

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh energeticky úsporného bytového domu

Design of energy efficient residential house

Vedoucí práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

Student: Bc. Michal Fencel

Studijní program, specializace: Budovy a prostředí, Konstrukce budov

Praha 2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Fencel Jméno: Michal Osobní číslo: 484485
 Zadávající katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
 Studijní program: N3649 - Budovy a prostředí
 Studijní obor/specializace: 3608T006 - Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh energeticky úsporného bytového domu
 Název diplomové práce anglicky: Design of energy efficient residential house
 Pokyny pro vypracování:
 Analytická a koncepční část
 1) Rešerše požadavků na energetickou náročnost
 2) Rozbor technických požadavků na budovu a její konstrukce (požární bezpečnost, vnitřní prostředí a stavební fyzika)
 3) Návrh energetické koncepce pro dosažení úrovně budovy pasivního standardu, volba zdrojů a distribučních prvků
 4) Návrh konstrukčního systému na bázi dřeva
 Projekční část
 1) Zpracování projektové dokumentace pro stavební povolení A průvodní zpráva, C.3 Koordinační situace D.1.1 Architektonicko stavební řešení, D.1.2 Stavebně konstrukční řešení - předběžný návrh dimenzí nosných konstrukcí, D.1.3 Požárně bezpečnostní řešení - koncepce, D.1.4 Technika prostředí staveb - předběžný návrh
 2) Podrobný návrh skladeb všech konstrukcí a vybraných stavebních detailů (min. 5)
 3) Vyhodnocení energetické náročnosti budov
 Seznam doporučené literatury:
 Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
 Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů
 Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění pozdějších předpisů
 M. Pokorný, P. Hejtmánek. Požární bezpečnost staveb. ČVUT v Praze 2021.
 ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. UNMZ 2011.
 ČSN 730532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky. UNMZ 2020.
 K. Kolb. Dřevostavby. 3. vydání, Grada 2011.
 J. Hazucha, J. Bárta. Konstrukční detaily pro pasivní domy. Grada 2014.
 Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.
 Datum zadání diplomové práce: 27.09.2023 Termín odevzdání DP v IS KOS: 08.01.2024
 Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu oříšlušného-ak- roku
 Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

27.9.2023
 Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Návrh energeticky úsporného bytového domu“ vypracoval samostatně, za odborného vedení vedoucí práce Ing. Kamila Staňka, Ph.D. Všechnu použitou literaturu a materiály jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne

.....

Bc. Michal Fencel



Poděkování

V první řadě patří mé velké díky panu Ing. Kamilu Staňkovi Ph.D. Dále bych chtěl také poděkovat konzultantům Ing. Lukáši Velebilovi, Ph.D., doc. Ing. Ivě Broukalové, Ph.D., Ing. arch. Petru Hejtmánkovi, Ph.D. a doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. se kterými jsem řešil dílčí části diplomové práce. Děkuji také celé své rodině, přátelům a kamarádům za neuvěřitelnou podporu během studia.



Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na návrh energeticky úsporného bytového domu. Práce je rozdělena na dvě části – analytická a koncepční část a projekční část.

V analytické a koncepční části je proveden rozbor zadání a výběr objektu, je provedena rešerše požadavků na energetickou náročnost a technických požadavků. Dále je vytvořena energetická koncepce a zvoleno konstrukční řešení.

V projekční části je zpracována dokumentace pro stavební povolení, včetně detailního návrhu skladeb, vybraných detailů a vyhodnocení energetické náročnosti budovy. Součástí této části je zpracováno i předběžné stavebně konstrukční řešení, požárně bezpečnostní řešení a koncept techniky prostředí staveb.

Klíčová slova

- Bytový dům,
- Energeticky úsporná budova
- Dřevo
- Dřevostavba
- Analýza
- Projektová dokumentace
- Stavební povolení

Abstract

The diploma thesis focuses on the design of an energy efficient residential house. The thesis is divided into two parts – analytical and design part.

In the analytical part, the analysis of the assignment and the selection of the building is done. A research of energy performance and technical requirements is also carried out. Furthermore, an energy concept is developed, and a design solution is selected.

In the design part, the documentation for the building permit is prepared, including a design of the internal and external structures, selected details and an evaluation of the energy performance of the building. This part also included structural design, fire safety solution and a concept of the building environment technology.

Key Words

- Residential house
- Energy efficient building
- Timber
- Wooden building
- Analysis
- Project documentation
- Building permit



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

Návrh energeticky úsporného bytového domu

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh energeticky úsporného bytového domu

Analytická a koncepční část

Vedoucí práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

Student: Bc. Michal Fencel

Studijní program, specializace: Budovy a prostředí, Konstrukce budov

Praha 2023

Obsah

1. Zadání.....	9
1.1. Architektonická studie.....	9
1.2. Výběr objektu.....	12
1.3. Analýza studie – objekt B	12
2. Požadavky na objekt.....	13
2.1. Energetické požadavky.....	13
2.1.1 Obecné informace.....	13
2.1.2 Konkrétní požadavky.....	14
2.2 Technické požadavky	15
2.2.1 Obecné technické požadavky	15
2.2.2 Požadavky požární bezpečnosti.....	16
2.2.3 Tepelně-technické požadavky	21
2.2.4 Akustické požadavky.....	24
2.2.5 Denní osvětlení.....	26
2.2.6 Vnitřní prostředí	27
2.2.7 Letní stabilita.....	28
2.2.8 Statické požadavky.....	29
3. Energetická koncepce.....	30
3.1. Obecné předpoklady koncepce.....	30
3.2 Zónování.....	30
3.3 Zdroje tepla.....	31
3.3.1 Kondenzační kotel na plyn	31
3.3.2 Tepelné čerpadlo země – voda	31
3.3.3 Dálkové vytápění.....	31
3.3.4 Podpůrné FV panely	32
3.4. Model pro zjištění předběžné energetické náročnosti	32
3.5. Vyhodnocení	32
4. Konstrukční řešení.....	33
4.1. Stěnový systém s CLT.....	33
4.2 Těžký skelet.....	34
4.3 Závěr.....	36
5. Změny v architektonické studii	37

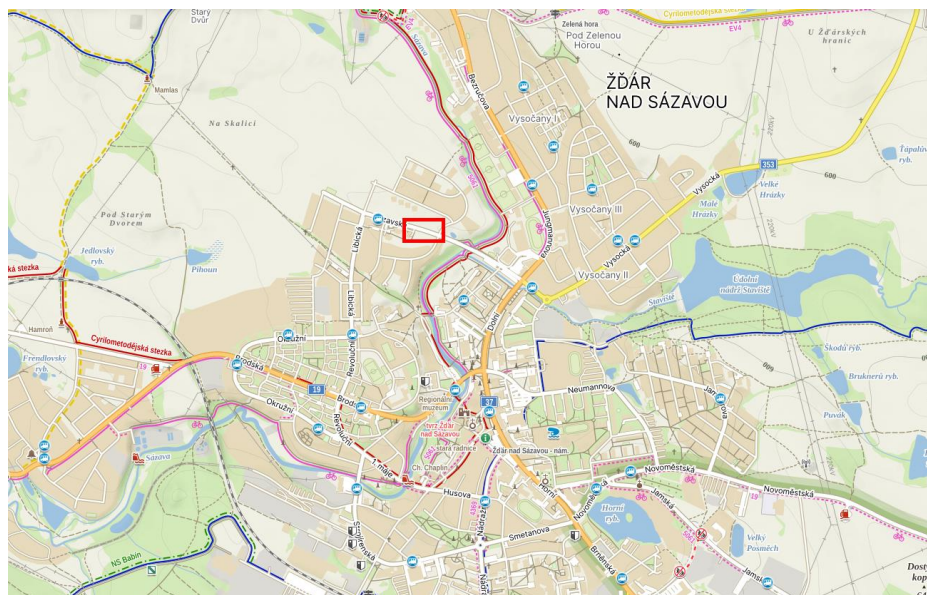


Citovaná literatura, vyhlášky a normy.....	38
Seznam obrázků	40
Seznam tabulek.....	40
Použitý software	41

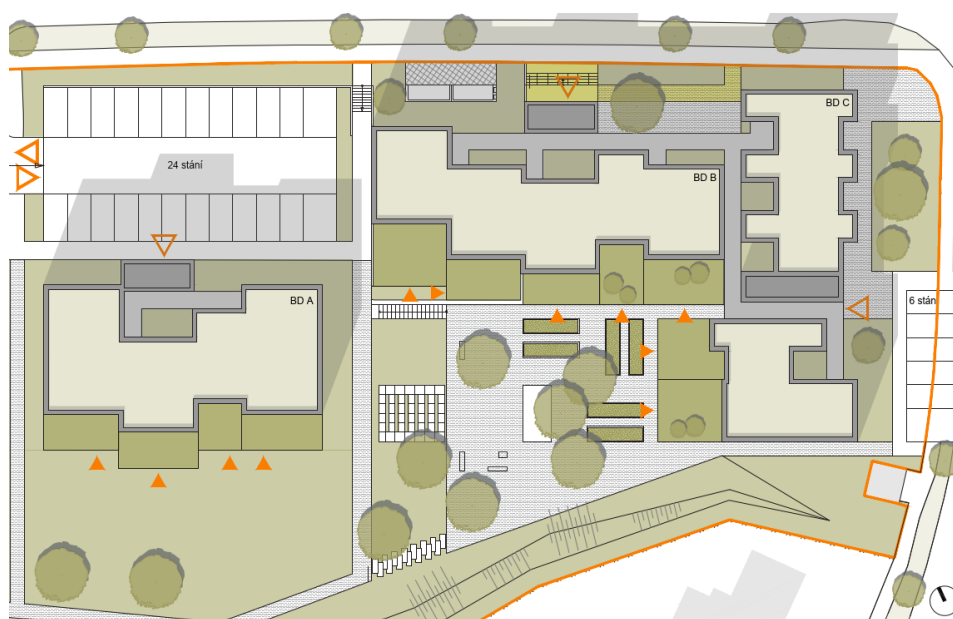
1. Zadání

1.1. Architektonická studie

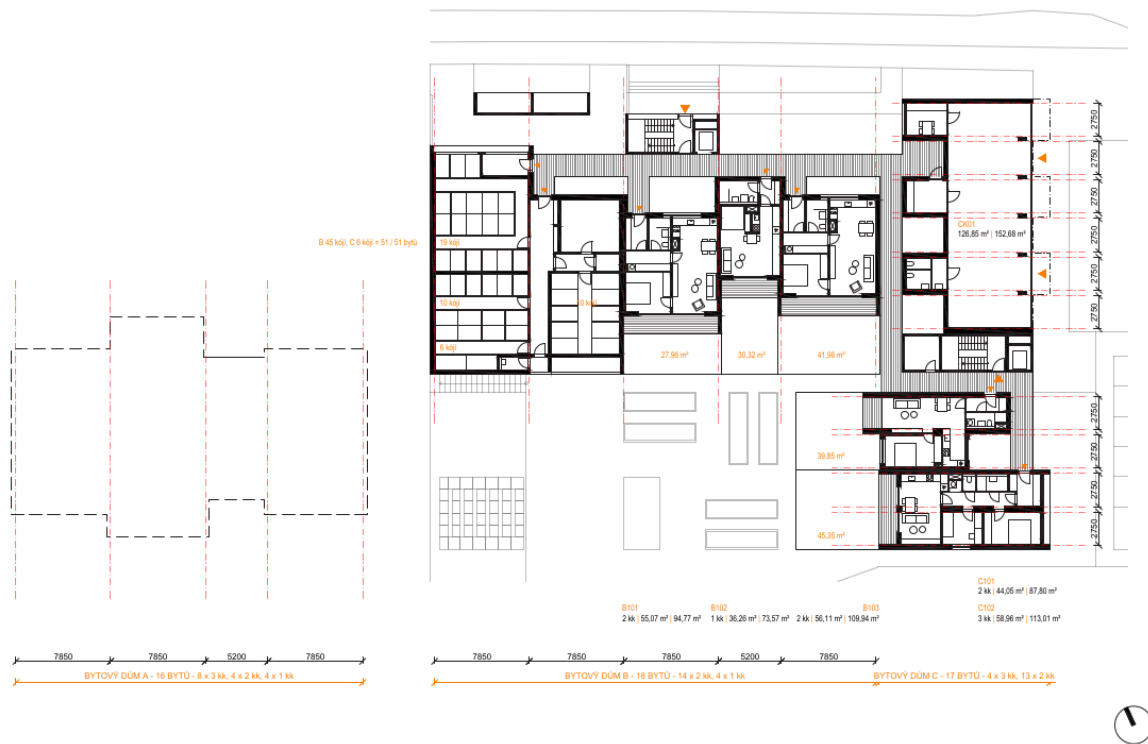
Jako zadání mé diplomové práce jsem si vybral architektonickou studii novostavby bytových domů ve Žďáru nad Sázavou, které jsou situovány v ulici Sázavská (viz Obr. 1). Studie obsahovala základní půdorysy, řezy, situaci a vizualizace domů (viz Obr. 2, Obr. 4, Obr. 5, Obr. 6, Obr. 7.). Komplex bytových domů je rozdělen na jednotlivé objekty (A, B a C) přičemž pro všechny se uvažuje použití nosného systému na bázi dřeva. Studie také předpokládala etapizaci výstavby těchto domů – 1. etapa bude výstavba domů A B, 2. etapa pak domu C. Dům C je rozdělen na dva objekty se společným jádrem a pavlačí.



