metanu), jejichž skleníkový efekt je přepočítán na úroveň efektu CO₂. Udává se obvykle v kilogramech ekvivalentu CO₂ [kgCO_{2,ekv.}].“ [1]

Skleníkový efekt – proces, při kterém dochází ke přehřívání planety změnou koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Na zemský povrch dopadá sluneční záření, které je zčásti pohlceno a zčásti odraženo. Zvyšující koncentrace skleníkových plynů snižuje množství odraženého záření, co způsobuje přehřívání Země.

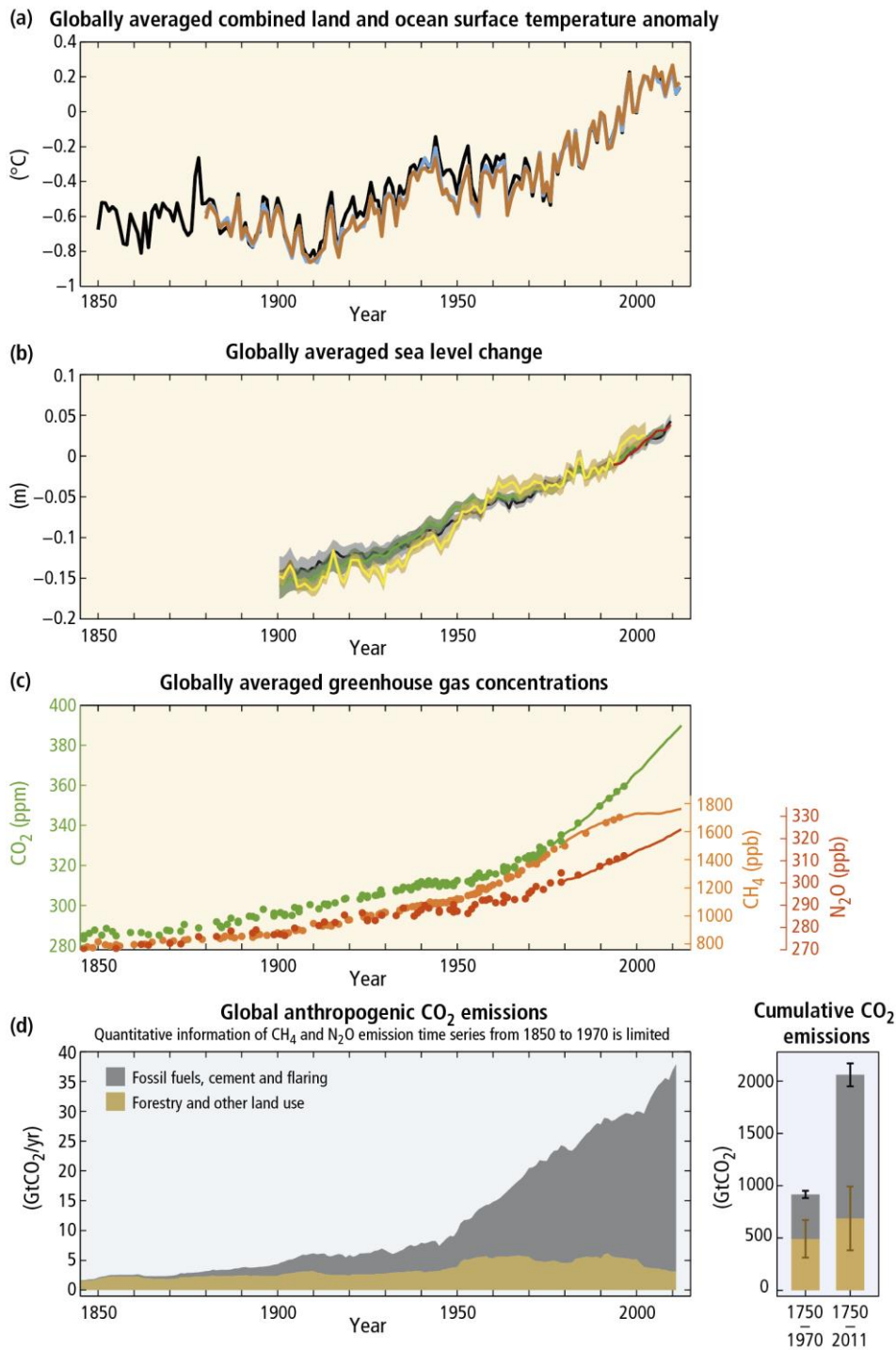
Skleníkové plyny – složení skleníkových plynů od největší koncentrace: oxid uhličitý CO₂, metan CH₄, oxid dusný N₂O, fluorované plyny.



Graf 1: Procentuální zastoupení skleníkových plynů v atmosféře: oxid uhličitý CO₂ 76 %, metan CH₄ 16 %, oxid dusný N₂O 6 %, fluorované plyny 2 % [2]

2.3 Popis problému

V současnosti svět čelí změně klimatu. Přírozené změny klimatu tady byly od vzniku Země, ale vědci od padesátých let 19. století zaznamenávají anomálie ve vývoji růstu průměrné teploty planety, což má za následek rychlejší tání ledovců (největší zásoby pitné vody) a tím pádem i zvyšování výšky hladiny oceánů. Spouštěčem tohoto jevu je zvýšená koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, která je nejvyšší v historii. Hlavní faktor, který způsobuje zmíněné změny je lidská činnost. V polovině 19. století nastoupila průmyslová revoluce, která spustila nadměrné zvyšování koncentrace skleníkových plynů (*Graf 2(d)*). Z toho plyne, že právě člověk je největším producentem emisí CO₂.



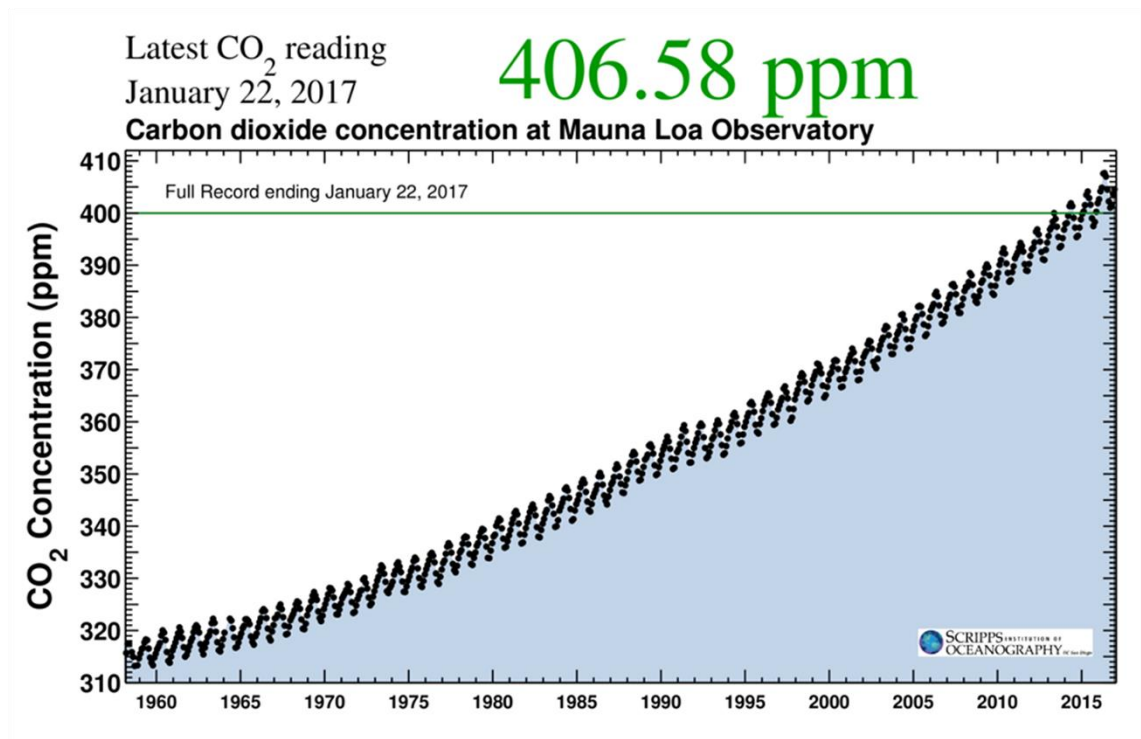
Graf 2: (a) Globální průměrné anomálie teploty pevniny a oceánu (různé barvy představují různé zdroje dat) (b) Globální průměrná změna hladiny moře (c) Globální průměrná koncentrace skleníkových plynů (d) Globální antropogenní emise CO₂ (šedá barva – fosilní palivo, cement a pálení; žlutá – lesnictví a jiné použití krajiny) [3]

2.3.1 Jaké to může mít důsledky?

Ledovce tají, stoupá hladina oceánů a moří, důsledkem čehož vnikají záplavy a eroze v pobřežních oblastech.

Extrémní změny počasí přináší silné nárazové deště střídající období sucha, snižování zásoby a kvality pitné vody, záplavy, hurikány, vysychání vodních toků, lesní požáry, znehodnocování zemědělské produkce a v konečném důsledku mohou vést k potravinové krizi a migraci. Bude se zvyšovat počet úmrtí, jednak následkem této krize a taky kvůli vlnám extrémních veder. [4] Následkem zvyšujícího se výskytu přírodních katastrof přibývají i škody na soukromém majetku a veřejné infrastruktuře.

Se zvyšování koncentrace CO_2 ve venkovním vzduchu paralelně roste i teplota. Hodnota z před-industriální doby byla na úrovni 280 ppm. [5]



Graf 3: Vývoj koncentrace CO_2 v ovzduší [5]

2.4 Metodika

Postup výpočtu návrhu klimaticky neutrálního bytového domu:

- Určení emisního indikátoru pro výpočet
- Výpočet emisního rozpočtu pro bytové domy na osobu pro ČR
- Navržení materiálového složení bytového domu a posouzení svázaných emisí GWP materiálů – fáze výstavby
- Navržení a posouzení provozního řešení z hlediska emisí GWP bytového domu – fáze provozu
- Určení celkové emisní zátěže GWP bytového domu a porovnání s vypočteným emisním rozpočtem pro bytové domy na osobu pro ČR

2.5 Emisní indikátor

Pařížská klimatická dohoda z roku 2015 si stanovila za cíl udržet celosvětové zvyšování teploty v tomto století pod hranicí 2 °C a zároveň usilovat o dosažení ještě nižšího vzrůstu teploty, a to maximálně o 1,5°C z předindustriální doby.

Pro vyčíslení potenciálu globálního oteplování se používají souběžně dva indikátory:

1. Emise skleníkových plynů, jedná se o hmotnost roční produkce plynů v jednotkách $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}/\text{rok}$
2. Uhlíkový rozpočet [6]

2.6 Stanovení emisních požadavků pro bydlení

| Počet obyvatel [mil. osob rok] | | |
|--------------------------------|-----------|-------|
| | Celý svět | Česko |
| 2020 | 7795,5 | 10,6 |
| 2025 | 8185,6 | 10,6 |
| 2030 | 8551,2 | 10,5 |
| 2050 | 9771,8 | 10,1 |

Tab. 1: Předpokládaný vývoj počtu obyvatel [7]

Množství emisí $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ v tunách na osobu vychází z celkového rozpočtu emisí pro ČR, které činí 1279 Mt $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ pro období 2020-2050. Podle studie Šance pro budovy tvoří podíl bydlení 23 % [6].

| Emisní rozpočet [Mt $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}/\text{rok}$] | | |
|--|-----------|-------|
| | Celý svět | Česko |
| 2020 | 52000 | 70,9 |
| 2025 | 48000 | 62,2 |
| 2030 | 42000 | 51,7 |
| 2050 | 23000 | 23,7 |

Tab. 2: Český emisní rozpočet [6]

| Rok | Množství emisí v ČR [Mt CO _{2,ekv.} /rok] [6] | Přepočet množství emisí ČR pro bydlení [Mt CO _{2,ekv.} /os] | Předpokládaný vývoj počtu obyvatel ČR [os] [7] | Předpokládaný vývoj počtu obyvatel ČR [os] | Přepočet množství emisí ČR pro bydlení [t CO _{2,ekv.} /os] |
|---|--|--|--|--|---|
| 2020 | 70,9000 | 16,3070 | 10633424 | 10633424 | 1,5336 |
| 2021 | 69,1600 | 15,9068 | - | 10629327 | 1,4965 |
| 2022 | 67,4200 | 15,5066 | - | 10625229 | 1,4594 |
| 2023 | 65,6800 | 15,1064 | - | 10621132 | 1,4223 |
| 2024 | 63,9400 | 14,7062 | - | 10617034 | 1,3852 |
| 2025 | 62,2000 | 14,3060 | 10612937 | 10612937 | 1,3480 |
| 2026 | 60,1000 | 13,8230 | - | 10595989 | 1,3046 |
| 2027 | 58,0000 | 13,3400 | - | 10579041 | 1,2610 |
| 2028 | 55,9000 | 12,8570 | - | 10562092 | 1,2173 |
| 2029 | 53,8000 | 12,3740 | - | 10545144 | 1,1734 |
| 2030 | 51,7000 | 11,8910 | 10528196 | 10528196 | 1,1294 |
| 2031 | 50,2800 | 11,5644 | - | 10501911 | 1,1012 |
| 2032 | 48,8600 | 11,2378 | - | 10475627 | 1,0728 |
| 2033 | 47,4400 | 10,9112 | - | 10449342 | 1,0442 |
| 2034 | 46,0200 | 10,5846 | - | 10423058 | 1,0155 |
| 2035 | 44,6000 | 10,2580 | 10396773 | 10396773 | 0,9867 |
| 2036 | 43,1800 | 9,9314 | - | 10370388 | 0,9577 |
| 2037 | 41,7600 | 9,6048 | - | 10344003 | 0,9285 |
| 2038 | 40,3400 | 9,2782 | - | 10317617 | 0,8993 |
| 2039 | 38,9200 | 8,9516 | - | 10291232 | 0,8698 |
| 2040 | 37,5000 | 8,6250 | 10264847 | 10264847 | 0,8402 |
| 2041 | 36,0800 | 8,2984 | - | 10242901 | 0,8102 |
| 2042 | 34,6600 | 7,9718 | - | 10220955 | 0,7799 |
| 2043 | 33,2400 | 7,6452 | - | 10199009 | 0,7496 |
| 2044 | 31,8200 | 7,3186 | - | 10177063 | 0,7191 |
| 2045 | 30,4000 | 6,9920 | 10155117 | 10155117 | 0,6885 |
| 2046 | 28,9800 | 6,6654 | - | 10134954 | 0,6577 |
| 2047 | 27,5600 | 6,3388 | - | 10114791 | 0,6267 |
| 2048 | 26,1400 | 6,0122 | - | 10094628 | 0,5956 |
| 2049 | 24,7200 | 5,6856 | - | 10074465 | 0,5644 |
| 2050 | 23,3000 | 5,3590 | 10054302 | 10054302 | 0,5330 |
| Rozpočet emisí t CO_{2,ekv.} na 30 let na osobu | | | | | 31,1711 |
| Rozpočet emisí t CO_{2,ekv.} na jeden rok na osobu | | | | | 1,0390 |

Tab. 3: Podrobný přepoččet emisí v závislosti na předpokládaném vývoji počtu obyvatel České republiky.

3 Studie bytového domu

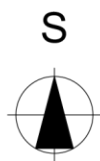
Posuzovaný bytový dům vychází z návrhu typického bytového domu od firmy RD Rýmařov. Architektonická studie tohoto objektu byla změněna z důvodu navýšení kapacity bytového domu na dvojnásobek osob. Změna nastala v dispozičním návrhu bytů se zachováním jejich původních rozměrů. Místnosti jsou ve výsledku odpovídajícího rozměru vzhledem k jejich funkci a vzájemně ve větší míře logicky povázány. Do bytového jádra byl umístěný výtah, který by neměl chybět v každé novostavbě bytového domu se čtyřmi a více patry. V původním návrhu taky chybělo podzemní parkování. Další změnou bylo navržení balkónů a teras pro vyšší komfort obyvatel při užívání stavby.

Parametry:

Podlažnost: 1PP + 4NP

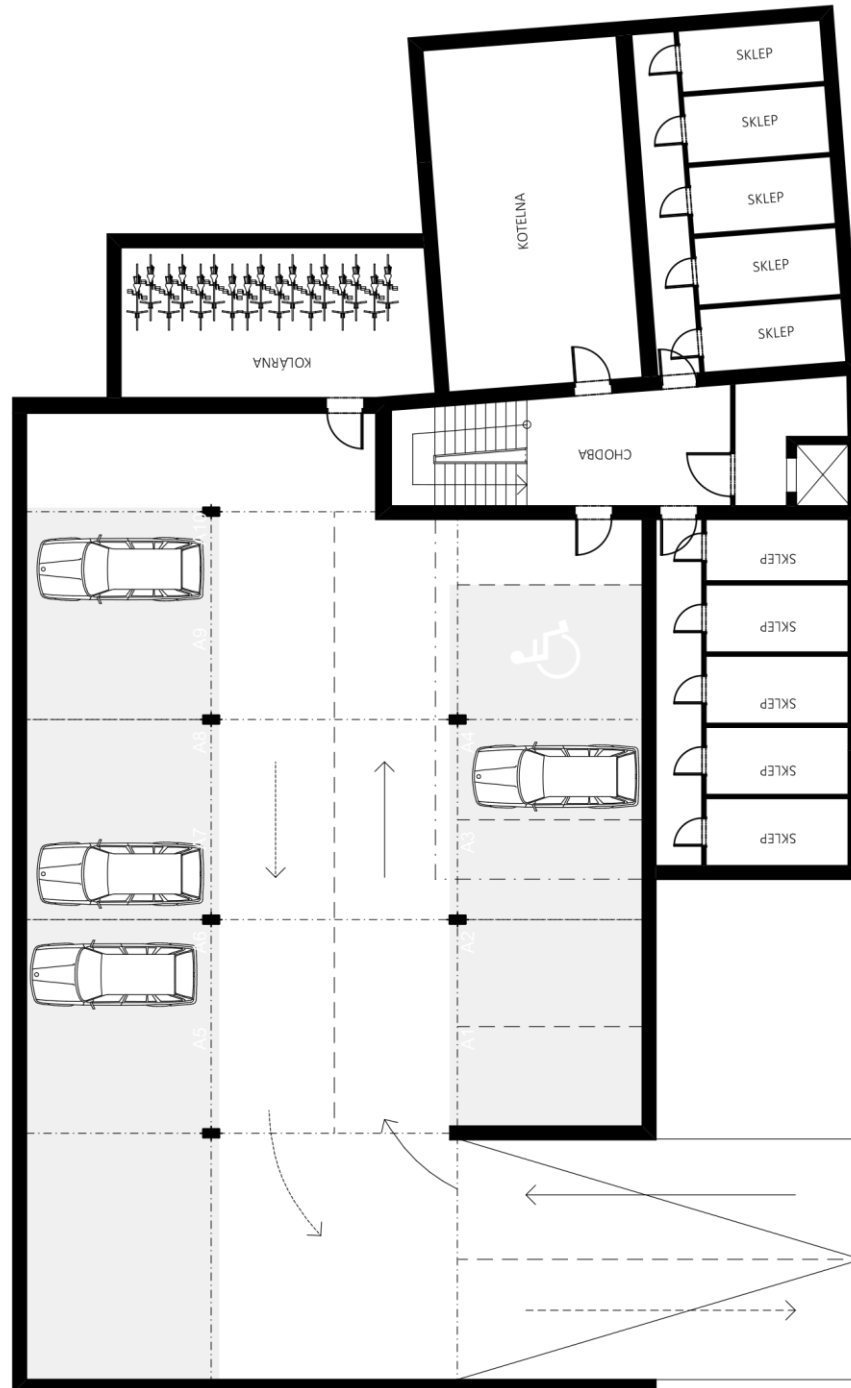
Počet bytů: 10 (6x 3+kk, 4x 2+kk)

Počet osob: 32



Půdorys typ. poschodí |

M 1:125



Pŭdorys 1pp

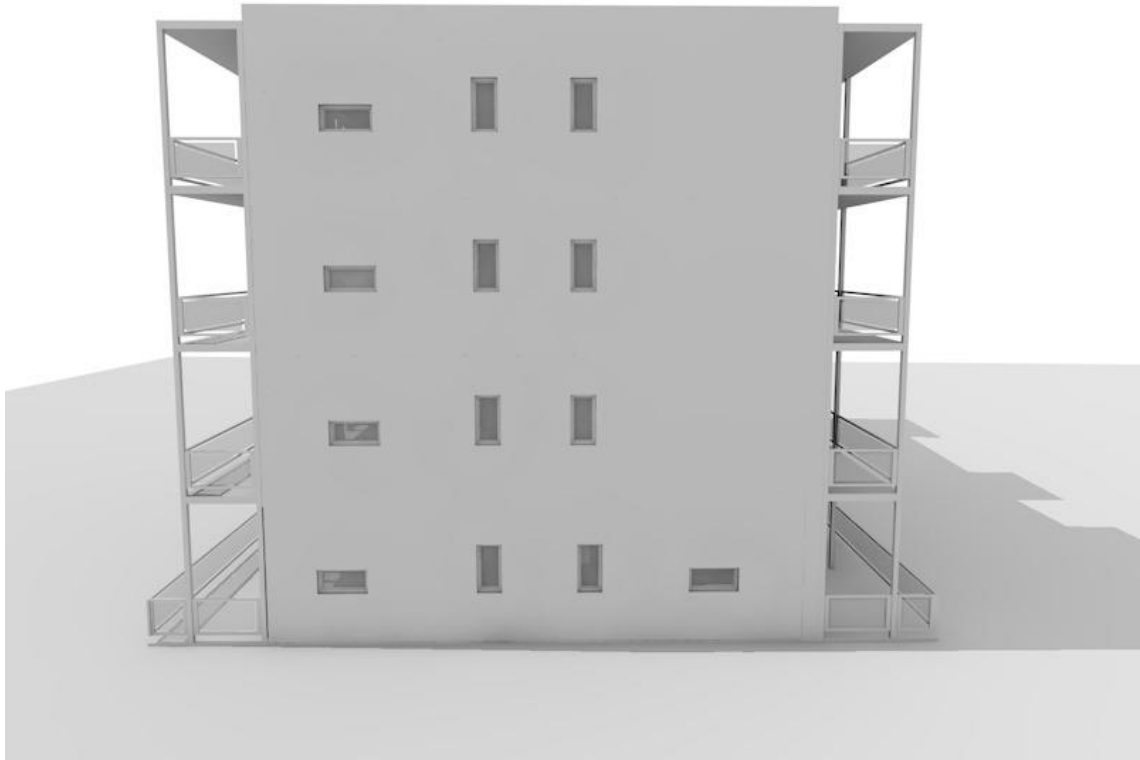
M 1:150



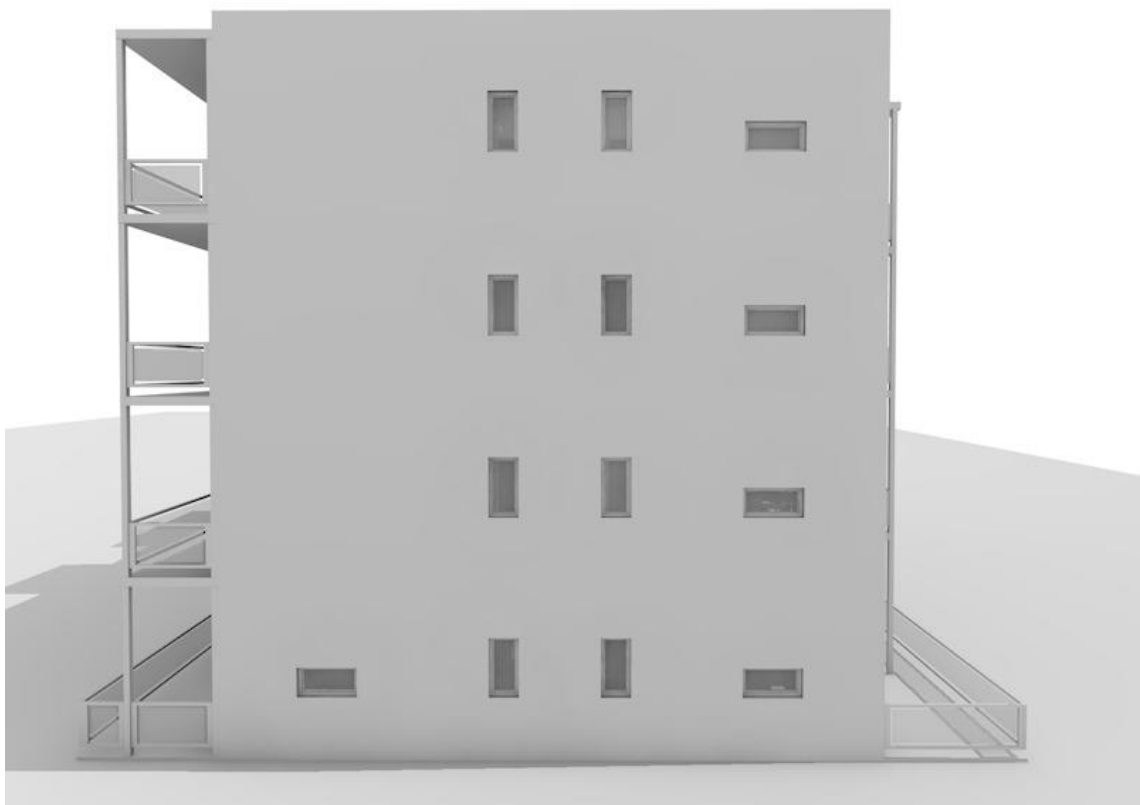
Obr. 1: Vizualizace východní fasády



Obr. 2: Vizualizace západní fasády



Obr. 3: Vizualizace severní fasády



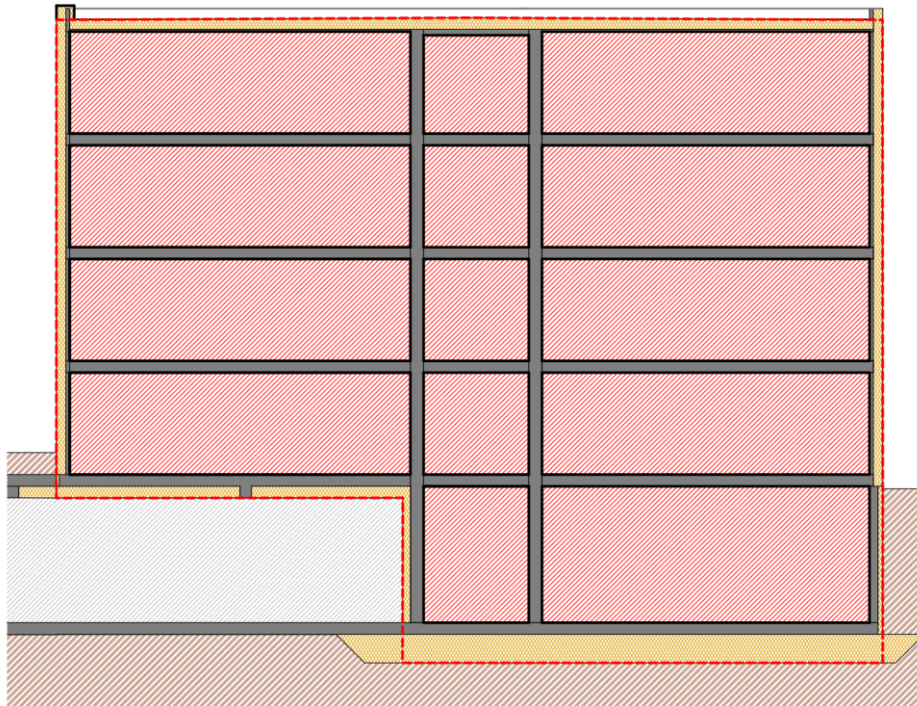
Obr. 4: Vizualizace jižní fasády

4 Energetický koncept bytového domu

4.1 Obecný postup při výpočtu potřeby energií

Pro posouzení environmentálního hlediska ve fázi provozu je potřebné znát potřebu energií na celoroční provoz dané budovy. Výpočet je založen na měsíční simulaci toků energií v budově. Klimatická data [8] použitá ve výpočtu se vztahují na Prahu.

