

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra konstrukcí pozemních staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE
Návrh energeticky efektivní mateřské školy**

Bc. Jakub Wright

2023

Vedoucí diplomové práce: Ing. Kamil Staněk, PhD.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

Bc. Jakub Wright

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing Kamilu Staňkovi PhD. za jeho odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D., Ing. Lukášovi Velebilovi, Ph.D. a Ing. arch. Petru Hejtmánkovi, Ph.D. za ochotu a poskytnutí konzultací.

Anotace

Diplomová práce se zaměřuje na analýzu a návrh energeticky efektivní mateřské školy. Práce je rozdělena do dvou částí – analytická a koncepční část a projekční část.

V analytické a koncepční části práce je provedena rešerše současných požadavků na energetickou náročnost budov, hodnotících kritérií a metod. Dále je proveden rozbor zadání a technických požadavků na budovu a její konstrukce, zahrnující požární bezpečnost, vnitřní prostředí, stavební akustiku a stavební tepelnou techniku. Součástí je také návrh energetické koncepce pro dosažení úrovně energeticky nulové budovy, včetně volby zdrojů a distribučních prvků. Na závěr je navržen konstrukční systém na bázi dřeva ve dvou variantách.

V projekční části práce je zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení, zahrnující průvodní zprávu, koordinační situaci, architektonicko-stavební řešení, stavebně-konstrukční řešení, požárně bezpečnostní řešení, techniku prostředí staveb a návrh zdrojů energie a distribuce. Součástí je také podrobný návrh skladeb konstrukcí a stavebních detailů. Nakonec je provedeno vyhodnocení energetické náročnosti budovy.

Klíčová slova:

energeticky efektivní budova, mateřská škola, konstrukční systém na bázi dřeva, projektová dokumentace

Annotation

This master's thesis focuses on the analysis and design of an energy-efficient kindergarten. The thesis is divided into two parts: the analytical and conceptual part, and the design part.

In the analytical and conceptual part, a research is conducted on the current requirements for the energy performance of buildings, evaluation criteria, and methods. Furthermore, an analysis is carried out on the assignment and technical requirements for the building and its construction, including fire safety, indoor environment, building acoustics, and building thermal engineering. The thesis also includes the proposal of an energy concept to achieve the level of an energy-neutral building, including the selection of energy sources and distribution elements. Finally, a timber-based structural system is designed in two variants.

In the design part, project documentation is created to the extent suitable for obtaining a building permit. The documentation includes an introductory report, coordination plan, architectural and construction solutions, fire safety solutions, environmental technology of buildings, including the proposal of heat and cold sources, as well as the preliminary design of the HVAC system (units, routing, dimensions). Additionally, the internal water supply and sewage system layout, rainwater management, detailed compositions of all structures, and selected construction details are provided. Lastly, the energy performance of the building is evaluated.

Keywords:

energy-efficient building, kindergarten, timber-based structural system, project documentation.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra konstrukcí pozemních staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE
Návrh energeticky efektivní mateřské školy**

ANALYTICKÁ A KONCEPČNÍ ČÁST

Bc. Jakub Wright

2023

Obsah

1. REŠERŠE SOUČASNÝCH POŽADAVKŮ NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOV.	2
1.1 Úvod	2
1.2 Legislativní souvislosti	2
1.3 Shrnutí metod hodnocení energetické náročnosti budov	3
1.4 Shrnutí energetických standardů budov	4
1.5 Požadavky na energetickou náročnost budov (dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.)	7
1.6 Metoda hodnocení energetické náročnosti budov (dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.)	8
1.7 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)	11
2. ROZBOR ZADÁNÍ A TECHNICKÝCH POŽADAVKŮ NA BUDOVU A JEJÍ KONSTRUKCE	12
2.1 Zadaná architektonická studie	12
2.2 Analýza prostorových a obecných technických požadavků	13
2.3 Analýza požární bezpečnosti budov	14
2.4 Stavební akustika	20
2.5 Vnitřní prostředí	22
2.6 Denní osvětlení	25
2.7 Stavební tepelná technika	27
3. NÁVRH ENERGETICKÉ KONCEPCE	31
3.1 Požadavky na energetickou koncepci	31
3.2 Úvodní zamyšlení k energetické koncepci	31
3.3 Energetický model budovy	32
3.4 Rozdělení objektu na zóny	32
3.5 Analýza možností technických systémů	34
3.6 Návrh variant energetické koncepce	39
3.7 Vyhodnocení variant	40
3.8 Závěr	41
4. NÁVRH KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU NA BÁZI DŘEVA	42
4.1 Popis varianty 1 – Dřevěný skelet	42
4.2 Popis varianty 2 – Stěnový systém z CLT panelů	42
4.3 Závěr	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
SEZNAM OBRÁZKŮ	48

1. REŠERŠE SOUČASNÝCH POŽADAVKŮ NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOV

1.1 Úvod

Energetická náročnost budov se v dnešní době stala zásadní problematikou, kterou se snažíme aktivně řešit. Tento problém nás motivuje nejen z ekologického hlediska, ale také v souvislosti s globálním oteplováním, které představuje závažný výzvu pro naši planetu. Je třeba si uvědomit, že energetická náročnost budov není pouze izolovaným problémem, ale složitým systémem vzájemně propojených faktorů.

V rámci celkové energetické náročnosti společnosti mají budovy zásadní podíl. Podle některých odhadů představuje energetická náročnost budov až 40 % z celkové spotřeby [1]. Snížení energetické náročnosti budov tak může přispět k celkovému snížení spotřeby energie a emisí skleníkových plynů.

Následující kapitola bude zaměřena na řešení současných požadavků na energetickou náročnost budov. Nejprve budou představeny legislativní souvislosti, které ovlivňují energetické hodnocení budov. Dále budou popsány různé metody pro hodnocení energetické náročnosti a různé standardy budov. Ve zbytku kapitoly budou poté podrobně rozebrány požadavky a postup hodnocení stanovené vyhláškou 264/2020 Sb.

1.2 Legislativní souvislosti

Evropský pohled

Klíčovým standardem, který se zaměřuje na regulaci energetické účinnosti budov, je evropská směrnice o energetické náročnosti budov, známá jako EPBD III (třetí přepracování). Tato směrnice byla poprvé představena v roce 2002 a od 3.5.2018 je účinná ve své nejnovější verzi.

Hlavním cílem směrnice EPBD III je podpora výstavby budov s vyšší energetickou účinností za účelem snížení spotřeby energie a emisí oxidu uhličitého. Zároveň definuje pojem tzv. *budovy s téměř nulovou spotřebou energie* (NZEB = near zero energy building), kterou definuje jako budovu jejíž energetická náročnost je velmi nízká a její spotřeba by měla být z velké části pokryta obnovitelnými zdroji. Směrnice EPBD III dává specifické požadavky, ale zároveň přiznává flexibilitu jednotlivým členským zemím, které mají možnost přizpůsobit si požadavky konkrétním podmínkám [2].

V budoucnu je očekáván další rozvoj směrnice, který bude představen v rámci EPBD IV. Plán EU je se do roku 2030 snížit emise o 55 % a do roku 2050 se stát prvním kontinentem, který dosáhne klimatické neutrality [3], a směrnice EPBD v tomto hraje klíčovou roli.

Český pohled

V České republice jsou požadavky evropské směrnice na energetickou náročnost budov implementovány v zákoně č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií [6]. Tento zákon upravuje hospodaření s energií v celém průmyslu a ustanovuje základní principy energetické efektivity.

Dále definuje také povinnosti týkající se energetického auditu, energetického posudku, energetického štítku a dalších.

Konkrétní technické parametry a požadavky jsou následně stanoveny v prováděcích vyhláškách, nejaktuálnější je vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov [7]. Tato vyhláška stanovuje konkrétní metody výpočtu a hodnocení energetické náročnosti, minimální požadavky na tepelnou ochranu budov, výměnu vzduchu, využití obnovitelných zdrojů a další aspekty (detailní popis bude uveden v dalších kapitolách). Vyhláška je závazná pro všechny nové i rekonstruované budovy, s výjimkou určitých specifických případů.

1.3 Shrnutí metod hodnocení energetické náročnosti budov

Existuje několik různých metod a nástrojů, které slouží k hodnocení energetické náročnosti budov. V této kapitole budou představeny vybrané metody hodnocení. Každá z metod se zaměřuje na určité aspekty a poskytuje specifická kritéria pro měření a hodnocení energetické náročnosti.

Metoda výpočtu dle platné legislativy (vyhláška 264/2020 Sb.)

Tato metoda je založena na přesných technických parametrech a požadavcích definovaných v legislativě, konkrétně ve vyhlášce 264/2020 Sb. Slouží k výpočtu energetické náročnosti budov a stanovuje minimální požadavky na tepelnou ochranu, výměnu vzduchu, využití obnovitelných zdrojů a další aspekty. Tato metoda bude podrobně popsána v dalších kapitolách, kde budou vysvětleny požadavky a jednotlivé kroky vyhlášky 264/2020 Sb.

Passivhaus Planning Package (PHPP)

Passivhaus Planning Package (PHPP) je výpočtový nástroj od německého Passivehaus institute, který je široce uznávaný v oblasti stavitelství. Tento výpočtový nástroj, často implementovaný jako excelový soubor, slouží primárně pro návrh budov v pasivním standardu [4]. Umožňuje přesný výpočet energetické bilance a navrhování budov s minimální spotřebou energie.

Národní normy (ČSN a TNI)

Při hodnocení energetické náročnosti jsou kromě zákonů často využívány národní normy. Normy mohou být závazné v souladu s platnou legislativou, ale mohou dávat také doplňující a dobrovolné požadavky. Mezi významné patří ČSN 73 0540-2 (2011), která se zabývá tepelnou ochranou budov a je úzce spjata s energetickou náročností. Dále například ČSN 73 0331-1, která definuje typické hodnoty pro výpočet energetické náročnosti budov.

Technické normalizační informace TNI 73 0329 a TNI 73 0330 se zabývají hodnocením rodinných a bytových domů. Uvedené postupy jsou do velké míry v souladu se závaznými předpisy a také se zahraniční metodou PHPP s tím, že některé veličiny jsou mírně odlišné pro české podmínky [9].

Certifikace udržitelné výstavby (LEED, BREEM, SBTool)

Kromě výše zmíněných metod a norem existují také certifikační systémy, které hodnotí a certifikují udržitelnost budov. Mezi nejznámější patří LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) a metodika SBTool (Sustainable Building Tool, v česku představený jako SBToolCZ).

Jedná se o dobrovolné nástroje, jejichž cílem je poskytnout více komplexní a holistický pohled na udržitelnost budov. Kromě hodnocení energetické náročnosti se zabývají také dalšími aspekty, jako je ekologie, sociální hlediska a místní zdroje. Každá ze zmíněných metod má svá specifická kritéria a postupy hodnocení.

1.4 Shrnutí energetických standardů budov

Budova s téměř nulovou spotřebou energie (závazný standard)

Ze zmiňovaných standardů se jedná o jediný, který je závazný legislativou. Pojem vychází z evropské směrnice z pojmu „near zero energy building“ (NZEB). Přestože z názvu může vyplývat, že se jedná budovu, která je blízka pasivním nebo nulovým standardům, evropská směrnice dává pouze poměrně jednoduchou definici, že se jedná o „budovu jejíž energetická náročnost je velmi nízká a její spotřeba by měla být z velké části pokryta obnovitelnými zdroji“. Interpretace této definice je již v kompetenci jednotlivých členských zemí.

Česká interpretace tohoto standardu je dána zákonem č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií a následně vyhláškou č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. Podrobnému popisu požadavků na budovu s téměř nulovou budovou spotřebou energie a popisu metodiky se věnují následující kapitoly.