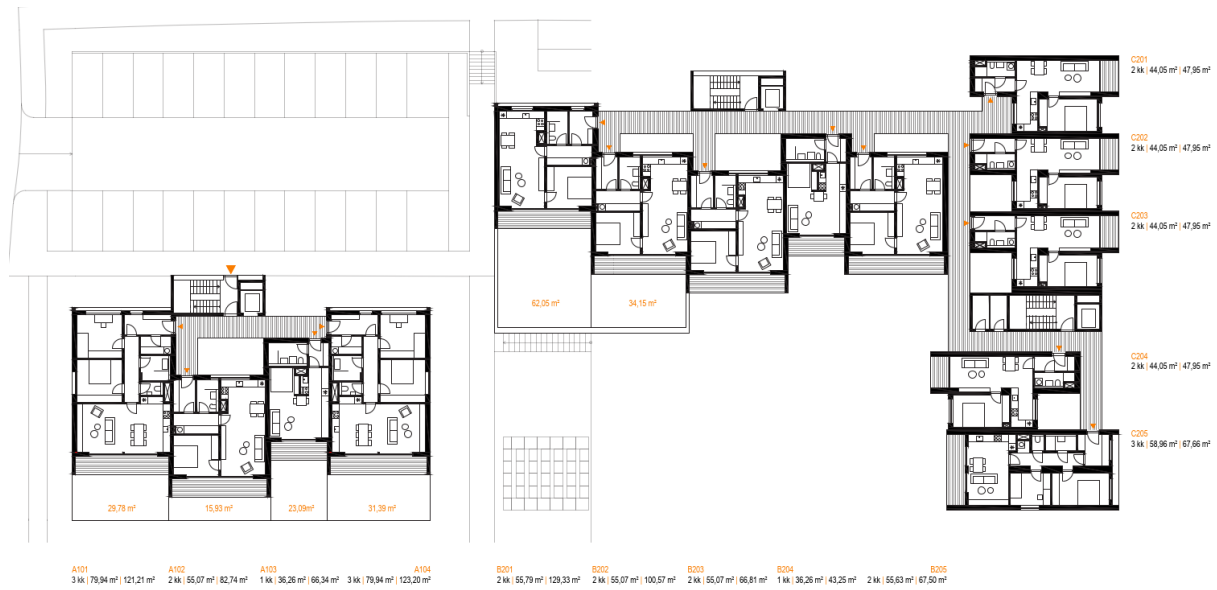
Obr. 1 Umístění objektů ve Žďáru nad Sázavou (1)



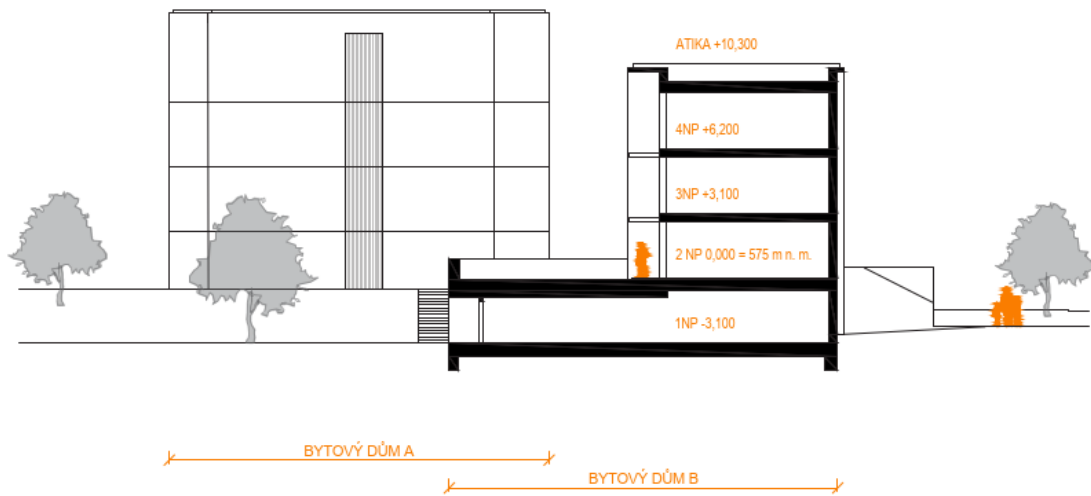
Obr. 2 Architektonická situace



Obr. 3 1.NP objektu B a C.



Obr. 4 1.NP objektu A, 2.NP objektů B a C.



Obr. 5 Řez domem B



Obr. 6 Vizualizace bytových domů po dokončení 1. etapy – průčelí (objekt B vlevo, A vpravo)



Obr. 7 Vizualizace bytových domů po dokončení 1. etapy – zadní strana (objekt A vlevo, B vpravo)

1.2. Výběr objektu

Pro diplomovou práci jsem si vybral objekt B, který má celkově 4 podlaží, předpokládá částečně zapuštěné 1.NP, byty přístupné z pavlače, je rozsahově největší (jak v ploše, tak v objemu) a přístupný z ulice Sázkavská. Parkování studie uvažuje podélně na ulici, či u vedlejšího objektu (objekt A). V projekční části bude označován jako SO.01 – objekt B.

1.3. Analýza studie – objekt B

Architektonicky je dům řešen jako vertikální odskočené bloky. Studie předpokládá co největší využití materiálů na bázi dřeva (lehké příčky, CLT panely, či skeletový systém na bázi dřeva apod.). Vstup do jednotlivých bytů zajišťují pavlače, vnější schodiště a výtah. Střecha je plochá a zelená extenzivní.

1. nadzemní podlaží, které je částečně zapuštěno, obsahuje 3 samostatné byty a sklepní kóje, které mají také vlastní vstup. Sklepních kójí je 45 a slouží nejen pro objekt B, ale i pro A a částečně C, kde je dalších 6 kójí. Ve 2., 3. a 4. nadzemním podlaží jsou pouze byty. Část 1.NP, které přiléhá k terénu, je ze železobetonu, všechny ostatní nosné konstrukce domu jsou dřevěné. Každý byt má vlastní lodžii, které jsou orientované do vnitrobloku, na jih. Na těchto lodžiích jsou posuvné dřevěné slunolamy, které částečně zajišťují stínění bytů, přičemž vnější žaluzie nejsou dle studie přítomny. Vzhledem k etapizaci výstavby domů, bude pavlač ukončena na východní straně zábradlím, na které se poté naváže pavlač domu C. Pavlač je samostatná konstrukce, také na bázi dřeva. Schodiště a jádro výtahu je železobetonové. Opláštění pavlačí a schodiště zajišťuje ocelová síť.

2. Požadavky na objekt

V této kapitole budou postupně vypsány veškeré požadavky na vybraný objekt. Jsou to požadavky energetické, tepelně technické, požární, akustické, světelně technické, statické, požadavky vnitřního prostředí a požadavky na letní stabilitu. Pokud bude zjištěn problém (nemožnost splnit některé požadavky), bude studie upravena dle uvážení.

2.1. Energetické požadavky

2.1.1 Obecné informace

V současné době je energetická náročnost budov zásadní problematikou – nejen z ekologického hlediska (což je především globální problém), ale i ekonomického, minimálně co se do provozu a údržby týče. V této kapitole budou zkráceně vypsány požadavky na energetickou náročnost budovy.

Požadavek na výstavbu budov, které jsou energeticky efektivní, stanovuje směrnice Evropského parlamentu od 1.1.2020. Směrnice používá termín „Budova s téměř nulovou spotřebou energie“. Zjednodušeně se dá takto nazvat budova, která má kvalitativně přísnější požadavky na obálku budovy, dobře regulované vytápění, větrání a osvětlení a budova je částečně zásobována z obnovitelných zdrojů energie, či energii produkuje (elektrina). Na národní úrovni ČR byla transpozice požadavků evropské směrnice provedena prostřednictvím novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů a technicky tyto požadavky upřesňuje vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov (2).

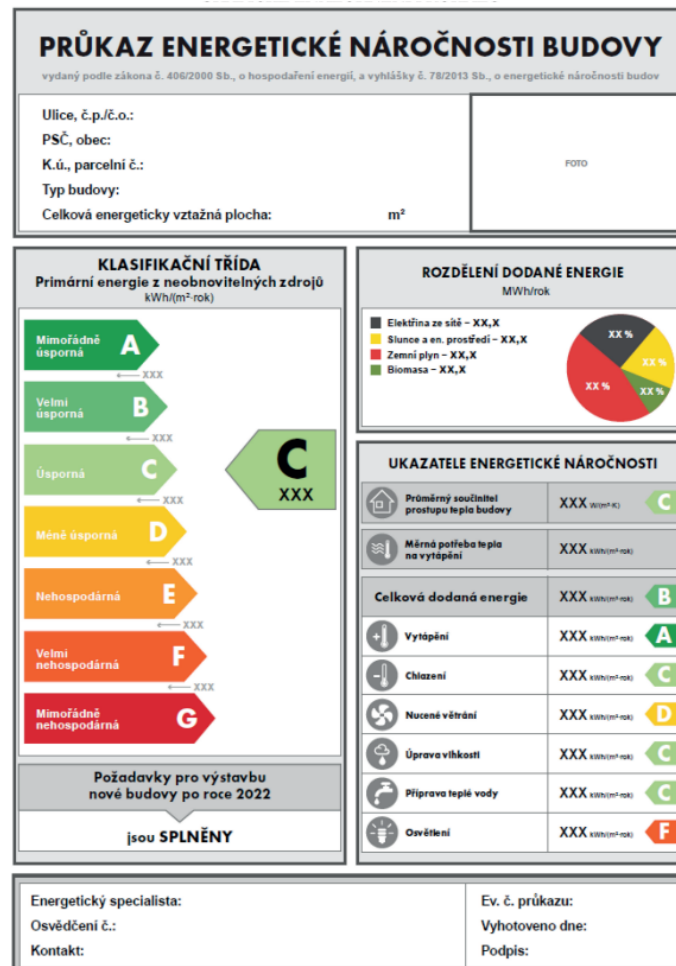
Zákon 406/2000 Sb. upravuje hospodaření s energiemi napříč průmyslem a stanovuje základní principy, definuje povinnosti týkající se energetického auditu, posudku, štítku, průkazu aj. (3). Vyhláška 264/2020 Sb. definuje konkrétní technické parametry – metodiku výpočtu a hodnocení energetické náročnosti budovy. Tato vyhláška je závazná pro všechny nové i rekonstruované budovy (výjimku tvoří speciální případy). Novostavba se vždy posuzuje jako budova s téměř nulovou spotřebou energie. Zkoumají se ukazatele energetické náročnosti, které jsou:

- 1) Primární energie z neobnovitelných zdrojů vztažená na m^2 energeticky vztažné plochy;
- 2) Celková dodaná energie za rok vztažená na m^2 energeticky vztažné plochy;
- 3) Dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, nucené větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení vnitřního prostoru budovy za rok vztažené na m^2 energeticky vztažné plochy;
- 4) Průměrný součinitel prostupu tepla
- 5) Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- 6) Účinnost technických systémů

Nástroj pro hodnocení energetické náročnosti a splnění či nesplnění požadavků vyhlášky je Průkaz energetické náročnosti budovy (zkráceně PENB) viz Obr. 8. Budova splňuje požadavky, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti nejsou větší než referenční hodnoty u bodů 1), 2) a 4) pro referenční

budovu (Referenční budova je tvarově stejná budova jako posuzovaná, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů, které stanovuje vyhláška) (4) (5). PENB se zpracovává pouze v softwaru, v případě této práce bude použit software Energie 2023.

Budova se také klasifikuje do tříd A – G. Třída A znamená nejvyšší efektivnost, G nejnižší. Tyto klasifikační třídy slouží především pro porovnání. V protokolu je na první straně vlevo vyobrazena primární energie z neobnovitelných zdrojů, napravo ostatní ukazatele (viz Obr. 8)



Obr. 8 Vzor PENB (4)

2.1.2 Konkrétní požadavky

Konkrétní požadavky stanovuje česká technická norma ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Požadavky a technická normalizační informace TNI 73 0330. Objevují se zde termíny: „Nízkoenergetická budova“, „Pasivní budova“ a „Nulová budova“. Liší se požadavky na rodinné domy a bytové domy. Vzhledem k tomu, že se práce zabývá návrhem bytového domu, budou v následujících odstavcích vypsány požadavky na bytové domy.

Nízkoenergetická budova je charakterizována nízkou potřebou tepla na vytápění, což je dosaženo optimalizovaným návrhem obálky budovy. Průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu uvedenou v normě (v TNI 73 0330 je požadavek na $U_{em} < 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$,



doporučená hodnota se stanovuje výpočtem) a měrná potřeba tepla na vytápění nepřekračuje hodnotu $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. TNI 73 0330 zároveň stanovuje, že vzduchotěsnost (či neprůvzdušnost) $n_{50, N}$ obálky nízkoenergetického domu nesmí překročit hodnotu $1,5 \text{ h}^{-1}$ (4) (6).

Pasivní budova je budova na velmi dobré technické úrovni díky optimalizovanému stavebnímu řešení s minimální potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na její provoz. Průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu uvedenou v normě – v ČSN 73 0540-2 a TNI 73 0330 je požadavek na $U_{em} < 0,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, doporučené hodnoty jsou $0,2-0,25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Potřeba tepla na vytápění nesmí překročit $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy nesmí překročit $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a neprůvzdušnost obálky $n_{50, N}$ je stanovena na hodnotu $0,6 \text{ h}^{-1}$. Měrná potřeba energie na chlazení je nulová – stavební řešení musí být takové, aby strojní chlazení nebylo potřebné. Pokud by bylo nezbytné, musí být odpovídajícím způsobem zahrnuto do hodnocení primární energie (6) (7).

Energeticky nulová budova je budova, která má stavební řešení a technické zařízení budovy odpovídající standardu pasivní budovy, avšak roční bilance potřeby a produkce energie je nula (7). To znamená, že nulová budova může odebírat energii ze sítě, ale tato energie je během roku vykompenzována vlastní produkcí energie (elektřina).