4.1.1 Celkové tepelné ztráty budovy [9]



Obr. 5: Hranice vytápěné zóny

Celkový měrný tepelný tok $H(1.1)$

$$H = H_T + H_V \text{ [W/K]}$$

Měrný tepelný tok větráním $H_V(1.2)$

$$H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot V_a \text{ [W/K]}$$

kde:

ρ_a je hustota vzduchu [kg/m³]

c_a je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg·K)]

$c_a \cdot \rho_a = 0,34$ kWh/(m³·K) je objemová tepelná kapacita vzduchu.

Měrný tepelný tok prostupem H_T (1.3)

$$H_T = \sum_i A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tb} \text{ [W/K]}$$

kde:

A_i [m²] je plocha i-té konstrukce

U_i [W/(m²·K)] je součinitel prostupu tepla i-té konstrukce

ΔU_{tb} je přírůžka orientačně zohledňující vliv všech tepelných vazeb na systémové hranici. Pro výpočet byla použita hodnota pro budovy s optimálně řešenými tepelnými vazbami 0,02 [W/(m²·K)].

Průměrný objemový tok větraného vzduchu V_a (1.4)

$$V_a = V_{a,d} \cdot (1 - \eta_{ZZT}) + V_x \text{ [m}^3/\text{h]}$$

kde:

η_{ZZT} [-] je účinnost systému zpětného získávání tepla.

Průměrný návrhový objemový tok větraného vzduchu $V_{a,d}$ (1.5)

$$V_{a,d} = n_{os} \cdot 25 \cdot occup \text{ [m}^3/\text{h]}$$

kde:

n_{os} [os] je počet obyvatel budovy, hodnota 25 m³/h odpovídá potřebě čerstvého vzduchu na přítomnou osobu za hodinu

$occup = 0,7$ [-] je hodnota součinitele průměrné obsazenosti obytné budovy.

Přídavný tok vzduchu netěsnostmi při rovnotlakém větrání $V_x(1.6)$

$$V_x = V \cdot n_{50} \cdot e \text{ [m}^3\text{/h]}$$

kde:

$V[\text{m}^3]$ je objem vzduchu ve vytápěné zóně

$n_{50} [1/\text{h}]$ je násobnost výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (míra těsnosti obálky budovy)

$e [-]$ je součinitel větrné expozice hodnotou 0,02 pro jednu exponovanou fasádu.

Celkové tepelné ztráty $Q_I(1.7)$

$$Q_I = Q_T + Q_V \text{ [kWh]}$$

Tepelné ztráty prostupem $Q_T(1.8)$

$$Q_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \text{ [kWh]}$$

kde:

$t[\text{h}]$ je počet hodin v daném měsíci

$\theta_i [^\circ\text{C}]$ je požadována teplota interiéru; pro režim topení $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ / pro režim chlazení $\theta_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ [10]

$\theta_e [^\circ\text{C}]$ je průměrná venkovní teplota v daném měsíci

Výpočet je provedený pro každý měsíc zvlášť, hodnota tepelné ztráty větráním je součtem hodnot všech měsíců v roce.

Tepelné ztráty větráním $Q_V(1.9)$

$$Q_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \text{ [kWh]}$$

kde:

$t[\text{h}]$ je počet hodin v daném měsíci

$\theta_i [^\circ\text{C}]$ je požadována teplota interiéru

θ_e [°C] je průměrná venkovní teplota v daném měsíci.

Výpočet je provedený pro každý měsíc zvlášť, hodnota tepelné ztráty větráním je součtem hodnot všech měsíců v roce.

4.1.2 Celkové tepelné zisky budovy [9]

Celkové tepelné zisky vytápěné zóny Q_g (1.10)

$$Q_g = Q_{int} + Q_{sol} [kWh]$$

Vnitřní tepelní zisky Q_{int} (1.11)

$$Q_{int} = \dot{Q}_{int} \cdot t [kWh]$$

Průměrný měrný výkon vnitřních zisků q_{int} (1.12)

$$q_{int} = 6 - 10 [W/m^2]$$

Solární tepelné zisky Q_{sol} (1.13)

$$Q_{sol} = \sum_j H_j \cdot \sum_n A_{s,n,j} [kWh]$$

kde:

Q_s [kWh] je průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření

H_j [kWh.m⁻².měs.⁻¹] je celkové množství energie globálního slunečního záření na jednotku povrchu n o orientaci j během časového úseku výpočtu,

$A_{s,n,j}$ [m²] je solárně účinná sběrná plocha povrchu n o orientaci j .

Účinná solární sběrná plocha A_s (1.14)

$$A_s = A_W \cdot g \cdot F_W \cdot F_F \cdot F_C \cdot F_S [m^2]$$

kde:

A_s [m²] je účinná sběrná plocha

A [m²] je plocha otvoru sběrné plochy

F_s [-] je korekční činitel stínění

F_c [-] je korekční činitel clonění

F_f [-] je korekční činitel rámu

g [-] je celková propustnost slunečního záření

Korekční činitel rámu F_f (1.15)

$$F_f = \frac{A_{gl}}{A_w} [-]$$

kde:

A_{gl} [m²] je plocha zasklení

A_w [m²] je celková plocha okna

Korekční činitel stínění F_s (1.16)

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f [-]$$

kde:

F_s [-] je korekční činitel stínění

F_h [-] je korekční činitel stínění horizontem

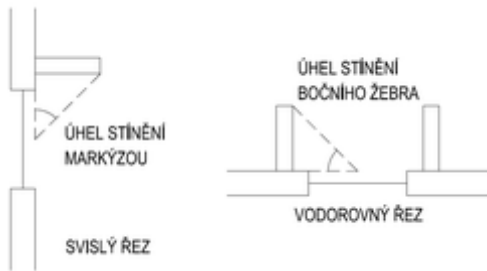
F_o [-] je korekční činitel stínění markýzou

F_f [-] je korekční činitel stínění bočními žebry

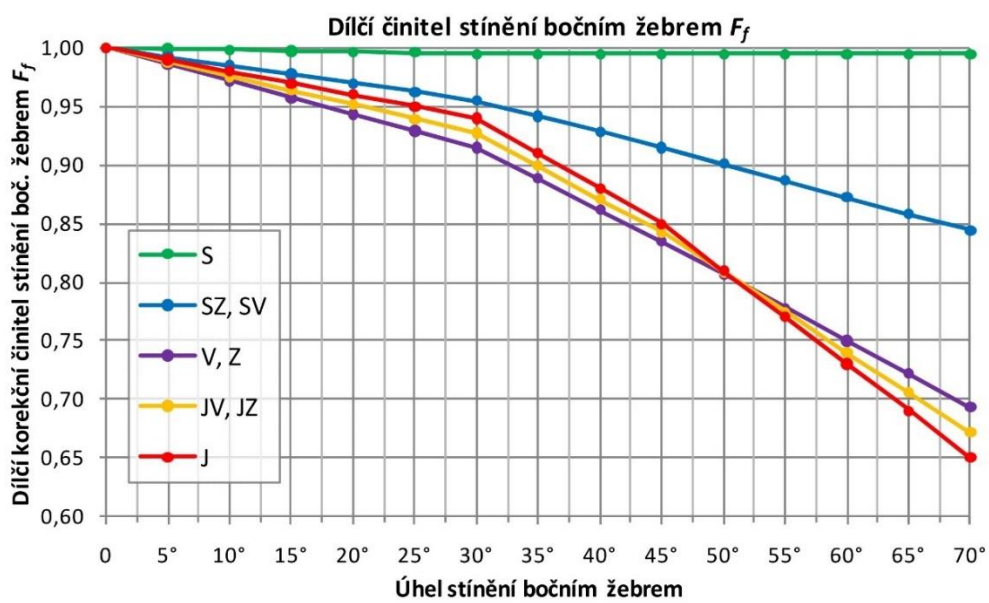
Korekční činitel stínění F_s , jehož hodnoty se pohybují v intervalu 0 až 1, představuje redukci dopadajícího slunečního záření v důsledku trvalého zastínění příslušné plochy z těchto důvodů:

- zastínění jinými budovami,
- zastínění topografické (vyvýšení terénu, stromy apod.),
- zastínění přečnívajících částmi téhož prvku,

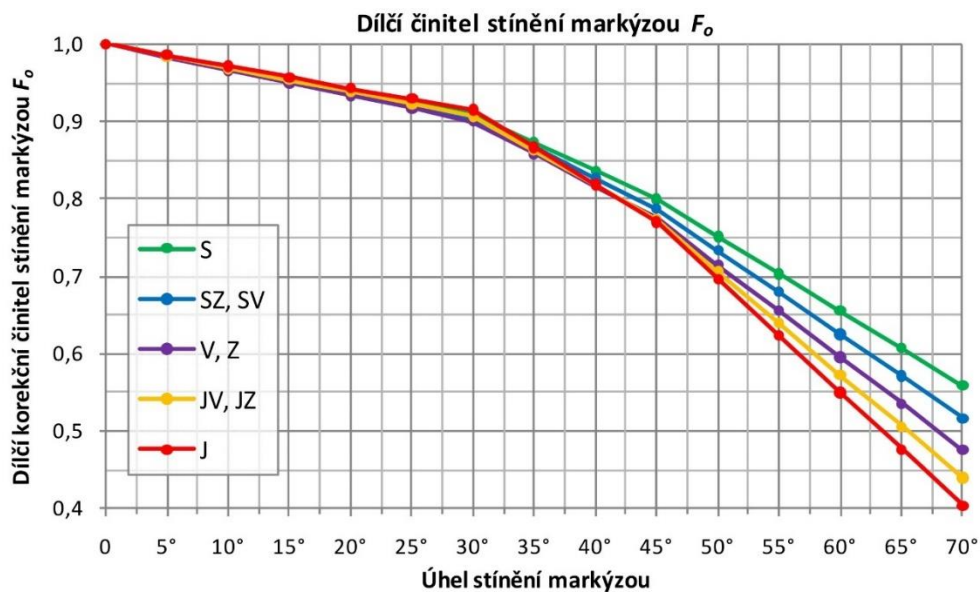
- zastínění jinými částmi téže budovy,
- umístění okna ve vztahu k rovině fasády,



Obr. 6: Stínění markýzou a bočními žebry [9]



Graf 3: Dílčí činitel stínění bočním žebrem F_f [9]



Graf 4: Dílčí činitel stínění markýzou F_o [9]

| druh stínění | opt. vlast. slun. clon | korekční činitel slunečních clon | |
|--------------|------------------------|----------------------------------|----------|
| | propustnost | vnitřní strana okna | vně okna |
| bílé žaluzie | 0,05 | 0,25 | 0,10 |
| | 0,1 | 0,30 | 0,15 |
| | 0,3 | 0,45 | 0,35 |

Tab. 4: Korekční činitel slunečních clon F_c [11]

4.1.3 Potřeba tepla na vytápění budovy [9]

Potřeba tepla na vytápění budovy Q_{nd} (1.17)

$$Q_{nd} = Q_I - n_g \cdot Q_g \text{ [kWh]}$$

kde:

Q_I [kWh] je celková tepelná ztráta budovy

n_g [-] je faktor využitelnosti tepelných zisků

Q_g [kWh] jsou celkové tepelné zisky budovy

Faktor využitelnosti tepelných zisků η_g (1.18)

$$\eta_g = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} [-]$$

kde:

γ [-] je poměr tepelných zisků a tepelných ztrát

a [-] je číselný parametr

Poměr tepelných zisků a tepelných ztrát γ (1.20)

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l} [-]$$

Číselný parametr a (1.21)

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} [-]$$

kde:

τ [-] je časová konstanta vytápěné zóny budovy

Časová konstanta vytápěné zóny budovy τ (1.22)

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_T + H_V} [h]$$

kde:

c_m [J/K] je účinná vnitřní tepelná kapacita zóny

| třída | c_m [J/K] |
|-------------|--------------------|
| velmi lehká | $80000 \cdot A_f$ |
| lehká | $110000 \cdot A_f$ |
| střední | $165000 \cdot A_f$ |
| těžká | $260000 \cdot A_f$ |
| velmi těžká | $370000 \cdot A_f$ |

Tab. 5: Účinná vnitřní tepelná kapacita zóny c_m ; kde A_f [m²] je užitná podlahová plocha vytápěné zóny.

4.1.4 Potřeba chladu na chlazení budovy [12]

Potřeba chladu na chlazení budovy Q_{nd} (1.23)

$$Q_{nd} = (1 - n_g) \cdot (Q_g - Q_I) [kWh]$$

kde:

Q_I [kWh] je celková tepelná ztráta budovy

n_g [-] je faktor využitelnosti tepelných zisků

Q_g [kWh] jsou celkové tepelné zisky budovy

4.1.5 Potřeba tepla na přípravu teplé vody [13]

Denní potřeba teplé vody $V_{w,day}$ (1.24)

$$V_{w,day} = \frac{V_{w,f,day} \cdot f}{1000} [m^3/den]$$

Energetický požadavek na zdroj tepla pro přípravu teplé vody $Q_{W,gen,out}$ (1.25)

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,p,ls} [MJ/den]$$

Výpočet je zjednodušený vzhledem k tomu, že podrobný návrh otopné soustavy není předmětem návrhu. K potřebě tepla na přípravu vody je připočítána odhadovaná tepelná ztráta otopné soustavy s předpokladem, že potrubí je dobře izolováno a zásobník má malé tepelné ztráty.

Vzorec je proto upraven do zjednodušené podoby, kde se tepelné ztráty potrubí a zásobníku teplé vody připočítají jako 20% přírážka.

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + 0,2 \cdot Q_W [MJ/den]$$

Potřeba tepla pro přípravu teplé vody $Q_w(1.26)$

$$Q_w = 4,182 \cdot V_{w,day} \cdot (\theta_{w,del} - \theta_{w,o}) [MJ/den]$$

kde:

$V_{w,day}$ [m³/den] je denní potřeba (objem) teplé vody

$\theta_{w,del}$ [°C] teplota teplé vody (60°C)

$\theta_{w,o}$ [°C] teplota studené vody přiváděné do ohřívače (13,5°C)

| | | | |
|--|-----------------------|------------|--------|
| specifická potřeba teplé vody na měrnou jednotku a den | $V_{w,f,day}$ | [l/os.den] | 40 |
| počet měrných jednotek | f | os | 32 |
| denní potřeba teplé vody | $V_{w,day}$ | [l/den] | 1,28 |
| teplota teplé vody | $Q_{w,del}$ | °C | 60 |
| teplota studené vody přiváděné do ohřívače | $Q_{w,o}$ | °C | 13,5 |
| potřeba tepla pro přípravu teplé vody | Q_w | [MJ/den] | 248,9 |
| potřeba tepla pro přípravu teplé vody | Q_w | [MJ/rok] | 90853 |
| potřeba tepla pro přípravu teplé vody | $Q_w + 0,2 \cdot Q_w$ | [MJ/rok] | 109024 |

Tab. 6: Potřeba tepla pro přípravu teplé vody Q_w

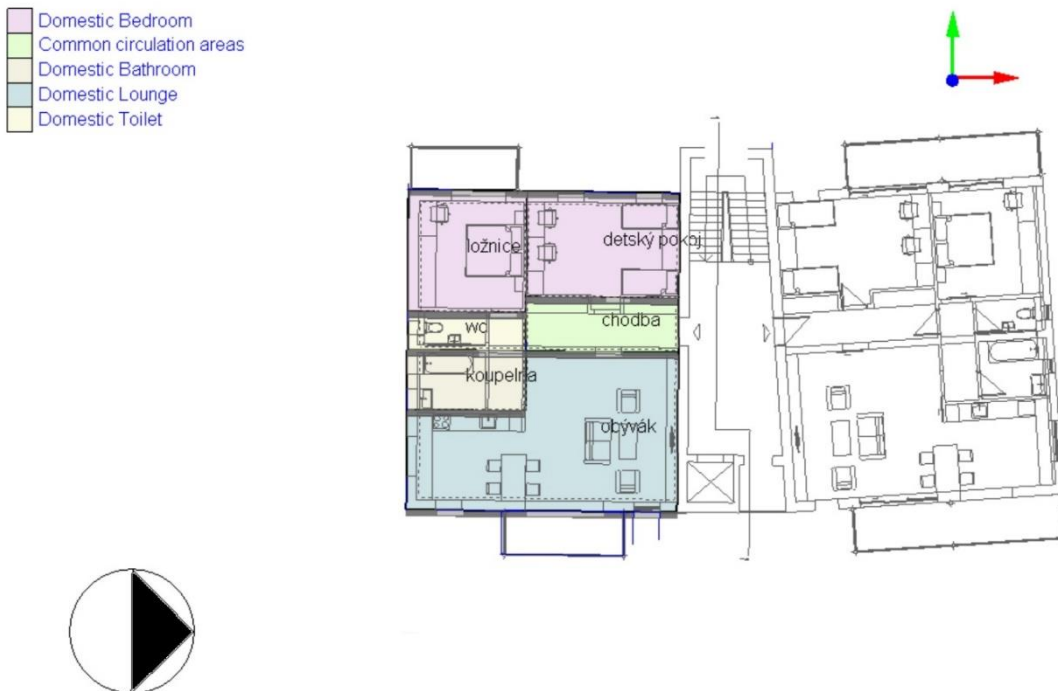
4.1.6 Potřeba energie na větrání

Potřeba energie na větrání byla určena na základě návrhu způsobu větrání. Zvolené bylo mechanické větrání se zpětným získáváním tepla. V každém bytě je v podhledu umístěná decentralizovaná vzduchotechnická jednotka se spotřebou elektrické energie cca 0,44 Wh/m³ [14].

Součástí bytového domu je i podzemní parkování, které je nutné nuceně odvětrávat podtlakovou vzduchotechnickou jednotkou, která slouží na odtah zplodin ze vzduchu pro zajištění hygienicky nezávadného prostředí pro pohyb osob. Objemový průtok odváděného vzduchu je spočten dle ČSN 73 6058. Pro stanovení tohoto průtoku je použitý výpočtový program, který běží na platformě MS Excel. Výsledný skutečný objemový průtok vzduchu V_{skut} je 488 m³/h [15] [16]. Spotřeba elektrické energie se i pro tento způsob větrání uvažuje cca 0,44 Wh/m³.

4.1.7 Potřeba energie na osvětlení

Potřebná energie na osvětlení byla určena pomocí simulačního programu Design Builder. Jedna bytová jednotka o rozměru 90 m² spotřebuje 624 kWh/rok. Z toho je odhadnuta celková potřeba energie pro všechny byty. Hodnota po zaokrouhlení činí 5 MWh/rok. Pro ostatní prostory bytového domu s plochou 630 m² se odhaduje spotřeba energie na osvětlení 10 kWh/(m².rok). Z toho vychází celková potřeba pro celý objekt 11,3 MWh/rok.



Obr. 7: Návrh zón pro bytovou jednotku v programu Design Builder

4.1.8 Potřeba pomocné energie

Pomocná energie je energie, která je dodána na provoz technických zařízení budovy.

4.2 Varianta 1

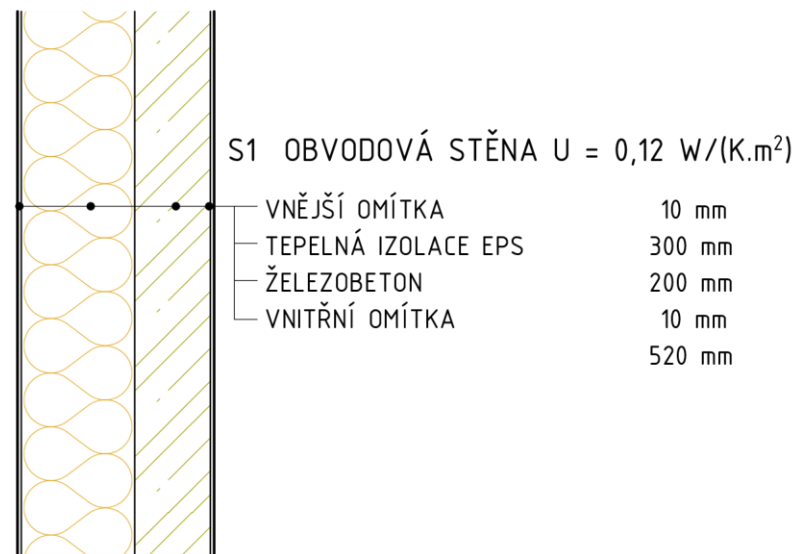
První varianta pro posuzování z hlediska emisí je volena na základě typického řešení stavby. Z grafu 2 (d) je patrné, že železobetonové konstrukce jsou častým materiálem ve stavebnictví. Používá se v různých odvětvích kvůli jeho vlastnostem jako je pevnost, životnost, ohnivzdornost, cena, ... Bytové domy proto nejsou výjimkou pro použití tohoto materiálu. Využívá se hlavně kvůli ztužení celé budovy, vytvoření chráněné únikové cesty a založení stavby. Dalším typickým materiálem je polystyrén, který je ve skladbách objektu hodně zastoupen jako termoizolační hmota. S rostoucími požadavky na budovy z hlediska energetické náročnosti se podíl této hmoty zvyšuje kvůli dosažení lepších termoizolačních vlastností.

Konstrukční systém byl zvolen stěnový. Vodorovné a svislé nosné konstrukce jsou z monolitického železobetonu. Fasáda je zateplena kontaktním zateplovacím systémem s použitím pěnového polystyrénu o tloušťce 220 mm. Stejný typ polystyrénu je použitý pro zateplení střechy a na hranici vytápěné a nevytápěné zóny.

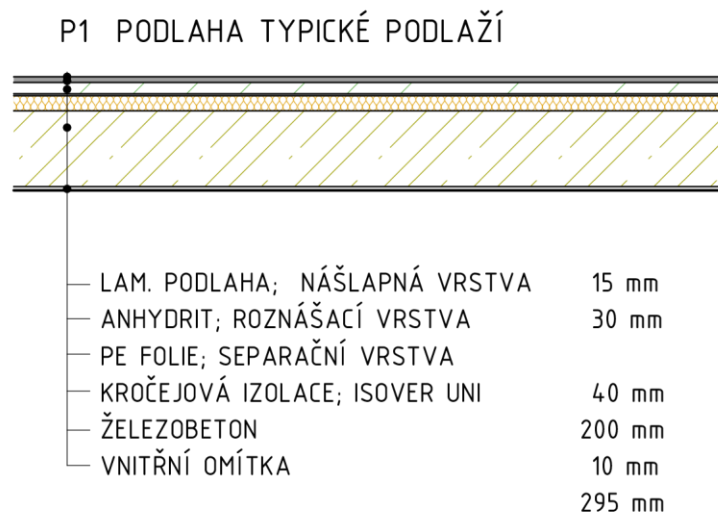
Základy stavby tvoří bílá vana, která představuje vhodné řešení pro podzemní parkování. Jedná se o materiál s nízkým podílem vyztužení a voděodolným betonem.