Nízkoenergetická budova

Nízkoenergetická budova je dobrovolný standard, který definuje technická norma ČSN 730540-2 a dále jej podrobně popisují technické normalizační informace TNI 73 0329 a TNI 73 0330.

Nízkoenergetické budovy jsou definovány nízkou spotřebou tepla na vytápění – konkrétně se v ČSN 73 0540-2 uvádí hranice 50 kWh/(m².a). Norma dále udává kritérium pro průměrný součinitel prostupu tepla, který nesmí překročit požadovanou hodnotu (která se stanovuje výpočtem dle Tabulky 5 normy). Jedná se již o poněkud starší pojem, dnes se již pro definici budov využívají spíše ostatní zmíněné energetické standardy.

Tabulka 1 - Požadavky pro nízkoenergetickou budovu dle ČSN 73 0540-2

Požadavky pro nízkoenergetickou budovu	Jednotka	Kritérium
Měrná potřeba tepla na vytápění (vztahena na 1 m ² za rok)	kWh/(m ² .a)	≤ 50
Průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² .K)	Požadovaná hodnota (viz Tabulka 5 v ČSN 73 0540-2)

Pasivní budova

Pasivní budova je pojem, který začíná být v poslední době poměrně rozšířený. Tento standard je definovaný v zahraniční metodě hodnocení PHPP a dále ho pro české podmínky definuje česká technická norma ČSN 73 0540-2 a technické normalizační informace TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Jedná se opět o dobrovolný standard, který není vyžadován legislativou. Jako požadavek ho ale uvádí například některé dotační tituly.

Obecně jsou pasivní budovy charakterizovány jako budovy na velmi dobré technické úrovni a s optimalizovaným stavebním řešením, které mají minimalizovanou potřebu energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů. Kritéria pro pasivní budovu se mírně liší dle typu hodnocení (PHPP, či kritéria v českých podmínkách) a zároveň dle typu budovy (rodinný dům, bytový dům, neobytné budovy, ostatní budovy). Obecně se uvádí kritérium pro měrnou potřebu tepla na vytápění pod 15 kWh/(m².a), pro rodinné domy 20 kWh/(m².a).

V následující tabulce je uvedeno shrnutí základní požadavků pro pasivní budovy, které definuje příloha A v ČSN 73 0540-2:

Tabulka 2 - Požadavky pro pasivní budovu dle ČSN 73 0540-2

Požadavky pro pasivní budovu	Jednotka	Kritérium
Průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² .K)	≤ 0,35
		≤ 0,25 pro RD
Měrná potřeba tepla na vytápění (vztažena na 1 m ² za rok)	kWh/(m ² .a)	≤ 15
		≤ 20 pro RD
Měrná potřeba energie na chlazení (vztažena na 1 m ² za rok)	kWh/(m ² .a)	0 pro obytné budovy
		≤ 15 pro neobytné budovy
Měrná potřeba primární energie (vztažena na 1 m ² za rok)	kWh/(m ² .a)	≤ 60 pro obytné budovy
		≤ 120 pro neobytné budovy
Průvzdušnost obálky při tlakovém rozdílu 50 Pa	h ⁻¹	0,6

Energeticky nulová budova

Energeticky nulová budova je v ČSN 73 0540-2 definovaná jako budova, jejíž roční bilance energetických potřeb a energetických produkcí (vyjádřeno v primární energii z neobnovitelných zdrojů) je menší nebo rovna nule. Jinými slovy, předpokládá se, že budova odebírá energii ze sítě, ale že tato energie je v rámci celého roku vykompenzována vlastní produkcí.

Je zajímavé si uvědomit, že požadavky na energeticky nulovou budovu pro stavební prvky jsou stejné (v případě potřeby tepla dokonce vyšší) než požadavky pro pasivní budovu. Zpravidla je doporučeno cílit na požadavky pro pasivní budovy, ale zároveň je nutné klást důraz na rovnováhu mezi vlastní spotřebou a produkcí. Energeticky nulová budova využívá nejen prvků pro minimalizaci spotřeby, ale také aktivně generuje energii v rámci provozu. Toho lze dosáhnout například využitím obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární panely, větrné turbíny apod.

V následující tabulce jsou uvedeny základní požadavky na energeticky nulovou budovu, které orientačně uvádí příloha A v ČSN 73 0540-2.

Tabulka 3 – Orientační požadavky na energeticky nulovou budovu dle ČSN 73 0540-2

Požadavky pro energeticky nulovou budovu	Jednotka	Kritérium
Průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² .K)	≤ 0,35
		≤ 0,25 pro RD
Měrná potřeba tepla na vytápění (vztažena na 1 m ² za rok)	kWh/(m ² .a)	≤ 30
		≤ 20 pro RD
Měrná potřeba primární energie (vztažena na 1 m ² za rok)	kWh/(m ² .a)	≤ 0

Další standardy budov

Standardů budov existuje ve stavebnictví nespočet. Kromě již zmíněných se vyskytují například:

- **Budovy blízké nulovému** – budovy na podobném principu jako energeticky nulové budovy, které ale připouští hodnotu bilance primární energie vyšší než nula
- **Energeticky nezávislé budovy (ostrovní budovy)** – budovy které jsou nezávislé na vnějších zdrojích
- **Plusové budovy** – budovy, které generují více energie, než sami spotřebují a aktivně vniká energetický přebytek, který je posílán do sítě

Důležité je zmínit, že každý standard může odpovídat různým prioritám a podmínkám a je dobré ho přizpůsobit specifickým potřebám projektu. O označení budovy v závěru tolik nejde, ale jde spíše o principy, které přispívají k udržitelnosti společnosti.

1.5 Požadavky na energetickou náročnost budov (dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.)

Zákon 406/2000 Sb. dává požadavek, že každá nová stavba musí být hodnocena a zároveň splňovat požadavky pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Tento pojem vychází z evropské směrnice, ale jak již bylo zmíněno, směrnice v tomto přiznává flexibilitu jednotlivým členským zemím – v Česku se víceméně se jedná o názvosloví, kterým se dle vyhlášky označuje jakákoliv nová budova.

1.5.1 Budova na nákladově optimální úrovni

Důležitý pojem zmiňovaný ve vyhlášce je budova na nákladově optimální úrovni, který byl zaveden v evropské směrnici o energetické náročnosti. Nákladově optimální úroveň je definovaná jako "úroveň energetické náročnosti, která vede k nejnižším nákladům během odhadovaného ekonomického životního cyklu". [5]. Tuto úroveň si mají určit jednotlivé členské státy samy s přihlédnutím na různé náklady (např. investice, údržba, provozní náklady, úspory energie). Pokud je příliš velký rozpor mezi požadavky na energetickou náročnost a mezi nákladově optimální úrovní, jsou státy povinny požadavky zpřísnit. Podrobný postup je popsán v metodickém pokynu, který je součástí EPBD.

Zjednodušeně řešeno, je to v podstatě důvod, proč se mohou požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie a metody hodnocení energetické náročnosti budov v jednotlivých členských zemích EU lišit. Zároveň se jedná o způsob, kterým se má analyzovat, zda jsou požadavky na energetickou náročnost dostatečné.

1.5.2 Požadavky na energetickou náročnost budov

Nejprve je nutné zmínit rozdíl mezi hodnocením energetické náročnosti a klasifikací pro energetickou náročnost. Hodnocením energetické náročnosti se rozumí **splnění/nesplnění** požadavků dle §6 vyhlášky. Klasifikací energetické náročnosti se rozumí hodnocení do klasifikačních tříd **A až G**. Tyto třídy slouží pro vzájemné porovnání energetické náročnosti objektů [7].

Pro hodnocení požadavků (a následně i pro klasifikaci) se využívají tzv. ukazatele energetické náročnosti. Tyto ukazatele zahrnují:

Tabulka 4 - Ukazatele energetické náročnosti

Ozn.	Ukazatel energetické náročnosti	Jednotka
a)	Primární energie z neobnovitelných zdrojů	kWh/(m ² rok)
b)	Celková dodaná energie pro budovu	kWh/(m ² rok)
c)	Dílčí dodané energie pro technické systémy (vytápění, chlazení, větrání, úprava vlhkosti, příprava teplé vody a osvětlení)	kWh/(m ² rok)
d)	Průměrný součinitel obálky budov	W/(m ² K)
e)	Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	W/(m ² K)
f)	Účinnost technických systémů	%

Požadavky se hodnotí zvláště pro nové budovy (budovy s téměř nulovou spotřebou energie) a rekonstrukce (větší změny dokončených budov).

[1] Požadavky na energetickou náročnost pro **budovy s téměř nulovou spotřebou energie** lze shrnout takto:

- „Požadavky jsou splněny, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti nejsou větší, než referenční hodnoty ukazatelů a), b) a d) nejsou vyšší než referenční hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu“ [7] (tedy primární energie z neobnovitelných zdrojů, celková dodaná energie a průměrný součinitel prostupu tepla).

[2] Požadavky pro **větší změny dokončených budov** lze hodnotit více způsoby [7]:

- Hodnoty ukazatelů a) a d) nejsou vyšší než hodnoty pro referenční budovu – tedy primární energie z neobnovitelných zdrojů a průměrný součinitel prostupu tepla, nebo
- Hodnoty ukazatelů b) a d) nejsou vyšší než hodnoty pro referenční budovu – tedy celková dodaná energie a průměrný součinitel prostupu tepla, nebo
- Hodnota ukazatele e) pro všechny nové stavební a měněné prvky nejsou vyšší než referenční hodnota ukazatele – tedy součinitele prostupu tepla jsou nižší než doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540-2), nebo
- Hodnota ukazatele f) pro všechny měněné stavební systémy jsou nižší než referenční hodnoty – tedy účinnosti technických systémů.

Je důležité zmínit že pro požadované hodnoty ukazatelů neexistují žádné dané hodnoty platné pro každou budovu. Tento způsob by nebyl efektivní a z toho důvodu byla zavedena tzv. referenční budova.

1.5.3 Referenční budova

Referenční budova je ve vyhlášce definovaná jako "budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy". [7]

Zjednodušeně řečeno se jedná o stejnou budovu, jako námi hodnocená, ale s parametry, které jsou specifikovány ve vyhlášce. Tato budova se následně srovnává s námi hodnocenou budovou a slouží jak pro klasifikování energetické náročnosti, tak pro výsledné vyhodnocení.

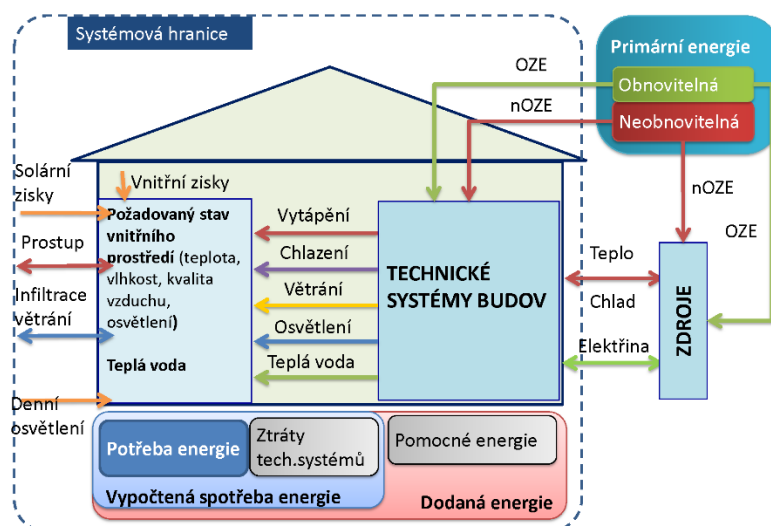
Pro parametry referenční budovy jsou definované parametry obálky budovy a parametry systémů TZB. Dále má stanovené vlastní faktory pro výpočet primární energie z neobnovitelných zdrojů. Podrobné parametry a hodnoty pro referenční budovu jsou stanovené v Příloze 1 vyhlášky.