V rámci snižování energetické náročnosti budov by měl být bytový dům ideálně navržen v pasivním standardu:

- průměrný součinitel prostupu tepla: $U_{em} < 0,25-0,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$;
- potřeba tepla na vytápění: $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy: $< 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
- součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí viz samostatná kapitola v technických požadavcích.

2.2 Technické požadavky

2.2.1 Obecné technické požadavky

Technické požadavky stanovuje vyhláška 268/2009 Sb. O technických požadavcích stavby. Stanovuje technické požadavky, požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb, požadavky na stavební konstrukce a na technická zařízení a zvláštní požadavky na vybrané druhy staveb. Vybrané požadavky jsou vypsány níže s dodatkem, zda studie dané splňuje, či nikoliv.

- 1) Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou: mechanická odolnost a stabilita, požární bezpečnost, ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí – splňuje;
- 2) Světla výška místností: 2600 mm v obytných a pobytových místnostech – splňuje;

- 3) Obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami, s možností regulace vnitřní teploty – splňuje, soulad viz další kapitoly;
- 4) Obytné místnosti musí mít zajištěno denní osvětlení v souladu s normovými požadavky – viz další kapitoly – splňuje, soulad viz další kapitoly;
- 5) Hlavní domovní komunikace musí umožňovat přepravu předmětů rozměrů: 1950x1950x800 mm – splňuje;
- 6) Hlavní vstupní dveře do bytů a pobytových místností musí mít světlou šířku nejméně 800 mm – splňuje;
- 7) V bytovém domě musí být vymezen dostatečný prostor pro odkládání směsného komunálního odpadu. Není-li možné takovýto prostor situovat v domě, je třeba vymežit stálé stanoviště pro sběrnou nádobu na směsný komunální odpad v přiměřené vzdálenosti od bytového domu s napojením na pozemní komunikaci – splňuje, předpokládá se malý objekt poblíž hlavního vchodu pro kontejnery;
- 8) Bytové domy musí být vybaveny úklidovou komorou s výlevkou pro úklid společných částí domu - splňuje;
- 9) Prostor hlavního domovního schodiště bytového domu musí mít denní osvětlení – splňuje

Veškeré požadavky studie splňuje.

2.2.2 Požadavky požární bezpečnosti

2.2.2.1. Obecné požadavky

Hlavní požadavky stanovuje vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb, bude také brán ohled na české technické normy (ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty; ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení; ČSN 73 0833 Požární bezpečnost staveb – Budovy pro bydlení a ubytování).

Vyhláška 23/2008 Sb. stanovuje pro obytné budovy:

- 1) Při navrhování bytového domu se postupuje dle ČSN 73 0802;
- 2) V bytovém domě musí být každý byt vybaven zařízením autonomní detekce a signalizace. Toto zařízení musí být umístěno v části bytu vedoucí směrem do únikové cesty. Jedná-li se o byt s podlahovou plochou větší než 150 m² a v mezonetových bytech, musí být umístěno další zařízení v jiné vhodné části bytu;

Obecně bez ohledu zatřídění budovy mimo jiné stanovuje:

- 1) Střešní plášť musí být klasifikován podle ČSN uvedené v příloze č. 1 části 6 bodu 3. Střešní plášť, který se nachází v požárně nebezpečném prostoru, musí být navržen s klasifikací B_{ROOF} (t3). Střešní plášť, který se nenachází v požárně nebezpečném prostoru, musí být navržen s klasifikací B_{ROOF} (t1). Při navrhování střešního pláště se vychází z požadovaného sklonu podle ČSN uvedené v příloze č. 1 části 6 bodu 3.

- 2) Požárně dělicí a nosná stavební konstrukce u stavby se 3 a více nadzemními podlažími musí být navržena s požární odolností nejméně 30 minut, nestanoví-li ČSN uvedené v odstavci 1 požární odolnost vyšší. V případě požárně dělicí a nosné stavební konstrukce posledního nadzemního podlaží a požárního úseku bez požárního rizika se požadavek na požární odolnost stanoví podle ČSN uvedených v příloze č. 1 části 2.
- 3) Únikové cesty určené pro evakuaci osob musí být navrženy tak, aby svým typem, počtem, polohou, kapacitou, dobou použitelnosti, technickým vybavením, konstrukčním a materiálovým provedením a ochranou proti kouři, teplu a zplodinám odpovídaly požadavkům této vyhlášky a ČSN uvedených v příloze č. 1 části 1. Nouzovým osvětlením musí být vybavena chráněná úniková cesta, resp. částečně chráněná úniková cesta, pokud nahrazuje chráněnou únikovou cestu (8).

Norma ČSN 73 0833 Požární bezpečnost staveb – Budovy pro bydlení a ubytování mimo jiné stanovuje:

- 1) Samostatně uzavíratelnou místností nebo skupina místností určená pro bydlení nebo ubytování tvoří obytnou buňku;
- 2) Budovy, jejich části nebo prostory pro bydlení a ubytování se pro účely normy třídí do 4 skupin s označením: OB1 (RD a rodinné rekreační objekty s max. 3 obytnými buňkami, s jedním podzemním a max. 3 užitnými nadzemními podlažími a max. půdorysnou plochou všech podlaží objektu do 600 m² – není tento případ), **OB2 (bytové domy přesahující kritéria budov skupiny OB1 – tento případ)**, OB3 (domy pro ubytování o projektované kapacitě max. 75 osob nejvýše do 3.NP nebo max. 55 osob mezi 1.NP a 8.NP) a OB4 (ubytovací kapacita víc než OB3)
- tzn. posuzovaný objekt spadá do skupiny OB2, následující parametry jsou vztaheny k této skupině;
- 3) Samostatný požární úsek musí tvořit:
 - každá obytná buňka
 - domovní vybavení;
- 4) Budova musí být řešena s ohledem na osoby s omezenou schopností pohybu a orientace (dle tohoto stanoviska se předpokládá nejméně polovina osob s omezenou schopností pohybu a orientace, nejde o nahodile se vyskytující starší osoby aj.) – není případ této budovy, předpokládá se smíšené osoby všech věkových kategorií;
- 5) Nejnižší stupeň požární bezpečnosti (SPB) jednotlivých požárních úseků (PÚ) se stanoví podle ČSN;
- 6) Požárně dělicí konstrukce v podzemním podlaží musí být druhu DP1;
- 7) Budovy skupiny OB2 s obytnými buňkami dle 4) mohou mít požárně dělicí a nosné konstrukce zajišťující stabilitu objektu druhu DP2 s požární výškou $h < 12,0$ m;
- 8) Komunikace spojující požární úseky obytných buněk s východem na volné prostranství nebo chráněnou únikovou cestou (CHÚC) musí tvořit samostatný požární úsek – CHÚC musí být vždy druhu DP1;

- 9) Nechráněná úniková cesta může být užita jako úniková cesta (ÚC) vedoucí do CHÚC, musí procházet požárním úsekem, kde nahodilé požární zatížení (p_n) je do 5 kg/m^2 včetně;
- 10) Z míst, kde je pouze 1 směr úniku, smí být délka NÚC vedoucí do CHÚC nejvýše 20 m ($c = 1$); pokud NÚC prochází nezasklenou pavlačí, postupuje se dle ČSN 73 0802, kap. 9.4.13 (na pavlač nezasahuje žádné okno, jakožto zcela či částečně otevřená plocha, tj. lze ji považovat za NÚC, a musí na ní navazovat CHÚC);
- 11) V budově musí být přenosné hasicí přístroje (HPP) v daných množstvích a druzích (9) (10).

Z předchozí kapitoly je patrné toto:

- objekt je skupiny OB2;
- nosné a dělicí konstrukce musí být druhu DP2 (tj. nosné prvky mohou mít třídu B-D, avšak opláštění musí být dostatečné třídy A1-A2, aby při hoření se díky těmto prvkům nezvyšovala intenzita požáru)
- pavlač může být jako nechráněná úniková cesta konstrukce DP3 s max. délkou 20 m od nejzazšího požárního úseku, schodišťové jádro s výtahem musí být min. CHÚC A z konstrukce DP1

2.2.2.2 Předběžné PBŘ

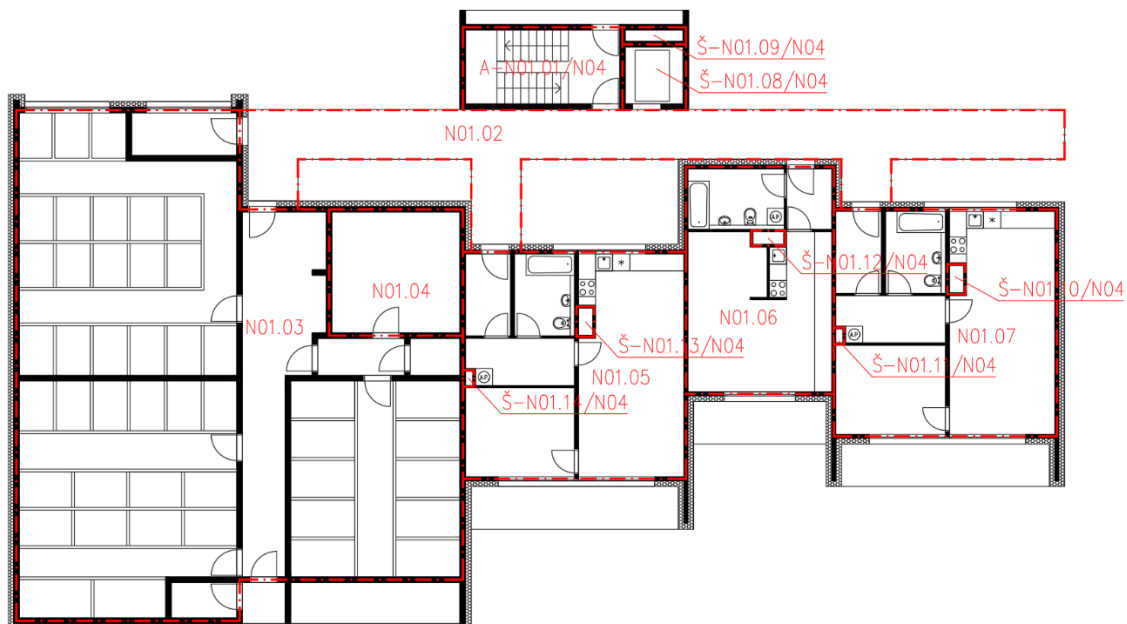
Pro daný objekt jsou předběžně stanoveny tyto vstupní údaje:

- Celková výška objektu: 13,1 m
- Požární výška objektu: 9,3 m
- Světlá výška místností: 2,75 m

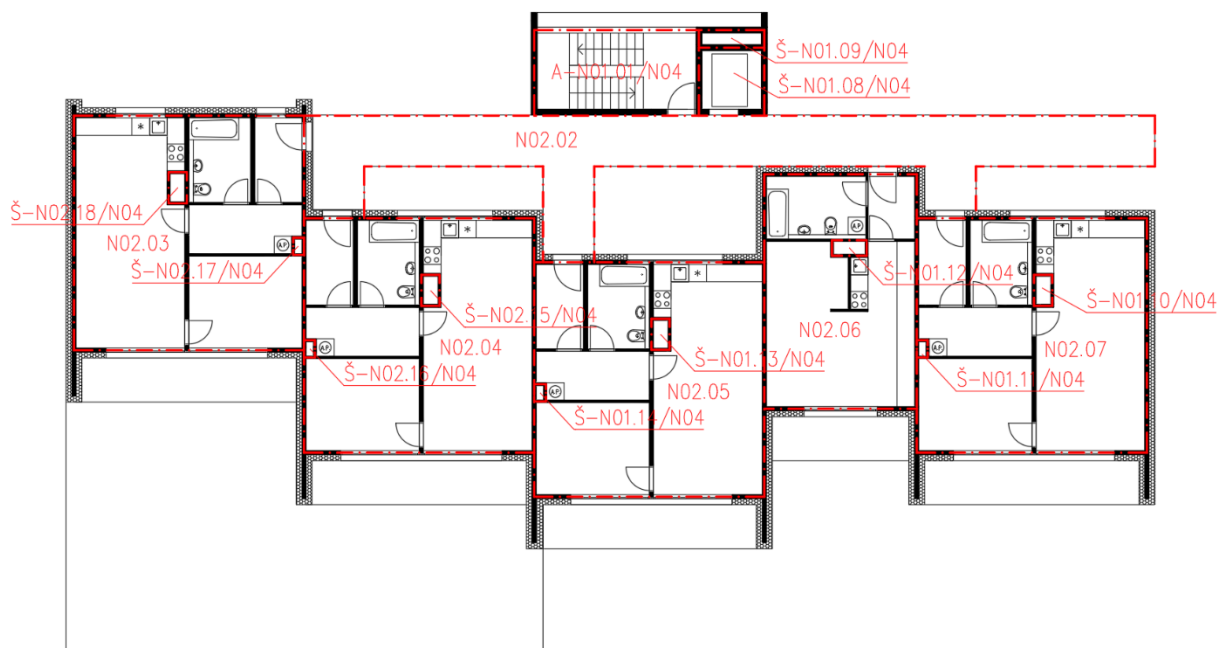
Objekt je navržen s konstrukčním systémem na bázi dřeva. Druhy konstrukčních částí budou předběžně:

- Obvodové a vnitřní nosné stěny: DP2
- Vnitřní nenosné stěny: DP3 / DP1
- Stropní konstrukce: DP3
- Sklepní část, vč. stropu: DP1
- Pavlač: DP3
- Schodišťové jádro: DP1