4.2.1 Fáze výstavby

4.2.1.1 Návrh a posouzení skladeb – svázané emise GWP

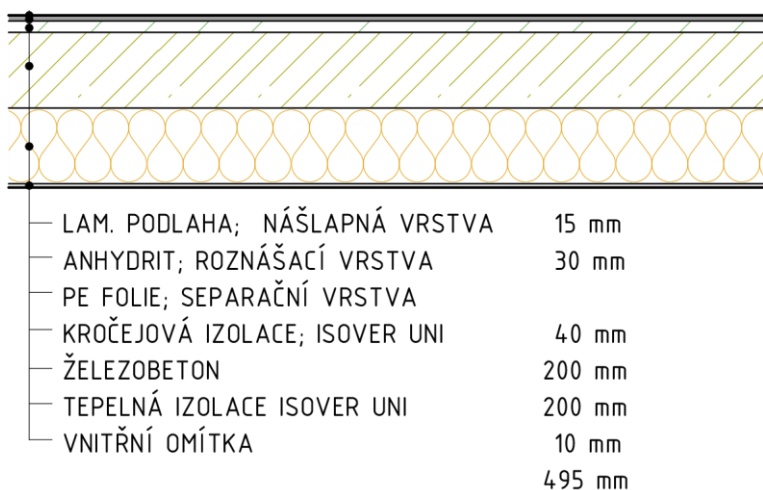


Obr. 8: Skladba obvodové zdi – M1:20



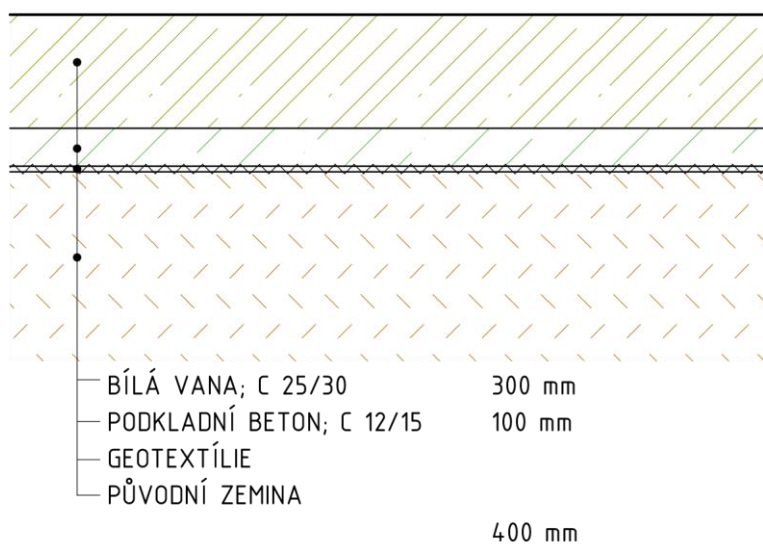
Obr. 9: Skladba podlahy v typickém podlaží – M1:20

P2 PODLAHA NAD NEVYT. ZÓNOU $U = 0,15 \text{ W/(K.m}^2\text{)}$



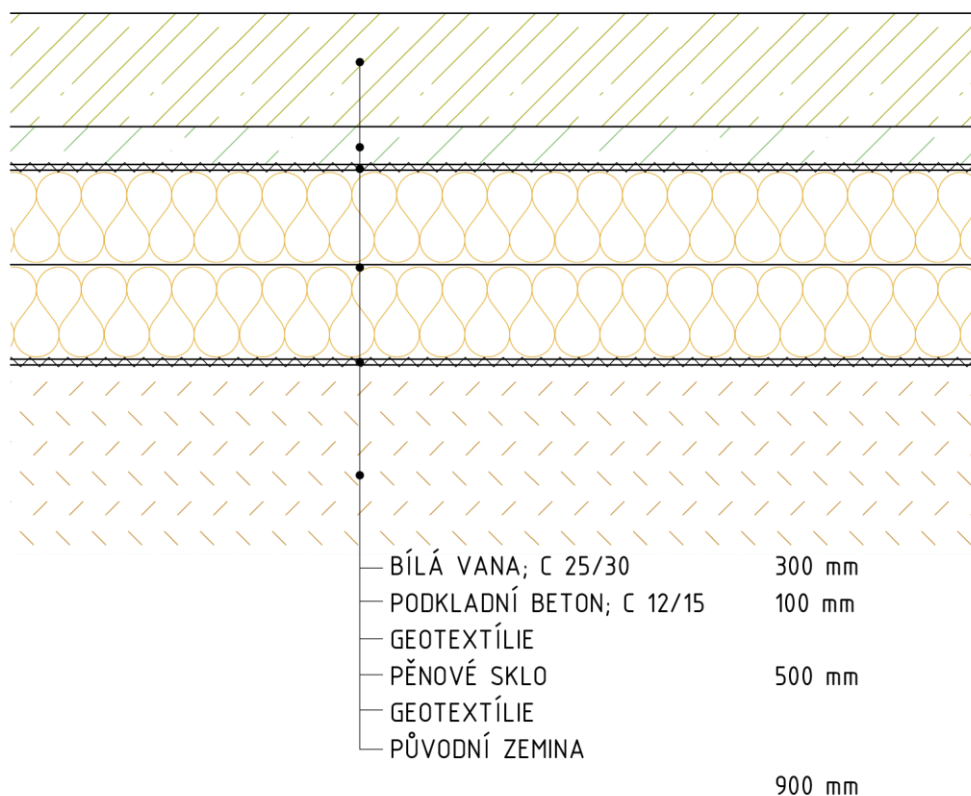
Obr. 10: Skladba podlahy nad nevytápěnou zónou – M1:20

P3 PODLAHA NAD ZEMINOU (NEVYT. ZÓNA)



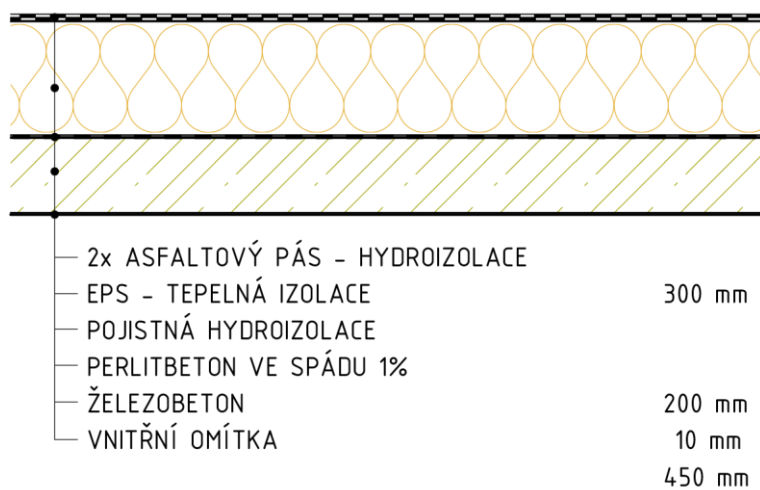
Obr. 11: Skladba podlahy nad nevytápěnou zónou – M1:20

P4 PODLAHA NAD ZEMINOU (VYT. ZÓNA) $U = 0,17 \text{ W/(K.m}^2\text{)}$



Obr. 12: Skladba podlahy P4 – M1:20

ST1 JEDNOPLÁŠŤOVÁ STŘECHA $U = 0,12 \text{ W/(K.m}^2\text{)}$



Obr. 13: Skladba střechy – M1:20



Obr. 14: Skladba střechy nad garáží – M1:20

Postup výpočtu svázaných emisí GWP:

- Návrh jednotlivých skladeb budovy – tloušťky jednotlivých materiálů
- Určení výměry jednotlivých materiálů v m^2
- Určení hmotnosti jednotlivých materiálů v kg
- Určení životnosti jednotlivých materiálů v rocích
- Převzetí hodnot emisí GWP z online knihovny Envimat.cz v $(kg.CO_2_{ekv.})/kg$ [17]
- Vypočtení množství emisí GWP v $(kg.CO_2_{ekv.})/(m^2.rok)$
- Určení celkového množství svázaných emisí GWP součtem všech emisí skladeb v jednotkách $(t.CO_2_{ekv.})/(os.rok)$

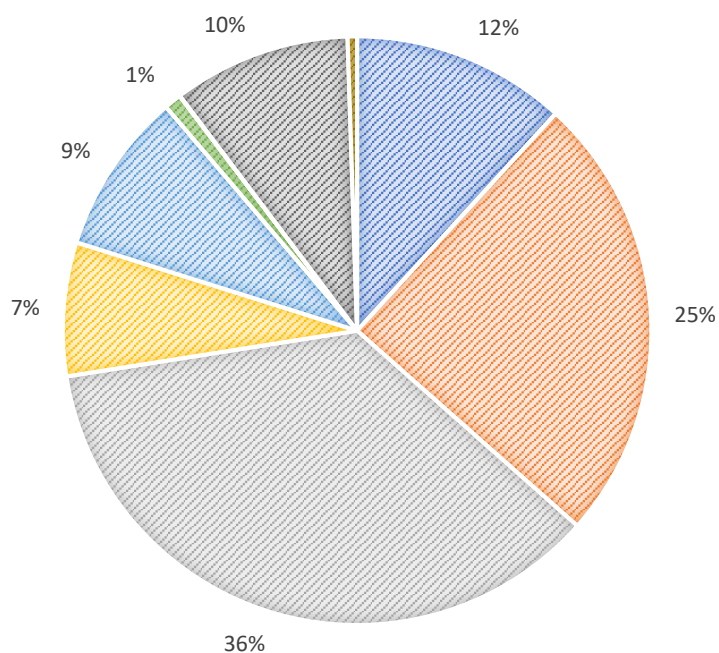
| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|--------------------------|--------------|-------|----------------------|-------------------|--------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| obvodová stěna | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 723 | 11568 | 25 | 0,036221 | 419,00 | 0,0183 |
| prostý beton | 0,200 | 0,95 | 2350 | 723 | 322820 | 50 | 0,109891 | 35474,96 | 0,7754 |
| výztuž | 0,200 | 0,05 | 7850 | 723 | 56756 | 50 | 1,482000 | 84111,65 | 1,8385 |
| EPS – tepelná izolace | 0,220 | | 16 | 723 | 2545 | 30 | 4,212100 | 10719,63 | 0,3905 |
| vnější omítka | 0,010 | | 1800 | 723 | 13014 | 25 | 0,769950 | 10020,13 | 0,4380 |
| Celkem | 0,440 | | | | | | | | 3,4608 |
| příčka | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 180 | 2880 | 25 | 0,036221 | 104,32 | 0,0046 |
| tvárovka betonová | 0,100 | | 2350 | 180 | 42300 | 50 | 0,109891 | 4648,39 | 0,0000 |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 180 | 2880 | 25 | 0,036221 | 104,32 | 0,0046 |
| Celkem | 0,120 | | | | | | | | 0,0091 |
| mezibytová stěna | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 579 | 9264 | 25 | 0,036221 | 335,55 | 0,0147 |
| prostý beton | 0,200 | 0,95 | 2350 | 579 | 258524 | 50 | 0,109891 | 28409,41 | 0,6210 |
| výztuž | 0,200 | 0,05 | 7850 | 579 | 45452 | 50 | 1,482000 | 67359,12 | 1,4723 |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 579 | 9264 | 25 | 0,036221 | 335,55 | 0,0147 |
| Celkem | 0,220 | | | | | | | | 2,1226 |
| suterénní stěna | | | | | | | | | |
| nopová folie | | | | 424 | 0 | | | | |
| prostý beton | 0,300 | 0,95 | 2350 | 424 | 298920 | 50 | 0,109891 | 31206,19 | 0,6821 |
| výztuž | 0,300 | 0,05 | 7850 | 424 | 998520 | 50 | 1,482000 | 73990,33 | 1,6173 |
| XPS – tepelná izolace | 0,120 | 0,5 | 16 | 424 | 814,08 | 30 | 3,820500 | 1555,10 | 0,0567 |
| Celkem | 0,420 | | | | | | | | 2,3560 |

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|--------------------------|--------------|-------|----------------------|-------------------|----------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| podlaha – nosná část | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 1250 | 20000 | 25 | 0,036221 | 724,42 | 0,0317 |
| prostý beton | 0,300 | 0,95 | 2350 | 1250 | 881250 | 50 | 0,109891 | 91999,37 | 2,0109 |
| výztuž | 0,300 | 0,05 | 7850 | 1250 | 2943750 | 50 | 1,482000 | 218131,88 | 4,7679 |
| Celkem | 0,310 | | | | | | | | 6,8105 |
| podlaha | | | | | | | | | |
| EPS – tepelná izolace | 0,200 | 0,50 | 16 | 244 | 780,8 | 30 | 4,212100 | 1644,40 | 0,0599 |
| pěnové sklo | 0,500 | | 110 | 643 | 35365 | 50 | 1,571900 | 55590,24 | 1,2151 |
| laminátová podlaha | 0,015 | 0,70 | 495 | 915 | 6793,875 | 25 | 0,417879 | 1987,31 | 0,0869 |
| keramická podlaha | 0,010 | 0,30 | 2000 | 915 | 18300 | 50 | 0,787130 | 4321,34 | 0,0945 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 915 | 87108 | 50 | 0,574926 | 50080,65 | 1,0947 |
| PE folie – separační | 0,000 | | 960 | 915 | 87,84 | 25 | 76,460270 | 6716,27 | 0,2936 |
| kročeje iz. minerální | 0,050 | | 32 | 915 | 1464 | 30 | 1,083100 | 1585,66 | 0,0578 |
| Celkem | 0,115 | | | | | | | | 1,6274 |
| střecha | | | | | | | | | |
| 2x asfaltový pás HI | 0,006 | | 1220 | 240 | 1756,8 | 30 | 1,165300 | 2047,20 | 0,0746 |
| EPS – tepelná izolace | 0,300 | | 16 | 240 | 1152 | 30 | 4,212100 | 4852,34 | 0,1768 |
| pojistná HI | 0,002 | | 1220 | 240 | 1756,8 | 30 | 1,403500 | 2465,67 | 0,0898 |
| prostý beton | 0,200 | 0,95 | 2350 | 240 | 107160 | 50 | 0,109891 | 11775,92 | 0,2574 |
| výztuž | 0,300 | 0,05 | 7850 | 240 | 28260 | 50 | 1,482000 | 41881,32 | 0,9154 |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,005 | | 1600 | 240 | 1920 | 25 | 0,036221 | 69,54 | 0,0030 |
| Celkem | 0,507 | | | | | | | | 1,4425 |

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|-----------------------|--------------|-------|----------------------|-------------------|---------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| balkon | | | | | | | | | |
| keramická podlaha | 0,010 | | 2000 | 174 | 3480 | 50 | 0,787130 | 2739,21 | 0,0599 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 174 | 16564,8 | 50 | 0,574926 | 9523,53 | 0,2082 |
| prostý beton | 0,120 | 0,95 | 2350 | 174 | 49068 | 50 | 0,109891 | 5122,53 | 0,1120 |
| výztuž | 0,120 | 0,05 | 7850 | 174 | 163908 | 50 | 1,482000 | 12145,58 | 0,2655 |
| vnější omítka | 0,010 | | 1800 | 104 | 1872 | 25 | 0,769950 | 1441,35 | 0,0630 |
| ocel | 0,070 | | | | 2019 | 50 | 2,092400 | 4225,10 | 0,0924 |
| sklo | 0,020 | | 2400 | 87 | 4176 | 50 | 1,678080 | 7007,66 | 0,1532 |
| Celkem | 0,180 | | | | | | | | 0,9540 |
| schodiště | | | | | | | | | |
| keramická podlaha | 0,010 | | 2000 | 34,5 | 690 | 50 | 0,787130 | 543,12 | 0,0119 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 34,5 | 3284,4 | 50 | 0,574926 | 1888,29 | 0,0413 |
| prostý beton | 0,200 | 0,95 | 2350 | 34,5 | 16215 | 50 | 0,109891 | 1692,79 | 0,0370 |
| výztuž | 0,200 | 0,05 | 7850 | 34,5 | 54165 | 50 | 1,482000 | 4013,63 | 0,0877 |
| vnější omítka | 0,010 | | 1800 | 34,5 | 621 | 25 | 0,769950 | 478,14 | 0,0209 |
| Celkem | 0,260 | | | | | | | | 0,1988 |
| výplně otvorů | | | | | | | | | |
| dveře | | | | | 975 | 25 | 1,334530 | 1301,16675 | 0,0569 |
| dřevěný okenní rám | 0,05 | 0,1 | 600 | 185 | 555 | 30 | 1,634660 | 907,2363 | 0,0331 |
| zasklení trojsklo | 0,04 | 0,9 | 30 | 185 | 199,8 | 30 | 1,892570 | 378,135486 | 0,0138 |
| Celkem | | | | | | | | | 0,1037 |

Tab. 7: Svázané emise GWP

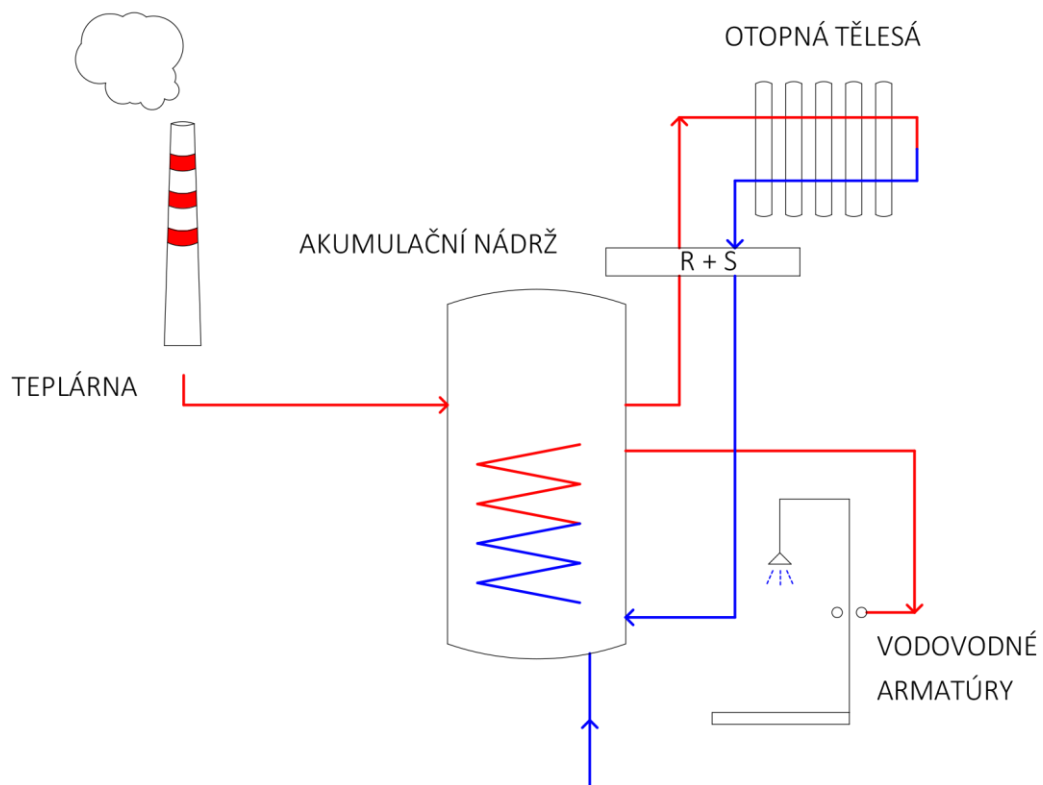
- Základové konstrukce (včetně hydroizolace)
- Svislé nosné konstrukce (včetně povrchů)
- Vodorovné nosné konstrukce stropů (včetně povrchů)
- Nosné konstrukce střechy
- Nenosné obvodové konstrukce (nenosné kce vč. zateplovacích systémů)
- Schodiště
- Příčky (včetně povrchů)
- Střešní plášť (krytina)
- Konstrukce podlah (roznášecí, pochozí vrstvy, izolace)
- Výplně otvorů



Graf 5: Poměrová zastoupení emisí GWP pro jednotlivé konstrukce budovy

Z Grafu 5 vychází, že až 61 % emisí GWP tohoto materiálového složení budovy je tvořeno vodorovnými a svislými konstrukcemi, které jsou z monolitického železobetonu. V dalších variantách se tento podíl bude snižovat nahrazením jinými nosnými materiály.

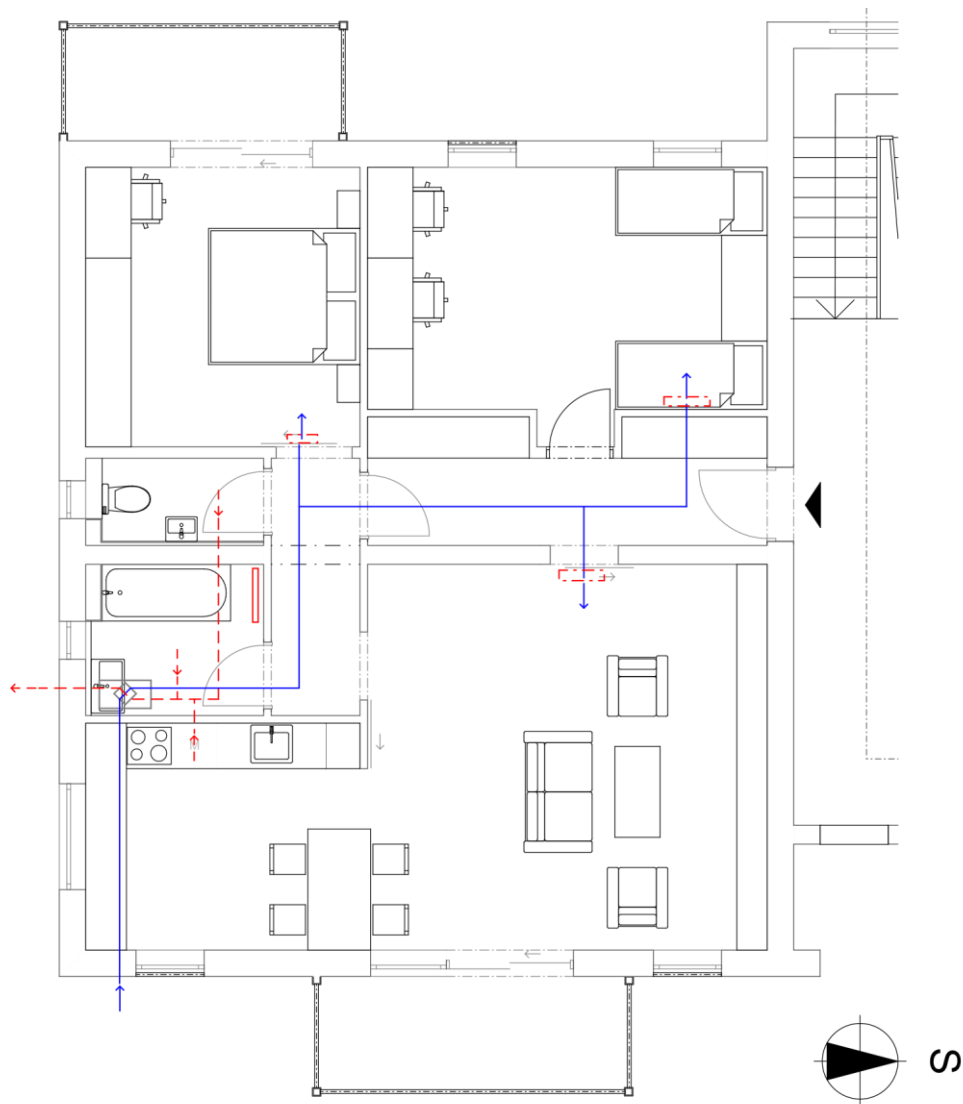
4.2.2 Fáze provozu



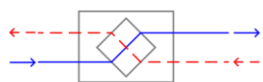
Obr. 15: Schéma vytápění a přípravy teplé vody

Teplo pro ohřev vody, vytápění objektu a spotřebu teplé vody v domácnosti proudí do akumulární nádrže z teplárny na zemní plyn.

System dálkového vytápění má několik výhod. Jedna z hlavních výhod je bezpečnost používání tohoto systému. Ve vytápěném objektu nedochází k výrobě tepla, proto odpadá riziko výbuchu, požáru nebo otravy zplodinami. Velkou výhodou je i spolehlivost celého systému z důvodu napojení teplárny na záložní zdroje. Z pohledu koncového uživatele, v tomto případě obyvatele bytového domu, je použití a regulace vytápění velmi jednoduché a pohodlné. [18]



DECENTRALIZOVANÁ VZT JEDNOTKA



--- ODVODNÍ POTRUBÍ VZT

— PŘÍVODNÍ POTRUBÍ VZT

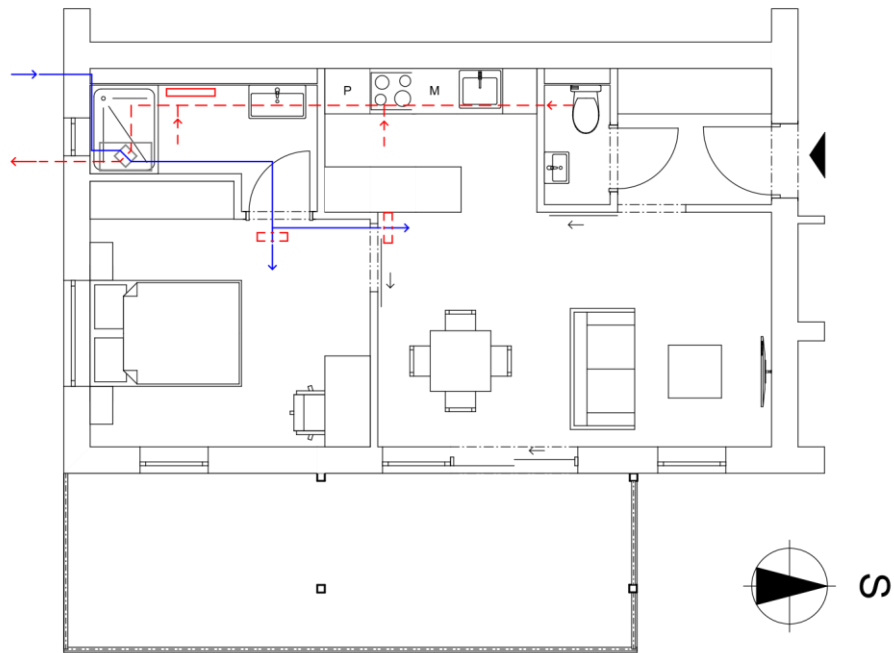
- ROVNOTLAKÝ SYSTÉM

- 1 VZT JEDNOTKA / 1 BYT

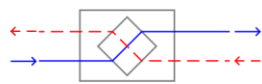
- VÝMĚNA VZDUCHU SE ZPĚTNÝM ZÍSKÁVÁNÍM TEPLA S ÚČINNOSTÍ 60%

--- OTOPNÉ TELESO POD VÝUSTKOU VZT

Obr. 16: Schéma větrání a vytápění v typickém bytě pro 4 osoby



DECENTRALIZOVANÁ VZT JEDNOTKA



--- ODVODNÍ POTRUBÍ VZT

— PŘÍVODNÍ POTRUBÍ VZT

- ROVNOTLAKÝ SYSTÉM

- 1 VZT JEDNOTKA / 1 BYT

- VÝMĚNA VZDUCHU SE ZPĚTNÝM ZÍSKÁVÁNÍM TEPLA S ÚČINNOSTÍ 60%

▭ OTOPNÉ TELESO POD VÝUSTKOU VZT

Obr. 17: Schéma větrání a vytápění v typickém bytě pro 2 osoby



Obr. 18: Decentralizovaná vzduchotechnická jednotka – vizualizace [19]

4.2.2.1 Výpočet potřeby energií na provoz

| konstrukce | plocha | U | R | b | Ai . Ui . bi |
|--|-------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|
| | [m ²] | [W/(m ² K)] | [m ² K/W] | [-] | [W/K] |
| stěna | 659 | 0,16 | 6,25 | 0,8 | 84,4 |
| otvory | 196 | 0,80 | 1,25 | 0,5 | 78,6 |
| podlaha na zemině | 184 | 0,17 | 5,88 | 0,8 | 25,0 |
| podlaha nad nevyt. zónou | 54 | 0,15 | 6,67 | 0,8 | 6,4 |
| střecha | 244 | 0,12 | 8,33 | 0,9 | 26,4 |
| celková plocha A | 1337 | H _{T1} | [W/K] | Σ Ai . Ui . bi | 220,7 |
| U _{tb} [W/(m ² K)] | 0,02 | H _{T2} | [W/K] | A . U _{tb} | 26,7 |
| A . U _{tb} [W/K] | 26,7 | H _T | [W/K] | H _{T1} + H _{T2} | 247,4 |

Tab. 8: Měrný tepelný tok prostupem H_T

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|-------|
| průměrný návrhový objemový tok větraného vzduchu | V _{a,d} | [m ³ /h] | 560 |
| tepelná kapacita vzduchu | ρ _a . c _a | [kWh/(m ³ K)] | 0,340 |
| obsazenost v budově | occup | [-] | 0,700 |
| objemový tok větraného vzduchu | V _a | [m ³ /h] | 246 |
| násobnost výměny vzduchu | n ₅₀ | [1/h] | 0,500 |
| součinitel větrné expozice | e | [-] | 0,020 |
| přídavný tok netěsnostmi | V _x | [m ³ /h] | 22 |
| účinnost systému zpětného získávání tepla | η _{ZZT} | [-] | 0,600 |
| objem vzduchu vytápěné zóny | V | [m ³] | 2879 |
| měrný tep. tok větráním | H _V | [W/K] | 84 |

Tab. 9: Měrný tepelný tok větráním H_V

| vytápěný prostor | V [m ³] | počet osob | V _x [m ³ /h] | V _{a,d} [m ³ /h] | V _a [m ³ /h] |
|----------------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | n _{os} [os] | | | |
| 2 x byt malý 1 byt / 2 os | 540 | 8 | 5,4 | 140 | 61,4 |
| 6 x byt velký 1 byt / 4 os | 1674 | 24 | 16,7 | 420 | 184,7 |
| celkem | 2214 | 32 | 22 | 560 | 246 |