1.6 Metoda hodnocení energetické náročnosti budov (dle vyhlášky č. 264/2020 Sb.)

Předchozí kapitola uvedla shrnutí požadavků energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 264/2020 Sb., a vysvětlila pojem referenční budova. Tato kapitola popisuje více dopodrobna princip výpočtu pro stanovení ukazatelů energetické náročnosti a následné vyhodnocení energetické náročnosti budovy.

Hlavní princip hodnocení je na základě paralelního výpočtu hodnocené budovy a referenční budovy. Hodnocení se zpravidla provádí pomocí výpočtového softwaru, do kterého se zadají parametry hodnocené budovy. Referenční budova se prakticky do software nezadá, software jí počítá automaticky v pozadí.

Pro hodnocenou budovu je stanovena systémová hranice budovy, jejíž hranici tvoří obálka budovy, která je vystavena venkovnímu prostředí (venkovní vzduch, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, nebo prostoru vytápěném na nižší teplotu). Systémovou hranici tvoří všechny zóny, kde existuje jakákoliv dodaná energie pro vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení.



Obrázek 1 – Systémová hranice budovy pro hodnocení ENB [8]

Vstupní údaje hodnoceného objektu do výpočtu jsou stanoveny na základě parametrů z projektové dokumentace, případně údajů v souladu se stávajícím stavem u dokončených budov. Vstupní hodnoty, klimatická data a další okrajové podmínky jsou v souladu s normou ČSN 730331-1.

Výpočet je prováděn v měsíčním intervalu. Od 1. 1. 2023 je v budovách s chlazením, úpravou vlhkosti nebo výrobou elektrické energie nutné provádět výpočet v hodinovém intervalu.

1.6.1 Celková dodaná energie

Celková roční dodaná energie se stanovuje součtem následujících dílčích dodaných energií hodnoceného objektu [7]:

- **Dílčí dodaná energie na vytápění**
- **Dílčí dodaná energie na chlazení**
- **Dílčí dodaná energie na nucení větrání**
- **Dílčí dodaná energie na úpravu vlhkosti vzduchu**
- **Dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody**
- **Dílčí dodaná energie na osvětlení**

Pro veškeré dílčí dodané energie se zpravidla jedná o součet vypočtené spotřeby energie na daný systém a pomocné energie na provoz systému. Postupuje se dle příslušných technických norem, které jsou uvedeny ve vyhlášce. Dodaná energie se dále stanovuje i pro jednotlivé energonositele.

Při výpočtu dodané energie se uplatňují další pravidla, například nezapočítávání části energie sloužící k výrobě elektřiny nebo tepla mimo budovu, započítávání ztrát energie při výrobě a distribuci energie ze zdroje mimo budovu, a využití energie slunečního záření, větru.

1.6.2 Primární energie z neobnovitelných zdrojů

Pojem primární energie má více definic, které se mohou lišit tím, zda se jedná o obnovitelnou, neobnovitelnou, nebo celkovou (součet obnovitelné a neobnovitelné) primární energii. Obecně se ale jedná o energii, která neprošla žádným procesem transformace nebo konverze.

Ve vyhlášce se hodnotí část primární energie, která je z neobnovitelných zdrojů a její hodnota se stanovuje výpočtem pomocí faktorů neobnovitelné primární energie, které jsou definované pro jednotlivé energonositele v příloze č. 3 vyhlášky. Konkrétně se vypočítá jako součet součinů faktorů neobnovitelné primární energie a celkové dodané energie, rozdělené po jednotlivých energonositelích. V případě exportu energie mimo budovu se primární energie odečítá (má záporný faktor).

Pro referenční budovu se primární energie z neobnovitelných zdrojů stanovuje podobně, ale místo faktorů neobnovitelné primární energie pro jednotlivé energonositele je má definované přímo pro typy spotřeby (viz tabulka 4 v příloze č. 1 vyhlášky). Hodnota primární energie z neobnovitelných zdrojů pro referenční budovu se také procentuálně snižuje o hodnotou $\Delta_{ep,R}$, v závislosti, jestli se jedná o dokončenou budovu a změnu dokončené budovy, nebo o budovu s téměř nulovou spotřebou energie (viz tabulka 5 a 6 v příloze č. 1 vyhlášky).

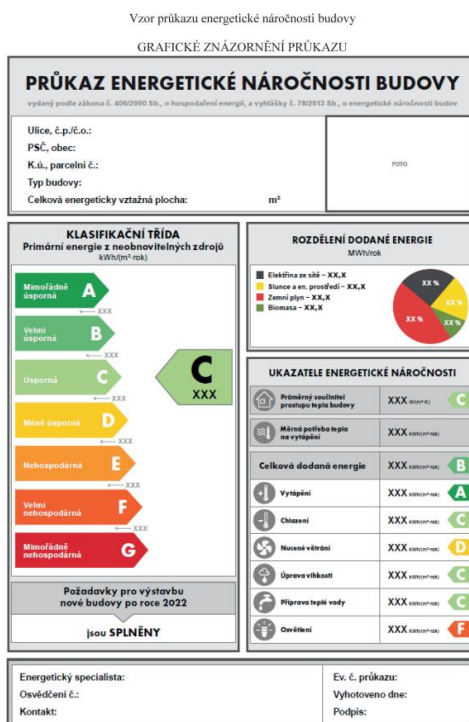
1.6.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla a součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí se provede v souladu s normou ČSN 73 0540.

1.7 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je dokument, který dává informace o energetické náročnosti budovy nebo části budovy. Požadavky na jeho vydávání stanovuje evropská legislativa, v České republice je průkaz vyžadován zákonem č. 406/2000 Sb. a jeho podrobnosti stanovuje vyhláška č.264/2020 Sb. Průkaz je vyžadován pro veškeré novostavby a rekonstrukce, a také by měl opatřit průkaz vlastník bytové jednotky při prodeji nebo pronájmu [7].

PENB se skládá z grafického znázornění průkazu (úvodní stránka) a protokolu průkazu.



Obrázek 2 - Vzor pro grafické znázornění (úvodní stránku) průkazu [7]

PENB obsahuje dvě klíčové informace, které jsou nezbytné k posouzení energetické efektivity budovy:

1. První hlavní informace je o tom, zda budova splňuje požadavky pro energetickou náročnost stanovené platnou legislativou. Tato informace je uvedena v pravé dolní části úvodní stránky průkazu a dále v protokolu v kapitole I.
2. Dále udává klasifikační třídu energetické náročnosti A (nejvyšší energetická efektivity) až G (nejnižší energetická efektivity, která slouží především pro účely porovnání budov s jinými budovami). Celková klasifikační třída je hodnocena na základě primární energie z neobnovitelných zdrojů, dále je uvedena i po jednotlivých energonositelích.

V průkazu se dále nachází další podrobné informace související s výpočtem energetické náročnosti. Mohou se zde nacházet také doporučení pro energeticky úsporná opatření a vyhodnocení alternativních systémů, což umožňuje porovnání různých technologií a jejich dopadu na energetickou náročnost budovy.

2. ROZBOR ZADÁNÍ A TECHNICKÝCH POŽADAVKŮ NA BUDOVU A JEJÍ KONSTRUKCE

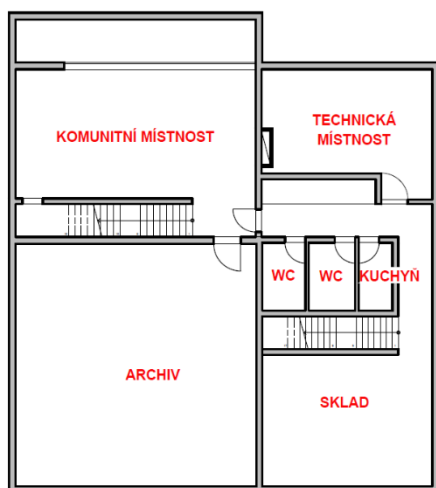
2.1 Zadaná architektonická studie

Podkladem diplomové práce je architektonická studie stávající mateřské školy ve městě Muntlix v Rakousku, zpracována ateliérem HEIN architekten.

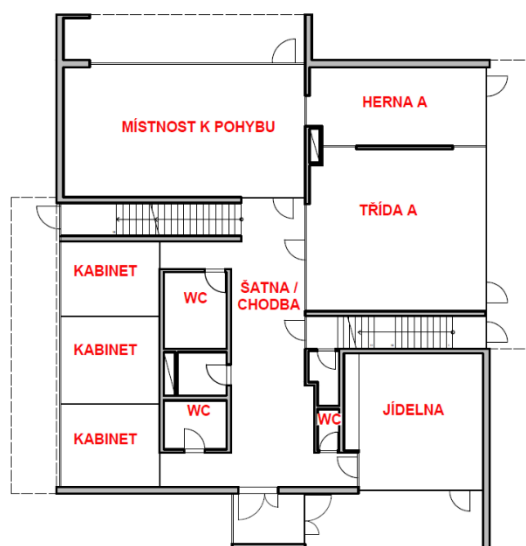
Jedná se o mateřskou školu s jedním podzemním a dvěma nadzemními podlažími. V prvním podzemním podlaží je umístěno technické zázemí, komunitní místnost s vlastní toaletou a kuchyňkou a obecní archiv. Nadzemní podlaží slouží pro prostory mateřské školy, kde v prvním podlaží je třída, jídelna, místnost k pohybu a kabinety učitelů. Druhé nadzemní podlaží obsahuje dvě třídy. Každé třídě náleží vlastní umývárna.

DISPOZICE OBJEKTU:

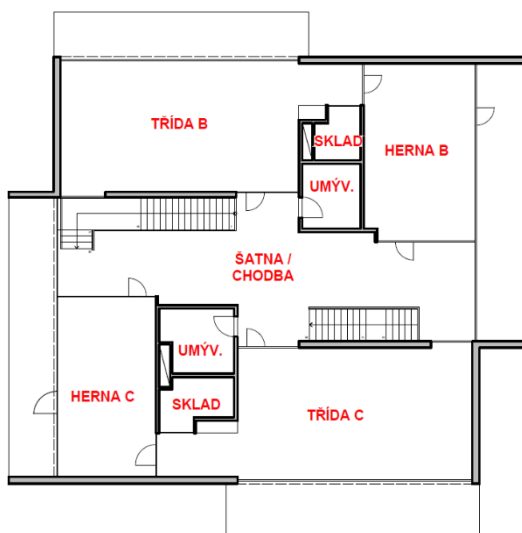
1.PP



1.NP



2.NP



Obrázek 3 - Zadaná architektonická studie – dispozice

2.2 Analýza prostorových a obecných technických požadavků

Následující kapitola se věnuje popisu prostorových a hygienických požadavků, které je nutné brát v potaz při návrhu dispozice pro mateřskou školu. Tyto požadavky budou poté analyzovány a aplikovány vzhledem k zadané architektonické studii. Mezi zásadní vyhlášky v tomto směru patří Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, která krom obecných požadavků stanovuje také zvláštní požadavky pro stavby předškolních zařízení. Dále Vyhláška č. 410/2005 Sb., která udává hygienické požadavky na objekty pro vzdělávání [10][11].