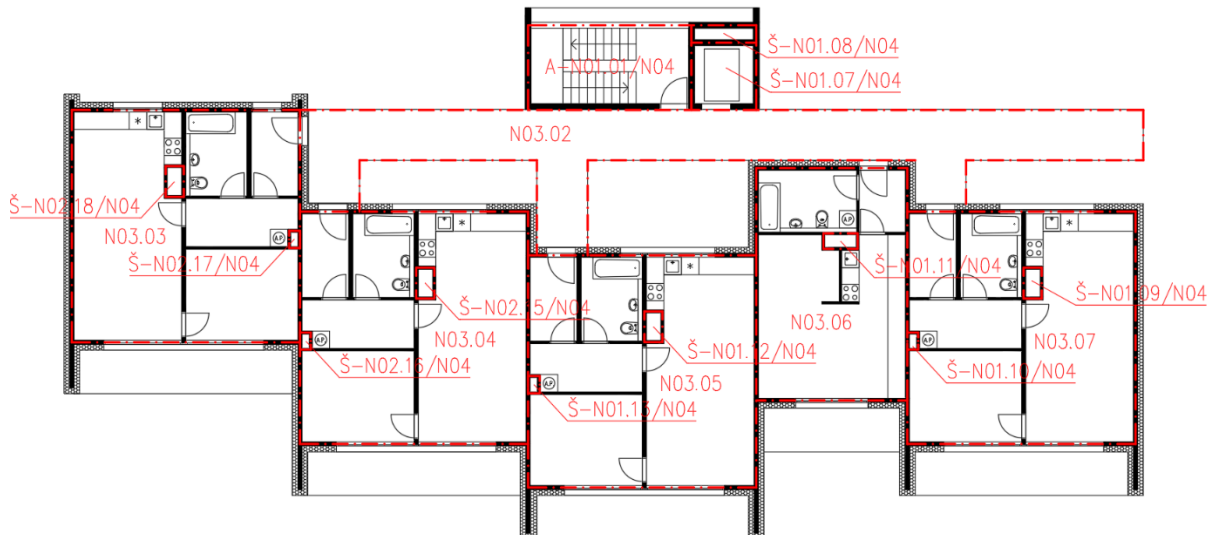
Konstrukční systém je tedy hořlavý, zatímco sklep, pavlač a jádro je z nehořlavého konstrukčního systému. V rámci předběžného PBŘ byl také objekt rozdělen na požární úseky. Jednotlivé úseky tvoří byty, NÚC, CHÚC, společné prostory atd. Při rozdělení byla snaha o co nejmenší počet PÚ s přihlédnutím na mezní rozměry při $a=1,2$, viz Obr. 9, Obr. 10, Obr. 11.



Obr. 9 Požární úseky 1.NP



Obr. 10 Požární úseky 2.NP



Obr. 11 Požární úseky 3.NP, popř. 4.NP

Únikové cesty jsou zde po pavlači, která může být konstrukcí DP3 (pavlač je zde NÚC), která vede do CHÚC. V 1.NP ve sklepech jsou únikové cesty 2 – buďto na volné prostranství, nebo do NÚC a do CHÚC.

Dále byl proveden předběžný výpočet požárního zatížení jednotlivých požárních úseků vyjma šachet a následně určeny stupně požární bezpečnosti (SPB). Výsledné hodnoty jsou orientační, jelikož vstupní hodnoty byly určeny odhadem, či tabulkově. Podrobný výpočet bude proveden v projekční části, tj. v D1.3.

Podlaží	Ozn. PÚ	Popis	P_v (kg/m ²)	SPB
1.NP	A-N01.01/N04	CHÚC A	0	II
1.NP	N01.02	NÚC	0	II
1.NP	N01.03	Sklepní kóje	45	V
1.NP	N01.04	Technická místnost	13,5	IV
1.NP-4.NP	N01.05 až N.04.07	Byty	40	V
1.NP-4.NP	Š-N01.13/N04	Šachty	0	II

Tab. 1 Stanovení SPB

Na základě SPB byly poté stanoveny požadavky na požární odolnost jednotlivých konstrukcí. Nosné obvodové a vnitřní nosné stěny bytů společně se stropy jsou nyní na hodnotě REI 90 DP2 (V. SPB), nosné konstrukce CHÚC REI 30 DP1 (II. SPB). Konstrukce ve sklepních kójích a technické místnosti jsou na hodnotě REI 90 DP1.

2.2.2.3 Nedostatky studie v rámci PBŘ

Je patrné, že požadavek na dřevěnou stěnu 90 minut je velmi vysoký, bude nutné se dostat na nižší SPB snížením požární výšky objektu na 9 m (tj. konstrukční výška podlaží budou 3 m), případně

přesně spočítat požární zatížení jednotlivých bytů, aby bylo možné snížit požární odolnost konstrukcí. Upřesnění bude provedeno v projekční části.

2.2.3 Tepelně-technické požadavky

Požadavky na součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí jsou stanoveny v normě ČSN 73 0540-2:2011. Všechny konstrukce, včetně výplní budou v projekční části navrženy v souladu s následující tabulkou, aby splňovaly $U_{pas,20}$:

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,2	0,8 až 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7

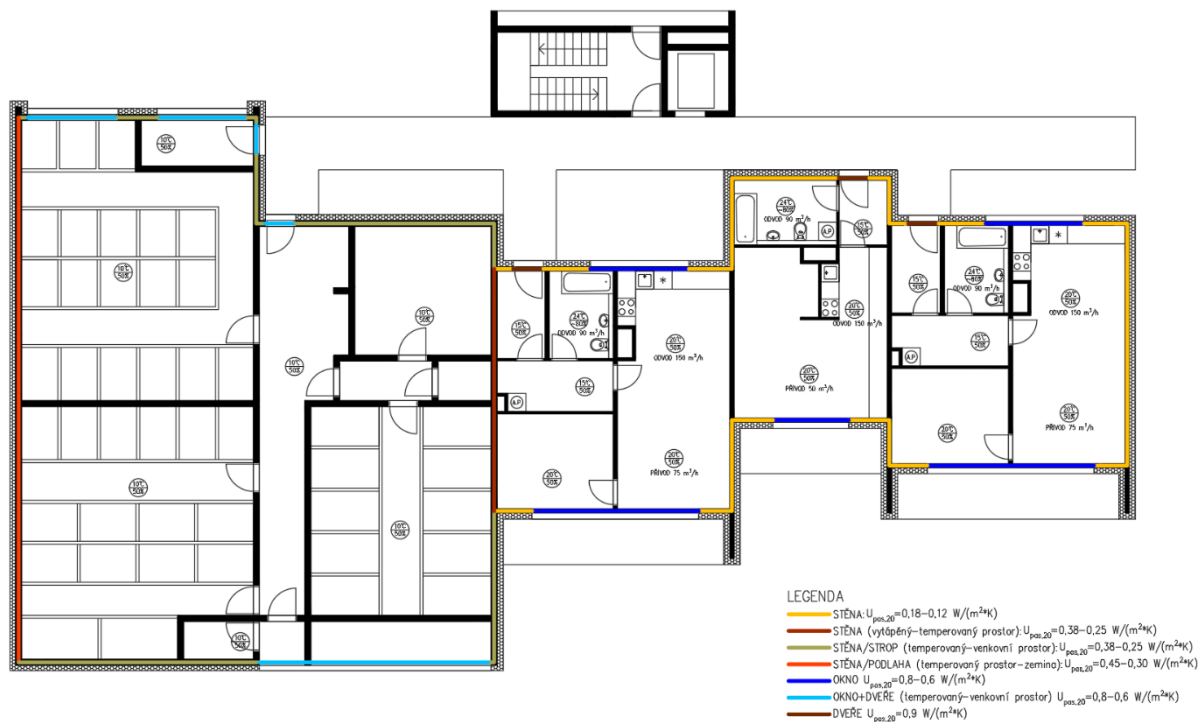
Tab. 2 Součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 (7) (11)

Průměrný součinitel prostupu tepla, který nesmí pasivní budova přesáhnout, je stanovený v normě ČSN 73 0540-2 (viz předchozí kapitoly).

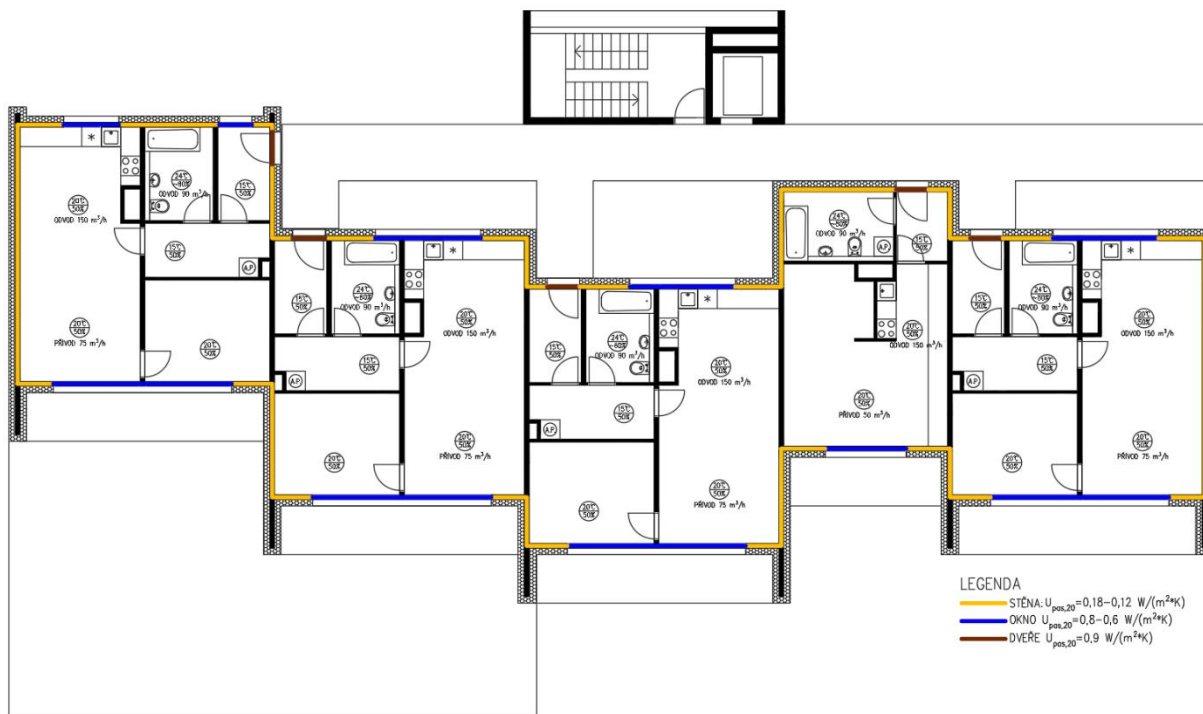
		Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m ² ·K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² ·a)]	Měrná potřeba energie na chlazení [kWh/(m ² ·a)]	Měrná potřeba primární energie [kWh/(m ² ·a)]
Obytná budova	Rodinný dům	≤ 0,25 požadováno ≤ 0,20 doporučeno	≤ 20 požadováno ≤ 15 doporučeno	0 ²⁾	≤ 60
	Bytový dům	≤ 0,35 požadováno ≤ 0,30 doporučeno	≤ 15	0 ²⁾	≤ 60

Tab. 3 Základní vlastnosti pasivních budov (7)

Doporučené hodnoty U byly zakresleny do dvou půdorysných schémat a do řezu, viz Obr. 12, Obr. 13, Obr. 14 (pozn. konstrukční výška byla snížena na 3,0 m kvůli požadavkům PBR).



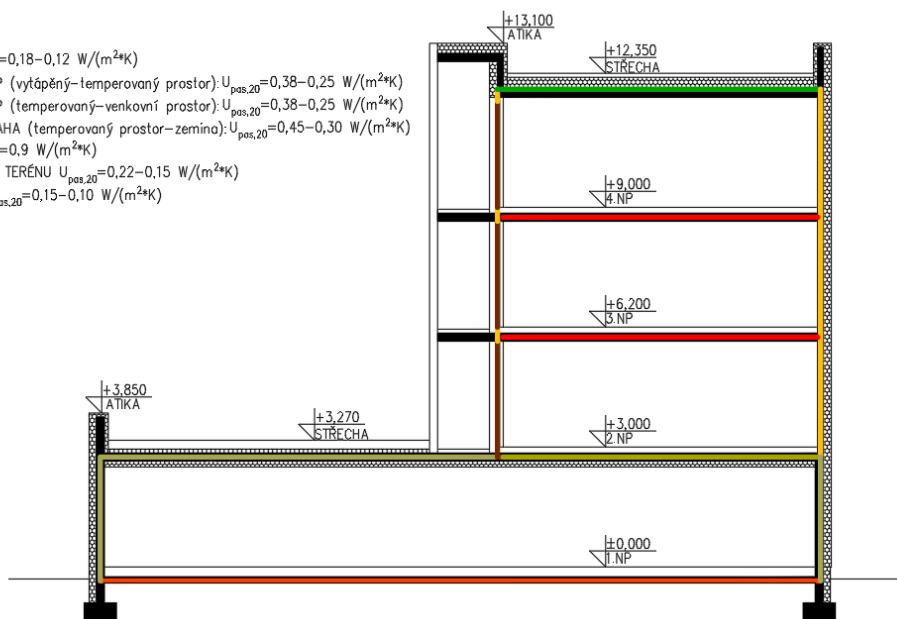
Obr. 12 Součinitel prostupu tepla konstrukcí 1.NP



Obr. 13 Součinitel prostupu tepla konstrukcí 2.-4.NP

LEGENDA

- STĚNA: $U_{\text{pos},20}=0,18-0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- STĚNA/STROP (vytápěný-temperovaný prostor): $U_{\text{pos},20}=0,38-0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- STĚNA/STROP (temperovaný-venkovní prostor): $U_{\text{pos},20}=0,38-0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- STĚNA/PODLAHA (temperovaný prostor-zemina): $U_{\text{pos},20}=0,45-0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- DVEŘE: $U_{\text{pos},20}=0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- PODLAHA NA TERÉNU: $U_{\text{pos},20}=0,22-0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- STŘECHA: $U_{\text{pos},20}=0,15-0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Obr. 14 Součinitel prostupu tepla konstrukcí v řezu

Veškeré navržené skladby konstrukcí budou posuzovány pomocí programu Teplo v projekční části v D1.1.