Tab. 10: Objemový tok větraného vzduchu V_a

| měsíc | | | leden | únor | březen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | [h] | 744 | 696 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | [°C] | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | [°C] | -2,5 | -1,4 | 2,2 |
| teplotní rozdíl | ΔT | [°C] | 22,5 | 21,4 | 17,8 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | [W/K] | 303,3 | 303,3 | 303,3 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [Wh] | 5077268 | 4517495 | 4016683 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [kWh] | 5077,3 | 4517,495 | 4016,683 |

| měsíc | | | duben | květen | červen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t | [h] | 720 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | [°C] | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | [°C] | 6,6 | 11,7 | 14,5 |
| teplotní rozdíl | ΔT | [°C] | 13,4 | 8,3 | 5,5 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | [W/K] | 303,3 | 303,3 | 303,3 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [Wh] | 2926254 | 1872948 | 1201074 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [kWh] | 2926,3 | 1872,9 | 1201,1 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září |
|-------------------------------------|------------|-------|----------|----------|---------|
| délka měsíce | t | [h] | 744 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | [°C] | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | [°C] | 16,3 | 15,8 | 12,4 |
| teplotní rozdíl | ΔT | [°C] | 3,7 | 4,2 | 7,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | [W/K] | 303,3 | 303,3 | 303,3 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [Wh] | 834928,6 | 947756,8 | 1659666 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [kWh] | 834,9 | 947,8 | 1659,7 |

| měsíc | | | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | [h] | 744 | 720 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | [°C] | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | [°C] | 8,4 | 3,1 | -0,6 |
| teplotní rozdíl | ΔT | [°C] | 11,6 | 16,9 | 20,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | [W/K] | 303,3 | 303,3 | 303,3 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [Wh] | 2617614 | 3690574 | 4648521 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_d | [kWh] | 2617,6 | 3690,6 | 4648,5 |

Tab. 11: Celková ztráta budovy Q_d

| měsíc | | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|-------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| měrný tepelný tok větráním | H_v | [W/K] | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [Wh] | 1400930 | 1246477 | 1108292 | 807418 | 516787,7 | 331402,9 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [kWh] | 1401 | 1246,5 | 1108,3 | 807,4 | 516,8 | 331,4 |
| měrný tepelný tok obvodovou stěnou | H_T | [W/K] | 84,4 | 84,4 | 84,4 | 84,4 | 84,4 | 84,4 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [Wh] | 1412172 | 1256479 | 1117185 | 813897 | 520935 | 334062 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [kWh] | 1412 | 1256,5 | 1117,2 | 813,9 | 520,9 | 334,1 |
| měrný tepelný tok střechou | H_T | [W/K] | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [Wh] | 441132 | 392497,2 | 348984,8 | 254244,1 | 162728,9 | 104353,9 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [kWh] | 441 | 392,5 | 349,0 | 254,2 | 162,7 | 104,4 |
| měrný tepelný tok podlahou na zemině | H_T | [W/K] | 25 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [Wh] | 418674 | 372514,9 | 331217,7 | 241300,3 | 154444,2 | 99041,2 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [kWh] | 419 | 372,5 | 331,2 | 241,3 | 154,4 | 99,0 |
| měrný tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | H_T | [W/K] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [Wh] | 107471 | 95622 | 85021 | 61940 | 39645 | 25423 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [kWh] | 107 | 96 | 85 | 62 | 40 | 25 |
| měrný tepelný tok okny Sever | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [Wh] | 50220 | 44683,2 | 39729,6 | 28944,0 | 18525,6 | 11880,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [kWh] | 50 | 44,7 | 39,7 | 28,9 | 18,5 | 11,9 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|
| měrný tepelný tok větráním | H_V | [W/K] | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| tepelný tok větráním | Q_V | [Wh] | 230375 | 261507 | 457939 | 722257 | 1018311 | 1282630 |
| tepelný tok větráním | Q_V | [kWh] | 230 | 262 | 458 | 722 | 1018 | 1283 |
| měrný tepelný tok obvodovou stěnou | H_T | [W/K] | 84,4 | 84,4 | 84,4 | 84,4 | 84,4 | 84,4 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [Wh] | 232224 | 263606 | 461613 | 728053 | 1026482 | 1292922 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [kWh] | 232 | 264 | 462 | 728 | 1026 | 1293 |
| měrný tepelný tok střechou | H_T | [W/K] | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [Wh] | 104354 | 72542 | 82345 | 144198 | 227428 | 320651 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [kWh] | 104 | 73 | 82 | 144 | 227 | 321 |
| měrný tepelný tok podlahou na zemině | H_T | [W/K] | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [Wh] | 99041 | 68849 | 78152 | 136857 | 215850 | 304327 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [kWh] | 99 | 69 | 78 | 137 | 216 | 304 |
| měrný tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | H_T | [W/K] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [Wh] | 17673 | 20061 | 35130 | 55407 | 78119 | 98395 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [kWh] | 18 | 20 | 35 | 55 | 78 | 98 |
| měrný tepelný tok okny Sever | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [Wh] | 8258 | 9374 | 16416 | 25891 | 36504 | 45979 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [kWh] | 8 | 9 | 16 | 26 | 37 | 46 |

| měsíc | | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| měrný tepelný tok okny Východ | H_T | [W/K] | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [Wh] | 623732 | 554965 | 493442 | 359484 | 230088 | 147550 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [kWh] | 624 | 555 | 493 | 359 | 230 | 148 |

| | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| měrný tepelný tok okny Jih | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [Wh] | 50220 | 44683 | 39730 | 28944 | 18526 | 11880 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [kWh] | 50 | 45 | 40 | 29 | 19 | 12 |

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| měrný tepelný tok okny Západ | H_T | [W/K] | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [Wh] | 591016 | 525856 | 467559 | 340628 | 218019 | 139810 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [kWh] | 591 | 526 | 468 | 341 | 218 | 140 |

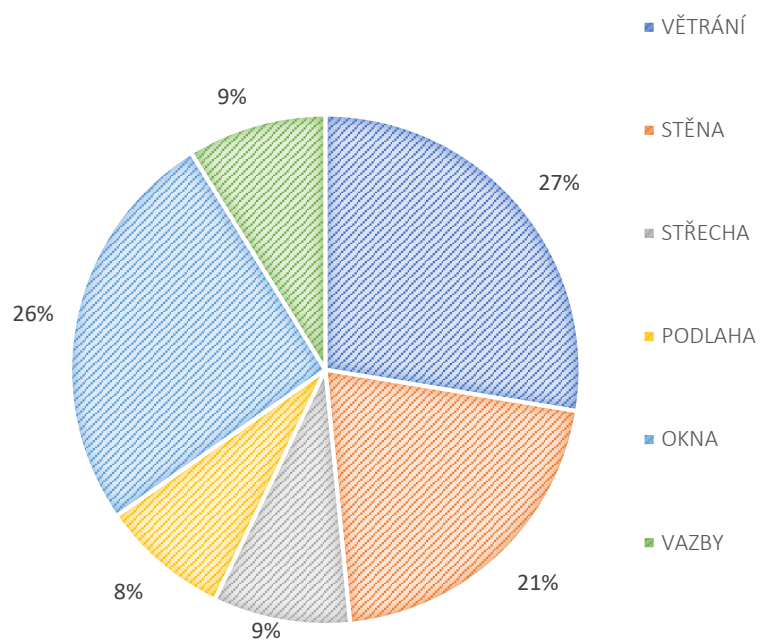
| | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| měrný tepelný tok vazbami kce | H_T | [W/K] | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [Wh] | 447584 | 398238 | 354089 | 257962 | 165109 | 105880 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [kWh] | 448 | 398 | 354 | 258 | 165 | 106 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| měrný tepelný tok okny Východ | H_T | [W/K] | 37 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [Wh] | 623732 | 554965,3 | 493441,6 | 359484,5 | 230088,0 | 147549,6 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [kWh] | 624 | 555,0 | 493,4 | 359,5 | 230,1 | 147,5 |
| měrný tepelný tok okny Jih | H_T | [W/K] | 3 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [Wh] | 50220 | 44683,2 | 39729,6 | 28944,0 | 18525,6 | 11880,0 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [kWh] | 50 | 44,7 | 39,7 | 28,9 | 18,5 | 11,9 |
| měrný tepelný tok okny Západ | H_T | [W/K] | 35 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [Wh] | 591016 | 525855,7 | 467559,1 | 340628,4 | 218019,1 | 139810,2 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [kWh] | 591 | 525,9 | 467,6 | 340,6 | 218,0 | 139,8 |
| měrný tepelný tok vazbami kce | H_T | [W/K] | 27 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [Wh] | 447584 | 398237,5 | 354088,7 | 257962,4 | 165108,8 | 105880,1 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [kWh] | 448 | 398,2 | 354,1 | 258,0 | 165,1 | 105,9 |

Tab. 12: Měsíční simulace tepelných toků v budově

| | | Celkem rok |
|------------------------------|-------------|------------|
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T [kWh] | 7095 |
| tepelný tok střechou | Q_T [kWh] | 2955 |
| tepelný tok podlahou | Q_T [kWh] | 3240 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T [kWh] | 336 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T [kWh] | 4178 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T [kWh] | 336 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T [kWh] | 3959 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T [kWh] | 2998 |
| tepelný tok prostupem | Q_T [kWh] | 24626 |
| tepelný tok větráním | Q_V [kWh] | 9384 |
| celkový tepelný tok | Q_I [kWh] | 34482 |

Tab. 13: Celkový tepelný tok Q_I



Graf 6: Celková tepelná ztráta Q_I

| orientace oken | | sever | východ | východ | jih | západ | západ |
|---|----------------------------|-------|--------|--------|-----|-------|-------|
| celková plocha okna | A_w [m ²] | 7,5 | 22,4 | 62,2 | 7,5 | 18,4 | 69,9 |
| plocha zasklení | A_{gl} [m ²] | 4,5 | 17,9 | 49,8 | 4,5 | 14,7 | 55,9 |
| korekční činitel rámu | F_F [-] | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| dílčí činitel stínění horizontem | F_h [-] | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| dílčí činitel stínění markýzou | F_o [-] | 1,00 | 1,0 | 0,83 | 1,0 | 1,00 | 0,83 |
| dílčí činitel bočními žebry | F_f [-] | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| korekční činitel stínění | F_s [-] | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 0,8 |
| korekční činitel pro zvýšené zt. odrazem při větších úhlech dopadu slun. záření | F_w [-] | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| cel. energ. propust. zasklení při normál. dopadu slunečních paprsků (trojsklo) | g [-] | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| korekční činitel clonění | F_c [-] | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| účinná solární sběrná plocha | A_s [m ²] | 0,6 | 2,4 | 5,6 | 0,6 | 2,0 | 6,3 |

Tab. 14: Výpočet účinné solární sběrné plochy oken / dveří

Hodnoty korekčních činitelů byly zvoleny na základě způsobu stínění oken a prosklených balkónových dveří. Dílčí činitel stínění horizontem F_h má hodnotu 1,0, neuvažuje se se žádným stíněním okolních budov, protože jde o typizovaný návrh bez konkrétního zasazení na parcelu, kde reálně může docházet ke stínění okolními budovami. Dílčí činitel stínění markýzou F_o pro některá okna s východní a západní orientací mění hodnotu 0,83, která odpovídá hodnotě z grafu z kapitoly 3.1.2. Tyto prosklené plochy jsou stíněny balkónem s předsazením 1,5 metru. Dílčí činitel stínění bočními žebry F_f má hodnotu 1,0, protože nejsou uvažovány jako stínící prvek. Korekční činitel clonění F_c má pro všechny prosklené plochy hodnotu 0,3, která odpovídá stínění vnitřními bílými žaluziemi. Hodnota celkového energetické propustnosti slunečních paprsků g pro navržená trojskla je 0,5.

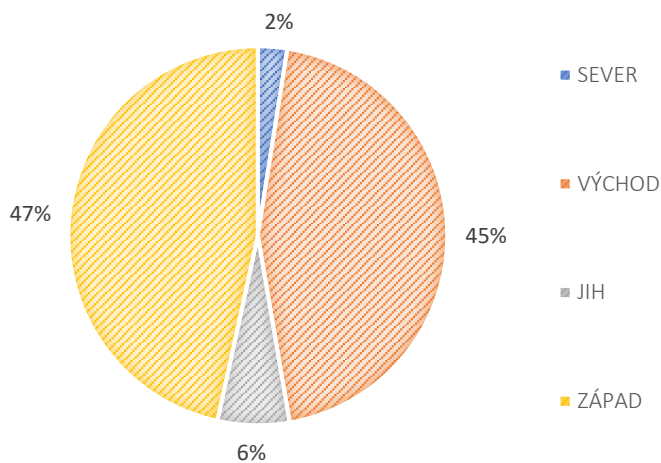
| Solární tepelné zisky | orient. | měsíc | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|------------------------------|---------|--------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| intenzita slunečního záření | S | H ₁ [kWh/m ²] | 8,4 | 14,3 | 23,9 | 34,1 | 47,4 | 50,3 |
| sběrná plocha | | A ₁ [m ²] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| solární zisk | | Q _{SOL,1} [kWh] | 5,1 | 8,7 | 14,5 | 20,7 | 28,8 | 30,6 |
| intenzita slunečního záření | V | H ₂ [kWh/m ²] | 15,1 | 27,5 | 45,9 | 66,6 | 86,9 | 85,1 |
| sběrná plocha | | A ₂ [m ²] | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| solární zisk | | Q _{SOL,2} [kWh] | 120,7 | 219,9 | 367,0 | 532,5 | 694,8 | 680,4 |
| intenzita slunečního záření | J | H ₃ [kWh/m ²] | 41,2 | 53,9 | 75,6 | 87,4 | 88,7 | 76,3 |
| sběrná plocha | | A ₃ [m ²] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| solární zisk | | Q _{SOL,3} [kWh] | 25,0 | 32,7 | 45,9 | 53,1 | 53,9 | 46,4 |
| intenzita slunečního záření | Z | H ₄ [kWh/m ²] | 16,1 | 25,7 | 46,8 | 68,9 | 89,4 | 81,4 |
| sběrná plocha | | A ₄ [m ²] | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 |
| solární zisk | | Q _{SOL,4} [kWh] | 132,8 | 212,0 | 386,1 | 568,4 | 737,5 | 671,5 |
| celkové solární zisky | | Q_{SOL} [kWh] | 284 | 473 | 813 | 1175 | 1515 | 1429 |

| Solární tepelné zisky | orient. | měsíc | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|------------------------------|---------|--------------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| intenzita slunečního záření | S | H ₁ [kWh/m ²] | 51,2 | 40,6 | 27,9 | 19,5 | 9,9 | 6,7 |
| sběrná plocha | | A ₁ [m ²] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| solární zisk | | Q _{SOL,1} [kWh] | 31,1 | 24,7 | 16,9 | 11,8 | 6,0 | 4,1 |
| intenzita slunečního záření | V | H ₂ [kWh/m ²] | 85,4 | 75,9 | 50,8 | 37,3 | 17,5 | 11,3 |
| sběrná plocha | | A ₂ [m ²] | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| solární zisk | | Q _{SOL,2} [kWh] | 682,8 | 606,8 | 406,1 | 298,2 | 139,9 | 90,3 |
| intenzita slunečního záření | J | H ₃ [kWh/m ²] | 83,3 | 90,2 | 77,6 | 71,2 | 40,7 | 29,6 |
| sběrná plocha | | A ₃ [m ²] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| solární zisk | | Q _{SOL,3} [kWh] | 50,6 | 54,8 | 47,1 | 43,3 | 24,7 | 18,0 |
| intenzita slunečního záření | Z | H ₄ [kWh/m ²] | 84,2 | 79,9 | 50,8 | 36,6 | 17,8 | 12,2 |
| sběrná plocha | | A ₄ [m ²] | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 |
| solární zisk | | Q _{SOL,4} [kWh] | 694,6 | 659,1 | 419,1 | 301,9 | 146,8 | 100,6 |
| celkové solární zisky | | Q_{SOL} [kWh] | 1459 | 1345 | 889 | 655 | 317 | 213 |

Tab. 15: Solární zisky

| | | | |
|----------------------------------|-------------|------------------|--------------|
| solární zisk okny – sever | $Q_{SOL,1}$ | [kWh/rok] | 203 |
| solární zisk okny – východ | $Q_{SOL,2}$ | [kWh/rok] | 4839 |
| solární zisk okny – jih | $Q_{SOL,3}$ | [kWh/rok] | 496 |
| solární zisk okny – západ | $Q_{SOL,4}$ | [kWh/rok] | 5030 |
| celkový solární zisk okny | Q_{SOL} | [kWh/rok] | 10568 |

Tab. 16: Celkový solární zisky za rok



Graf 7: Poměr solárních tepelných zisků budovy

| | | | |
|--------------------------------------|------------|---------------------|---------|
| průměrný měrný výkon vnitřních zisků | q_{int} | (W/m ²) | 6,0 |
| užitná plocha vytápěné zóny | A_f | (m ²) | 915 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} | (kW) | 5,5 |
| účinná vnitřní tepelná kapacita zóny | C_m | (J/K) | 3,4E+08 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 303,3 |
| časová konst. vytápěné zóny budovy | τ | (h) | 310,1 |
| číselný parametr | a | (-) | 21,7 |

Tab. 17: Proměnné pro výpočet potřeby tepla na vytápění/ chlazení budovy

| měsíc | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|-----------------|-------|------|--------|-------|--------|--------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 696 | 744 | 720 | 744 | 720 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2046 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 330 | 548 | 938 | 1349 | 1735 | 1636 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 2518 | 2594 | 3125 | 3466 | 3923 | 3753 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 5077 | 4517 | 4017 | 2926 | 1873 | 1201 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 0,50 | 0,57 | 0,78 | 1,18 | 2,09 | 3,12 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,84 | 0,48 | 0,32 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh] | 2559 | 1923 | 895 | 12 | 0 | 0 |

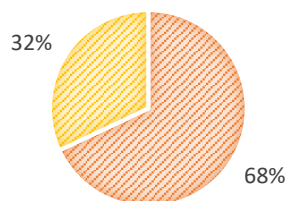
| měsíc | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|-----------------|----------|-------|------|-------|----------|----------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 | 2187 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 1672 | 1543 | 1025 | 758 | 369 | 248 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 3859 | 3731 | 3141 | 2945 | 2486 | 2435 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 835 | 948 | 1660 | 2618 | 3691 | 4649 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 4,62 | 3,94 | 1,89 | 1,13 | 0,67 | 0,52 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 0,22 | 0,25 | 0,53 | 0,88 | 1,00 | 1,00 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh] | 0 | 0 | 0 | 24 | 1205 | 2213 |

Tab. 18: Měsíční výpočet potřeby energie na vytápění

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|----------|-----------------------------|----|
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh/rok] | 36393 | Q_g | [kWh/(rok.m ²)] | 40 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh/rok] | 37132 | Q_l | [kWh/(rok.m ²)] | 41 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh/rok] | 11395 | Q_{nd} | [kWh/(rok.m ²)] | 12 |

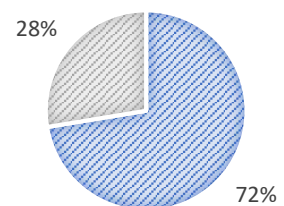
Tab. 19: Celková potřeba energie na vytápění

- celkové vnitřní tepelné zisky
- celkové solární tepelné zisky

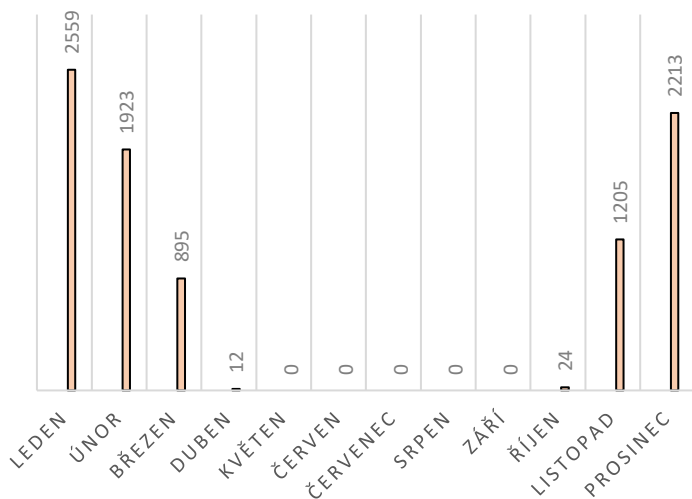


Graf 8: Poměr tepelných zisků

- tepelná ztráta prostupem
- tepelná ztráta větráním



Graf 9: Poměr tepelných ztrát



Graf 10: Potřeba tepla na vytápění budov

4.2.2.2 Posouzení emisí GWP ve fázi provozu

| ZDROJ ENERGIE / TEPLA | Emisní faktor |
|-----------------------------------|---------------|
| | GWP |
| | [kg/MJ] |
| kotel na palivové dřevo | 0,0052 |
| kotel na dřevěné pelety | 0,0147 |
| kotel na černé uhlí | 0,1240 |
| kotel na zemní plyn | 0,0716 |
| solární kolektory | 0,0029 |
| elektrická energie – mix ČR | 0,2110 |
| elektrická energie – fotovoltaika | 0,0238 |
| teplárna na uhlí | 0,1060 |
| teplárna na zemní plyn | 0,0684 |
| teplárna na ORC | 0,0109 |

Tab. 20: Emisní faktor pro různé zdroje energií [20]

| Položka | Roční spotřeba energie [MJ/rok] | Energonositel | Emisní faktor | |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------------|
| | | | GWP | |
| | | | [kg/MJ] | [Mt.CO _{2,ekv.} /rok] |
| vytápění | 45836 | teplárna na zemní plyn | 0,0684 | 2,1748 |
| větrání | 12731 | elektrická en. – mix ČR | 0,2110 | 2,1490 |
| chlazení | - | - | - | - |
| zvlhčování | - | - | - | - |
| osvětlení | 24343 | elektrická en. – mix ČR | 0,2110 | 5,1364 |
| příprava TUV | 109024 | teplárna na zemní plyn | 0,0684 | 7,4572 |
| pomocná energie | 3000 | elektrická en. – mix ČR | 0,2110 | 0,6330 |
| Celkem | 194935 | | | 17,5505 |

Tab. 21: Emise GWP – fáze provozu bytového domu

Vypočtená potřeba tepla na vytápění budovy z *Tab. 19* je navýšená na základě účinnosti zdroje energie a účinnosti otopné soustavy. Zdrojem tepla je teplárna s účinností 90 % a účinnost otopné soustavy s navrženými otopnými tělesy je 88 % podle TNI 73 0331. Konečná potřeba tepla na vytápění je podělena těmito účinnostmi.

4.2.3 Vyhodnocení emisí GWP

| Položka – kategorie dopadu | | M.J. | výstavba | provoz | celkem | celkem BD | rozpočet BD |
|----------------------------|----------------------------|-------|----------|----------|----------|------------|-------------|
| | | | v | p | v + p | (v + p)/os | (v + p)/os |
| GWP | Emise CO _{2,ekv.} | t/rok | 17,23849 | 17,55046 | 34,78895 | 1,08715 | 1,03900 |

Tab. 22: Vyhodnocení emisí GWP pro bytový dům

Vyhodnocení emisí GWP ukazuje, že varianta 1 nespĺňuje stanovený emisní limit na osobu ani za podmínek, kdy se neřeší chlazení budovy.

4.3 Opatření 1 – změna materiálového složení

Z vyhodnocení první varianty je patrné, že materiály běžně používané ve stavební praxi ve velké míře zatěžují životní prostředí, proto by se mělo dávat větší důraz na výběr vhodných materiálů s nižším podílem emisí CO_{2,ekv.}, proto jsou v dalších variantách vytvořené skladby, které nahrazují v různé míře železobetonové konstrukce, mění se vrstva tepelné izolace nebo materiál vnitřních omítek.

4.4 Opatření 2 – lepší zateplení budovy

Zvýšením tloušťky tepelné izolace se dosáhne nižší součinitele tepelné vodivosti, tím se sníží tepelné ztráty budovy. Nižší tepelné ztráty se pak projeví v nižší potřebě tepla na vytápění a chlazení. Toto opatření se doplňuje s předchozím. Nárůst tloušťky tepelné izolace zvyšuje produkované svázané emise, ale když se to spojí s použitím materiálu s menším obsahem emisí, nepředstavuje to zhoršení dopadu na životní prostředí.

4.5 Opatření 3 – zavedení chlazení

Návrh chlazení v bytových domech v současnosti většinou chybí. Řešení chlazení budovy představuje navýšení investičních nákladů, o které investoři/developpeři nemají zájem. Tahle nepříznivá situace ale není vyhovující ze dvou hledisek. Změnou klimatu dochází k prokazatelnému zvyšování průměrné teploty Země, následkem čehož vzrůstá průměrná vnější i vnitřní teplota vzduchu. Druhým je novodobý trend v rozvinutých krajinách včetně České republiky. Je ním neustálé zvyšování komfortu bydlení. Z toho plyne potřeba zlepšovat kvalitu vnitřní prostředí, kterou ovlivňuje relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, koncentrace CO₂, intenzita osvětlení, akustika, alergenů a vnitřní teplota vzduchu. Zvyšujícím se počtem tropických dní (teplota vzduchu je vyšší než 30 °C) a nocí (teplota vzduchu je vyšší než 20 °C) bude těžší udržovat komfortní hladinu vnitřní teploty vzduchu přirozeně nebo nuceně,

pomocí malých ventilátorů. Hranice, nad kterou by neměla tato teplota během dne vzrůst je 27 °C.

Faktorů, které ovlivňují vnitřní teplotu je samozřejmě více. Závísí to na umístění stavby vzhledem k podnebí, orientaci vůči světovým stranám, způsobu stínění, charakteru budovy (velikost vnitřních zisků je různá v závislosti na obsazenosti a technickém vybavení; jiné hodnoty jsou pro obytné budovy nebo administrativní), zateplení budovy, množství prosklených ploch a vnitřní tepelné kapacity materiálového složení skladeb budovy.

Se zavedením chlazení je nutné řešit vhodný způsob stínění. Vnitřní žaluzie nejsou schopny dostatečně chránit obytné místnosti před přehříváním, protože sluneční energie prostupuje přes sklo do interiéru. Z tohoto důvodu je lepší volit vnější žaluzie, s kterými je dobré uvažovat už v konceptu budovy, aby je bylo možné integrovat do tepelně-izolační vrstvy. Sluneční energie je v tomto případě odražena a nezpůsobuje během léta nežádoucí tepelné zisky. Nejvhodnějším typem jsou žaluzie s lamelami tvaru písmene Z, protože vytvoří nepropustnou celistvou vrstvu, která nepropustí slunečné paprsky.

4.6 Opatření 4 – změna zdrojů energií

Globálním cílem je udržení a stabilizace koncentrace skleníkových plynů na úrovni 450-500 ppm. S koncentrací na této hranici se možná dosáhne udržet růst teploty pod 2 °C. Kvůli tomuto cíli se zvyšuje potřeba přecházet na výrobu energie s nízkou nebo nulovou produkcí skleníkových plynů. V klimatických scénářích, které počítají s koncentrací skleníkových plynů na zmíněné úrovni určují nutnost přecházet na spotřebu nízkouhlíkové elektřiny, která obsahuje obnovitelné zdroje energie. Současný světový podíl nízkouhlíkové elektřiny se pohybuje na 30 %. Tento podíl by se měl postupně zvyšovat až na úroveň 80 % v roce 2050 nebo až 90 % na konci století. Energie získávána z fosilních paliv by měla být úplně nahrazená energií s nízkou nebo nulovou produkcí skleníkových plynů. [3]

Nízkouhlíková energie:

- *obnovitelné zdroje energie* – řadíme mezi ně energii získávanou ze slunečního záření, z větru, z geotermálních vrtů, z vody a biomasy.
- *CCS Carbon capture and storage* – jedná se o technologii uskladnění emisí CO₂. Technologie zachytává a uskladňuje CO₂ hluboko pod zemí za vysokého tlaku. V podmínkách České republiky tato technologie není uplatněná.
- *BECCS* – kombinace biomasy se systémem CCS. Výsledkem je záporná produkce CO₂. [3]

Z přehledu možností, které tvoří nízkouhlíkovou energii se v podmínkách České republiky zatím dají uplatnit jenom obnovitelné zdroje energie.