V následující tabulce jsou shrnuty základní požadavky relevantní k dané budově. Dále je uvedeno slovní ohodnocení, zda zadaná dispozice tento požadavek splňuje či nesplňuje (některé požadavky budou brány v úvahu až během fáze podrobného návrhu):

Tabulka 5 Prostorové a obecné požadavky

Předpis	Požadavek	Komentář
Vyhl. č. 268/2009 Sb. – §49	(1) Nejmenší světlé výšky místností musí být 3000 mm; snížení na světlou výšku 2500 mm lze připustit, pokud je dodržena kubatura vzduchu 12 m ³ na jedno dítě	Splněno
	(2) V budově předškolního zařízení musí být zřízeny osvětlené a větrané šatny žáků. Odkládání oděvu pedagogických a nepedagogických pracovníků se musí řešit odděleně od šaten žáků.	Splněno
	(3) Samostatná místnost se záchodovou mísou a umývárny u předškolních zařízení musí být přístupné ze šatny a denních místností dětí.	Nesplněno v 1.NP
	(6) Ve výukových prostorách musí mít dveře šířku nejméně 900 mm.	Viz projekční část
	(7) Ve všech předškolních zařízeních, základních školách a ve školách speciálních nesmí být používány dveře kývavé nebo turniketové. Zasklená dveřní křídla musí být opatřena bezpečnostním sklem. Ve všech předškolních zařízeních nesmí být spodní třetina dveří zasklívána.	Viz projekční část
(8) Ve výukových prostorách musí být umístěn alespoň jeden výtok pitné vody. Pokud je zavedena teplá voda, pak u výtoků v dosahu žáků nesmí mít teplotu vyšší než 45 °C.	Splněno	
Vyhl. č. 410/2005 Sb. – §4	(1) Na 1 dítě musí plocha denní místnosti užívané jako herna a ložnice činit nejméně 4 m ² ; je-li ložnice, jídelna nebo tělocvična stavebně oddělená, musí plocha denní místnosti činit nejméně 3 m ² na 1 dítě.	Viz návrh
Vyhl. č. 410/2005 Sb. – příloha 1	Počty hygienických zařízení se stanoví takto: pro 5 dětí musí být zřízena jedna dětská mísa a umyvadlo. Maximálně místo 2 WC mís lze instalovat dětské pisoáry, které se umísťují zpravidla ve výši 40 cm. Umývárna se vybavuje 1 až 2 sprchami řešenými tak, aby děti mohly vstupovat do sprch bez cizí pomoci.	Viz návrh

Jak lze vidět, většina požadavků dle Vyhl. č. 268/2009 Sb. je splněna, kromě požadavku, který určuje, že umývárny musí být přístupné z denní místnosti i šaten. Tento požadavek není splněn pro Třidu 1 v 1.NP a vyplývá to pravděpodobně z rozdílných požadavků na budovy v Rakousku. Návrh úpravy dispozice pro splnění tohoto požadavku není předmětem DP.

Z požadavků dle Vyhl. č 410/2005 Sb. vyplývají specifika pro navrhovanou mateřskou školu:

- Do Třídy 1 (50 m²) lze navrhnout až 12 dětí, do Tříd 2 a 3 (64 m²) až 15 dětí.
- Umývárny jednotlivých tříd musí obsahovat minimálně: 3 WC, 3 umyvadla, 1 sprchu, pokud to umožní dispozice.

2.3 Analýza požární bezpečnosti budov

Následující kapitola se bude zabývat analýzou z hlediska požární bezpečnosti budov. V první části kapitoly budou brány v úvahu požadavky na požární bezpečnost týkající se konkrétně provozů mateřských škol a v souladu s těmito požadavky budou poté provedeny návrhy na úpravu dispozice. Ve druhé části kapitoly bude provedena předběžné požárně bezpečnostní řešení dle normy ČSN 73 0802.

2.3.1 Požadavky na požární bezpečnost mateřských škol

Hlavní požadavky na školské stavby stanovuje Vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb. Splnění těchto požadavků je závazné pro všechny novostavby škol. V rámci analýzy bude brán ohled také na požadavky z technické normy ČSN 73 0834 – Požární bezpečnost změn staveb, konkrétně přílohy C, která udává specifické požadavky na mateřské školy. Tato norma, jak vypovídá z názvu, se týká primárně z rekonstrukcí, ale splnění přílohy C je doporučeno i pro novostavby.

Vyhláška č. 23/2008 Sb. uvádí v §23 následující požadavky pro školské budovy [12]:

Tabulka 6 - Požadavky PBR dle vyhlášky č. 23/2008 Sb.

Předpis	Požadavek	Komentář
Vyhl. č. 23/2008 Sb. – §23	(1) Při navrhování stavby užívané k činnosti školy se postupuje podle normy ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb	Kapitola 2.3.2
	(2) Stavba mateřské školy nesmí mít více než 2 nadzemní podlaží. Podzemní podlaží nesmí být navrženo pro pobyt dětí.	Splněno
	(3) Pro stavbu mateřské školy musí být navržena požárně dělicí konstrukce a konstrukce zajišťující stabilitu stavby z konstrukcí druhu DP1, popřípadě DP2.	Konstrukce budou navrženy minimálně DP2
	(4) Každá třída mateřské školy musí tvořit samostatný požární úsek.	Třídy budou tvořit vlastní PÚ
	(5) Ve stavbě mateřské školy určené pro více než 20 dětí musí být navrženy dvě únikové cesty.	Nelze splnit v 2.NP

ČSN 73 0834 – Příloha C poté pro změny mateřských škol uvádí následující požadavky (v případě novostaveb jsou to doporučení):

Tabulka 7 - Požadavky PBR dle normy ČSN 73 0834

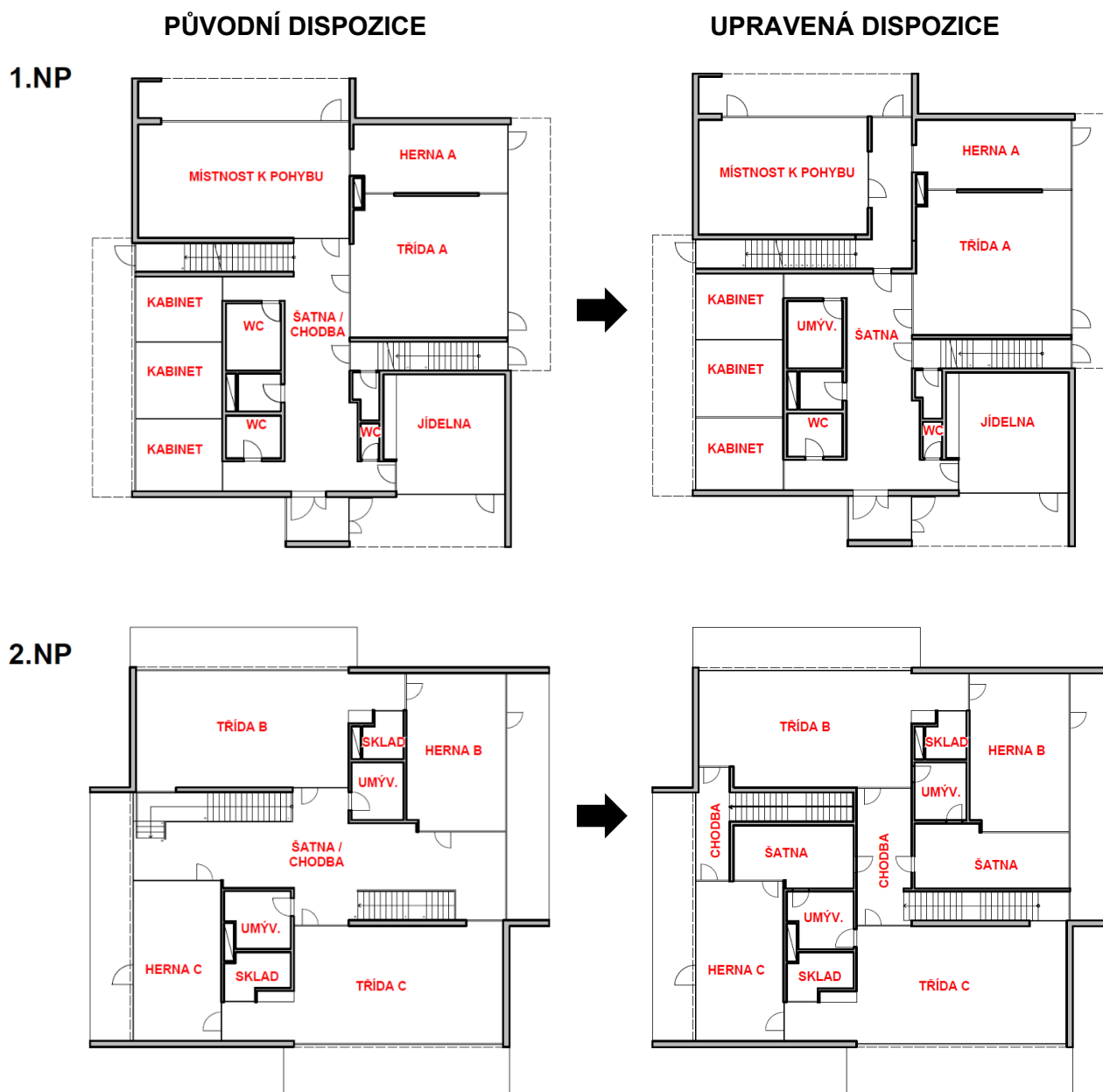
Předpis	Požadavek	Komentář
ČSN 73 0834 – Příloha C	Místnost s funkcí mateřské školy musí tvořit samostatný požární úsek. V tomto úseku nemá být více než 20 dětí	Splněno
	Pro požární úseky s počtem přes 12 dětí, nebo úseky nacházející se ve vyšších podlažích se vyžaduje:	
	V budovách s hořlavým konstrukčním systémem musí být povrchové plochy kryty deskami tloušťky alespoň 15 mm, třídy reakce na oheň A1 nebo A2	Viz projekční část
	Z požárního úseku musí vést chráněná, nebo částečně chráněná úniková cesta*. Je-li v požárním úseku více než 20 dětí, nebo v objektu je více požárních úseků nebo prostorů tříd mateřských škol, musí být dvě tyto únikové cesty, které musí být přístupné z každého požárního úseku či prostorů tříd mateřských škol – v tomto případě se doporučuje alespoň jedna chráněná úniková cesta typu A.	Nelze splnit v 2.NP

*Pozn: částečně chráněná úniková cesta musí být bez požárního rizika.

Z předchozího lze vyvodit, že zadaná studie, která byla původně navrhovaná pro rakouské požadavky, neodpovídá úplně českým požadavkům na požární bezpečnost. Studie obsahuje z hlediska českých požárních požadavků několik nedostatků, které lze shrnout takto:

- Z tříd v 2.NP se nabízí pouze jeden hlavní směr úniku (schodiště vedoucí na venkovní prostranství). Schodiště propojující 1.NP, které se eventuálně nabízí jako druhý směr úniku, je součástí stejného požárního úseku a není vhodně vedeno.
- Šatny jsou součástí chodeb, čímž by vznikaly únikové cesty s požárním zatížením.

Pro dodržení požárních předpisů byly navrženy následující úpravy dispozice:



Obrázek 4 - Úpravy dispozice pro vyhovění požadavkům PBŘ

Nápravy těchto nedostatků jsou v souladu s platnými normami a předpisy, ale zároveň znamenají zásadní změny v dispozici budovy. Dále například muselo být umístěno únikové schodiště na místo, které nebylo původně navrženo pro tuto funkci, což způsobilo určité komplikace a omezení při navrhování dispozice budovy.

2.3.2 Předběžné požárně bezpečnostní řešení

Objekt mateřské školy musí být řešen v souladu s normou ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty, kterou uvádí v závaznost například již zmíněná vyhláška č. 23/2008 Sb. Tato část kapitoly se věnuje předběžnému návrhu požárně bezpečnostního řešení. Podrobný návrh bude řešen v rámci projektové části (část D.1.3 – Požárně bezpečnostní řešení).