2.2.4 Akustické požadavky

Akustika je důležitým faktorem v budovách pro zajištění vnitřní pohody jednotlivých bytů, či společných prostor. Akustické požadavky na obytné budovy definuje norma ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky, viz následující tabulka:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)						
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci				
		Stropy		Stěny	Dveře	
		$R'_{w}, D_{nT,w}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w}, D_{nT,w}$ dB	R_w dB	
A. Bytové domy, rodinné domy, terasové nebo řadové domy a dvojdomy – všechny obytné místnosti bytu						
1	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	≥ 47	≤ 58	$\geq 40^a$	$\geq 27^a$	
B. Bytové domy, rodinné domy s více než jedním bytem – obytné místnosti bytu						
2	Všechny místnosti druhých bytů včetně příslušenství	≥ 54 $\geq 52^b$	≤ 53 $\leq 58^b$	≥ 53 $\geq 52^b$	– –	
3	Terasy a lodžie druhých bytů nad obytnou místností	≥ 52	≤ 58	–	–	
4	Společné prostory domu (schodiště, chodby, terasy, kočárkárny, sušárny, sklípky apod.)	≥ 52	≤ 53	≥ 52	$\geq 32^c$ $\geq 37^d$	
5	Průjezdy, podjezdy, garáže, průchody, podchody	≥ 57	≤ 48	≥ 57	–	
6	Místnosti s technickým zařízením domu (výměňikové stanice, kotelny, strojovny výtahů, strojovny VZT, prádelny apod.) s hlukem:	$L_{A,max} \leq 80$ dB	$\geq 57^e$	$\leq 48^e$	$\geq 57^e$	–
		80 dB $< L_{A,max} \leq 85$ dB	$\geq 62^e$	$\leq 48^e$	$\geq 62^e$	–
7	Provozovny s hlukem $L_{A,max} \leq 85$ dB: s provozem nejvýše do 22:00 h s provozem i po 22:00 h	$\geq 57^e$	$\leq 50^e$	$\geq 57^e$	–	
		$\geq 62^e$	$\leq 45^e$	$\geq 62^e$	–	
8	Provozovny s hlukem 85 dB $< L_{A,max} \leq 95$ dB s provozem nejvýše do 22:00 h s provozem i po 22:00 h	$\geq 67^e$ $\geq 72^e$	$\leq 43^e$ $\leq 38^e$	$\geq 67^e$ $\geq 72^e$	–	

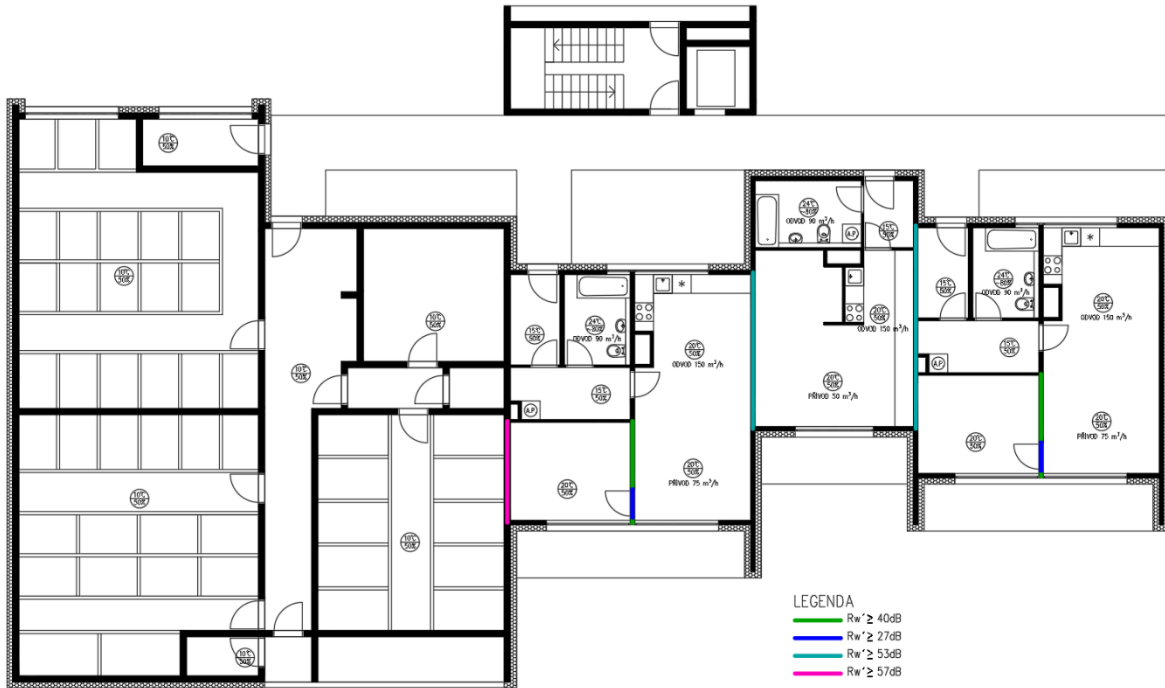
Tab. 4 Akustické požadavky na obytné budovy dle ČSN 73 0532

Posuzovány jsou veličiny vzduchová neprůzvučnost R_w' a kročejová neprůzvučnost L_w' , což jsou laboratorní hodnoty snižené, resp. zvýšené o korekci (dle ČSN):

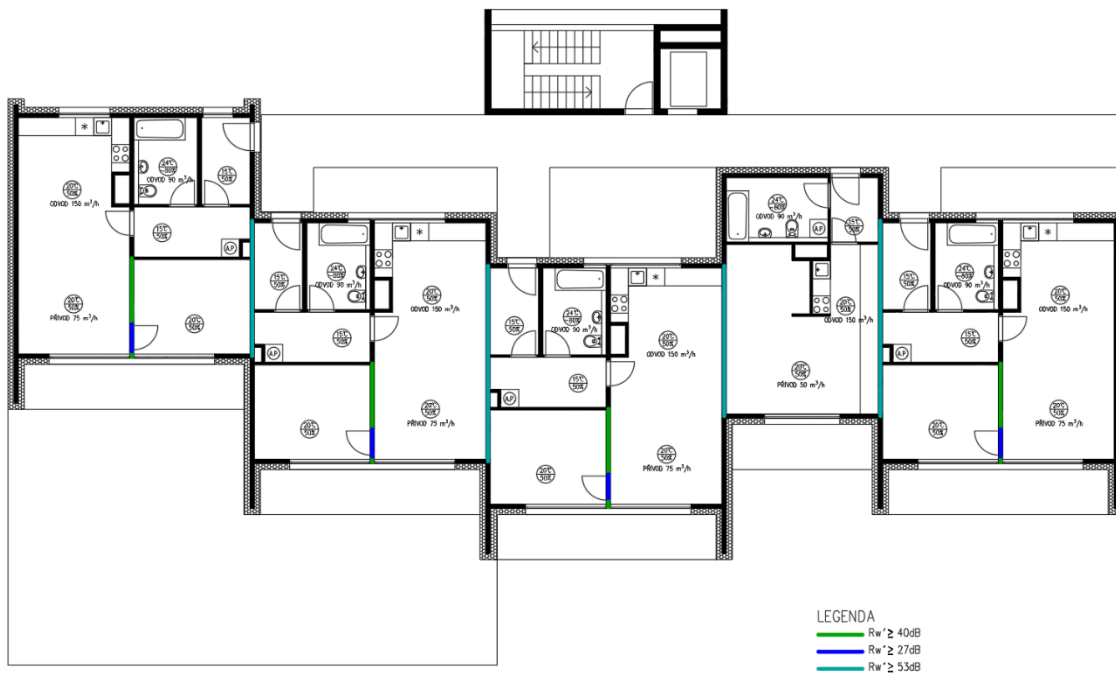
$$R_w' = R_w - k_1$$

$$L_w' = L_w + k_2$$

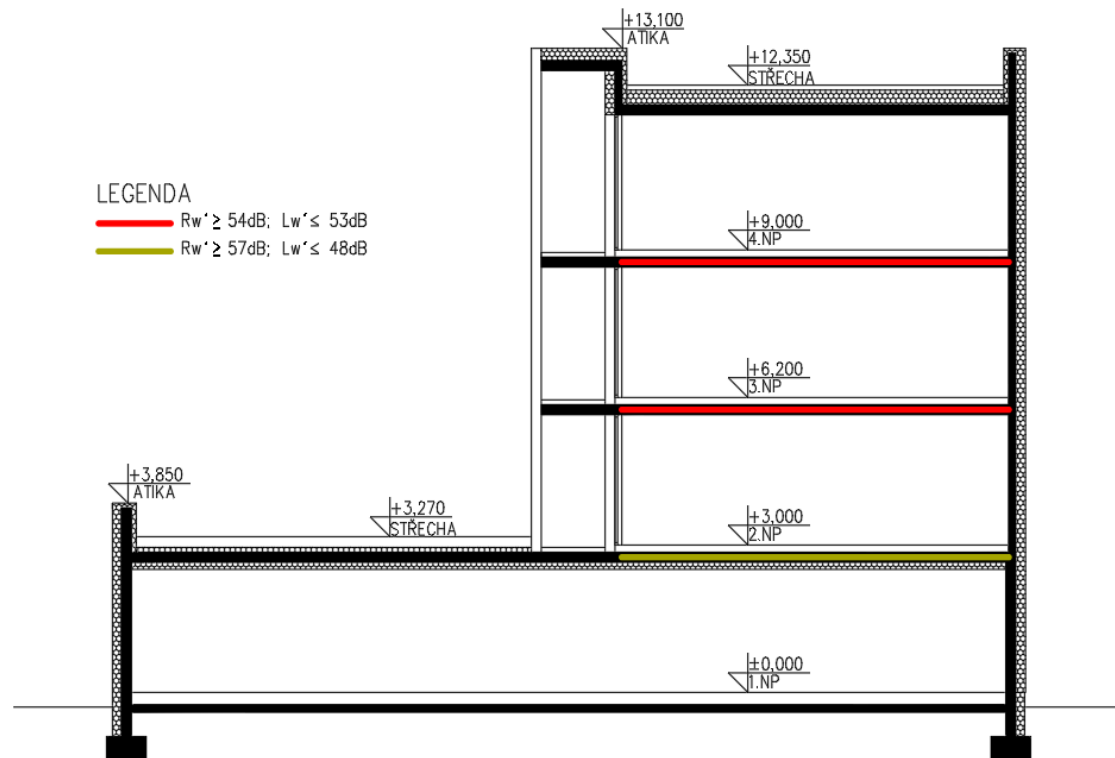
Požadavky byly zakresleny do dvou půdorysných schémat a do řezu, viz Obr. 15, Obr. 16, Obr. 17.



Obr. 15 Akustické požadavky na konstrukce 1.NP



Obr. 16 Akustické požadavky na konstrukce 2.-4.NP



Obr. 17 Akustické požadavky na konstrukce v řezu

2.2.5 Denní osvětlení

Denní osvětlení je pro pobytové místnosti důležité nejenom z hlediska ekonomického (jelikož nahrazuje elektrické osvětlení) nebo z hlediska vytápění, ale má i blahodárné účinky pro zdraví a komfort. Požadavky stanovuje vyhláška 20/2012 Sb. která mění vyhlášku 268/2009 Sb. Stanovuje, že musí být dodrženy požadavky na denní osvětlení dle ČSN 73 0580 (12).

Všechny obytné místnosti mají velká francouzská okna orientovaná na jih, viz tabulka níže. Byly porovnány rozměry prosklených ploch vůči podlahové ploše.

Ozn. bytu	Místnost	Velikost okna (š x v)	Podlahová plocha (m ²)	Poměr ploch
Malý byt	Ob. Pokoj	2,4 x 2,55 m	20,79	29%
Velký byt	Ob. pokoj	2,58 x 2,55 m	18,14	34%
Velký byt	Ložnice	2,58 x 2,55 m	12,02	51%

Tab. 5 Poměr prosklených ploch k ploše obytných místností

Je zřejmé, že poměr prosklených ploch je velký – veškeré zasklení tvoří velká francouzská okna – lze tedy předpokládat, že požadavky na denní osvětlení budou splněny. Co se proslunění týče, vzhledem k tomu, že okolní zástavba je tvořena převážně rodinnými domy, lze s jistotou konstatovat, že všechny obytné místnosti vyhoví i na proslunění.

2.2.6 Vnitřní prostředí

Do požadavků na vnitřní prostředí spadají požadavky na vnitřní teplotu, relativní vlhkost (ČSN 73 0540-3) a větrání (ČSN EN 15 665/Z1, starší norma ČSN 74 7110 či vyhlášky 6/2003 Sb. nebo 268/2009 Sb.). V tabulkách níže jsou vypsány požadavky na jednotlivé místnosti z hlediska teplot a relativní vlhkosti a požadavky na větrání, či odvod vzduchu z místností (minimální, doporučené a srovnání jednotlivých norem či vyhlášek). Nutno dodat, že hodnoty relativní vlhkosti jsou pouze informativní, bez úpravy vlhkosti (klimatizace apod.) nelze zajistit přesnou relativní vlhkost.