Na produkci emisí má vliv i lidské chování, životný styl, proto je důležité, aby domácnosti měnily své chování a k uspokojování svých potřeb spotřebovaly méně energie včetně energie na přípravu teplé vody.

4.7 Varianta 2

Nová posuzovaná varianta je kombinací všech opatření.

Opatření č. 1:

Hlavní vodorovné nosné konstrukce, které ve variantě 1 byly z monolitického železobetonu jsou nahrazeny dutinovými panely Spiroll, u kterých se předpokládá, že se ve velké míře budou podílet na snížení emisí GWP, protože na výrobu je potřeba menší množství betonu a ocelové výztuže. Panelový prefabrikovaný systém je výhodný i z hlediska efektivity výstavby.

Svislé nosné a nenosné konstrukce jsou nahrazené vápenopískovými cihlami kromě jádra, které zůstává materiálově stejné.

Tepelně-izolační materiál, pěnový polystyrén, byl nahrazen minerální vatou.

| Materiál | GWP [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | ρ [kg/m ³] | GWP [kg.CO ₂ ekv.] | λ [W/(m.K)] | Třída reakce na oheň |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------|
| pěnový polystyrén | 4,2121 | 16 | 67 | 0,035 | E |
| minerální vata kamenná | 1,1331 | 32 | 36 | 0,036 | A1 |

Tab. 23: Porovnání tepelně-izolačních materiálů

Z porovnání z Tab. 23 plyne, že i když tyto dva tepelné izolanty mají téměř stejné tepelně-izolační vlastnosti, z hlediska emisí má pěnový polystyrén při stejném objemu materiálu (1 m³) téměř dvounásobně horší dopad na životní prostředí. Minerální vata je vhodným tepelným izolantem i z hlediska zařazení do třídy reakce na oheň.

Vnitřní sádrové omítky nahradí hliněná omítka, která je přínosem i pro vnitřní prostředí budovy. Hliněná omítka je přirozeným regulátorem vlhkosti v místnosti. Když je relativní vlhkost místnosti vyšší dokáže do pár centimetrů své tloušťky tuto vlhkost absorbovat a v případě, že by se vlhkost v místnosti snížila, je schopna ji znova do prostoru uvolnit. Jde o materiál difuzně otevřený.

Opatření č. 2:

Tloušťka tepelné izolace obvodových stěn se zvýšila na 300 mm, čím se snížil součinitel tepelné vodivosti na hodnotu 0,11 W/(m².K).

Opatření č. 3:

Pro zabezpečení tepelné pohody interiéru během celého roku se zavedlo chlazení. Chlazení je součástí decentralizované vzduchotechnické jednotky.

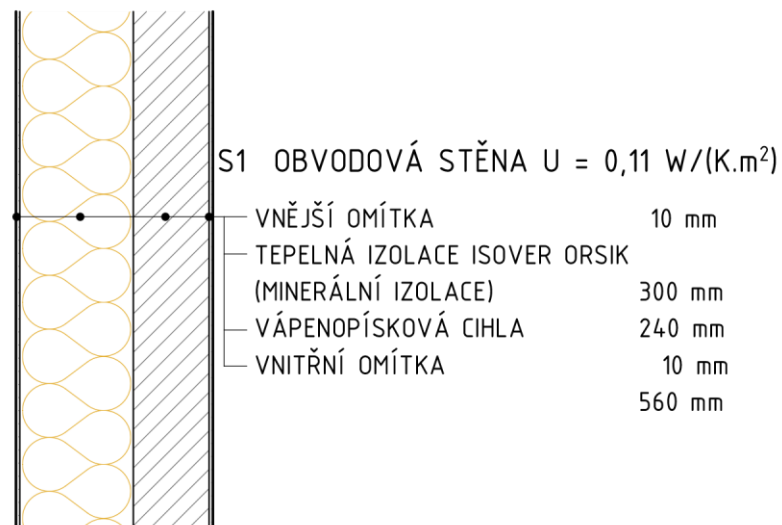
Opatření č. 4:

Budova je napojena na obnovitelné zdroje energie. Pro pokrytí spotřeby energie na vytápění a přípravu teplé vody je zvolený kondenzační plynový kotel. Tento typ kotle se vyznačuje nízkou spotřebou zemního plynu a vysokou účinností.

Decentralizované jednotky jsou napojeny na fotovoltaické panely, které z přebytečné energie ohřívají vodu v akumulaci nádrži pro vytápění a přípravu teplé vody.

4.7.1 Fáze výstavby

4.7.1.1 Návrh a posouzení skladeb – svázané emise GWP

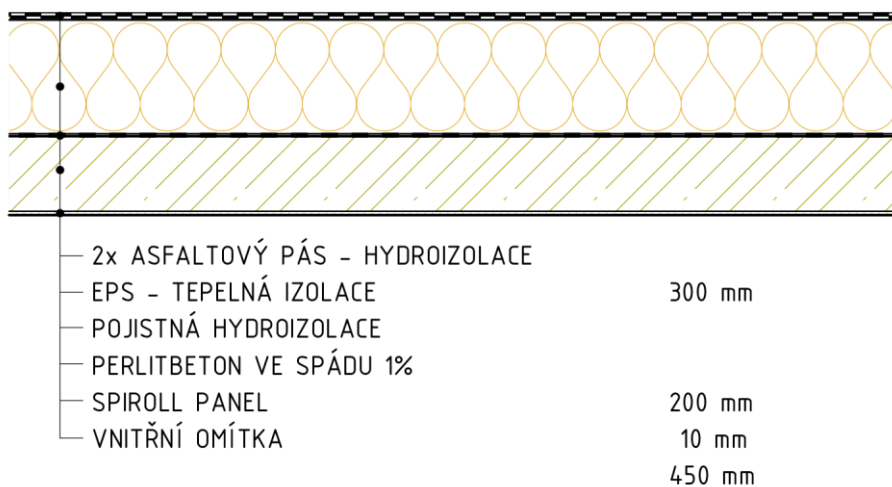


Obr. 19: Skladba obvodové zdi – M1:20



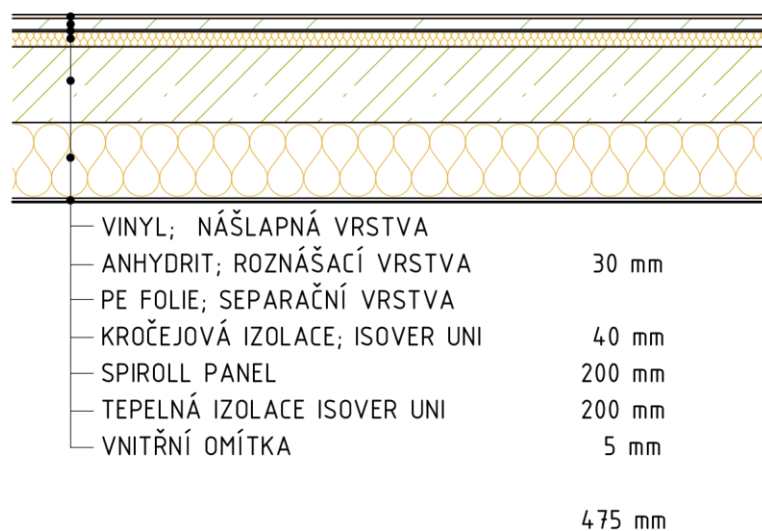
Obr. 20: Skladba podlahy typické podlaží – M1:20

ST1 JEDNOPLÁŠŤOVÁ STŘECHA $U = 0,12 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$



Obr. 21: Skladba střechy – M1:20

P2 PODLAHA NAD NEVYT. ZÓNOU $U = 0,15 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$



Obr. 22: Skladba podlahy nad nevytápěnou zónou – M1:20

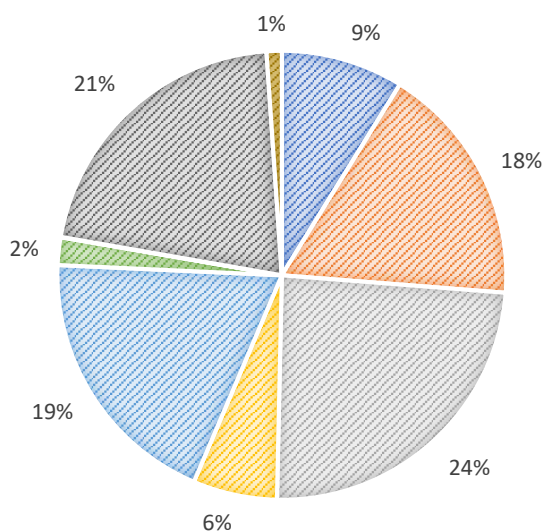
| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|--------------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|--------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| obvodová stěna | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – hliněná | 0,010 | | 1600 | 723 | 11568 | 25 | 0,019147 | 221,49 | 0,0097 |
| vápenopísková cihla | 0,240 | | 1530 | 723 | 265486 | 50 | 0,130370 | 34611,36 | 0,7565 |
| minerální izolace – kam. | 0,300 | | 32 | 723 | 6941 | 30 | 1,133100 | 7864,62 | 0,2865 |
| vnější omítka | 0,010 | | 1800 | 723 | 13014 | 25 | 0,769950 | 10020,13 | 0,4380 |
| Celkem | 0,560 | | | | | | | | 1,4908 |
| příčka | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – hliněná | 0,010 | | 1600 | 180 | 2880 | 25 | 0,019147 | 55,14 | 0,0024 |
| vápenopísková cihla | 0,115 | | 1530 | 180 | 31671 | 50 | 0,130370 | 4128,95 | 0,0000 |
| vnitřní omítka – hliněná | 0,010 | | 1600 | 180 | 2880 | 25 | 0,019147 | 55,14 | 0,0024 |
| Celkem | 0,135 | | | | | | | | 0,0048 |
| mezibytová stěna | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 579 | 9264 | 25 | 0,036221 | 335,55 | 0,0147 |
| prostý beton | 0,200 | 0,99995 | 2350 | 579 | 272116 | 50 | 0,109891 | 29903,14 | 0,6536 |
| výztuž | 0,200 | 0,00005 | 7850 | 579 | 45 | 50 | 1,482000 | 67,36 | 0,0015 |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 579 | 9264 | 25 | 0,036221 | 335,55 | 0,0147 |
| Celkem | 0,220 | | | | | | | | 0,6844 |
| suterénní stěna | | | | | | | | | |
| nopová folie | | | | 424 | 0 | | | | |
| prostý beton | 0,300 | 0,99995 | 2350 | 424 | 298920 | 50 | 0,109891 | 32846,98 | 0,7180 |
| výztuž | 0,300 | 0,00005 | 7850 | 424 | 998520 | 50 | 1,482000 | 73,99 | 0,0016 |
| XPS – tepelná izolace | 0,120 | 0,5 | 30 | 424 | 1526,4 | 30 | 3,820500 | 2915,81 | 0,1062 |
| Celkem | 0,420 | | | | | | | | 0,8258 |

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|--------------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|----------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| podlaha – nosná část | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,010 | | 1600 | 1250 | 20000 | 25 | 0,036221 | 724,42 | 0,0317 |
| prostý beton | 0,300 | 0,99995 | 2350 | 1250 | 881250 | 50 | 0,109891 | 96836,60 | 2,1166 |
| výztuž | 0,300 | 0,00005 | 7850 | 1250 | 2943750 | 50 | 1,482000 | 218,13 | 0,0048 |
| Celkem | 0,310 | | | | | | | | 2,1531 |
| podlaha | | | | | | | | | |
| EPS – tepelná izolace | 0,200 | 0,5 | 30 | 244 | 1464 | 30 | 4,212100 | 3083,26 | 0,1123 |
| pěnové sklo | 0,500 | | 110 | 643 | 35365 | 50 | 1,571900 | 55590,24 | 1,2151 |
| laminátová podlaha | 0,015 | 0,7 | 495 | 915 | 6793,875 | 25 | 0,417879 | 1987,31 | 0,0869 |
| keramická podlaha | 0,010 | 0,3 | 2000 | 915 | 18300 | 50 | 0,787130 | 4321,34 | 0,0945 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 915 | 87108 | 50 | 0,574926 | 50080,65 | 1,0947 |
| PE folie – separační | 0,000 | | 960 | 915 | 87,84 | 25 | 76,460270 | 6716,27 | 0,2936 |
| kročejová iz. minerální | 0,050 | | 32 | 915 | 1464 | 30 | 1,083100 | 1585,66 | 0,0578 |
| Celkem | 0,115 | | | | | | | | 1,6274 |
| střecha | | | | | | | | | |
| 2x asfaltový pás HI | 0,006 | | 1220 | 240 | 1756,8 | 30 | 1,165300 | 2047,20 | 0,0746 |
| EPS – tepelná izolace | 0,300 | | 30 | 240 | 2160 | 30 | 4,212100 | 9098,14 | 0,3314 |
| pojistná HI | 0,002 | | 1220 | 240 | 1756,8 | 30 | 1,403500 | 2465,67 | 0,0898 |
| prostý beton | 0,300 | 0,99995 | 2350 | 240 | 169191,5 | 50 | 0,109891 | 18592,63 | 0,4064 |
| výztuž | 0,300 | 0,00005 | 7850 | 240 | 28,26 | 50 | 1,482000 | 41,88 | 0,0009 |
| vnitřní omítka – sádrová | 0,005 | | 1600 | 240 | 1920 | 25 | 0,036221 | 69,54 | 0,0030 |
| Celkem | 0,607 | | | | | | | | 0,8316 |

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|-----------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|---------|-----------|--------------------------------|---------------------------|--|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv.]/(m ² .rok)] |
| balkon | | | | | | | | | |
| keramická podlaha | 0,010 | | 2000 | 174 | 3480 | 50 | 0,787130 | 2739,21 | 0,0599 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 174 | 16564,8 | 50 | 0,574926 | 9523,53 | 0,2082 |
| prostý beton | 0,120 | 0,99995 | 2350 | 174 | 49068 | 50 | 0,109891 | 5391,86 | 0,1179 |
| výztuž | 0,120 | 0,00005 | 7850 | 174 | 163908 | 50 | 1,482000 | 12,15 | 0,0003 |
| vnější omítka | 0,010 | | 1800 | 104 | 1872 | 25 | 0,769950 | 1441,35 | 0,0630 |
| ocel | 0,070 | | | | 2019 | 50 | 2,092400 | 4225,10 | 0,0924 |
| sklo | 0,020 | | 2400 | 87 | 4176 | 50 | 1,678080 | 7007,66 | 0,1532 |
| Celkem | 0,180 | | | | | | | | 0,6947 |
| schodiště | | | | | | | | | |
| keramická podlaha | 0,010 | | 2000 | 34,5 | 690 | 50 | 0,787130 | 543,12 | 0,0119 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 34,5 | 3284,4 | 50 | 0,574926 | 1888,29 | 0,0413 |
| železobeton | 0,200 | 0,95000 | 2350 | 34,5 | 16215 | 50 | 0,109891 | 1692,79 | 0,0370 |
| prostý beton | 0,200 | 0,05000 | 7850 | 34,5 | 54165 | 50 | 1,482000 | 4013,63 | 0,0877 |
| vnější omítka | 0,010 | | 1800 | 34,5 | 621 | 25 | 0,769950 | 478,14 | 0,0209 |
| Celkem | 0,260 | | | | | | | | 0,1988 |
| výplně otvorů | | | | | | | | | |
| dveře | | | | | 975 | 25 | 1,334530 | 1301,17 | 0,0569 |
| dřevěný okenní rám | 0,05 | 0,1 | 600 | 185 | 555 | 30 | 1,634660 | 907,24 | 0,0331 |
| zasklení trojsklo | 0,04 | 0,9 | 30 | 185 | 199,8 | 30 | 1,892570 | 378,14 | 0,0138 |
| Celkem | | | | | | | | | 0,1037 |

Tab. 24: Svázané emise GWP

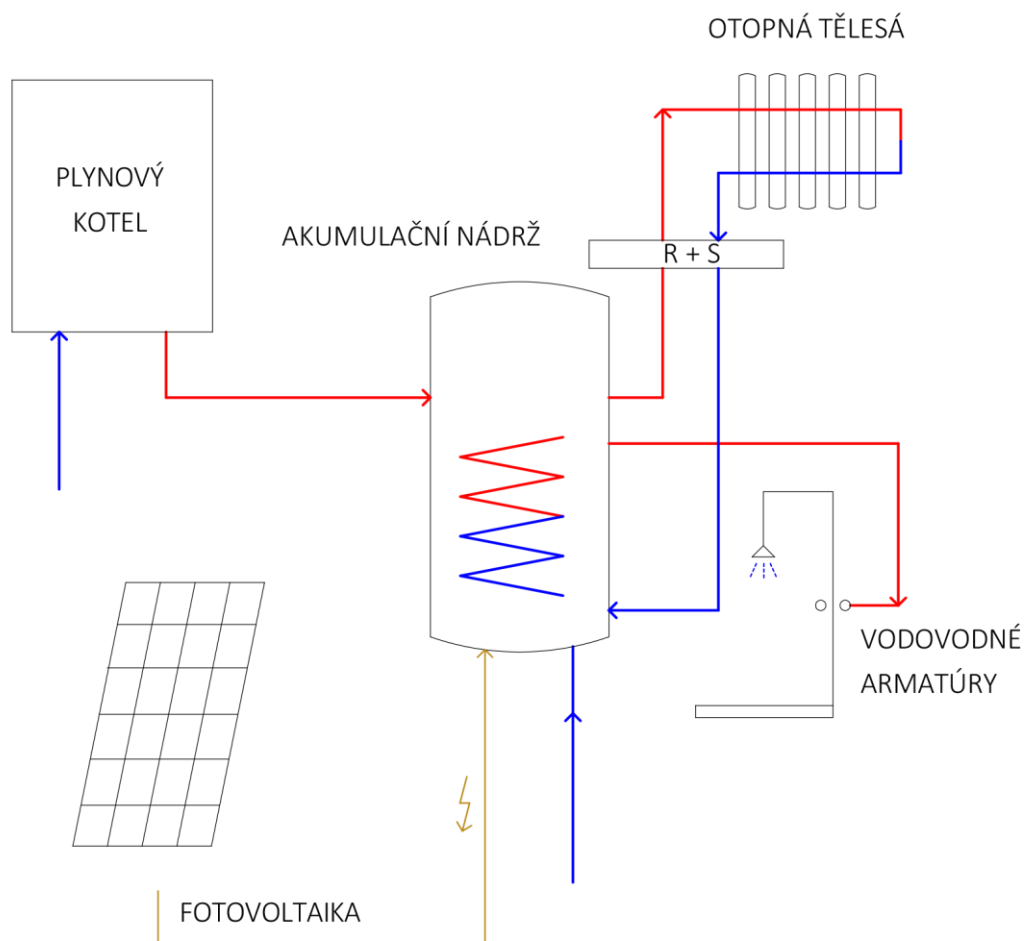
- Základové konstrukce (včetně hydroizolace)
- Svislé nosné konstrukce (včetně povrchů)
- Vodorovné nosné konstrukce stropů (včetně povrchů)
- Nosné konstrukce střechy
- Nenosné obvodové konstrukce (nenosné kce vč. zateplovacích systémů)
- Schodiště
- Příčky (včetně povrchů)
- Střešní plášť (krytina)
- Konstrukce podlah (roznášecí, pochozí vrstvy, izolace)
- Výplně otvorů



Graf 11: Procentuální zastoupení emisí GWP konstrukcí v budově

Z Grafu 8 je patrné, že na emisích GWP se nejvíc podílí vodorovné nosné konstrukce, konstrukce podlahy a svislé konstrukce. Všechny tyto skladby jsou tvořeny železobetonovou konstrukcí. Při úvahách o dalším snižování podílu emisí GWP pro bydlení je na místě zaměřením na tyto konstrukce, protože v sebe ukrývají potenciál na snižování zmíněných emisí změnou použitých materiálů.

4.7.2 Fáze provozu



Obr. 23: Schéma vytápění a přípravy teplé vody

4.7.2.1 Výpočet potřeby energií na provoz

| konstrukce | plocha | U | R | b | Ai . Ui . bi |
|--|-------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|
| | [m ²] | [W/(m ² K)] | [m ² K/W] | [-] | [W/K] |
| stěna | 659 | 0,12 | 8,33 | 0,8 | 63,3 |
| otvory | 196 | 0,80 | 1,25 | 0,5 | 78,6 |
| podlaha na zemině | 184 | 0,80 | 1,25 | 0,8 | 117,7 |
| podlaha nad nevyt. zónou | 54 | 0,13 | 7,69 | 0,8 | 5,6 |
| střecha | 244 | 0,12 | 8,33 | 0,9 | 26,4 |
| celková plocha A | 1337 | H _{T1} | [W/K] | Σ Ai . Ui . bi | 291,4 |
| U _{tb} [W/(m ² K)] | 0,02 | H _{T2} | [W/K] | A . U _{tb} | 26,7 |
| A . U _{tb} [W/K] | 26,7 | H _T | [W/K] | H _{T1} + H _{T2} | 318,2 |

Tab. 25: Měrný tepelný tok prostupem H_T

| měsíc | | | leden | únor | březen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 696 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | -2,5 | -1,4 | 2,2 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 22,5 | 21,4 | 17,8 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 5190109 | 4617895 | 4105953 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 5190,1 | 4617,895 | 4105,953 |

| měsíc | | | duben | květen | červen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 720 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 6,6 | 11,7 | 14,5 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 13,4 | 8,3 | 5,5 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 2991289 | 1914574 | 1227768 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 2991,3 | 1914,6 | 1227,8 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září |
|-------------------------------------|------------|-------|----------|----------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 16,3 | 15,8 | 12,4 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 3,7 | 4,2 | 7,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 853484,7 | 968820,4 | 1696552 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 853,5 | 968,8 | 1696,6 |

| měsíc | | | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 720 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 8,4 | 3,1 | -0,6 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 11,6 | 16,9 | 20,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 2675790 | 3772596 | 4751833 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 2675,8 | 3772,6 | 4751,8 |

Tab. 26: Měsíční simulace tepelné ztráty budovy

| | | Celkem rok |
|--------------------------------|-------------|------------|
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T (kWh) | 7095 |
| tepelný tok střechou | Q_T (kWh) | 2955 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T (kWh) | 3240 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T (kWh) | 336 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T (kWh) | 4178 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T (kWh) | 336 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T (kWh) | 3959 |
| tepelný tok vazbami konstrukce | Q_T (kWh) | 2998 |
| tepelný tok prostupem | Q_T (kWh) | 25098 |
| tepelný tok větráním | Q_V (kWh) | 9384 |
| celkový tepelný tok | Q_i (kWh) | 34482 |

Tab. 27: Celkový tepelný tok

| orientace oken | | sever | východ | východ | jih | západ | západ |
|---|----------------------------|-------|--------|--------|-----|-------|-------|
| celková plocha okna | A_w [m ²] | 7,5 | 22,4 | 62,2 | 7,5 | 18,4 | 69,9 |
| plocha zasklení | A_{gl} [m ²] | 4,5 | 17,9 | 49,8 | 4,5 | 14,7 | 55,9 |
| korekční činitel rámu | F_F [-] | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| dílčí činitel stínění horizontem | F_h [-] | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| dílčí činitel stínění markýzou | F_o [-] | 1,00 | 1,0 | 0,83 | 1,0 | 1,00 | 0,83 |
| dílčí činitel bočními žebry | F_f [-] | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| korekční činitel stínění | F_s [-] | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 0,8 |
| korekční činitel pro zvýšené zt. odrazem při větších úhlech dopadu slun. záření | F_w [-] | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| cel. energ. propust. zasklení při normál. dopadu slunečních paprsků (trojsklo) | g [-] | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| korekční činitel clonění | F_c [-] | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,3 |
| účinná solární sběrná plocha | A_s [m ²] | 0,6 | 0,8 | 5,6 | 0,2 | 0,7 | 6,3 |

Tab. 28: Účinná solární sběrná plocha

Ve variantě 2 se mění korekční činitel clonění F_c . Okna nestíněná balkónem a orientovaná na východ, západ nebo jih jsou cloněná vnějšími žaluziemi.

| Solární tepelné zisky | orient. | měsíc | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|------------------------------|---------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| intenzita slunečního záření | S | H ₁ [kWh/m ²] | 8,4 | 14,3 | 23,9 | 34,1 | 47,4 | 50,3 |
| sběrná plocha | | A ₁ [m ²] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| solární zisk | | Q _{SOL,1} [kWh] | 5,1 | 8,7 | 14,5 | 20,7 | 28,8 | 30,6 |
| intenzita slunečního záření | V | H ₂ [kWh/m ²] | 15,1 | 27,5 | 45,9 | 66,6 | 86,9 | 85,1 |
| sběrná plocha | | A ₂ [m ²] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| solární zisk | | Q _{SOL,2} [kWh] | 96,4 | 175,5 | 292,9 | 425,0 | 554,5 | 543,1 |
| intenzita slunečního záření | J | H ₃ [kWh/m ²] | 41,2 | 53,9 | 75,6 | 87,4 | 88,7 | 76,3 |
| sběrná plocha | | A ₃ [m ²] | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| solární zisk | | Q _{SOL,3} [kWh] | 8,3 | 10,9 | 15,3 | 17,7 | 18,0 | 15,5 |
| intenzita slunečního záření | Z | H ₄ [kWh/m ²] | 16,1 | 25,7 | 46,8 | 68,9 | 89,4 | 81,4 |
| sběrná plocha | | A ₄ [m ²] | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 |
| solární zisk | | Q _{SOL,4} [kWh] | 111,5 | 178,0 | 324,1 | 477,2 | 619,2 | 563,8 |
| celkové solární zisky | | Q_{SOL} [kWh] | 221 | 373 | 647 | 941 | 1221 | 1153 |

| Solární tepelné zisky | orient. | měsíc | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|------------------------------|---------|--------------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| intenzita slunečního záření | S | H ₁ [kWh/m ²] | 51,2 | 40,6 | 27,9 | 19,5 | 9,9 | 6,7 |
| sběrná plocha | | A ₁ [m ²] | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| solární zisk | | Q _{SOL,1} [kWh] | 31,1 | 24,7 | 16,9 | 11,8 | 6,0 | 4,1 |
| intenzita slunečního záření | V | H ₂ [kWh/m ²] | 85,4 | 75,9 | 50,8 | 37,3 | 17,5 | 11,3 |
| sběrná plocha | | A ₂ [m ²] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| solární zisk | | Q _{SOL,2} [kWh] | 545,0 | 484,4 | 324,2 | 238,0 | 111,7 | 72,1 |
| intenzita slunečního záření | J | H ₃ [kWh/m ²] | 83,3 | 90,2 | 77,6 | 71,2 | 40,7 | 29,6 |
| sběrná plocha | | A ₃ [m ²] | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| solární zisk | | Q _{SOL,3} [kWh] | 16,9 | 18,3 | 15,7 | 14,4 | 8,2 | 6,0 |
| intenzita slunečního záření | Z | H ₄ [kWh/m ²] | 84,2 | 79,9 | 50,8 | 36,6 | 17,8 | 12,2 |
| sběrná plocha | | A ₄ [m ²] | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 |
| solární zisk | | Q _{SOL,4} [kWh] | 583,2 | 553,4 | 351,9 | 253,5 | 123,3 | 84,5 |
| celkové solární zisky | | Q_{SOL} [kWh] | 1176 | 1081 | 709 | 518 | 249 | 167 |