Vstupní údaje:

Pro zadaný objekt jsou předběžně uvažovány následující vstupní údaje:

- Celková výška objektu = 7,4 m
- Požární výška objektu $h = 3,4$ m
- Světlá výška místností = 2,6 – 3,0 m

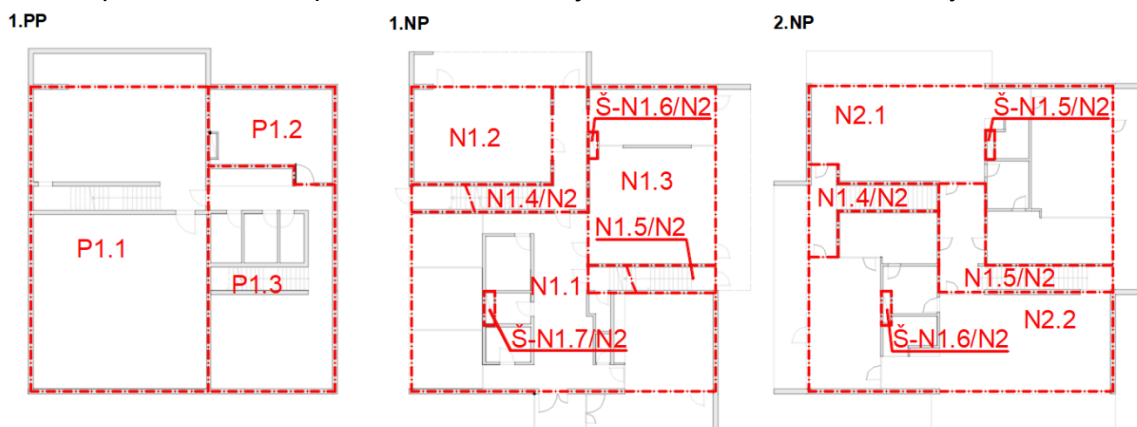
Je uvažováno s návrhem objektu na bázi dřeva, jednotlivé konstrukce jsou uvažovány:

- Obvodové stěny – DP2
- Vnitřní nosné – DP2
- Vnitřní nenosné – DP2
- Stropní konstrukce – DP2
- Konstrukce 1.PP – DP1

Konstrukční systém objektu je z požárního hlediska navržen jako **hořlavý**. Z toho důvodu je pro mateřskou školu nutno v oblasti požární bezpečnosti brát zvýšenou pozornost. Konstrukční systém podzemního podlaží je **nehořlavý**.

Rozdělení na požární úseky:

Objekt je předběžně rozdělen na požární úseky (PÚ) – tzn. menší požárně ohraničené celky. Samostatné požární úseky musí tvořit např. jednotlivé třídy MŠ a technická strojovna. Při rozdělení byla snaha o návrh pouze nezbytného počtu PÚ, s přihlédnutím na náklady na realizaci a provoz. V rámci podrobného návrhu je nutné ověřit mezní rozměry.



Obrázek 5 – Rozdělení objektu na požární úseky

Předběžný výpočet požárního zatížení a stanovení stupně požární bezpečnosti

V následující tabulce je proveden předběžný výpočet požárního zatížení jednotlivých požárních úseků a následně určeny stupně požární bezpečnosti dle ČSN 73 0802. Výsledné hodnoty požárního výpočtového zatížení jsou pouze orientační a některé vstupní údaje jsou stanoveny předběžně nebo odhadem. Podrobný výpočet bude proveden v projekční části (část D.1.3)

Tabulka 8 – Předběžný výpočet požárního zatížení a stanovení stupně požární bezpečnosti

Podlaží	Označení PÚ	Funkce	p_n [kg/m ²]	a	b	p_v [kg/m ²]	SPB
1PP	P1.1	Archiv, společenská místnost	80	0,8	1,5	109	IV.
1PP	P1.2	Technická místnost	15	0,9	1,6	31	III.
1PP	P1.3	Zázemí, sklad	53	1,0	0,8	50	III.
1NP	N1.1	Jídelna, kanceláře	50	1,0	0,5	32	III.
1NP	N1.2	Tělocvična	20	1,0	0,5	16	II.
1NP	N1.3	Třída	25	0,8	0,5	15	II.
1NP/2NP	N1.4/N2	Částečně CHÚC	0	1,2	0,5	6	I.
1NP/2NP	N1.5/N2	Částečně CHÚC	0	1,2	0,5	6	I.
2NP	N2.1	Třída	25	0,8	0,5	15	II.
2NP	N2.2	Třída	25	0,8	0,5	15	II.

Požadavky na požární odolnost konstrukcí

Na základě stanovených stupňů požární bezpečnosti jsou určeny požadavky na požární odolnost konstrukcí. V podzemním podlaží je předběžně uvažováno s požárně dělicími konstrukcemi REI 90 DP1 pro IV.SPB a v nadzemních podlažích je uvažováno s konstrukcemi až REI 45 DP2 pro III. SPB. Požadavky na konstrukce budou podrobně popsány v projekční části.

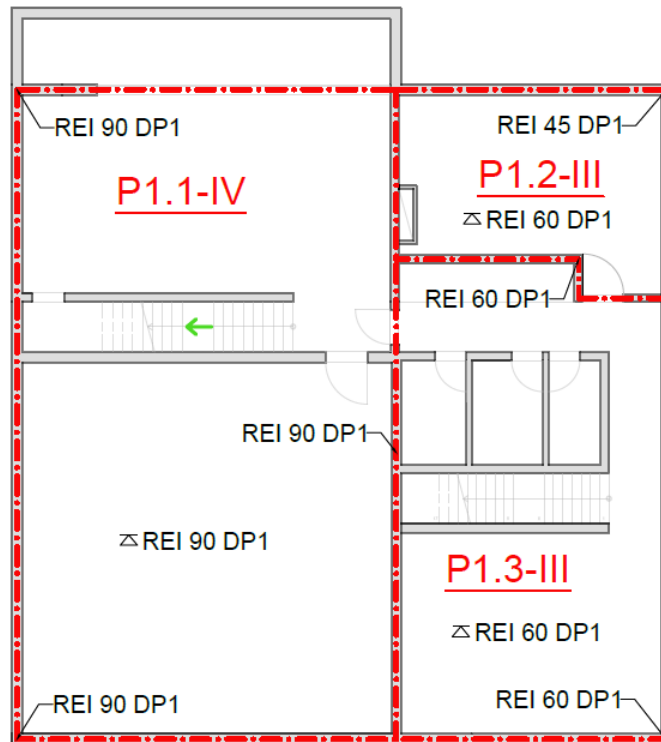
Předběžný návrh únikových cest

Dle doporučení viz ČSN 73 0834 – Příloha C je vhodné navrhnout z každé třídy alespoň 2 únikové cesty, z nichž alespoň jedna by měla být chráněná úniková cesta typu A. Chráněná úniková cesta musí být z konstrukcí alespoň DP1. Vzhledem k plánovanému konstrukčnímu systému na bázi dřeva, a vzhledem k dispozici objektu a komplikovanému rozdělení schodišť (schodiště nejsou v objektu průběžná), není návrh únikové cesty vhodný. Další možnost realizace by byla pomocí venkovních schodišť, čímž by ale byla narušena architektonická koncepce.

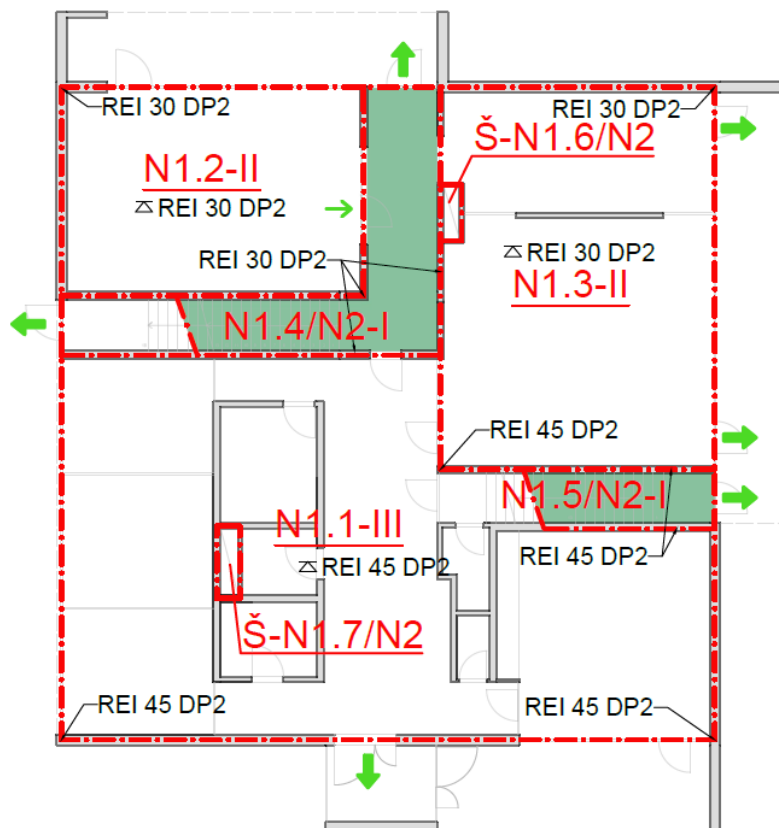
Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o doporučené opatření (v doporučené normě), a zároveň se jedná o menší budovu, nebude chráněná úniková cesta realizována. Navrženy budou dvě částečně chráněné únikové cesty (tzn. nechráněné úniková cesta bez požárního zatížení) z 2.NP. Obě únikové cesty zajišťují volný průchod na terén. Z místností v přízemí je umožněn únik přímo na venkovní prostranství.

VÝSLEDKY PŘEDBĚŽNÉHO POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍHO ŘEŠENÍ:

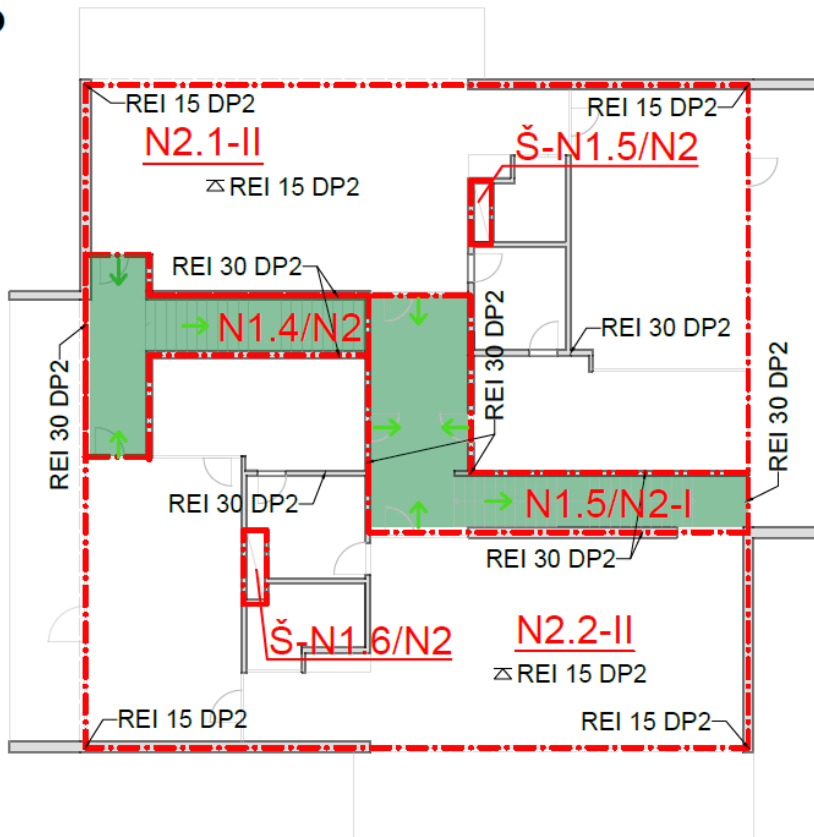
1.PP



1.NP



2.NP



Obrázek 6 - Výsledky analýzy požárně-bezpečnostního řešení

2.4 Stavební akustika

V následující kapitole jsou popsány požadavky na zvukovou izolaci hlavních dělících konstrukcí. Určení a návrh správné stavební akustiky je důležitý faktor pro zajištění zdravého vnitřního prostředí pro děti a dospělé, kteří se v mateřské škole budou pohybovat. Požadavkům na stavební akustiku ve školských budovách (a v dalších typech budov) se věnuje norma ČSN 73 0532 – Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky.