Název místnosti	Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i (°C)	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i (%)
Obývací pokoje, ložnice	20	50
Kuchyně	20	50
Koupelny	24	Nespecifikováno, orientačně 80
Předsíně, chodby	15	50
Sklepní prostory	10	50
Předsazené schodiště	5	80

Tab. 6 Teploty a relativní vlhkosti místností (13)

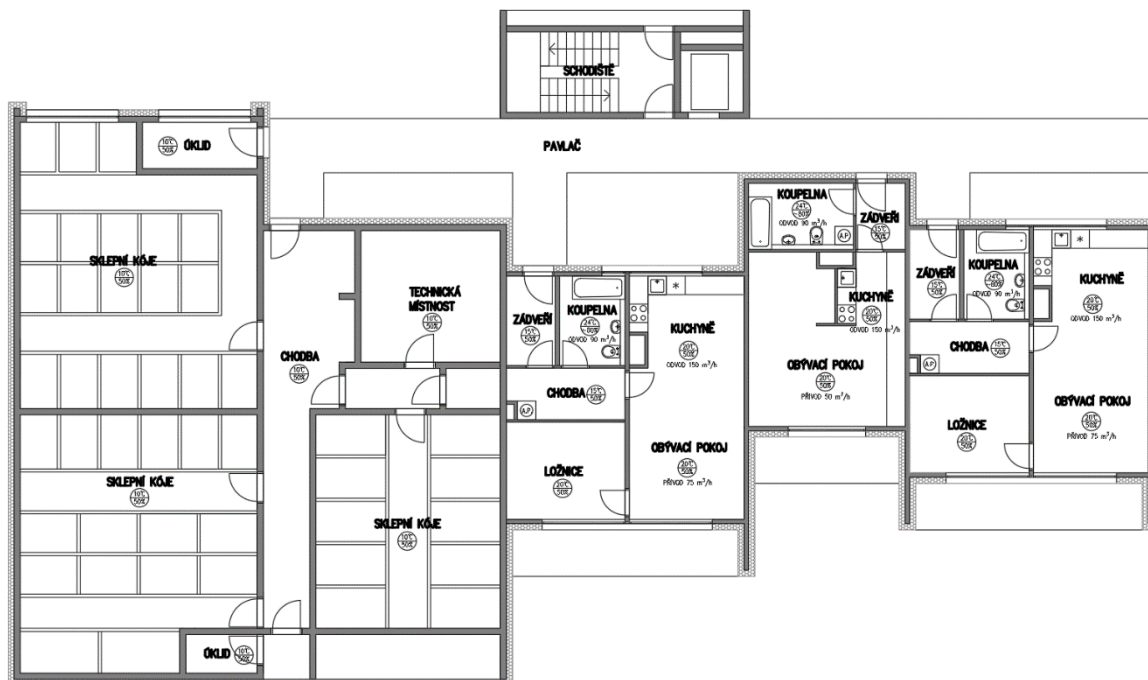
Norma/vyhláška	V době užívání		Mimo užívání
	Množství vzduchu	Intenzita větrání	Intenzita větrání
Vyhláška 268/2009 Sb.	25 m ³ /h na osobu	0,5 h ⁻¹	-
ČSN EN 15 665/Z1	min. 15 m ³ /h na osobu	min. 0,3 h ⁻¹	0,1 h ⁻¹
	doporučeno 25 m ³ /h na osobu	doporuč. 0,5-0,7 h ⁻¹	
ČSN 73 0540-2	min. 15 m ³ /h na osobu	0,3-0,6 h ⁻¹	0,1 h ⁻¹
	resp. 25 m ³ /h na osobu		

Tab. 7 Množství větracího vzduchu pro obytné místnosti – porovnání předpisů (14)

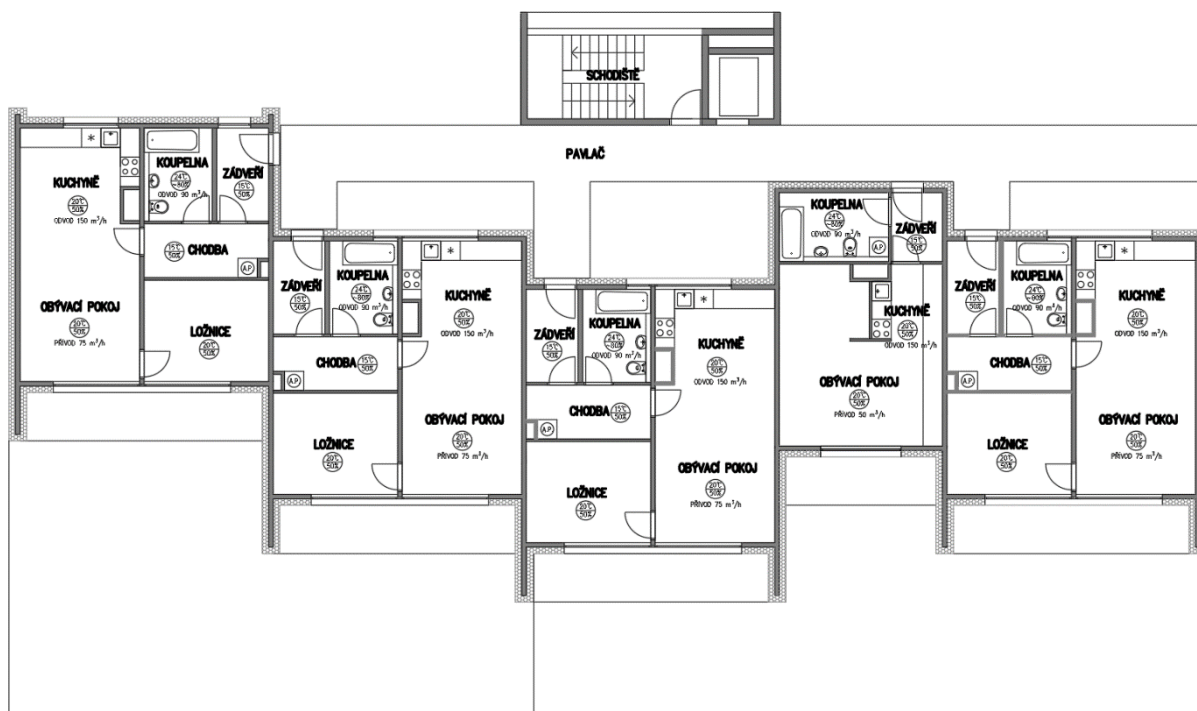
Norma/vyhláška	Kuchyně	Koupelny	WC
Vyhláška 268/2009 Sb.	-	30 m ³ /h na umyvadlo	50 m ³ /h na WC mísu
		35-110 m ³ /h na sprchu	25 m ³ /h na pisoár
ČSN EN 15 665/Z1	minimum 100 m ³ /h	minimum 50 m ³ /h	minimum 25 m ³ /h
	doporučeno 150 m ³ /h	doporučeno 90 m ³ /h	doporučeno 50 m ³ /h
ČSN 74 7110	100 m ³ /h	75 m ³ /h	25 m ³ /h

Tab. 8 Množství odváděného vzduchu pro kuchyně, koupelny a WC – porovnání předpisů (14)

Požadavky všech platných předpisů se víceméně shodují. Větrání bude zajištěno buďto malou vzduchotechnickou jednotkou v obytné místnosti, či centrální jednotkou umístěnou na střeše. Minimální množství větracího vzduchu ve větších bytech je předběžně navrženo na 3 osoby (75 m³/h), v malých bytech na 2 osoby (50 m³/h). Požadavky byly zakresleny do dvou půdorysných schémat, viz níže. Koupelny jsou předběžně navrženy na odtah 90 m³/h, kuchyně na 150 m³/h. Podrobný návrh bude řešen v projekční části.



Obr. 18 Požadavky na vnitřní prostředí - 1.NP



Obr. 19 Požadavky na vnitřní prostředí - 2.-4.NP

2.2.7 Letní stabilita

Nejvyšší teplota vzduchu, která nesmí být překročena v obytných místnostech je 27°C bez použití strojního chlazení dle ČSN 73 0540-2 (7). Studie neuvažuje vnější žaluzie, pouze stínící prvky, které jsou z dřevěných lamel. Ty však pravděpodobně stačit nebudou, vzhledem k velké ploše oken na jižní straně. Hodnocení letní stability bude podrobně rozpracováno až v projekční části v souladu

s normou. Simulace nejvíce exponovaných místností (což jsou všechny obytné místnosti, které jsou orientované na jih) proběhne v programu Simulace.

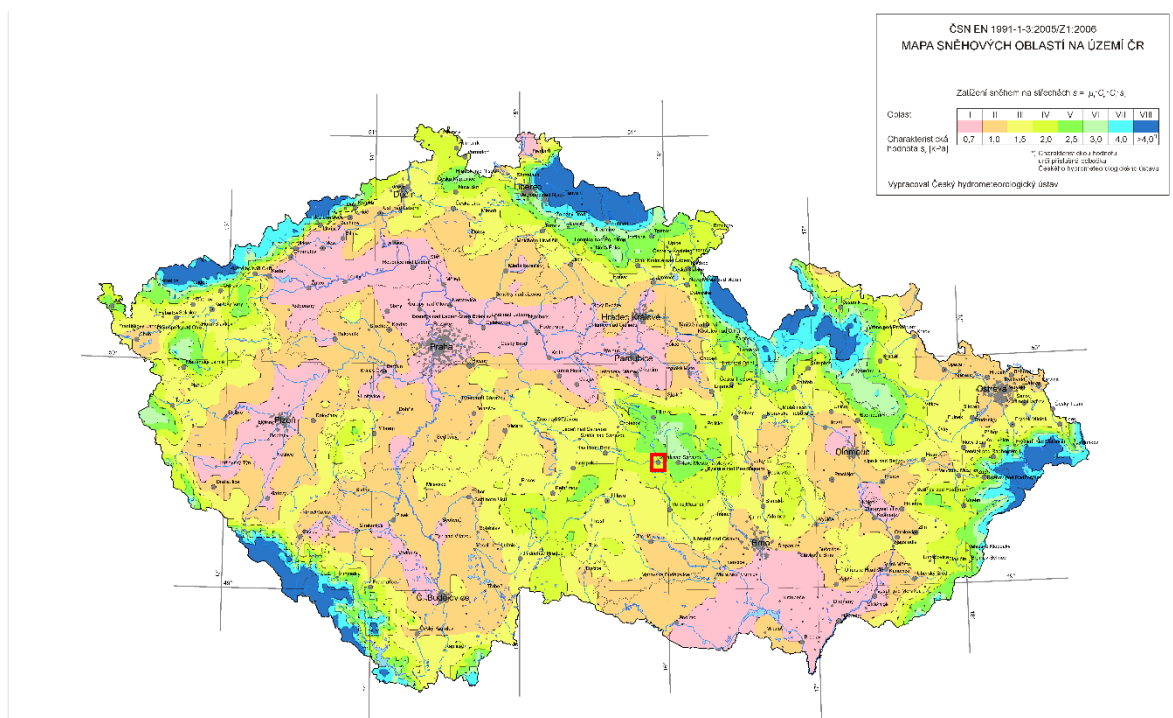
2.2.8 Statické požadavky

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí stanovuje proměnné zatížení pro obytné budovy viz Tab. 9. Doporučené hodnoty jsou podtržené. S těmito hodnotami bude uvažováno při návrhu schodiště a stropních konstrukcí.

Kategorie	Stanovené použití	Kategorie užité plochy	qk (kN/m ²)	Qk (kN)
A	Plochy pro domácí a obytné činnosti	Stropy	1,5- <u>2</u>	<u>2</u> -3
		Schodiště	<u>2</u> -4	<u>2</u> -4
		Balkóny	<u>2,5</u> -4	<u>2</u> -3

Tab. 9 Charakteristické zatížení dle Eurokódu 1 (15)

Dle sněhové mapy ČSN EN 1991-1-3 oblast navržené budovy spadá do IV. sněhové oblasti (viz Obr. 20). Charakteristické zatížení sněhem je 2 kN/m². S touto hodnotou bude uvažováno ve statickém návrhu střešní konstrukce.



Obr. 20 Mapa sněhových oblastí ČR s vyznačeným Žďárem nad Sázavou

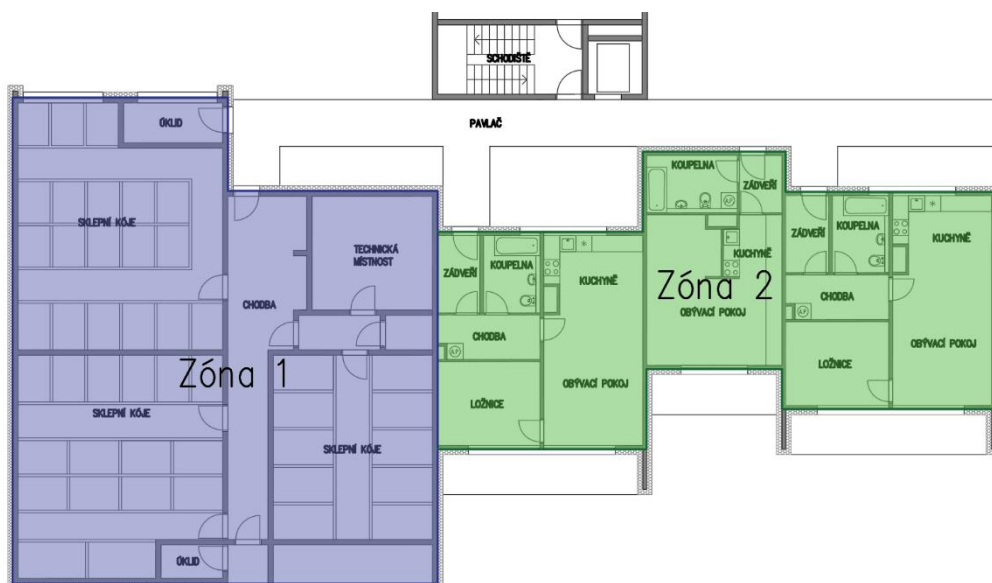
3. Energetická koncepce

3.1. Obecné předpoklady koncepce

Při návrhu energetické koncepce (potřeba tepla na vytápění a ohřev vody, součinitel prostupu tepla, návrh výplní otvorů, zdroje tepla a způsob vytápění) bude cíleno na dosažení energeticky pasivní budovy. Veškeré požadavky byly vypsány v kap. 2.1. Energetické požadavky.