Tab. 29: Celkové solární zisky

| měsíc | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|------------------|-------|------|--------|-------|--------|--------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 696 | 744 | 720 | 744 | 720 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q_{int}^i [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2046 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 221 | 373 | 647 | 941 | 1221 | 1153 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 2409 | 2419 | 2834 | 3057 | 3408 | 3270 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 5190 | 4618 | 4106 | 2991 | 1915 | 1228 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 0,46 | 0,52 | 0,69 | 1,02 | 1,78 | 2,66 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 0,56 | 0,38 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh] | 2781 | 2199 | 1275 | 155 | 0 | 0 |

| měsíc | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|------------------|----------|-------|------|-------|----------|----------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q_{int}^i [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 | 2187 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 1176 | 1081 | 709 | 518 | 249 | 167 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 3363 | 3268 | 2825 | 2705 | 2366 | 2354 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 853 | 969 | 1697 | 2676 | 3773 | 4752 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 3,94 | 3,37 | 1,67 | 1,01 | 0,63 | 0,50 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 0,25 | 0,30 | 0,60 | 0,93 | 1,00 | 1,00 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh] | 0 | 0 | 0 | 152 | 1407 | 2398 |

Tab. 30: Potřeba tepla na vytápění budovy

| měsíc | | | leden | únor | březen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 696 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | -2,5 | -1,4 | 2,2 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 24,5 | 23,4 | 19,8 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 5651452 | 5049474 | 4567296 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 5651,5 | 5049,474 | 4567,296 |

| měsíc | | | duben | květen | červen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 720 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 6,6 | 11,7 | 14,5 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 15,4 | 10,3 | 7,5 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 3437750 | 2375917 | 1674229 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 3437,7 | 2375,9 | 1674,2 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září |
|-------------------------------------|------------|-------|----------|---------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 16,3 | 15,8 | 12,4 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 5,7 | 6,2 | 9,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 1314828 | 1430163 | 2143013 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 1314,8 | 1430,2 | 2143,0 |

| měsíc | | | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 720 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 8,4 | 3,1 | -0,6 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 13,6 | 18,9 | 22,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 310,0 | 310,0 | 310,0 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 3137133 | 4219057 | 5213177 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 3137,1 | 4219,1 | 5213,2 |

Tab. 31: Celková tepelná ztráta budovy pro režim chlazení

| měsíc | | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|-------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| měrný tepelný tok větráním | H_v | [W/K] | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [Wh] | 1836775 | 1654203 | 1544137 | 1229203 | 952632,7 | 753188,4 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [kWh] | 1837 | 1654,2 | 1544,1 | 1229,2 | 952,6 | 753,2 |
| měrný tepelný tok obvodovou stěnou | H_T | [W/K] | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [Wh] | 1388636 | 1250608 | 1167396 | 929301 | 720208 | 569424 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [kWh] | 1389 | 1251 | 1167 | 929 | 720 | 569 |
| měrný tepelný tok střechou | H_T | [W/K] | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [Wh] | 578374 | 520884 | 486226 | 387058 | 299970 | 237168 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [kWh] | 578 | 521 | 486 | 387 | 300 | 237 |
| měrný tepelný tok podlahou na zemině | H_T | [W/K] | 25 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [Wh] | 548928 | 494366 | 461472 | 367353 | 284698 | 225094 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [kWh] | 549 | 494 | 461 | 367 | 285 | 225 |
| měrný tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | H_T | [W/K] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [Wh] | 140906 | 126900 | 118457 | 94297 | 73080 | 57780 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [kWh] | 141 | 127 | 118 | 94 | 73 | 58 |
| měrný tepelný tok okny Sever | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [Wh] | 65844 | 59299 | 55354 | 44064 | 34150 | 27000,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [kWh] | 66 | 59 | 55 | 44 | 34 | 27,0 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|-------|-------|----------|--------|--------|---------|----------|----------|
| měrný tepelný tok větráním | H_v | [W/K] | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [Wh] | 666220 | 697352 | 879724 | 1158102 | 1440096 | 1718475 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [kWh] | 666 | 697 | 880 | 1158 | 1440 | 1718 |
| měrný tepelný tok obvodovou stěnou | H_T | [W/K] | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [Wh] | 503675 | 527211 | 665088 | 875547 | 1088739 | 1299199 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [kWh] | 504 | 527 | 665 | 876 | 1089 | 1299 |
| měrný tepelný tok střechou | H_T | [W/K] | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [Wh] | 237168 | 209783 | 219586 | 277012 | 364670 | 453465 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [kWh] | 237 | 210 | 220 | 277 | 365 | 453 |
| měrný tepelný tok podlahou na zemině | H_T | [W/K] | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [Wh] | 225094 | 199103 | 208407 | 262909 | 346104 | 430379 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [kWh] | 225 | 199 | 208 | 263 | 346 | 430 |
| měrný tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | H_T | [W/K] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [Wh] | 51108 | 53497 | 67487 | 88843 | 110475 | 131831 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [kWh] | 51 | 53 | 67 | 89 | 110 | 132 |
| měrný tepelný tok okny Sever | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [Wh] | 23882 | 24998 | 31536 | 41515 | 51624 | 61603 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [kWh] | 24 | 25 | 32 | 42 | 52 | 62 |

| měsíc | | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| měrný tepelný tok okny Východ | H_T | [W/K] | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [Wh] | 817782 | 736496 | 687492 | 547275 | 424138 | 335340 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [kWh] | 818 | 736 | 687 | 547 | 424 | 335 |
| měrný tepelný tok okny Jih | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [Wh] | 65844 | 59299 | 55354 | 44064 | 34150 | 27000 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [kWh] | 66 | 59 | 55 | 44 | 34 | 27 |
| měrný tepelný tok okny Západ | H_T | [W/K] | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [Wh] | 774887 | 697865 | 651431 | 518569 | 401891 | 317750 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [kWh] | 775 | 698 | 651 | 519 | 402 | 318 |
| měrný tepelný tok vazbami kce | H_T | [W/K] | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [Wh] | 586832 | 528502 | 493337 | 392719 | 304357 | 240637 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [kWh] | 587 | 529 | 493 | 393 | 304 | 241 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|
| měrný tepelný tok okny Východ | H_T | [W/K] | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 | 37,3 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [Wh] | 817782 | 736496 | 687492 | 547275 | 424138 | 335340,0 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T | [kWh] | 818 | 736 | 687 | 547 | 424 | 335,3 |
| měrný tepelný tok okny Jih | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [Wh] | 65844 | 59299 | 55354 | 44064 | 34150 | 27000,0 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T | [kWh] | 66 | 59 | 55 | 44 | 34 | 27,0 |
| měrný tepelný tok okny Západ | H_T | [W/K] | 35 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 | 35,3 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [Wh] | 774887 | 697865 | 651431 | 518569 | 401891 | 317750,4 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T | [kWh] | 775 | 698 | 651 | 519 | 402 | 317,8 |
| měrný tepelný tok vazbami kce | H_T | [W/K] | 27 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [Wh] | 586832 | 528502 | 493337 | 392719 | 304357 | 240636,6 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T | [kWh] | 587 | 529 | 493 | 393 | 304 | 240,6 |

Tab. 32: Měsíční simulace tepelných toků v budově pro režim chlazení

| měsíc | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|----------------------------------|-----------------|-------|------|--------|-------|--------|--------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 696 | 744 | 720 | 744 | 720 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2046 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 221 | 373 | 647 | 941 | 1221 | 1153 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 2409 | 2419 | 2834 | 3057 | 3408 | 3270 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 6036 | 5393 | 4878 | 3672 | 2538 | 1788 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 0,40 | 0,45 | 0,58 | 0,83 | 1,34 | 1,83 |
| faktor využitelnosti tep. zisků | η_g [-] | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,74 | 0,55 |
| potřeba tepla na chlazení budovy | Q_{nd} [kWh] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 671 |

| měsíc | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|------------------------------------|-----------------|----------|-------|------|-------|----------|----------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 | 2187 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 1176 | 1081 | 709 | 518 | 249 | 167 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 3363 | 3268 | 2825 | 2705 | 2366 | 2354 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 1404 | 1527 | 2289 | 3351 | 4506 | 5568 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 2,40 | 2,14 | 1,23 | 0,81 | 0,53 | 0,42 |
| faktor využitelnosti tep. zisků | η_g [-] | 0,42 | 0,47 | 0,80 | 0,99 | 1,00 | 1,00 |
| potřeba energie na chlazení budovy | Q_{nd} [kWh] | 1141 | 927 | 0 | 0 | 0 | 0 |

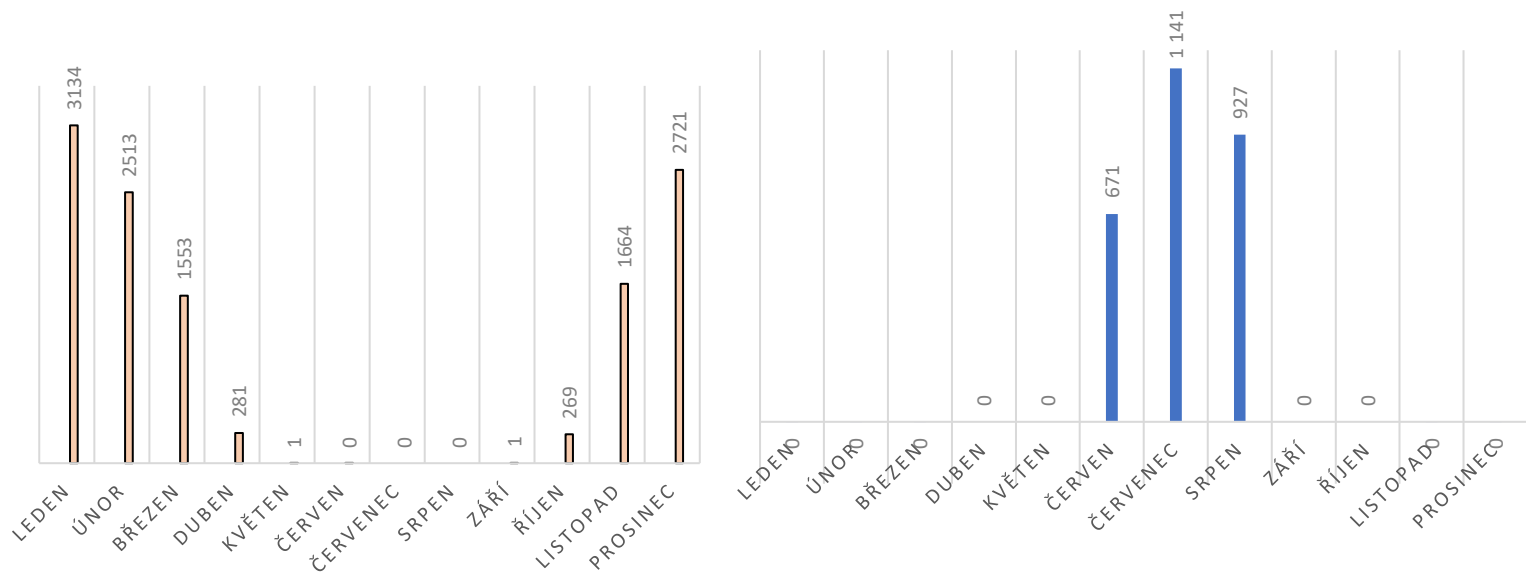
Tab. 33: Potřeba energie na chlazení budovy

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|----------|-----------------------------|----|
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh/rok] | 34279 | Q_g | [kWh/(rok.m ²)] | 37 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh/rok] | 34767 | Q_l | [kWh/(rok.m ²)] | 38 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh/rok] | 10368 | Q_{nd} | [kWh/(rok.m ²)] | 11 |

Tab. 34: Potřeba tepla na vytápění budovy za rok

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|----------|-----------------------------|----|
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh/rok] | 34279 | Q_g | [kWh/(rok.m ²)] | 37 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh/rok] | 42949 | Q_l | [kWh/(rok.m ²)] | 47 |
| potřeba energie na chlazení budovy | Q_{nd} [kWh/rok] | 2740 | Q_{nd} | [kWh/(rok.m ²)] | 3 |

Tab. 35: Potřeba energie na chlazení budovy za rok



Graf 12: Potřeba tepla na vytápění budovy

4.7.2.2 Posouzení emisí GWP ve fázi provozu

| Položka | Roční spotřeba energie | Energonositel | Emisní faktor | |
|-----------------|------------------------|---------------------|---------------|--------------------------------|
| | [MJ/rok] | | GWP | |
| | | | [kg/MJ] | (Mt.CO _{2,ekv.} /rok) |
| vytápění | 43280 | kotel na zemní plyn | 0,0716 | 3,0989 |
| větrání | 72749 | fotovoltaika | 0,0238 | 1,7314 |
| chlazení | 70457 | fotovoltaika | 0,0238 | 1,6769 |
| zvlhčování | - | - | - | - |
| osvětlení | 24343 | elektrická energie | 0,2110 | 5,1364 |
| příprava TUV | 109024 | kotel na zemní plyn | 0,0716 | 7,8061 |
| pomocná energie | 3000 | elektrická energie | 0,2110 | 0,6330 |
| Celkem | 322854 | | | 20,0827 |

Tab. 36: Emise GWP ve fázi provozu

Vypočtená potřeba tepla na vytápění budovy z Tab. 35 je navýšená na základě účinnosti zdroje energie a účinnosti otopné soustavy. Zdrojem tepla je kondenzační kotel na zemní plyn s účinností 98 % [10] a účinnost otopné soustavy s navrženými otopnými tělesy je 88 % [10]. Konečná potřeba tepla na vytápění je vydělena těmito účinnostmi. Účinnost fotovoltaického systému je 14 % [10].

4.7.3 Posouzení emisí GWP

| Položka - kategorie dopadu | | M.J. | výstavba | provoz | celkem | celkem BD | rozpočet BD |
|----------------------------|----------------------------|-------|----------|----------|----------|------------|-------------|
| | | | v | p | v + p | (v + p)/os | (v + p)/os |
| GWP | Emise CO _{2,ekv.} | t/rok | 7,88279 | 20,08270 | 27,96549 | 0,87392 | 1,03900 |

Tab. 37: Celkové emise GWP

Zavedením všech opatření se podařilo nepřekročit stanovený emisní limit, dokonce vzniká rezerva 16 %.

4.8 Varianta 3

Opatření 1:

Varianta číslo 3 se od předcházejících variant liší zakomponováním přírodních obnovitelných materiálů. Jedná se o atypické stavební řešení pro podmínky České republiky.

Nosné prvky bytových jednotek jsou nahrazeny obnovitelnou surovinou – dřevem. Výsledkem je kombinovaný návrh. Z předchozích variant se zachovává řešení podzemního parkování a bytového jádra. Podrobnější popis návrhu je uveden v kapitole 4.8.1, kde jsou umístěna názorná schémata.

Změnou prošla i fasáda společně se střechou. Fasáda je provětrávaná, přičemž provětrávanou mezeru tvoří hliníkový rošt, na který jsou připevněné vegetační panely.

Výhody vegetační fasády [21]:

- Zachytávání vody
- Zmírnění prašnosti okolí
- Zabraňuje přehřívání
- Pohlcuje CO₂
- Pohlcuje hluk
- Estetický prvek

Opatření 2:

Vrstva tepelné izolace fasády je navýšena o 24 mm z dřevovláknité izolace. Skladba stěn je difuzně otevřená.

Opatření 3:

Toto opatření se shoduje s variantou č. 2.

Opatření 4:

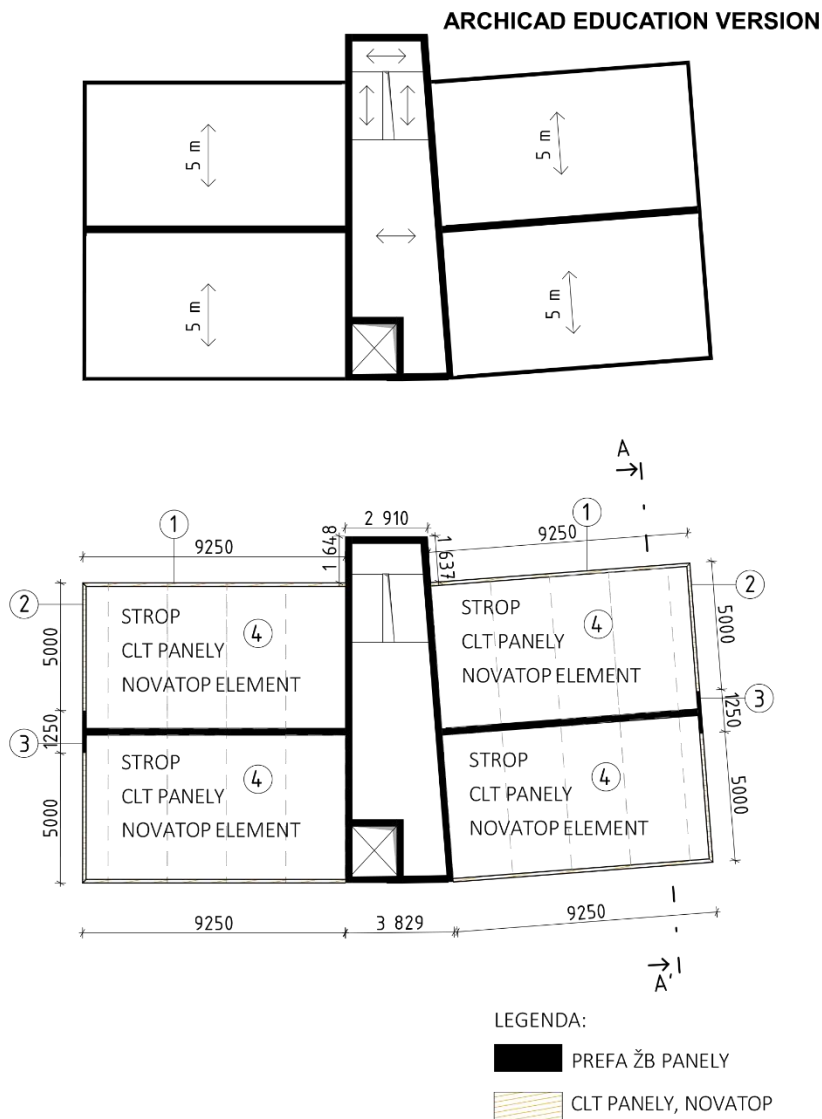
Objekt je napojen na dva druhy obnovitelných zdrojů energií. Je ním tepelné čerpadlo zem/voda a fotovoltaické panely jako u varianty č. 2.

Výhod tepelných čerpadel typu zem/voda je vícero. Mají stabilní výkon, vysoký topný faktor, spotřebovávaná energie na provoz je nižší než u tepelných čerpadel jiného typu.

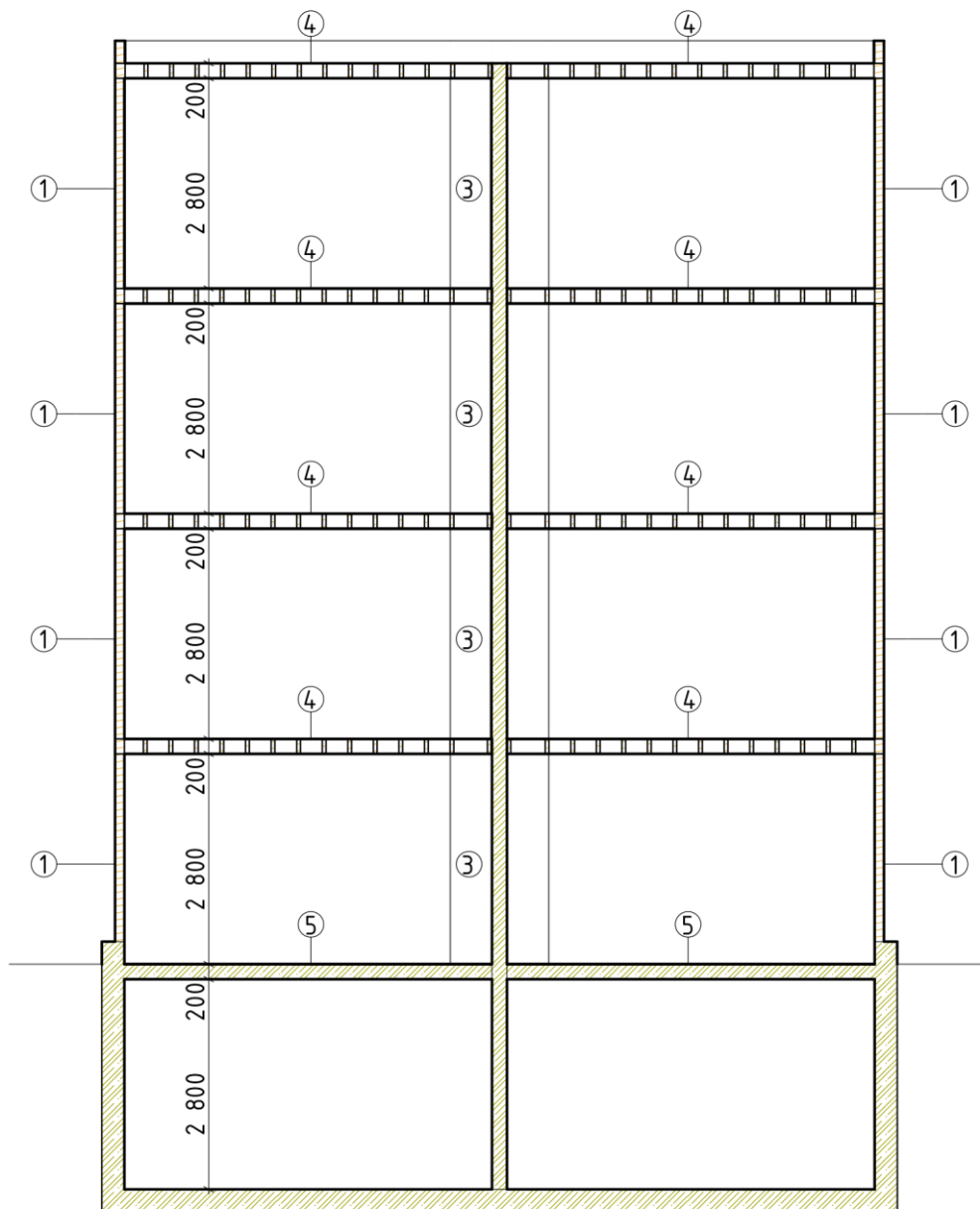
4.8.1 Fáze výstavby

Svislé nosné konstrukce jsou kombinací panelů z masivního lepeného dřeva (CLT) a prefabrikovaných železobetonových panelů. Hmotu železobetonu má vícero funkcí: ztužující, akustická, akumulační hmota. Akumulační funkce je v tomto návrhu důležitá, protože dřevo má nízkou akumulační schopnost, proto dřevostavby rychleji reagují na venkovní změny teploty. Je známo, že dřevostavby mají sklon se přehřívat nebo naopak rychle ztrácí teplo.

Vodorovné nosné konstrukce tvoří dřevěné panely Novatop Element a dutinové předpjaté panely Spiroll.



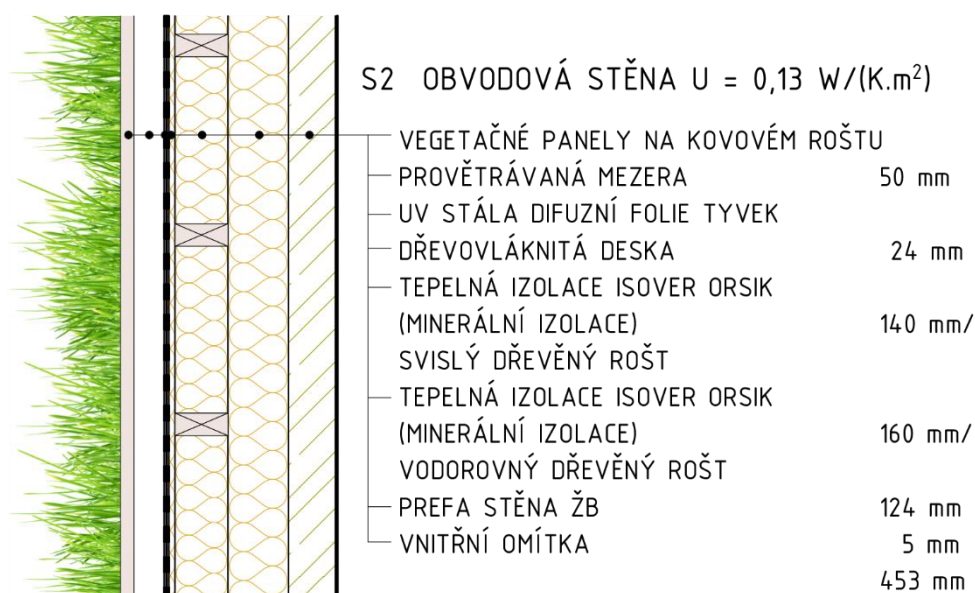
Obr. 24: Statické a materiálové řešení hlavních nosných konstrukcí – půdorys



Obr. 25: Materiálové řešení – řez A-A'



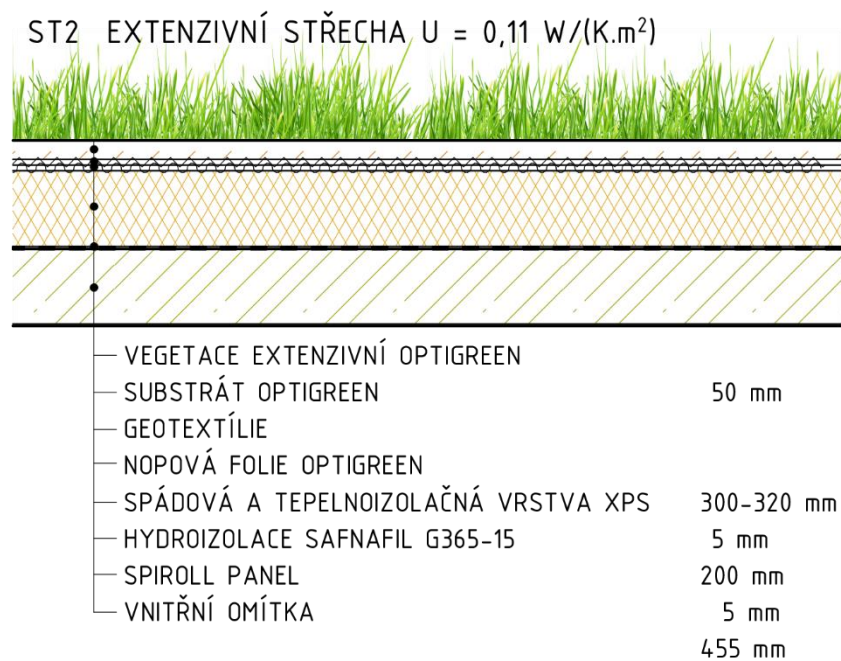
Obr. 26: Skladba obvodové stěny S1 – M1:20