Posuzovány jsou požadavky na vzduchovou neprůzvučnost a kročejovou neprůzvučnost.

- Hlavní veličiny pro posuzování **vzduchové neprůzvučnosti** jsou *vážená stavební neprůzvučnost* R'_w (pro společné celé plochy stěny, příčky, stropy) a *vážená laboratorní neprůzvučnost* R_w (pro vnitřní dveře). Dále se pro místnosti, které nemají společnou dělící konstrukci uvádí *vážený normovaný rozdíl hladin* $D_{nT,w}$ (takové místnosti v objektu nejsou uvažovány).
- Hlavní veličinou pro posuzování **kročejové neprůzvučnosti** je *vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejové zvuku* $L'_{n,w}$ pro místnosti se společnou celou plochou stropu. Dále se uvádí *vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejové zvuku* $L'_{nT,w}$ pro případy, kde zkoušená podlaha není součástí společného stropu obou místností.

Následující tabulka uvádí výpis požadavků mezi místnostmi ve školách a vzdělávacích institucích z tabulky 4 normy.

Tabulka 9 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi ve školách dle ČSN 73 0532

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)				
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]
1 - Učebny, výukové prostory, kabinety	≥ 53	≤ 55	≥ 47	≥ 37
2- Společenské prostory, chodby, schodiště	≥ 53	≤ 58	≥ 47	≥ 32
3- Hlučné prostory (dílny, jídelny, herny, technická centra) $L_{A,max} \leq 85$ dB	≥ 55	≤ 48	≥ 52	-
4 - Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny,) $L_{A,max} \leq 90$ dB	≥ 60	≤ 48	≥ 57	-

Požadavky platí ve směru přenosu hluku (z hlučného do chráněného prostoru). Splnění požadavků se určuje zkouškou in situ podle příslušných zkušebních norem. Ve fázi návrhu lze pro posouzení použít hodnoty použít rovnic:

$$R'_w = R_w - k_1$$

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + k_2$$

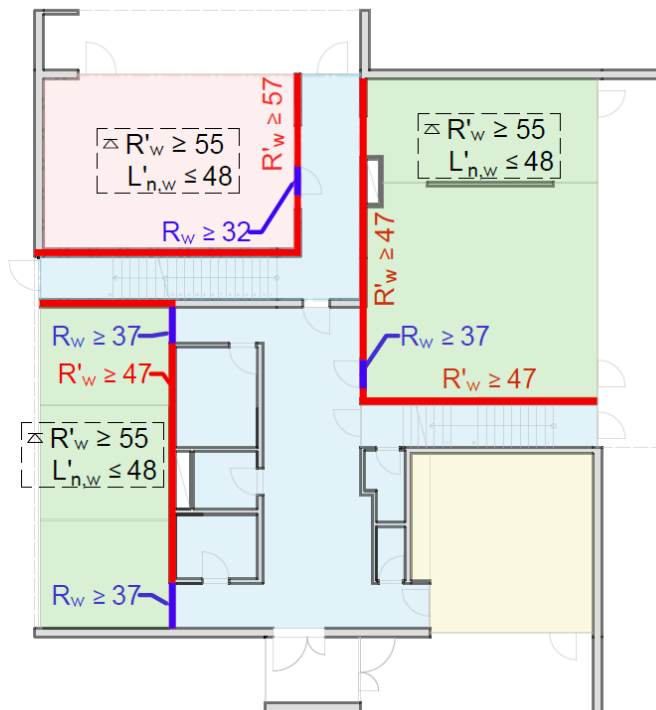
Kde k_1 a k_2 jsou korekce, závislé na vedlejších cestách šíření zvuku, dle ČSN 73 0532.

Na následujících schématech jsou zakresleny požadavky na zvukovou izolaci na zadané budově mateřské školy.

VÝSLEDKY ANALÝZY POŽADAVKŮ NA STAVEBNÍ AKUSTIKU:

Níže jsou na půdorysech zakresleny požadavky konstrukcí na stavební akustiku. Chráněné prostory jsou uvažované kabinety, učebny a také místnost pro pohyb, jelikož v této místnosti se předpokládá kombinované využití (kroužky, promítání atd.). V 1.PP se chráněné prostory nevyskytují (komunitní místnost má od školky oddělený provoz pouze v létě a o víkendech).

1.NP



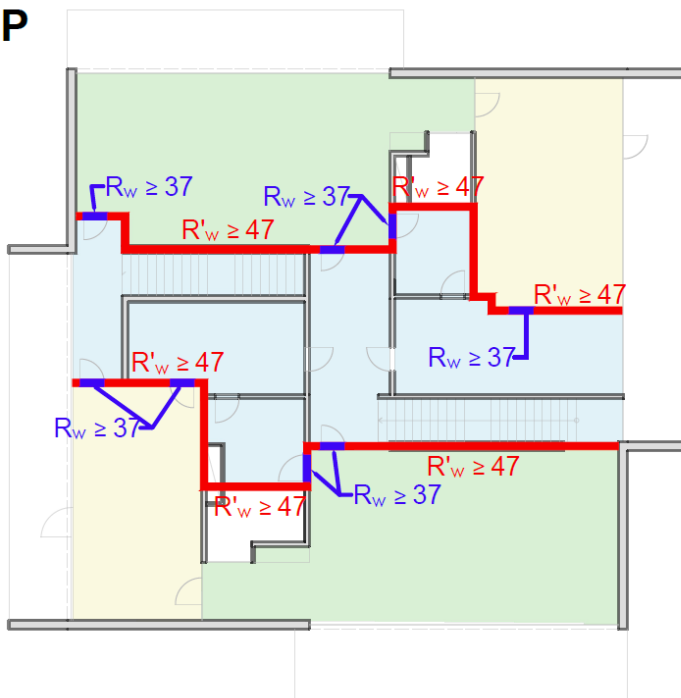
LEGENDA:

- R'_w (dB) Stěny s akustickými požadavky
- R_w (dB) Dveře s akustickými požadavky
- Σ R'_w (dB)
 $L'_{n,w}$ (dB) Strop s akustickými požadavky

DRUH MÍSTNOSTI DLE ČSN 73 0532:

- 1 - Učebny, kabinety
- 2 - Společenské prostory, chodby
- 3 - Hlučné prostory
- 4 - Velmi hlučné prostory

2.NP



Obrázek 7 - Výsledky analýzy požadavků na stavební akustiku

2.5 Vnitřní prostředí

2.5.1 Vnitřní mikroklima

Návrhové hodnoty vnitřního prostředí, které budou v objektu uvažovány, vychází z ČSN 73 0540-3.

Tabulka 10 - Návrhové parametry vnitřního prostředí

Druh místnosti	Návrhová vnitřní teplota v zimním období [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu [%]
3. Školní budovy		
Kabinety, jídelny	20	55
Chodby, vedlejší místnosti	15	50
3.1 Mateřské školy		
Učebny, herny, lehárny	22	50
Šatny pro děti	20	50
Umývárny pro děti, WC	24	80

Základní požadavky na větrání obytných budov uvádí norma ČSN EN 15 665/Z1, která uvádí především požadavek na zajištění minimální intenzity větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ a doporučené alespoň $0,5 \text{ h}^{-1}$. Norma se týká především obytných budov, pro požadavky na konkrétní budovu mateřské školy se lze dívat opět na vyhlášku č. 410/2005 Sb., která udává hygienické požadavky na objekty pro vzdělávání [11].

Níže jsou uvedeny požadavky na intenzitu větrání dle vyhlášky:

Tabulka 11 – Požadavky na intenzitu větrání

Název	Přívod [m ³ /(h.MJ)]	Odvod [m ³ /(h.MJ)]	MJ
Učebny	20	-	žák
Tělocvična	20	-	žák
Kabinety	50	-	osoba
Jídelna	50	-	osoba
Šatny	-	20	žák
Umyvadlo	-	30	zařízení
Sprcha	-	150	zařízení
WC	-	50	zařízení
Pisoár	-	25	zařízení

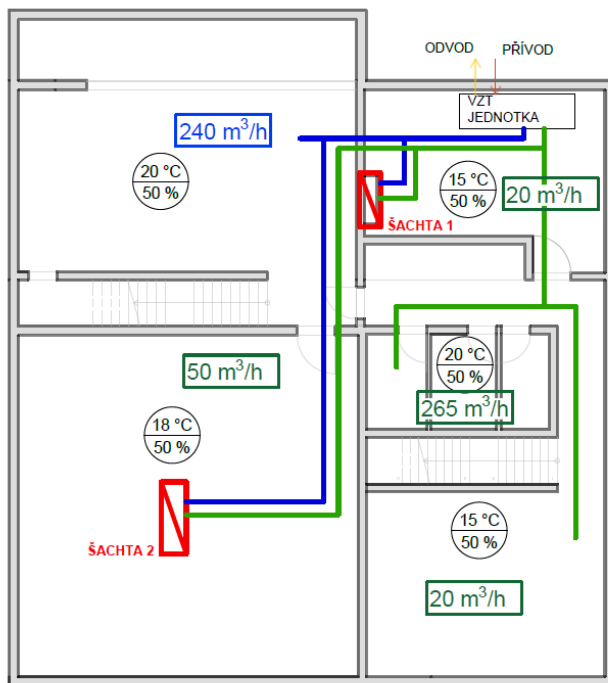
V kontextu řešené mateřské školy, která zároveň bude řešena jako moderní nízkoenergetická budova, obecně nelze uvažovat s přirozeným větráním jako dostačujícím pro zajištění optimálního vnitřního klimatu. Vzhledem k tomu bude navrženo nucené rovnotlaké větrání.

V následujících schématech je popsán předběžný návrh systému VZT, včetně popisu požadovaných parametrů vnitřního klima v jednotlivých místnostech. VZT jednotka bude umístěna v technické místnosti v 1.PP.

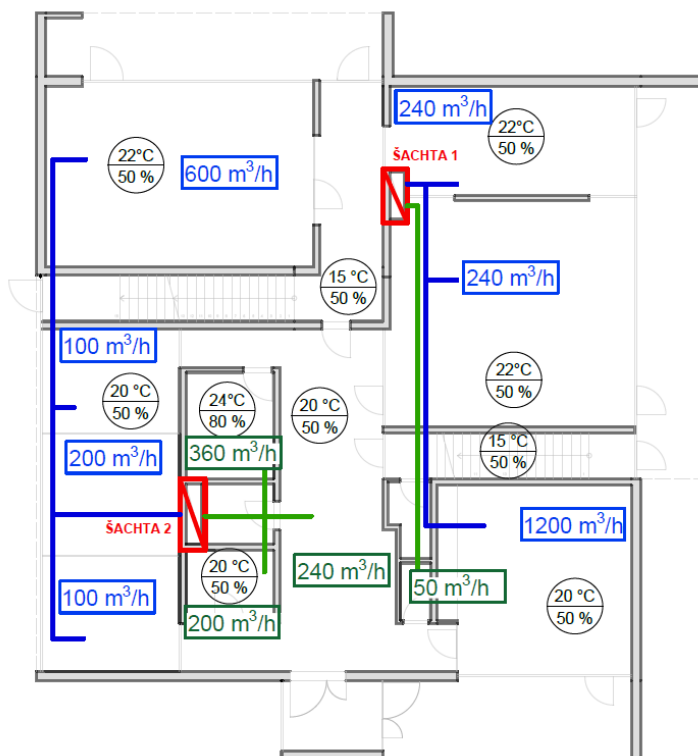
VÝSLEDKY ANALÝZY VNITŘNÍHO MIKROKLIMA:

Níže jsou v půdorysech vyznačeny návrhové hodnoty vnitřního prostředí v zimním období. Poté je vyznačeno minimální hygienické množství přiváděného a odváděného množství vzduchu a předběžné umístění VZT jednotky a vedení rozvodů. Podrobný návrh větrání, včetně dimenzování a rozvodů prvků, budou řešeny v projekční části,

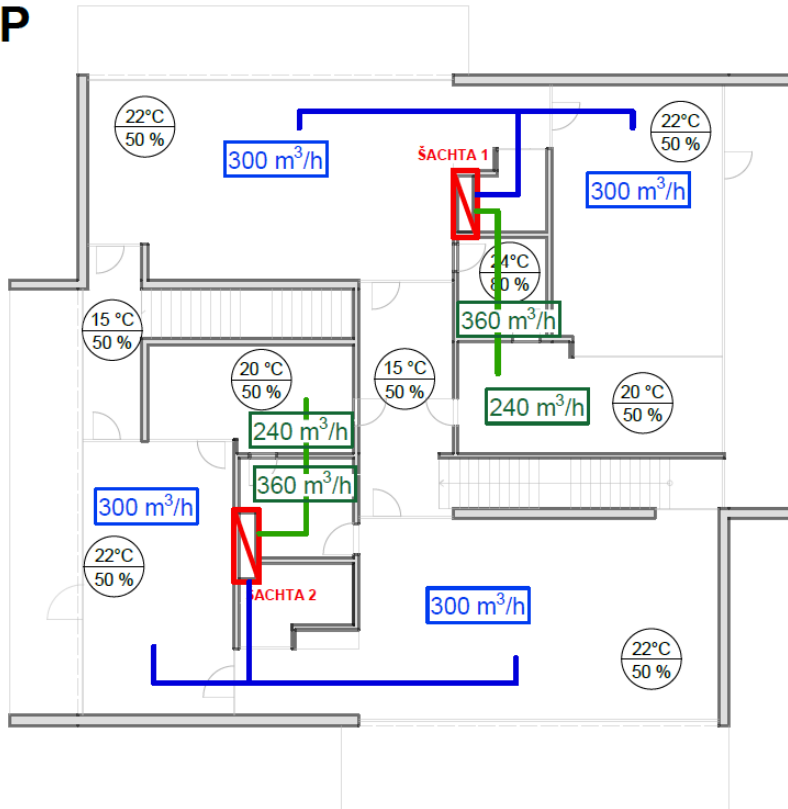
1.PP





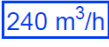
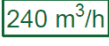
1.NP



2.NP



LEGENDA:

-  Návrhová vnitřní teplota v zimě
-  Návrhová relativní vlhkost
-  Min. množství přiváděného vzduchu
-  Min. množství odváděného vzduchu

Obrázek 8 - Výsledky analýzy požadavků na vnitřní mikroklima

2.6 Denní osvětlení

Denní osvětlení má zásadní význam při návrhu vzdělávacích budov, zejména pro učebny a denní místnosti, kde se odehrávají činnosti jako hraní, kreslení, malování a další aktivity dětí. U předškolních dětí se nepředpokládá velká nutnost zrakově rozpoznávat podrobnosti, ale návrh dostatečné osvětlenosti je přesto důležitý, vzhledem k tomu, že zrak dětí se teprve vyvíjí. Nedostatečné vystavení dennímu osvětlení může u dětí způsobit potíže jako je vznik myopie a dokonce oslepnutí [13].

Konkrétní požadavky na denní osvětlení jsou stanoveny v normách a předpisech. Vyhláška č. 410/2005 Sb. uvádí, že ve vnitřních prostorech zařízení pro výchovu a vzdělávání, včetně mateřských škol, musí být dodrženy normové požadavky na denní osvětlení dle ČSN 73 0580.

V následující tabulce jsou uvedeny specifické požadavky na denní osvětlení pro místnosti v mateřské škole, přičemž tyto požadavky musí být splněny především v prostorech s trvalým pobytem osob.

Tabulka 12 - Požadavky na denní osvětlení dle ČSN 73 0580

Druh místnosti	Trvalý pobyt	Činitel denní osvětlenosti [%]		Rovnoměrnost bočního denního osvětlení
		e_{min}	e_m	
Denní místnosti, heny, pracovny dětí	ANO	1,5	5	0,2
Šatny a hygienické zařízení	NE	0,5	2	-
Kanceláře	ANO	1,5	5	0,2
Komunikace	NE	0,5	2	-

Základním požadavkem je minimální hodnota činitele denní osvětlenosti (e_{min}). Dále je klíčová rovnoměrnost bočního denního osvětlení.

Zásadní jsou tyto místnosti. Veškeré místnosti v objektu budou osvětleny jednostranně. Implementaci oboustranného osvětlení dispozice neumožňuje:

Tabulka 13 – Zásadní místnosti z hlediska denního osvětlení

Místnost	Rozměr místnosti (š × d × h)	Poměr oken vůči podlahové ploše [%]	Pozice oken
Třída A – 1NP	7,8 × 7,1 × 2,8 m	37	východ
Herna A - 1NP	7,6 × 3,5 × 2,8 m	35	východ
Třída B – 2NP	10,7 × 5,7 × 2,8 m	30	sever
Herna B – 2NP	4,3 × 7,9 × 2,8 m	61	východ
Třída C – 2NP	5,9 × 10,0 × 2,8 m	31	jih
Herna C – 2NP	4,3 × 6,7 × 2,8 m	54	západ

Nutno říci, že vzhledem k tomu, že v zadané MŠ je v místnostech poměrně velký poměr prosklených ploch (obvykle prostřednictvím velkých francouzských oken), lze předběžně předpokládat, že požadavek na minimální činitel denní osvětlenosti pravděpodobně bude splněn. Nicméně je třeba brát v úvahu možnost oslnění, zejména v místnostech orientovaných na východ a jih. Tento problém lze částečně řešit instalací vnějšího stínění, které pomůže omezit nepříjemné oslnění a zajistit optimální podmínky vnitřního osvětlení.

2.6.1 Letní přehřívání

Po vyhodnocení místností a osluněných výplň otvorů z hlediska splnění požadavků denního osvětlení je dále pro důslednou optimalizaci důležité vyhodnocení z hlediska letní stability. Toto hodnocení bude pro zadaný objekt pravděpodobně více zásadní, vzhledem k tomu, že se bude jednat o dřevostavbu s velkým poměrem oken. V rámci hodnocení je poté vhodné navrhnout opatření pro minimalizování přehřívání a zajištění optimálního komfortu s minimalizováním nutnosti strojního chlazení.

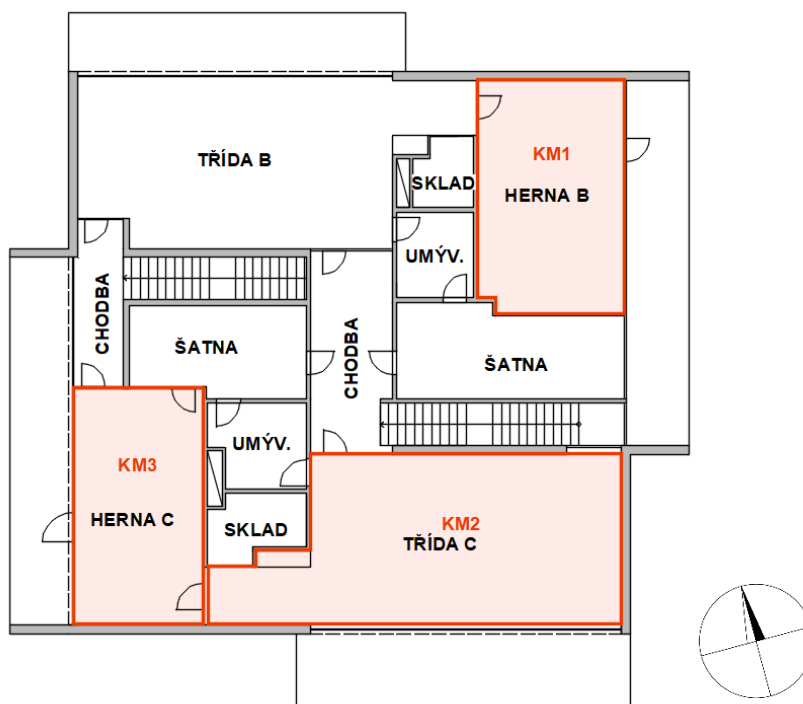
Hodnocení letní stability bude provedeno v souladu s normou ČSN 72 0540-2 (2011). Hodnocení se provádí pro kritickou místnost, kterou norma definuje jako místnost s nejvyšším poměrem ploch přímo osluněných výplň otvorů (orientovaných na Z, JZ, J, JV, V) k podlahové ploše. Nejvyšší přípustná teplota vzduchu v místnosti v letním období je 27 °C.

Hodnocení bude provedeno pro následující kritické místnosti – Herna B, Třída C a Herna C.

Tabulka 14 – Kritická místnost pro výpočet letní stability

č.	Místnost	Plocha přímo osluněných výplň otvorů [m ²]	Podlahová plocha [m ²]	Poměr [%]
1	2.05 – Herna B	20,8 (východ)	34,1	61
2	2.08 – Třída C	18,8 (jih)	61	31
3	2.10 – Herna C	19,7 (západ)	36,5	54

VYZNAČENÍ KRITICKÝCH MÍSTNOST – 2.NP:



Obrázek 9 - Zvolené kritické místnosti pro letní přehřívání

2.7 Stavební tepelná technika

Tato kapitola se věnuje požadavkům na tepelnou ochranu budov. Požadavky vyplývají především z normy ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (2011).

Pro posouzení tepelně-vlhkostního prostředí budovy jsou hodnoceny tři základní požadavky:

A. Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla U [W/m^2K] jednotlivých konstrukcí nesmí být větší než požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$

Zároveň průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/m^2K] nesmí být větší než požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$

B. Nejvyšší povrchová teplota konstrukce

Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-] nesmí být nižší než kritická hodnota $f_{Rsi,cr}$, v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$.

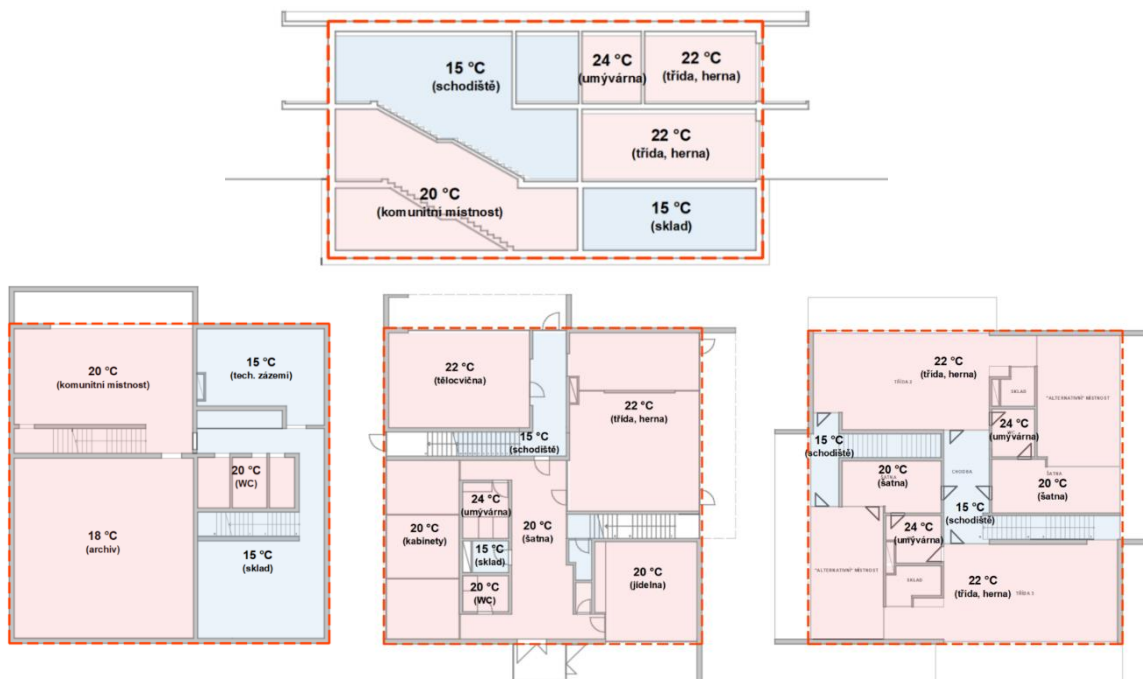
C. Kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce

Roční zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c [$kg/(m^2.a)$] musí být nulová, pokud může ohrozit požadovanou funkci, nebo menší než požadovaná hodnota $M_{c,N}$ [$kg/(m^2.a)$], v případě, že neohrožuje požadovanou funkci.)