3.2 Zónování

Při vytváření energetického modelu je nutné rozdělit objekt do zón. Každá zóna má rozdílné parametry užívání a požadavky na vnitřní prostředí. Zóna 1 je temperované zázemí objektu (technická místnost, sklepní kóje aj.), a zóna 2 jsou byty. Únikové schodiště se nevytápí.



Obr. 21 Zónování 1.NP



Obr. 22 Zónování 2.-4.NP

3.3 Zdroje tepla

Výběr vhodného zdroje tepla je jedna z nejdůležitějších částí při návrhu budovy. Zdroj tepla zajišťuje ohřev teplé užitkové vody a zároveň vytápí objekt. Vzhledem ke snižování energetické i ekologické náročnosti je vhodné, aby takovýto zdroj měl co nejnižší spotřebu primární energie, či aby energii z neobnovitelných zdrojů maximálně využil (např. kondenzační kotel na plyn). Zdroj tepla má samozřejmě své stavební nároky – potřebuje vlastní technickou místnost.

3.3.1 Kondenzační kotel na plyn

Kotel na plyn se řadí mezi klasické zdroje tepla. Kondenzační kotel využívá mimo spalování plynu kondenzaci vodní páry obsažené ve spalínách a dosahuje účinnosti přes 100% (nově se účinnost vyjadřuje pomocí spalného tepla, ne pomocí výhřevnosti, což účinnost sráží pod 100%) (16). Stavební požadavky na plynový kotel jsou především v přívodu čerstvého vzduchu, odvodu spalín (tj. komín, či kouřovod), odvodu kondenzátu, přívodu plynovodu. Nutná je pravidelná údržba a revize. Investiční náklady jsou nízké, jedná se tedy o poměrně vhodný zdroj tepla, avšak je nutné brát v potaz momentální nejistotu ohledně ceny plynu v budoucnosti.

3.3.2 Tepelné čerpadlo země – voda

Tepelné čerpadlo (jakékoliv) se v dnešní době považuje za nejlepší alternativu při návrhu pasivních budov, jelikož pro svůj provoz potřebují pouze elektřinu a energii okolního prostředí, přičemž do ovzduší nevyučují žádné škodlivé emise. Tepelné čerpadlo země voda odebírá nízkopotenciální teplo z půdy pomocí plošných kolektorů, či hlubinných vrtů a předává jej otopné vodě, která má nižší teplotní spád. Oproti čerpadlu vzduch voda má stabilní výkon nezávislý na okolním prostředí. TČ země voda se hodí zejména na plošné vytápění (stropní, stěnové či podlahové) a i na přípravu teplé vody. V případě otopných těles je vhodné připojit další (bivalentní) zdroj tepla např. elektrokotel, přičemž jeho podíl by neměl přesáhnout 25%. U moderních invertorových čerpadel se s bivalencí neuvažuje, případně se nainstaluje, ale slouží jako záložní (nouzový) zdroj (17). Investiční náklady bývají vysoké, zejména u hlubinných vrtů, avšak provoz je málo nákladný a skoro bezúdržbový (18). Jedná se tedy o velmi vhodný zdroj tepla.

3.3.3 Dálkové vytápění

Ve Žďáru nad Sázavou je možnost nechat napojit objekt na dálkovou distribuci tepla (19). Do objektu se teplo dopravuje buďto horkovodem či parovodem. Připojení může být tlakově závislé či nezávislé přes výměník tepelné energie, který je umístěn v technické místnosti objektu. Z výměníku jde jeden okruh do otopné soustavy a druhý do okruhu teplé vody (20). Investiční náklady jsou relativně nízké. Jedná se o zajímavou alternativu ve výběru zdroje tepla, avšak je také nutné brát v potaz možný růst ceny tepla v budoucnu.

3.3.4 Podpůrné FV panely

Návrh fotovoltaických panelů snižuje celkovou energetickou náročnost v ročním přehledu potřeby energie. Přebytky budou posílány do sítě. Plocha střechy je 285,25 m² a střecha schodišťového jádra je 28,18 m².

3.4. Model pro zjištění předběžné energetické náročnosti

Pro zjištění optimálního způsobu vytápění byl vytvořen zjednodušený model pro stanovení spotřeby primární energie v programu Energie 2023. Dále byla zjištěna měrná potřeba tepla na vytápění a průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy (U_{em}). Skladby pro tuto část nebyly určeny, pouze přibližné hodnoty součinitele prostupu tepla (U) jednotlivých konstrukcí, které budou v projekční části stanoveny detailně. Fotovoltaické panely jsou uvažovány předběžně na 100 m² plochy zelené střechy s orientací na jih, sklonem 35° a účinností 20%, větrání je zajištěno centrální VZT jednotkou umístěnou na střeše.

Zóna	Popis zóny	Objem vytápěné zóny (m ³)	Energeticky vztahná plocha (m ²)	Podlahová plocha (m ²)	Návrhová vnitřní teplota (°C)
1	Tech. místnosti, sklepní kóje	858,34	272,49	222,45	10
2	Byty	3645,81	1152,27	958,82	20

Tab. 10 Zóny objektu

3.5. Vyhodnocení

Po provedení hodinového kroku bylo zjištěno, že měrná potřeba tepla na vytápění je 21 kWh/m²*a, což je více, než stanovená hodnota pro pasivní domy (15 kWh/m²*a). Průměrný součinitel tepla sice splňuje požadavky (0,28 W/m²*K), ale je velmi blízko limitní hranici 0,30 W/m²*K. To může souviset s velkou plochou prosklených ploch (velká francouzská okna orientovaná na jih každého bytu) a velkou plochou ochlazovaných stěn.

Co se optimálního zdroje tepla týče, přehledně nejlépe vychází tepelné čerpadlo vzhledem k nejnižší spotřebě primární energie (26 kWh/m²*a). Ostatní zdroje mají vyšší spotřebu primární energie, viz následující tabulka:

Zdroj tepla	Průměrný součinitel prostupu tepla (W/m ² K)	Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m ² a)	Potřeba primární energie (kWh/m ² a)	Splnění požadavků vyhlášky 264/2020 Sb.	Splnění požadavků na pasivní dům
Plynový kotel	0,29	21	34	Ano	Ne
Tepelné čerpadlo země-voda	0,29	21	26	Ano	Ne
Dálkové vytápění	0,29	21	40	Ano	Ne

Tab. 11 Srovnání zdrojů tepla

Pro vytápění je tedy zvoleno tepelné čerpadlo jakožto nejvýhodnější zdroj, co se provozu a potřeby primární energie týče. Fotovoltaické panely (typ, počet, plocha a účinnost) budou podrobně navrženy v projekční části D1.4.

4. Konstruktivní řešení

Bytový dům je navržen v rámci studie jako dřevostavba. Není specifikován nosný systém a zateplení. V následujících kapitolách budou popsány varianty konstrukčních systémů se zateplením, budou popsány výhody a nevýhody jednotlivých variant, včetně schémat a na konci bude vybrána nejvhodnější varianta.

4.1. Stěnový systém s CLT

Stěnový systém se skládá z prefabrikovaných velkoplošných dílců, tzv. CLT panelů (angl. Cross Laminated Timber). Panely jsou vyrobeny z masivního vysušeného řeziva a skládají se z několika příčně lepených vrstev (otočeny o 90°). Dílce jsou ekologické, přesné, rozměrově stálé a vzduchotěsné. Uplatňují se jako vnější stěny, vnitřní nosné i nenosné stěny, stropy a střechy (spolu s krytinou) novostaveb rodinných či bytových domů, hodí se na rekonstrukce či přístavby nebo vestavby. Jako izolace se používají běžné zateplovací systémy jako je polystyren, minerální vata či dřevovláknité desky (21) (22).

Stěnový systém z CLT aplikovaný na tento objekt je příčného charakteru. Největší rozpětí stropních a střešních panelů jsou 4 m, konstrukční výška je dle předběžného PBR 3 m. V malém bytě (osy G–H) jsou přidány trámy pro zmenšení rozpětí. Sloupy a trámy pavlačí jsou z lepeného lamelového dřeva, stropní desky jsou železobetonové.

Sklepní prostory jsou z monolitického železobetonu. Do těchto prostorů jsou přidány sloupy (předběžně 200x200) a trámy pro zmenšení rozpětí stropních desek. Schodišťové jádro, sloupy a průvlaky jsou také z monolitického železobetonu, případně lze nahradit monolitické stěny za stěny z prolévaných betonových tvárnic.

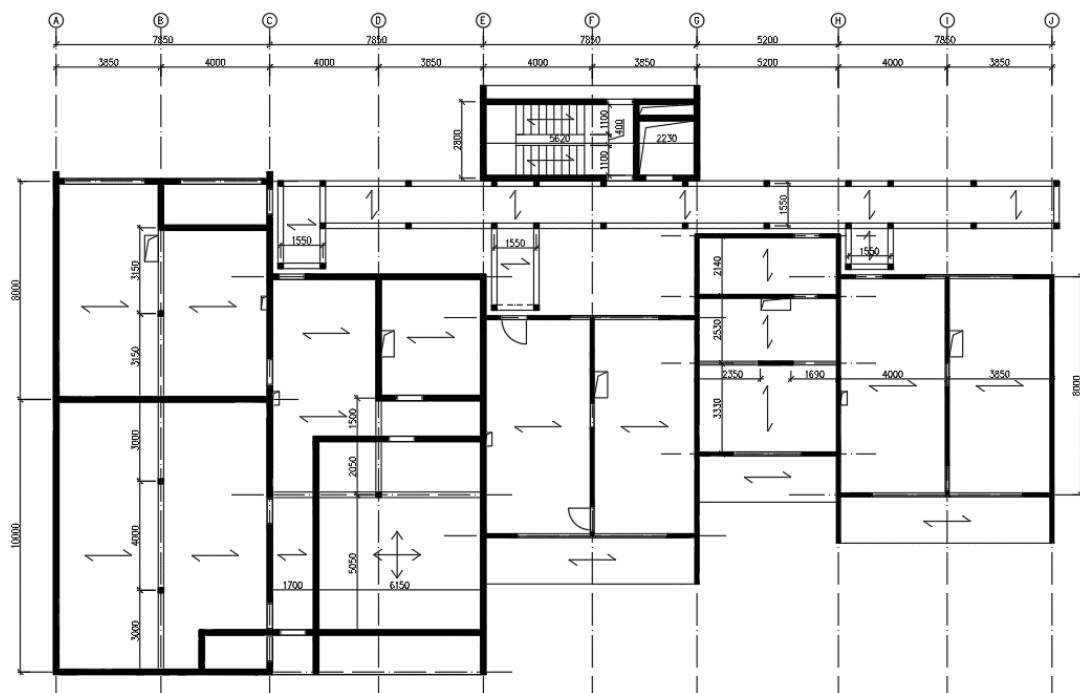
Po zhotovení výstavby panelů proběhne zateplení deskami z minerálních desek a desek z extrudovaného polystyrenu v oblasti soklu a zapuštění.

Výhody CLT systému:

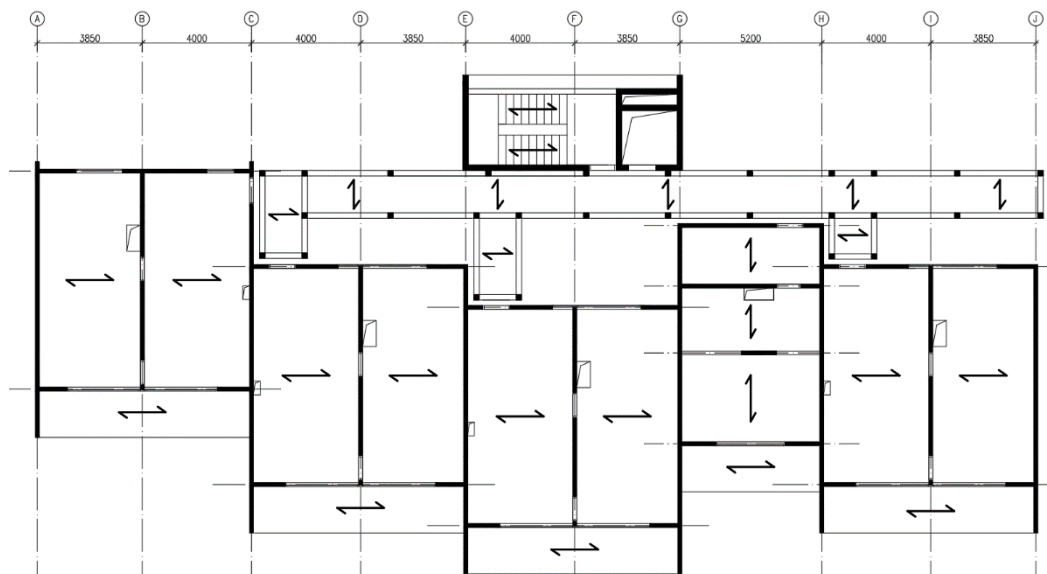
+ prostorová tuhost objektu, větší odolnost proti požáru, snadná montáž, lepší akustické vlastnosti.

Nevýhody CLT systému:

– větší spotřeba materiálu oproti skeletu, nemožnost změny dispozice, vyšší cena.



Obr. 23 CLT systém - 1.NP – předběžné konstrukční schéma



Obr. 24 CLT systém - 2.-4.NP – předběžné konstrukční schéma

4.2 Těžký skelet

Těžký dřevěný skelet spočívá v aplikaci především tyčových prvků z lepeného dřeva, které jsou spojovány ocelovými svorníky a styčníky. Nosnou konstrukci tvoří sloupy v pravidelném rastru spojené vodorovnými průvlaky v obou směrech. Vodorovné ztužení je zajištěno zejména stropy, svislé obvodovým pláštěm a jádry. Obvodový plášť je montován vně nosné konstrukce (tj. nosná konstrukce je příznaná) (22). Vzhledem k požadavkům PBŘ nelze mít nosné konstrukce příznané, je nutné je mít opláštěné, aby spadaly do třídy DP2.