Obr. 27: Skladba obvodové stěny S2 – M1:20



Obr. 28: Skladba extenzivní střechy ST1 – M1:20

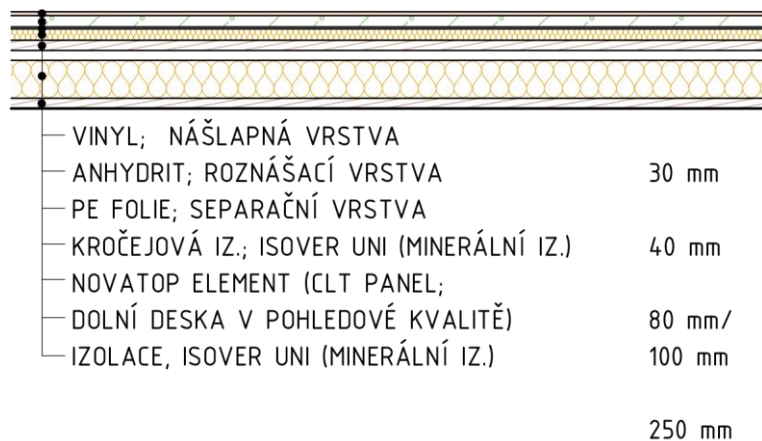


Obr. 29: Skladba extenzivní střechy ST2 – M1:20



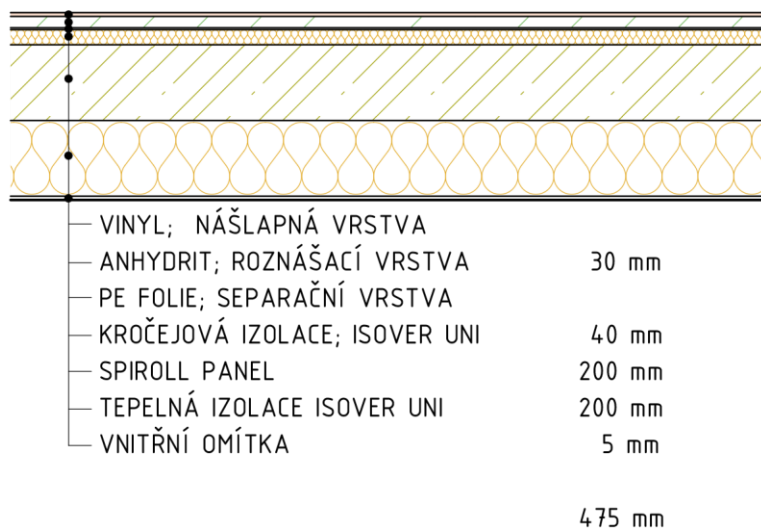
Obr. 30: Skladba intenzivní střechy ST3 – M1:20

P1 PODLAHA V TYPICKÉM PODLAŽÍ (BYT. JEDNOTKA)



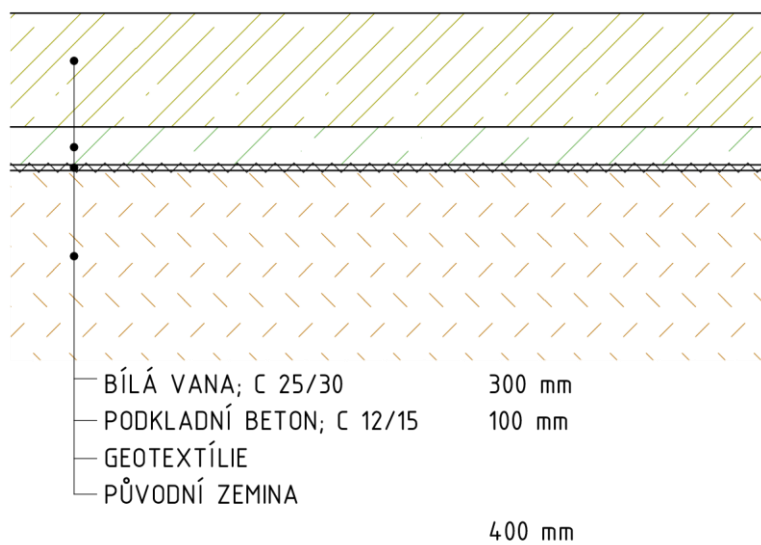
Obr. 31: Skladba podlahy P1 – M1:20

P2 PODLAHA NAD NEVYT. ZÓNOU $U = 0,15 \text{ W/(K.m}^2\text{)}$



Obr. 32: Skladba podlahy P2 – M1:20

P3 PODLAHA NAD ZEMINOU (NEVYT. ZÓNA)



Obr. 33: Skladba podlahy P3 – M1:20

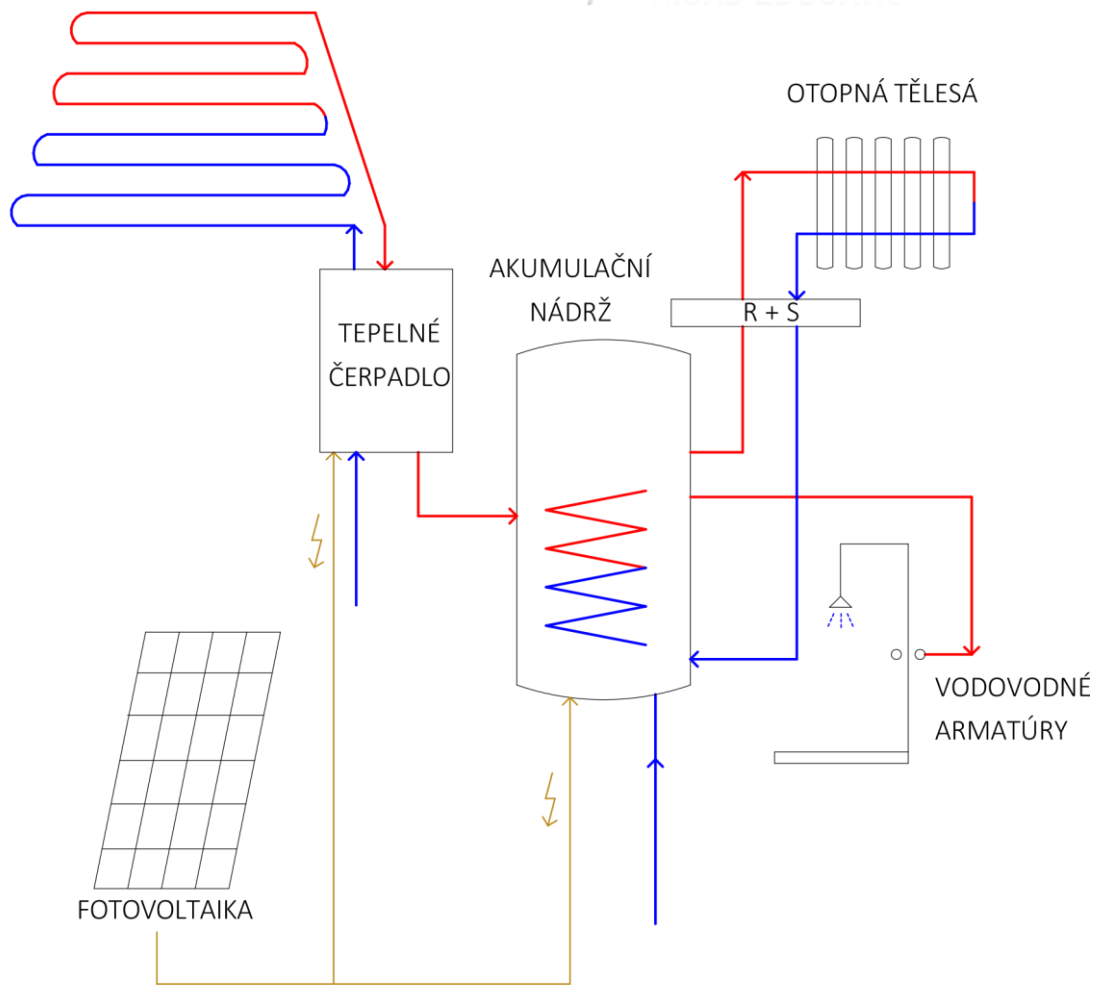
4.8.1.1 Návrh a posouzení skladeb – svázané emise GWP

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|--------------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|--------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| obvodová stěna | | | | | | | | | |
| vegetace | | | | 723 | 0 | 50 | | 0,00 | 0,0000 |
| zemina | 0,050 | | 2000 | 723 | 72300 | 50 | 0,002935 | 212,20 | 0,0046 |
| kovový rošt | 0,100 | 0,20000 | 2700 | 723 | 39042 | 50 | 0,419880 | 16392,95 | 0,3583 |
| difuzní folie | | | | 723 | 0 | 25 | | 0,00 | 0,0000 |
| dřevovláknitá deska | 0,024 | | 900 | 723 | 15617 | 25 | 0,650422 | 10157,51 | 0,4440 |
| minerální iz. 2 vrstvy | 0,300 | 0,84000 | 32 | 723 | 5830 | 25 | 1,133100 | 6606,28 | 0,2888 |
| dřevěný rošt obousměr. | 0,300 | 0,16000 | 600 | 723 | 20822 | 50 | 0,108752 | 2264,48 | 0,0495 |
| panel – lepené dřevo | 0,124 | | 490 | 716,3 | 43522 | 50 | 0,417879 | 18187,09 | 0,3975 |
| dutinový panel | 0,200 | 0,99995 | 2350 | 6,7 | 3149 | 50 | 0,109891 | 346,03 | 0,0076 |
| výztuž | 0,200 | 0,00005 | 7850 | 6,7 | 1 | 50 | 1,482000 | 0,78 | 0,0000 |
| Celkem | 0,598 | | | | | | | | 1,5504 |
| příčka | | | | | | | | | |
| panel – lepené dřevo | 0,062 | | 490 | 180 | 5468,4 | 50 | 0,417879 | 2285,13 | 0,0499 |
| Celkem | 0,062 | | | | | | | | 0,0499 |
| mezibytová stěna | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – hliněná | 0,005 | | 1815 | 579 | 5254 | 25 | 0,019147 | 100,61 | 0,0044 |
| prostý beton | 0,200 | 0,95000 | 2350 | 579 | 258524 | 50 | 0,109891 | 28409,41 | 0,6210 |
| výztuž | 0,200 | 0,05000 | 7850 | 579 | 45452 | 50 | 1,482000 | 67359,12 | 1,4723 |
| vnitřní omítka – hliněná | 0,005 | | 1815 | 579 | 5254 | 25 | 0,019147 | 100,61 | 0,0044 |
| Celkem | 0,410 | | | | | | | | 2,1021 |
| suterénní stěna | | | | | | | | | |
| nopová folie | | | | 424 | 0 | | | | |
| prostý beton | 0,300 | 0,95000 | 2350 | 424 | 298920 | 50 | 0,109891 | 31206,19 | 0,6821 |
| výztuž | 0,300 | 0,05000 | 7850 | 424 | 998520 | 50 | 1,482000 | 73990,33 | 1,6173 |
| XPS – tepelná izolace | 0,120 | 0,50000 | 16 | 424 | 814,08 | 30 | 4,212100 | 1714,49 | 0,0625 |
| Celkem | 0,420 | | | | | | | | 2,3618 |

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|--------------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|----------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| podlaha – nosná část | | | | | | | | | |
| vnitřní omítka – hliněná | 0,005 | | 1815 | 450 | 4083,75 | 25 | 0,019147 | 78,19 | 0,0034 |
| prostý beton | 0,300 | 0,95000 | 2350 | 450 | 317250 | 50 | 0,109891 | 33119,77 | 0,7239 |
| výztuž | 0,300 | 0,05000 | 7850 | 450 | 1059750 | 50 | 1,482000 | 78527,48 | 1,7164 |
| dutinový panel | 0,200 | 0,99995 | 1780 | 260 | 92560 | 50 | 0,291103 | 26944,49 | 0,5890 |
| výztuž | 0,200 | 0,00005 | 7850 | 260 | 408200 | 50 | 1,482000 | 30,25 | 0,0007 |
| lepené dřevo | 0,200 | 0,34300 | 490 | 540 | 52920 | 50 | 0,419880 | 7621,48 | 0,1666 |
| Celkem | 0,805 | | | | | | | | 3,2000 |
| podlaha | | | | | | | | | |
| minerální iz. | 0,200 | 0,65700 | 16 | 244 | 780,8 | 25 | 1,133100 | 581,26 | 0,0254 |
| pěnové sklo | 0,500 | | 110 | 643 | 35365 | 50 | 1,571900 | 55590,24 | 1,2151 |
| laminátová podlaha | 0,015 | 0,70000 | 495 | 915 | 6793,875 | 25 | 0,417879 | 1987,31 | 0,0869 |
| keramická podlaha | 0,010 | 0,30000 | 2000 | 915 | 18300 | 50 | 0,787130 | 4321,34 | 0,0945 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 915 | 87108 | 50 | 0,574926 | 50080,65 | 1,0947 |
| PE folie – separační | 0,000 | | 960 | 915 | 87,84 | 25 | 76,460270 | 6716,27 | 0,2936 |
| kročejová iz. minerální | 0,050 | | 32 | 915 | 1464 | 30 | 1,133100 | 1658,86 | 0,0604 |
| Celkem | 0,115 | | | | | | | | 2,8705 |
| střecha | | | | | | | | | |
| vegetace | 0,005 | | | 240 | 0 | 50 | | 0,00 | 0,0000 |
| zemina | 0,050 | | 2000 | 240 | 24000 | 50 | 0,002935 | 70,44 | 0,0015 |
| geotextílie | 0,020 | | 15 | 240 | 72 | 30 | 3,068500 | 55,23 | 0,0020 |
| nopová folie | 0,000 | | 2350 | 240 | 0 | 50 | | 0,00 | 0,0000 |
| hydroizolace | 0,003 | 0,99995 | 1220 | 240 | 878,3561 | 50 | 1,165300 | 0,05 | 0,0000 |
| dutinový panel | 0,200 | 0,00005 | 1780 | 240 | 4,272 | 50 | 0,291103 | 24871,84 | 0,5436 |
| lepené dřevo – panel | 0,200 | 0,34300 | 490 | 240 | 8067 | 50 | 0,419880 | 9875,58 | 0,2159 |
| Celkem | 0,273 | | | | | | | | 0,7631 |

| Konstrukce / Materiál | d | podíl | Obj.hmotnost | Výměra | Výměra | Životnost | GWP | | |
|-----------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|---------|-----------|--------------------------------|---------------------------|---|
| | [m] | [-] | [kg/m ³] | [m ²] | [kg] | [roky] | [(kg.CO ₂ ekv.)/kg] | [kg.CO ₂ ekv.] | [kg.CO ₂ ekv./(m ² .rok)] |
| balkon | | | | | | | | | |
| keramická podlaha | 0,010 | | 2000 | 174 | 3480 | 50 | 0,78713 | 2739,21 | 0,0599 |
| betonová mazanina | 0,040 | | 2380 | 174 | 16564,8 | 50 | 0,57493 | 9523,53 | 0,2082 |
| PE folie – separační | 0,000 | | 960 | 174 | 16,704 | 25 | 76,460270 | 0,00 | 0,0000 |
| lepené dřevo | 0,200 | 0,34300 | 490 | 174 | 17052 | 50 | 0,419880 | 2455,81 | 0,0537 |
| ocel | 0,100 | | | | 2240 | 50 | 2,092400 | 4687,94 | 0,1025 |
| sklo | 0,020 | | 2400 | 87 | 4176 | 50 | 1,678080 | 7007,66 | 0,1532 |
| Celkem | 0,250 | | | | | | | | 0,5774 |
| schodiště | | | | | | | | | |
| keramická podlaha | 0,010 | | 2000 | 34,5 | 690 | 50 | 0,78713 | 543,12 | 0,0119 |
| anhydrit | 0,040 | | 2380 | 34,5 | 3284,4 | 50 | 0,01451 | 47,64 | 0,0010 |
| železobeton | 0,200 | 0,95000 | 2350 | 34,5 | 16215 | 50 | 0,1099 | 1692,79 | 0,0370 |
| výztuž | 0,200 | 0,05000 | 7850 | 34,5 | 54165 | 50 | 1,4820 | 4013,63 | 0,0877 |
| vnější omítka | 0,005 | | 1800 | 34,5 | 311 | 25 | 0,7700 | 239,07 | 0,0105 |
| Celkem | 0,455 | | | | | | | | 0,1481 |
| výplně otvorů | | | | | | | | | |
| dveře | | | | | 975 | 25 | 1,33453 | 1301,16675 | 0,0569 |
| dřevěný okenní rám | 0,05 | 0,1 | 600 | 185 | 555 | 30 | 1,63466 | 907,2363 | 0,0331 |
| zasklení trojsklo | 0,04 | 0,9 | 30 | 185 | 199,8 | 30 | 1,89257 | 378,135486 | 0,0138 |
| Celkem | | | | | | | | | 0,1037 |

4.8.2 Fáze provozu



Obr. 34: Schéma vytápění a přípravy teplé vody

4.8.2.1 Výpočet potřeby energií na provoz

| konstrukce | plocha | U | R | b | $A_i \cdot U_i \cdot b_i$ |
|---------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | [m ²] | [W/(m ² K)] | [m ² K/W] | [-] | [W/K] |
| stěna | 659 | 0,11 | 9,09 | 0,8 | 58,0 |
| otvory | 196 | 0,80 | 1,25 | 0,5 | 78,6 |
| podlaha na zemině | 184 | 0,17 | 5,88 | 0,8 | 25,0 |
| podlaha nad nevyt. zónou | 54 | 0,15 | 6,67 | 0,8 | 6,4 |
| střecha | 244 | 0,09 | 11,11 | 0,9 | 19,8 |
| celková plocha A | 1337 | H_{T1} | [W/K] | $\Sigma A_i \cdot U_i \cdot b_i$ | 187,8 |
| U_{tb} [W/(m ² K)] | 0,02 | H_{T2} | [W/K] | $A \cdot U_{tb}$ | 26,7 |
| $A \cdot U_{tb}$ [W/K] | 26,7 | H_T | [W/K] | $H_{T1} + H_{T2}$ | 214,5 |

Tab. 38: Měrný tepelný tok prostupem H_T

| měsíc | | | leden | únor | březen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 696 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | -2,5 | -1,4 | 2,2 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 22,5 | 21,4 | 17,8 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 4991565 | 4441241 | 3948883 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 4991,6 | 4441,2 | 3948,9 |

| měsíc | | | duben | květen | červen |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 720 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 6,6 | 11,7 | 14,5 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 13,4 | 8,3 | 5,5 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 2876859 | 1841333 | 1180800 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 2876,9 | 1841,3 | 1180,8 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září |
|-------------------------------------|------------|-------|----------|----------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 16,3 | 15,8 | 12,4 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 3,7 | 4,2 | 7,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 820835,2 | 931758,9 | 1631652 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 820,8 | 931,8 | 1631,7 |

| měsíc | | | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 720 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 20 | 20 | 20 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 8,4 | 3,1 | -0,6 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 11,6 | 16,9 | 20,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 2573429 | 3628278 | 4570056 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 2573,4 | 3628,3 | 4570,1 |

Tab. 39: Celková tepelná ztráta budovy pro režim vytápění

| měsíc | | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|-------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| měrný tepelný tok větráním | H_v | [W/K] | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [Wh] | 1400930 | 1246477 | 1108292 | 807418 | 516787,7 | 331402,9 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [kWh] | 1401 | 1246,5 | 1108,3 | 807,4 | 516,8 | 331,4 |
| měrný tepelný tok obvodovou stěnou | H_T | [W/K] | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [Wh] | 1059129 | 942359 | 837889 | 610423 | 390701 | 250547 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [kWh] | 1059 | 942,4 | 837,9 | 610,4 | 390,7 | 250,5 |
| měrný tepelný tok střechou | H_T | [W/K] | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [Wh] | 441132 | 392497,2 | 348984,8 | 254244,1 | 162728,9 | 104353,9 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [kWh] | 441 | 392,5 | 349,0 | 254,2 | 162,7 | 104,4 |
| měrný tepelný tok podlahou na zemině | H_T | [W/K] | 25 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [Wh] | 418674 | 372514,9 | 331217,7 | 241300,3 | 154444,2 | 99041,2 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [kWh] | 419 | 372,5 | 331,2 | 241,3 | 154,4 | 99,0 |
| měrný tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | H_T | [W/K] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [Wh] | 107471 | 95622 | 85021 | 61940 | 39645 | 25423 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [kWh] | 107 | 96 | 85 | 62 | 40 | 25 |
| měrný tepelný tok okny Sever | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [Wh] | 50220 | 44683,2 | 39729,6 | 28944,0 | 18525,6 | 11880,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [kWh] | 50 | 44,7 | 39,7 | 28,9 | 18,5 | 11,9 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|
| měrný tepelný tok větráním | H_v | [W/K] | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 | 83,7 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [Wh] | 230375 | 261507 | 457939 | 722257 | 1018311 | 1282630 |
| tepelný tok větráním | Q_v | [kWh] | 230 | 262 | 458 | 722 | 1018 | 1283 |
| měrný tepelný tok obvodovou stěnou | H_T | [W/K] | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 | 63,3 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [Wh] | 174168 | 197704 | 346210 | 546040 | 769862 | 969692 |
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T | [kWh] | 174 | 198 | 346 | 546 | 770 | 970 |
| měrný tepelný tok střechou | H_T | [W/K] | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 | 26,4 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [Wh] | 104354 | 72542 | 82345 | 144198 | 227428 | 320651 |
| tepelný tok střechou | Q_T | [kWh] | 104 | 73 | 82 | 144 | 227 | 321 |
| měrný tepelný tok podlahou na zemině | H_T | [W/K] | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [Wh] | 99041 | 68849 | 78152 | 136857 | 215850 | 304327 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T | [kWh] | 99 | 69 | 78 | 137 | 216 | 304 |
| měrný tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | H_T | [W/K] | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [Wh] | 17673 | 20061 | 35130 | 55407 | 78119 | 98395 |
| tepelný tok podlahou nad nevyt. z. | Q_T | [kWh] | 18 | 20 | 35 | 55 | 78 | 98 |
| měrný tepelný tok okny Sever | H_T | [W/K] | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [Wh] | 8258 | 9374 | 16416 | 25891 | 36504 | 45979 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T | [kWh] | 8 | 9 | 16 | 26 | 37 | 46 |

Tab. 40: Měsíční simulace tepelných toků v budově pro režim vytápění

| | | Celkem rok |
|--------------------------------|-------------|---------------|
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T (kWh) | 7095 |
| tepelný tok střechou | Q_T (kWh) | 2955 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T (kWh) | 3240 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T (kWh) | 336 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T (kWh) | 4178 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T (kWh) | 336 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T (kWh) | 3959 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T (kWh) | 2998 |
| tepelný tok prostupem | Q_T (kWh) | 25098 |
| tepelný tok větráním | Q_v (kWh) | 9384 |
| celkový tepelný tok | Q_i (kWh) | 34482 |

Tab. 41: Celkový tepelný tok v režimu vytápění

| měsíc | | leden | únor | březen |
|-------------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t (h) | 744 | 696 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e (°C) | -2,5 | -1,4 | 2,2 |
| teplotní rozdíl | ΔT (°C) | 24,5 | 23,4 | 19,8 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i (Wh) | 5435260 | 4856310 | 4392578 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i (kWh) | 5435,3 | 4856,3 | 4392,6 |

| měsíc | | duben | květen | červen |
|-------------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|
| délka měsíce | t (h) | 720 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e (°C) | 6,6 | 11,7 | 14,5 |
| teplotní rozdíl | ΔT (°C) | 15,4 | 10,3 | 7,5 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i (Wh) | 3306241 | 2285028 | 1610182 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i (kWh) | 3306,2 | 2285,0 | 1610,2 |

| měsíc | | | červenec | srpen | září |
|-------------------------------------|------------|-------|----------|---------|---------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 744 | 720 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 16,3 | 15,8 | 12,4 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 5,7 | 6,2 | 9,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 1264530 | 1375454 | 2061033 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 1264,5 | 1375,5 | 2061,0 |

| měsíc | | | říjen | listopad | prosinec |
|-------------------------------------|------------|-------|---------|----------|----------|
| délka měsíce | t | (h) | 744 | 720 | 744 |
| požadovaná teplota vnit. vzduchu | θ_i | (°C) | 22 | 22 | 22 |
| průměrní venkovní teplota | θ_e | (°C) | 8,4 | 3,1 | -0,6 |
| teplotní rozdíl | ΔT | (°C) | 13,6 | 18,9 | 22,6 |
| celková měrná tepelná ztráta budovy | H | (W/K) | 298,2 | 298,2 | 298,2 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (Wh) | 3017124 | 4057660 | 5013750 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_i | (kWh) | 3017,1 | 4057,7 | 5013,8 |

Tab. 42: Celková tepelná ztráta budovy pro režim chlazení

| | | Celkem rok |
|--------------------------------|-------------|------------|
| tepelný tok obvodovou stěnou | Q_T (kWh) | 10942 |
| tepelný tok střechou | Q_T (kWh) | 3418 |
| tepelný tok podlahou na zemině | Q_T (kWh) | 3240 |
| tepelný tok okny Sever | Q_T (kWh) | 389 |
| tepelný tok okny Východ | Q_T (kWh) | 4833 |
| tepelný tok okny Jih | Q_T (kWh) | 389 |
| tepelný tok okny Západ | Q_T (kWh) | 4579 |
| tepelný tok vazbami kce | Q_T (kWh) | 3468 |
| tepelný tok prostupem | Q_T (kWh) | 31258 |
| tepelný tok větráním | Q_v (kWh) | 10855 |
| celkový tepelný tok | Q_i (kWh) | 42112 |

Tab. 43: Celkový tepelný tok v režimu chlazení

| měsíc | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|-----------------|-------|------|--------|-------|--------|--------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 696 | 744 | 720 | 744 | 720 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2046 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 221 | 373 | 647 | 941 | 1221 | 1153 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 2409 | 2419 | 2834 | 3057 | 3408 | 3270 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 4992 | 4441 | 3949 | 2877 | 1841 | 1181 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 0,48 | 0,54 | 0,72 | 1,06 | 1,85 | 2,77 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,91 | 0,54 | 0,36 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh] | 2583 | 2022 | 1120 | 107 | 0 | 0 |

| měsíc | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|-----------------|----------|-------|------|-------|----------|----------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 | 2187 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 1176 | 1081 | 709 | 518 | 249 | 167 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 3363 | 3268 | 2825 | 2705 | 2366 | 2354 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 821 | 932 | 1632 | 2573 | 3628 | 4570 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 4,10 | 3,51 | 1,73 | 1,05 | 0,65 | 0,52 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 0,24 | 0,29 | 0,58 | 0,91 | 1,00 | 1,00 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh] | 0 | 0 | 0 | 106 | 1263 | 2216 |

Tab. 44: Potřeba tepla na vytápění budovy

| měsíc | | leden | únor | březen | duben | květen | červen |
|--|-----------------|-------|------|--------|-------|--------|--------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 696 | 744 | 720 | 744 | 720 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2046 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 221 | 373 | 647 | 941 | 1221 | 1153 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 2409 | 2419 | 2834 | 3057 | 3408 | 3270 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 5435 | 4856 | 4393 | 3306 | 2285 | 1610 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 0,44 | 0,50 | 0,65 | 0,92 | 1,49 | 2,03 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 0,67 | 0,49 |
| potřeba tepla na chlazení budovy | Q_{nd} [kWh] | 0 | 0 | 0 | -9 | 371 | 842 |

| měsíc | | červenec | srpen | září | říjen | listopad | prosinec |
|--|-----------------|----------|-------|------|-------|----------|----------|
| délka měsíce | t [h] | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| průměrný výkon vnitřních zisků | Q'_{int} [kW] | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| celkové vnitřní tepelné zisky | Q_{int} [kWh] | 2187 | 2187 | 2117 | 2187 | 2117 | 2187 |
| celkové solární tepelné zisky | Q_{sol} [kWh] | 1176 | 1081 | 709 | 518 | 249 | 167 |
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh] | 3363 | 3268 | 2825 | 2705 | 2366 | 2354 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh] | 1265 | 1375 | 2061 | 3017 | 4058 | 5014 |
| poměr tep. zisků a tep. ztrát | γ [-] | 2,66 | 2,38 | 1,37 | 0,90 | 0,58 | 0,47 |
| faktor využitelnosti tep. zisků pro vyt. | η_g [-] | 0,38 | 0,42 | 0,73 | 0,97 | 1,00 | 1,00 |
| potřeba tepla na chlazení budovy | Q_{nd} [kWh] | 1310 | 1096 | 208 | -8 | 0 | 0 |