Nosné konstrukce tedy tvoří dřevěné sloupy (předběžně 250x250 mm) a průvlaky z lepeného lamelového dřeva. Strop je dřevěný trémový opláštěný zespoda (pro zařazení do třídy DP2). Sloupy a trámy pavlačí jsou z lepeného lamelového dřeva, stropní deska je železobetonová. Ztužidla jsou ocelová, jejich rozmístění bude případně upřesněno v D1.2.

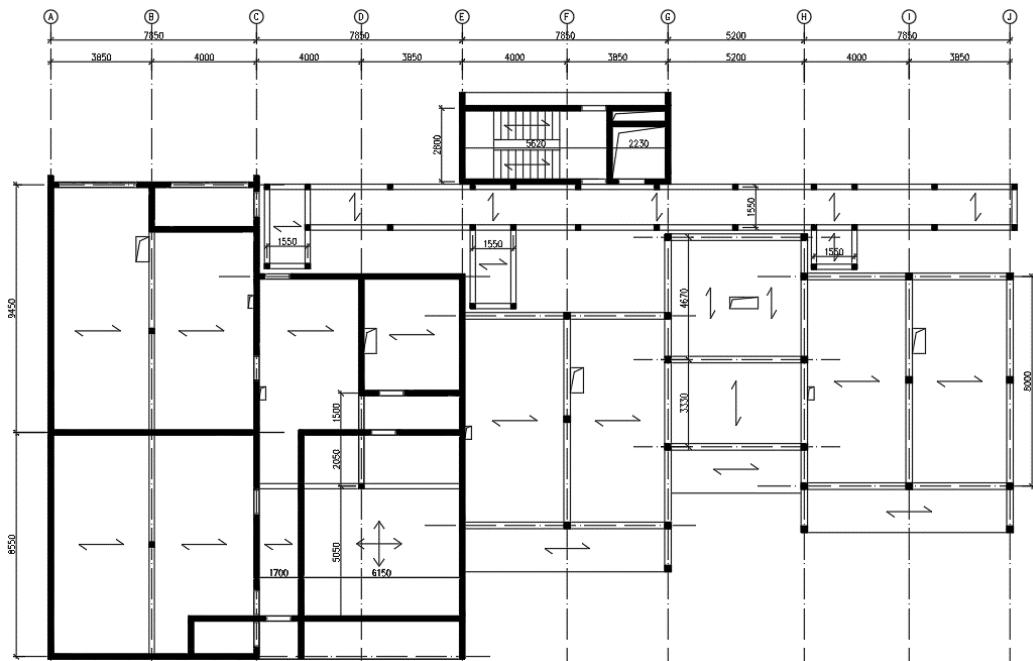
Sklepní prostory a schodišťové jádro jsou stejně jako v 1. variantě ze železobetonu, případně lze monolitický železobeton nahradit betonovými prolévanými tvárnici.

Výhody:

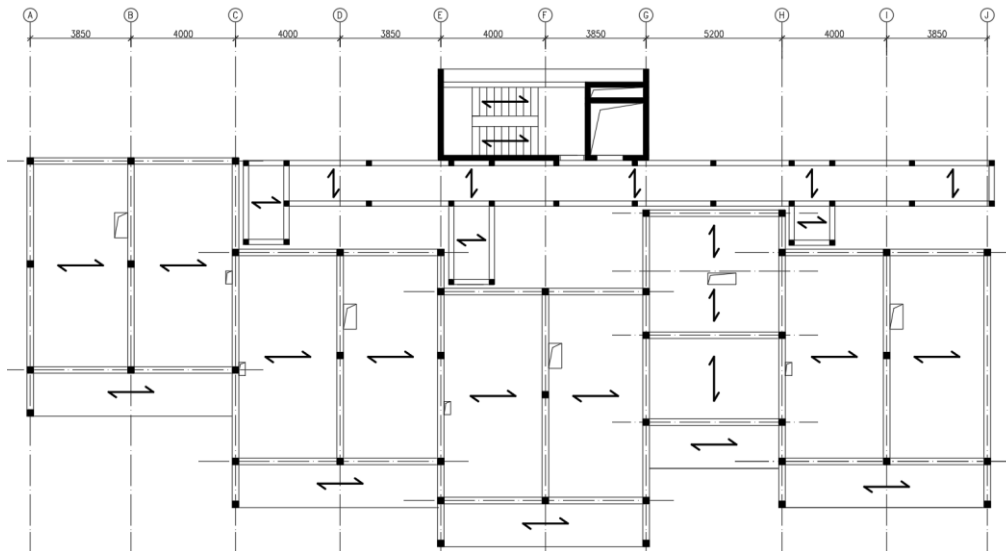
+ variabilita dispozice, levnější

Nevýhody:

- nutné prostorové ztužení, tepelné mosty přesazených konstrukcí



Obr. 25 Těžký skelet - 1.NP – předběžné konstrukční schéma



Obr. 26 Těžký skelet 2.-4.NP – předběžné konstrukční schéma

4.3 Závěr

Vzhledem k dispozici architektonické studie a faktu, že se jedná o bytový dům, kde není požadavek na volnou dispozici, veškerá pozitiva CLT systému převažují nad negativy tohoto systému, či nad výhodami těžkého skeletu. Proto byl zvolen CLT stěnový systém pro tento objekt.

5. Změny v architektonické studii

Během zpracovávání analytické části byly provedeny změny a doplnění v architektonické studii pro projekční část. Jedná se o:

- Změnu konstrukční výšky z 3,1 m na 3,0 m z důvodů snížení požární výšky a stupňů požární bezpečnosti pro reálný návrh konstrukcí;
- Chybějící okno v koupelně malého bytu (osa G-H) a velkého bytu na ose A-C ve 2.-4.NP. Okno bude přidáno v projekční části z důvodu přívodu denního světla a možnosti větrání;
- Změna velikosti okna v kuchyni velkých bytů, případná úprava výšky parapetu a nadpraží z důvodů odstupových vzdáleností a příp. nemožností umístění horních skříněk;
- Úprava konstrukčního schématu pro 1.NP, část sklepních prostorů – zde bude potřeba snížení výšky stropu nad zelenou střechou pro zachování rovinnosti podlahy bytů, lodžii a zelené střechy;
- Úprava dispozice sklepních kójí z důvodu změny konstrukčního schématu a umístění nosných prvků. Počet kójí nebude snižován;
- Úprava stínění – pro vyhovění na letní přehřívání budou stínící prvky na fasádě upraveny (redukovány) a přidány efektivnější vnější žaluzie;
- Odstranění dřevěných latí na severní fasádě pro eliminaci požárně otevřené plochy fasády.

Citovaná literatura, vyhlášky a normy

1. mapy.cz. [Online] Seznam.cz, a.s. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4077724&y=50.2236014&z=13&source=base&id=1923771&ds=1>.
2. Budovy s téměř nulovou spotřebou energie. *TZB-Info*. [Online] Topinfo s.r.o. [Citace: 29. Zář 2023.] <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>.
3. Zákon č. 406/2000 Sb. *o hospodaření energií*.
4. Vyhláška č. 264/2020 Sb. *Vyhláška o energetické náročnosti budov*.
5. Energetická náročnost budov - definice pojmů. *TZB-Info*. [Online] Topinfo s.r.o. [Citace: 30. Zář 2023.] <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>.
6. TNI 73 0330. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy*. Praha : ÚNMZ, 2010.
7. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha : ÚNMZ, Říjen 2011.
8. Vyhláška č. 268/2009 Sb. *o technických požadavcích na stavby*.
9. ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. Praha : ÚNMZ, Zář 2029.
10. ČSN 73 0833. *Požární bezpečnost staveb - Budovy pro bydlení a ubytování*. Praha : ÚNMZ, Zář 2010.
11. Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. *TZB-info*. [Online] Topinfo s.r.o. [Citace: 13. Zář 2023.] <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>.
12. VELUX Česká republika, s.r.o. Posouzení denního osvětlení místnosti. *TZB-info*. [Online] Topinfo s.r.o., 10. Červenec 2013. [Citace: 10. Říjen 2023.] <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/10129-posouzeni-denniho-osvetleni-mistnosti>.
13. ČSN 73 0540-3. *Návrhové hodnoty veličin*. Praha : Český normalizační institut, Listopad 2005.
14. Ing. Hana Kabrhelová, Ph.D. Požadavky na větrání obytných staveb k 1. 1. 2023. *TZB-info*. [Online] Topinfo s.r.o., 30. Leden 2023. [Citace: 10. Říjen 2023.] <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/24888-pozadavky-na-vetrani-obytnych-staveb-k-1-1-2023>.
15. ČSN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Březen : Český Normalizační Institut, 2004.
16. Jak funguje plynový kondenzační kotel. *Chcikotel.cz*. [Online] Viessmann, spol. s r.o. [Citace: 15. Říjen 2023.] <https://www.chcikotel.cz/blog/jak-funguje-plynovy-kondenzacni-kotel/>.

17. Vše, co potřebujete vědět o tepelných čerpadlech typu země-voda. *MasterTherm*. [Online] MasterTherm. [Citace: 17. Říjen 2023.] <https://mastertherm.cz/vse-co-potrebuje-vedet-o-tepelnych-cerpadlech-typu-zeme-voda/>.
18. Tepelné čerpadlo země/voda – ekologický zdroj tepla. *Viessmann*. [Online] Viessmann, spol s.r.o. [Citace: 15. Říjen 2023.] <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/tepelna-cerpadla/tepelne-cerpadlo-zeme-voda.html#2>.
19. Dodáme vám teplo. *satt.cz*. [Online] SATT. [Citace: 15. Říjen 2023.] <https://www.satt.cz/teplo>.
20. Teplárny zajišťují vytápění milionům domácností na dálku. Jak to funguje? *Estav.cz*. [Online] Topinfo s.r.o. [Citace: 15. Říjen 2023.] https://www.estav.cz/cz/9507.teplarny-zajistuji-vytapeni-milionum-domacnosti-jak-to-funguje?page=id%2C9507&survey=anketa.9507&vote=4#anketa-anketa_9507.
21. CLT PANELY. *JAF HOLZ*. [Online] JAF HOLZ. [Citace: 10. Září 2023.] <https://www.jafholz.cz/shop/materialy-pro-drevostavby/clt-panely~c14611667>.
22. Kristová Markéta. Co je dřevostavba a jaké jsou její druhy. *DřevoStavby*. [Online] PRO VOBIS, s.r.o., 19. Duben 2021. [Citace: 10. Září 2023.] <https://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy/5339-jakou-drevostavbu-6-zakladnich-konstrukci-drevostaveb#z-vrstveneho-masivniho-dreva>.

Seznam obrázků

Obr. 1 Umístění objektů ve Žďáru nad Sázavou (1)	9
Obr. 2 Architektonická situace	9
Obr. 3 1.NP objektu B a C	10
Obr. 4 1.NP objektu A, 2.NP objektů B a C	10
Obr. 5 Řez domem B	11
Obr. 6 Vizualizace bytových domů po dokončení 1. etapy – průčelí (objekt B vlevo, A vpravo).....	11
Obr. 7 Vizualizace bytových domů po dokončení 1. etapy – zadní strana (objekt A vlevo, B vpravo)	12
Obr. 8 Vzor PENB (4)	14
Obr. 9 Požární úseky 1.NP	19
Obr. 10 Požární úseky 2.NP	19
Obr. 11 Požární úseky 3.NP, popř. 4.NP	20
Obr. 12 Součinitel prostupu tepla konstrukcí 1.NP	22
Obr. 13 Součinitel prostupu tepla konstrukcí 2.-4.NP	23
Obr. 14 Součinitel prostupu tepla konstrukcí v řezu	23
Obr. 15 Akustické požadavky na konstrukce 1.NP	25
Obr. 16 Akustické požadavky na konstrukce 2.-4.NP	25
Obr. 17 Akustické požadavky na konstrukce v řezu	26
Obr. 18 Požadavky na vnitřní prostředí - 1.NP	28
Obr. 19 Požadavky na vnitřní prostředí - 2.-4.NP	28
Obr. 20 Mapa sněhových oblastí ČR s vyznačeným Žďárem nad Sázavou	29
Obr. 21 Zónování 1.NP	30
Obr. 22 Zónování 2.-4.NP	30
Obr. 23 CLT systém - 1.NP – předběžné konstrukční schéma	34
Obr. 24 CLT systém - 2.-4.NP – předběžné konstrukční schéma	34
Obr. 25 Těžký skelet - 1.NP – předběžné konstrukční schéma	35
Obr. 26 Těžký skelet 2.-4.NP – předběžné konstrukční schéma	36

Seznam tabulek

Tab. 1 Stanovení SPB	20
Tab. 2 Součinitelé prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 (7) (11)	21
Tab. 3 Základní vlastnosti pasivních budov (7)	22
Tab. 4 Akustické požadavky na obytné budovy dle ČSN 73 0532	24
Tab. 5 Poměr prosklených ploch k ploše obytných místností	26
Tab. 6 Teploty a relativní vlhkosti místností (13)	27

Tab. 7 Množství větracího vzduchu pro obytné místnosti – porovnání předpisů (14).....	27
Tab. 8 Množství odváděného vzduchu pro kuchyně, koupelny a WC – porovnání předpisů (14).....	27
Tab. 9 Charakteristické zatížení dle Eurokódu 1 (15).....	29
Tab. 10 Zóny objektu	32
Tab. 11 Srovnání zdrojů tepla	32

Použitý software

Autodesk AutoCAD 2019

Energie 2023

Teplo 2017

Simulace 2010

MS Office