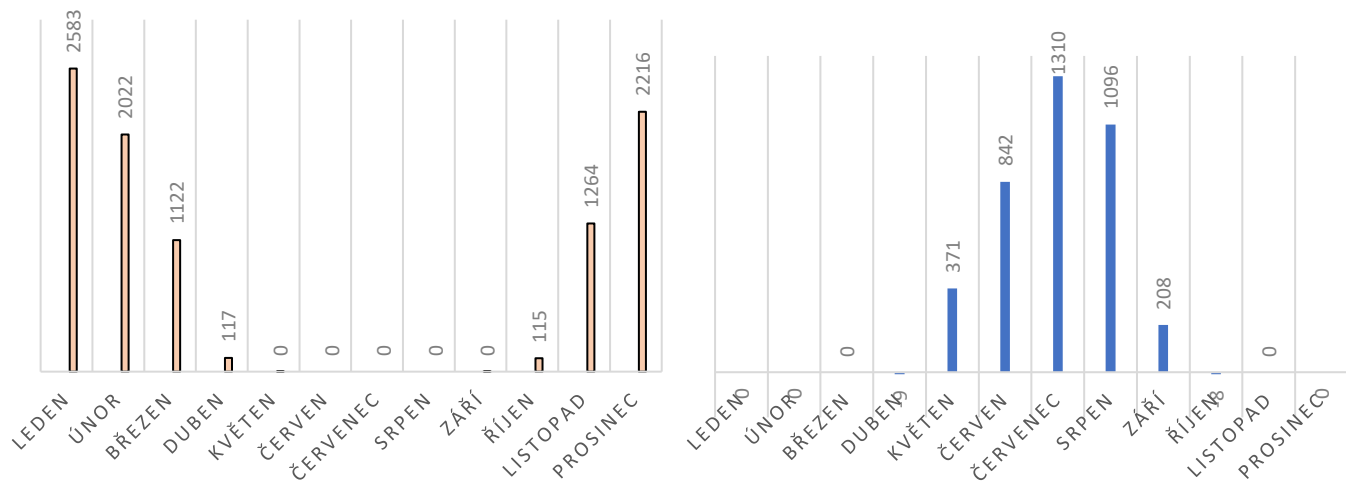
Tab. 45: Potřeba tepla na chlazení budovy

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|----------|-----------------------------|----|
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh/rok] | 34279 | Q_g | [kWh/(rok.m ²)] | 37 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh/rok] | 33437 | Q_l | [kWh/(rok.m ²)] | 37 |
| potřeba tepla na vytápění budovy | Q_{nd} [kWh/rok] | 9418 | Q_{nd} | [kWh/(rok.m ²)] | 10 |

Tab. 46: Celková potřeba tepla na vytápění budovy za rok

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|----------|-----------------------------|----|
| celkové tepelné zisky budovy | Q_g [kWh/rok] | 34279 | Q_g | [kWh/(rok.m ²)] | 37 |
| celková tepelná ztráta budovy | Q_l [kWh/rok] | 38675 | Q_l | [kWh/(rok.m ²)] | 42 |
| potřeba tepla na chlazení budovy | Q_{nd} [kWh/rok] | 3810 | Q_{nd} | [kWh/(rok.m ²)] | 4 |

Tab. 47: Celková potřeba chladu na chlazení budovy za rok



4.8.2.2 Posouzení emisí GWP ve fázi provozu

| Položka | Roční spotřeba energie | Energonositel | Emisní faktor | |
|-----------------|------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|
| | | | GWP | |
| | [MJ/rok] | | [kg/MJ] | [Mt.CO _{2,ekv.} /rok] |
| vytápění | 79013 | fotovoltaika | 0,0238 | 1,8805 |
| větrání | 72749 | fotovoltaika | 0,0238 | 1,7314 |
| chlazení | 97997 | fotovoltaika | 0,0238 | 2,3323 |
| zvlhčování | - | - | - | - |
| osvětlení | 24343 | elektrická energie | 0,2110 | 5,1364 |
| příprava TUV | 274398 | fotovoltaika | 0,0238 | 6,5307 |
| pomocná energie | 3000 | elektrická energie | 0,2110 | 0,6330 |
| Celkem | 551501 | | | 18,2444 |

Tab. 48: Emise GWP ve fázi provozu

Provozní topný faktor $COP_{H,gen}$ (1.27) [10]

$$COP_{H,gen} = f_{H,COP} \cdot COP_H [kW/kW]$$

kde:

$COP_{H,gen}$ [kW/kW] je jmenovitý topný faktor tepelného čerpadla; hodnota pro tepelné čerpadlo zem-voda je 4,3

$f_{H,COP}$ [-] je součinitel ročního provozu tepelného čerpadla pro vytápění; hodnota pro tepelné čerpadlo zem-voda je 0,83

Provozní topný faktor $COP_{H,gen}$ (1.28) [10]

$$COP_{H,gen} = f_{W,COP} \cdot COP_H [kW/kW]$$

kde:

$COP_{H,gen}$ [kW/kW] je jmenovitý topný faktor tepelného čerpadla; hodnota pro tepelné čerpadlo zem-voda je 4,3

$f_{W,COP}$ [-] je součinitel ročního provozu tepelného čerpadla pro přípravu teplé vody; hodnota pro tepelné čerpadlo zem-voda je 0,66

Vypočtený topný faktor tepelného čerpadla pro vytápění je 3,483 kW/kW. Touto hodnotou je vydělena potřeba tepla pro vytápění.

Vypočtený topný faktor tepelného čerpadla pro přípravu teplé vody je 2,838 kW/kW. Touto hodnotou je vydělena potřeba energie pro přípravu teplé vody.

Účinnost fotovoltaiky je i v tomto případě uvažována 14 %.

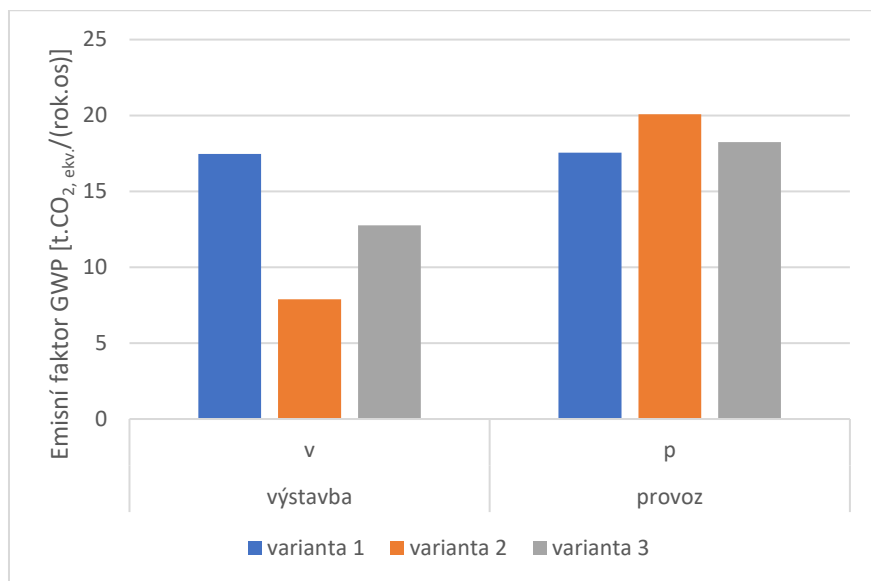
4.8.3 Vyhodnocení emisí GWP

| Položka - kategorie dopadu | | M.J. | výstavba | provoz | celkem | celkem BD | rozpočet BD |
|----------------------------|----------------------------|-------|----------|----------|----------|------------|-------------|
| | | | v | p | v + p | (v + p)/os | (v + p)/os |
| GWP | Emise CO _{2,ekv.} | t/rok | 12,76551 | 18,24436 | 31,00987 | 0,96906 | 1,03900 |

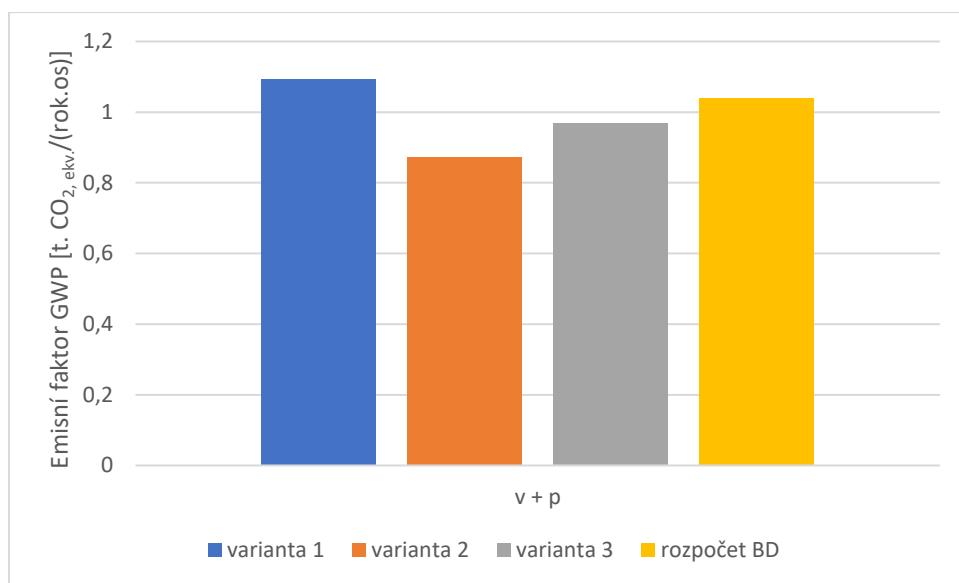
Tab. 49: Vyhodnocení emisí GWP

Varianta 3 splňuje emisní limit produkce skleníkových plynů, i když je výpočet jenom přibližný, protože nesimuluje vliv vegetační fasády. Předpokládá se, že fasáda by měla tvořit bariéru pro pronikání většího množství sluneční energie přes konstrukci stěn, což by ovlivnilo celkové tepelné solární zisky budovy. Ve fázi výstavby byl uvažován nulový vliv na produkci CO_{2,ekv.} z důvodů nenalezení zdroje přesného čísla, které by se odhadem mělo pohybovat v minusových číslech, protože v celoživotním cyklu, rostliny víc CO₂ spotřebují, než vyprodukují. Výsledná hodnota by se tím pádem mohla dostat na ještě nižší úroveň.

5 Porovnání variant



Graf 13: Porovnání emisí ve fázi výstavby a provozu



Graf 14: Porovnání celkových emisí

| varianta | GWP | | |
|----------|------------------------------------|---|-------------|
| | [t.CO _{2,ekv.} /(rok.os)] | | |
| | celkem BD | > | rozpočet BD |
| | (v + p) | | (v + p) |
| 1 | 1,094 | > | 1,039 |
| 2 | 0,874 | < | |
| 3 | 0,969 | < | |

Tab. 50: Porovnání emisí

Ze vzájemného porovnání variant plyne, že hledání alternativ k běžnému provedení stavby má smysl a je možné jej dále rozvíjet. Použitím vhodných materiálových a technologických kombinací je možné dosáhnout návrhu budovy, který nebude za sebou nechávat vysoké množství vyprodukovaných emisí a je možné udržet růst teploty pod 2 °C.

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo posouzení studie vybraného typového bytového domu z environmentálního hlediska sledováním emisí GWP a ověřením možnosti návrhu klimaticky neutrálního bytového domu. Pro návrh a posouzení koncepčních variant byl nejdříve určen emisní limit vztažený na jednoho obyvatele bytového domu v jednotkách t.CO₂,_{ekv.}/(rok.os). Posuzované byly tři koncepční varianty s různým materiálovým a provozním řešením.

Výpočtem se zjistilo, že způsob výstavby v dnešní době není dlouhodobě udržitelný a je nutné se zaobírat dopadem budov na životní prostředí, ve kterém bydlíme. Lidstvo nemůže neomezeně využívat nerostné suroviny pro uspokojování svých potřeb nejen v oblasti bydlení.

„Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů.“ [22] Tato schopnost je v dnešní době ohrožena, protože se zatím většina lidí konkrétně netýká problémy, které se sebou přináší klimatická změna. Je to problém celé společnosti, která žije konzumním způsobem života, který je hluboko zakořeněn. Stále se tlačí jenom na nízké ceny všeho zboží, nehledí se na kvalitu a toto chování se odráží i ve sféře bydlení. Lidí většinou nezajímá z jakého materiálu se bude stavět jejich bydlení a jaké systémy bude obsahovat, rozhodnou se podle ceny. Paradoxem je, že právě koncoví uživatelé by měli tlačit na kvalitní provedení staveb a nebýt lhostejní k možnému dopadu jejich rozhodnutí. To, jakým způsobem se dnes staví, je jenom zrcadlení chování a nakládání celé společnosti se zdroji. Kdyby byl zájem o ekologické materiály a systémy, na trhu by se to projevilo zvýšenou nabídkou bydlení tohoto typu, což by mělo za následek snížení cen v dnešní době nadstandardního bydlení. Dále větším rozvojem technologií budov, zaměřením na pěstování a produkování obnovitelných materiálů jakými jsou např. dřevo a tepelná izolace na bázi přírodních vláken.

Navržením a posouzením variant, u kterých se aplikovala opatření zaměřená na snížení emisí GWP se podařilo dostat pod úroveň určeného emisního limitu a tím pádem docílit návrhu klimaticky neutrálního bytového domu. Výsledné hodnoty celkových emisí jsou ale jenom orientační. Ve výpočtu nejsou zahrnuty emise, které vznikají například u rozvodů TZB systémů a vychází z normových tabulkových hodnot, které nemusí reflektovat reálné chování obyvatel bytového domu. V reálném provozu by bylo vhodné použít samoregulační prvky, které by reagovaly na základě aktuální potřeby např. osvětlení, stínění, vytápění, chlazení nebo větrání. Tím by se docílilo efektivnějšího provozu celé budovy a menší spotřeby energií, která se roste zvyšováním komfortu bydlení kvůli zavádění nuceného větrání nebo chlazení budov.

První varianta posuzující dnešní systém výstavby tvořený převážně z monolitického železobetonu zatepleného pěnovým polystyrénem, provozně fungující na teple dodaném z teplárny a elektrické energie ze sítě, nevyhovuje stanovenému emisnímu limitu. Další dvě varianty se dostaly pod hranici emisního limitu i když poskytují lepší vnitřní prostředí budovy zavedením chlazení, které s rostoucími průměrnými venkovními teplotami bude nezbytné pro pobyt osob v interiéru. Naplnění cíle se podařilo využitím materiálů s menší zátěží pro životní prostředí, eliminací tepelných ztrát prostupem tepla zvýšením tloušťky tepelně-izolační vrstvy, návrhem efektivního stínění a získáváním energie na provoz z obnovitelných zdrojů.

7 Seznam příloh

1. Varianta 1 – Komplexní řez M 1:20
2. Varianta 2 – Komplexní řez M 1:20
3. Varianta 3 – Komplexní řez M 1:20

8 Reference

- [1] Úvodní stránka [online]. UCEEB. [cit. 2017-10-27]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/>
- [2] EDENHOFER, Ottmar. *Climate change 2014: mitigation of climate change : Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, NY: Cambridge University Press, 2014. ISBN isbn978-1-107-05821-7.
- [3] IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2014. Ženeva, Švýcarsko: [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)], 2014, 151 s. ISBN 978-92-9169-143-2.
- [4] *Jaké jsou její dopady?* ZMĚNAKLIMATU.CZ [online]. [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.zmenaklimatu.cz/cz/fakta/dusledky>
- [5] JONES, Nicola. *How the World Passed a Carbon Threshold and Why It Matters*. In: *Yale Environment 360* [online]. January 26, 2017 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://e360.yale.edu/features/how-the-world-passed-a-carbon-threshold-400ppm-and-why-it-matters>
- [6] LUPÍŠEK, Antonín. *Potenciál úspor emisí skleníkových plynů ČR pomocí rekonstrukcí budov. ŠANCE PRO BUDOVOVY* [online]. České vysoké učení technické v Praze, UCEEB, 2016, 18. 12. 2016 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.sanceprobudovy.cz/assets/files/honza/potencial%20snizovani%20emisí%20z%20budov%20uceeb.pdf>
- [7] *Total Population - Both Sexes. World Population Prospects 2017* [online]. United Nations, DESA, Population Division, 2017 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/>
- [8] TYWONIAK, Jan. *Klima_v1_sp1*. [online] 2017 [cit. 2018-01-07]. Dostupné po přihlášení z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=1714
- [9] STANĚK, Kamil. *Potřeba tepla na vytápění budovy*. [online] 2010 [cit. 2018-01-07]. Dostupné po přihlášení z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=1713
- [10] ČSN TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 72 s.
- [11] ČSN EN 832. *Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000, 52 s.
- [12] URBAN, Miroslav, Karel KABELE, Daniel ADAMOVSÝ, Michal KABRHEL a Roman MUSIL. *Popis metodiky výpočtu hodnocení energetické náročnosti budov podle*

vyhlášky 148/2007 Sb. TZB-INFO [online]. Praha: ČVUT v Praze, Stavební fakulta, katedra TZB, 2007, 6. 8. 2007 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/4274-popis-metodiky-vypoctu-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-podle-vyhlasiky-148-2007-sb>

- [13] ČSN EN 15316-3-1. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 20 s.
- [14] *Technický list Renovent Sky 150 a 300 (Plus)*. In: Štorc: vytápění | větrání | ohřevy [online]. 1. 4. 2014 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: http://storc.cz/wp-content/uploads/2015/07/Technick---list-Renovent-Sky-150_300-1Q14.pdf
- [15] KOSTKOVÁ, Barbora. *Výpočet provozního větrání garáží dle ČSN 73 6058*. [online]. 2014 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/11896-vetrani-garazi-1-cast>
- [16] ČSN 73 6058. *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 48 s.
- [17] *Katalog materiálů* [online]. UCEEB. [cit. 2017-10-27]. Dostupné po přihlášení z: <http://www.envimat.cz/materialy/>
- [18] *7 hlavních výhod dálkového vytápění. Naše teplo* [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/>
- [19] *Větrání bytů a malých domů - komplexní nabídka řešení od firmy Brink*. In: TZB-INFO [online]. 9. 6. 2017 [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15882-vetrani-bytu-a-malych-domu-komplexni-nabidka-reseni-od-firmy-brink>
- [20] VONKA, Martin. *SbToolCZ*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, c2013. ISBN isbn978-80-01-05125-2.
- [21] *Úvodní stránka*. Zelená fasáda [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.zelenafasada.cz/>
- [22] *Udržitelný rozvoj*. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: http://www.env.cz/cz/udrzitelny_rozvoj

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Vizualizace východní fasády | 22 |
| Obr. 2: Vizualizace západní fasády | 22 |
| Obr. 3: Vizualizace severní fasády | 23 |
| Obr. 4: Vizualizace jižní fasády | 23 |
| Obr. 5: Hranice vytápěné zóny..... | 24 |
| Obr. 6: Stínění markýzou a bočními žebry | 29 |
| Obr. 7: Návrh zón pro bytovou jednotku v programu Design Builder | 34 |
| Obr. 8: Skladba obvodové zdi – M1:20 | 35 |
| Obr. 9: Skladba podlahy v typickém podlaží – M1:20 | 35 |
| Obr. 10: Skladba podlahy nad nevytápěnou zónou – M1:20 | 36 |
| Obr. 11: Skladba podlahy nad nevytápěnou zónou – M1:20 | 36 |
| Obr. 12: Skladba podlahy P4 – M1:20..... | 37 |
| Obr. 13: Skladba střechy – M1:20..... | 37 |
| Obr. 14: Skladba střechy nad garáží – M1:20..... | 38 |
| Obr. 15: Schéma vytápění a přípravy teplé vody | 43 |
| Obr. 16: Schéma větrání a vytápění v typickém bytě pro 4 osoby | 44 |
| Obr. 17: Schéma větrání a vytápění v typickém bytě pro 2 osoby | 45 |
| Obr. 18: Decentralizovaná vzduchotechnická jednotka – vizualizace | 45 |
| Obr. 19: Schéma vytápění a přípravy teplé vody | 70 |
| Obr. 20: Statické a materiálové řešení hlavních nosných konstrukcí – půdorys | 86 |
| Obr. 21: Materiálové řešení – řez A-A' | 87 |
| Obr. 22: Skladba obvodové stěny S1 – M1:20 | 88 |
| Obr. 23: Skladba obvodové stěny S2 – M1:20 | 88 |
| Obr. 24: Skladba extenzivní střechy ST1 – M1:20 | 89 |
| Obr. 25: Skladba extenzivní střechy ST2 – M1:20 | 89 |
| Obr. 26: Skladba intenzivní střechy ST3 – M1:20..... | 90 |
| Obr. 27: Skladba podlahy P1 – M1:20..... | 90 |
| Obr. 28: Skladba podlahy P2 – M1:20..... | 91 |
| Obr. 29: Skladba podlahy P3 – M1:20..... | 91 |
| Obr. 30: Schéma vytápění a přípravy teplé vody | 95 |

Seznam grafů

| | |
|---|-----|
| Graf 1: Procentuální zastoupení skleníkových plynů v atmosféře: oxid uhličitý CO ₂ 76 %, metan CH ₄ 16 %, oxid dusný N ₂ O 6 %, fluorované plyny 2 % [2] | 12 |
| Graf 2: (a) Globální průměrné anomálie teploty pevniny a oceánu (různé barvy představují různé zdroje dat) (b) Globální průměrná změna hladiny moře (c) Globální průměrná koncentrace skleníkových plynů (d) Globální antropogenní emise CO ₂ (šedá barva – fosilní palivo, cement a pálení; žlutá – lesnictví a jiné použití krajiny) [3] | 14 |
| Graf 3: Dílčí činitel stínění bočním žebrem F _f [9] | 29 |
| Graf 4: Dílčí činitel stínění markýzou F _o [9] | 30 |
| Graf 5: Poměrová zastoupení emisí GWP pro jednotlivé konstrukce budovy | 42 |
| Graf 6: Celkový tepelná ztráta Q _l | 52 |
| Graf 7: Poměr solárních tepelných zisků budovy | 56 |
| Graf 8: Poměr tepelných zisků | 58 |
| Graf 9: Poměr tepelných ztrát | 58 |
| Graf 10: Potřeba tepla na vytápění budov | 59 |
| Graf 11: Procentuální zastoupení emisí GWP konstrukcí v budově | 69 |
| Graf 12: Potřeba tepla na vytápění budovy | 83 |
| Graf 13: Porovnání emisí ve vázy výstavby a provozu | 106 |
| Graf 14: Porovnání celkových emisí | 106 |

Seznam tabulek

| | |
|--|-----|
| Tab. 1: Předpokládaný vývoj počtu obyvatel [7] | 16 |
| Tab. 2: Český emisní rozpočet [6] | 16 |
| Tab. 3: Podrobný přepočten emisí v závislosti na předpokládaném vývoji počtu obyvatel České republiky. | 18 |
| Tab. 4: Korekční činitel slunečních clon F_c [11] | 30 |
| Tab. 5: Účinná vnitřní tepelná kapacita zóny c_m ; kde A_f [m^2] je užiténá podlahová plocha vytápěné zóny. | 31 |
| Tab. 6: Potřeba tepla pro přípravu teplé vody Q_w | 33 |
| Tab. 7: Svázané emise GWP | 41 |
| Tab. 8: Měrný tepelný tok prostupem H_T | 46 |
| Tab. 9: Měrný tepelný tok větráním H_v | 46 |
| Tab. 10: Objemový tok větraného vzduchu V_a | 46 |
| Tab. 11: Celková ztráta budovy Q_i | 47 |
| Tab. 12: Měsíční simulace tepelných toků v budově | 51 |
| Tab. 13: Celkový tepelný tok Q_i | 52 |
| Tab. 14: Výpočet účinné solární sběrné plochy oken / dveří | 53 |
| Tab. 15: Solární zisky | 55 |
| Tab. 16: Celkové solární zisky za rok | 56 |
| Tab. 17: Proměnné pro výpočet potřeby tepla na vytápění/ chlazení budovy | 56 |
| Tab. 18: Měsíční výpočet potřeby energie na vytápění | 57 |
| Tab. 19: Celková potřeba energie na vytápění..... | 58 |
| Tab. 20: Emisní faktor pro různé zdroje energií [20]..... | 59 |
| Tab. 21: Emise GWP – fáze provozu bytového domu | 59 |
| Tab. 22: Vyhodnocení emisí GWP pro bytový dům..... | 60 |
| Tab. 23: Porovnání tepelně-izolačních materiálů..... | 63 |
| Tab. 24: Svázané emise GWP | 68 |
| Tab. 25: Měrný tepelný tok prostupem H_T | 70 |
| Tab. 26: Měsíční simulace tepelné ztráty budovy | 71 |
| Tab. 27: Celkový tepelný tok..... | 72 |
| Tab. 28: Účinná solární sběrná plocha | 73 |
| Tab. 29: Celkové solární zisky..... | 75 |
| Tab. 30: Potřeba tepla na vytápění budovy | 76 |
| Tab. 31: Celková tepelná ztráta budovy pro režim chlazení..... | 77 |
| Tab. 32: Měsíční simulace tepelných toků v budově pro režim chlazení | 81 |
| Tab. 33: Potřeba energie na chlazení budovy | 82 |
| Tab. 34: Potřeba tepla na vytápění budovy za rok..... | 83 |
| Tab. 35: Potřeba energie na chlazení budovy za rok | 83 |
| Tab. 36: Emise GWP ve fázi provozu..... | 84 |
| Tab. 37: Celkové emise GWP | 84 |
| Tab. 38: Měrný tepelný tok prostupem H_T | 95 |
| Tab. 39: Celková tepelná ztráta budovy pro režim vytápění..... | 96 |
| Tab. 40: Měsíční simulace tepelných toků v budově pro režim vytápění..... | 98 |
| Tab. 41: Celkový tepelný tok v režimu vytápění..... | 99 |
| Tab. 42: Celková tepelná ztráta budovy pro režim chlazení..... | 100 |
| Tab. 43: Celkový tepelný tok v režimu chlazení | 100 |
| Tab. 44: Potřeba tepla na vytápění budovy | 101 |

| | |
|---|-----|
| Tab. 45: Potřeba tepla na chlazení budovy..... | 102 |
| Tab. 46: Celková potřeba tepla na vytápění budovy za rok | 103 |
| Tab. 47: Celková potřeba chladu na chlazení budovy za rok | 103 |
| Tab. 48: Emise GWP ve fázi provozu | 104 |
| Tab. 49: Vyhodnocení emisí GWP..... | 105 |
| Tab. 50: Porovnání emisí | 106 |