Dále musí být splněna podmínka roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry. Roční zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c [$kg/(m^2.a)$] musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry M_{ev} .

2.7.1 Vymezení systémové hranice obálky budovy

Na schématech je na vyznačeno vymezení systémové hranice obálky budovy a také zobrazeny vnitřní návrhové teploty. Převažující návrhová teplota je v intervalu 18 až 22 °C.



Obrázek 10 – Systémová hranice obálky budovy

2.7.2 Součinitel prostupu tepla

V tabulce níže jsou pro posuzované konstrukce uvedeny požadované hodnoty $U_{N,20}$ dle tabulky 3 ČSN 73 0540-2 (2011), a také hodnoty doporučené $U_{rec,20}$ a hodnoty doporučené pro pasivní budovy $U_{pas,20}$. Dále jsou uvedeny předběžné návrhy hodnot. Z důvodu snahy o dosažení energeticky efektivního standardu jsou navrženy hodnoty v nižší části rozsahu doporučených hodnot pro pasivní budovy.

Tabulka 15 – Požadavky součinitele prostupu tepla U konstrukcí a předběžný návrh

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]			
	Požadované a doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540-2			Navrhovaná hodnota
	Požad. hodnoty $U_{N,20}$	Doporuč. hodnoty $U_{rec,20}$	Doporuč. hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$	
Stěna vnější	0,30	těžká 0,25 lehká 0,20	0,18 až 0,12	0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10	0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15	0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6	0,7
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9	0,9

V následující tabulce je na základě navržených hodnot proveden předběžný výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy:

Tabulka 16 – Předběžný výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Plocha konstrukcí obálky budovy	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce H_T [W/K]
Stěny vnější	308,1	0,12	1,0	37,0
Střecha	361	0,12	1,0	43,3
Podlaha k zemině	361	0,15	0,8*	42,8
Stěna k zemině	262,2	0,15	0,8*	31,1
Okna	208,5	0,6	1,0	125,1
Dveře	7,88	0,9	1,0	7,1
Přirážka na tepelné mosty	0,02 · A			30,2
CELKEM	1508,6	-	-	316,5
$U_{em} = H_T/A = 0,21 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$				

*Pozn: Činitel teplotní redukce pro konstrukce přilehlé k zemině je prozatím určen orientačně.

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla se stanovuje jako vážený průměr požadovaných součinitelů prostupu tepla. Dále je omezen na základě objemového faktoru.

Tabulka 17 – Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Výpočet požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$			
Objem budovy – vnější objem vytápěné hranice	V	3736,35	m ³
Celková plocha konstrukcí	A	1508,60	m ²
Objemový faktor budovy	A/V	0,40	m ² /m ³
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla budovy (dle tab. 16)	U_{em}	0,21	W/m ² K
Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy dle váženého průměru požadovaných součinitelů prostupu tepla	$U_{em,N,20}$	0,50	W/m ² K
Nejvyšší požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy dle objemového faktoru $U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$	$U_{em,N,20}$	0,67	W/m ² K

2.7.3 Nejnižší povrchová teplota konstrukce

Následující tabulka uvádí kritický teplotní faktor pro dané návrhové teploty a k němu odpovídající povrchovou teplotu. Návrhová venkovní teplota je -17 °C. V prostorech je uvažováno s úpravou vlhkosti vzduchotechnikou, bezpečnostní vlhkostní přírážka je podle ČSN EN ISO 1378 uvažována $\Delta\varphi_i = 5\%$. Pro výplně otvorů je uvažováno s kritickou vlhkostí 100 %, pro stavební konstrukce 80 %.

Tabulka 18 – Nejnižší povrchová teplota konstrukce

Typ konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu Θ_{ai} [°C]	Návrhová relativní vlhkost v zimním období φ_i [%]	Kritický teplotní faktor vnitřního vzduchu $f_{Rsi,cr}$ [-]	Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru [°C]
Stavební konstrukce	20	60	0,800	12,6
	22	50	0,808	14,5
Výplně otvorů	20	60	0,784	11,9
	22	50	0,720	11,1

2.7.4 Kondenzace vodní páry

Zadaný objekt bude navržen na bázi dřeva. U některých konstrukcí kondenzace vodní páry může ohrozit jejich funkci a nesmí dojít ke kondenzaci, tedy musí platit: $M_c = 0$.

Pro ostatní konstrukce je připuštěná kondenzace $M_c \leq M_{c,N}$. Pro jednoplášťovou střechu platí $M_{c,N} = 0,10$ kg/(m².a), pro ostatní konstrukce $M_{c,N} = 0,50$ kg/(m².a).

Tabulka 19 – Kondenzace vodní páry

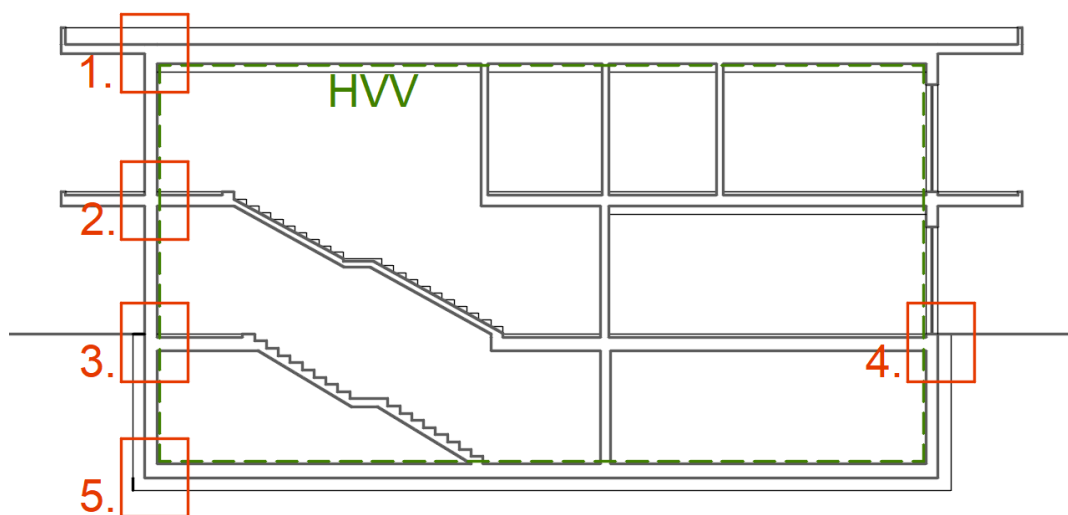
Konstrukce obálky budovy	Maximální připuštěná kondenzace vodní páry $M_{c,N}$ [kg/(m ² .a)]	Maximální dovolená rovnovážná hmotnostní vlhkost (pro dřevěné prvky) [%]
Stěny vnější	bez kondenzace	16
Střecha	0,10	16
Podlaha k zemině	0,50	-
Stěna k zemině	0,50	-

Roční zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c [kg/(m².a)] musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry M_{ev} .

2.7.5 Hlavní vzduchotěsnicí vrstva a vyznačení kritických míst

V následujících schématech je vyznačení umístění hlavní vzduchotěsnicí vrstvy a také vyznačena hlavní místa, ve kterých je nutno dbát na zvýšenou pozornost při podrobném návrhu především z hlediska:

- Umístění hlavní vzduchotěsnicí vrstvy
- Splnění požadavků na nejnižší dotykovou teplotu konstrukce
- Splnění požadavků na kondenzaci vodní páry



Obrázek 11 - Vyznačení HVV a kritických míst

3. NÁVRH ENERGETICKÉ KONCEPCE

3.1 Požadavky na energetickou koncepci

Při návrhu energetického konceptu bude, kromě dosažení požadavků pro budovu s **téměř nulovou spotřebou energie**, cíleno na dosažení **energeticky nulové budovy**.

Požadavky pro splnění budovy s téměř nulovou spotřebou energie budou posouzeny metodou porovnání s referenční budovou dle vyhlášky č. 264/2020 Sb, která byla podrobně popsána v kapitole 1.

V následující tabulce jsou uvedeny základní požadavky na energeticky nulovou budovu, které orientačně uvádí příloha A v ČSN 73 0540-2. Kritéria jsou uvedena vzhledem k navrhované budově mateřské školy, tedy neobytné budově:

Tabulka 20 – Požadavky pro dosažení energeticky nulového standardu na zadané budově

Požadavky pro energeticky nulovou budovu	Jednotka	Kritérium
Průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² .K)	≤ 0,35
Měrná potřeba tepla na vytápění	kWh/(m ² .a)	≤ 30
Měrná potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů	kWh/(m ² .a)	≤ 0

Zároveň je výhodné cílit na některé vybrané požadavky pro pasivní budovy, především:

Tabulka 21– Doplňující požadavky pro dosažení pasivního standardu na zadané budově

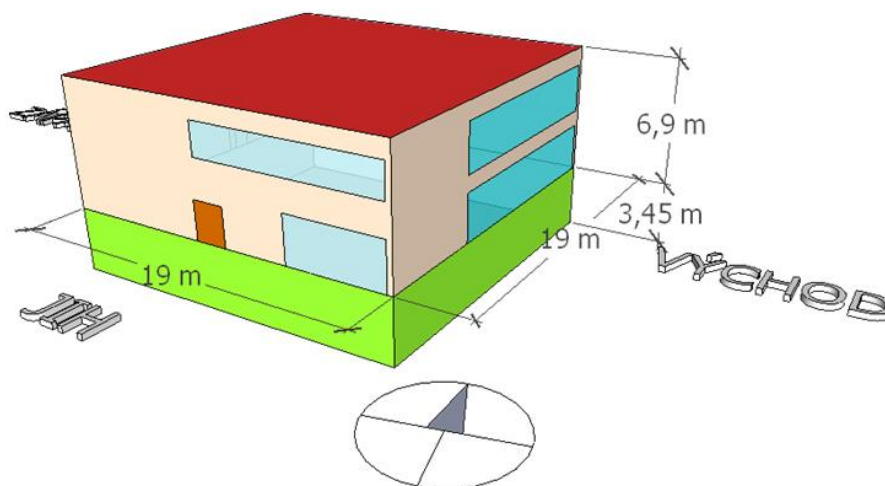
Požadavky pro pasivní budovu	Jednotka	Kritérium
Měrná potřeba tepla na vytápění	kWh/(m ² .a)	≤ 15
Měrná potřeba energie na chlazení	kWh/(m ² .a)	≤ 15

3.2 Úvodní zamyšlení k energetické koncepci

Pro dosažení energeticky nulové budovy je třeba mít na paměti, že každá budova vyžaduje individuální a komplexní přístup. Je třeba najít vhodnou kombinaci mnoha faktorů – samotné snížení průměrného součinitele tepla a snížení potřeby na vytápění nestačí. V rámci energetické koncepce je třeba hledat zdroje které efektivně využívají energii a/nebo využívají energii z obnovitelných zdrojů. Pro dosažení energeticky nulové budovy bude také nezbytné zvážit možnost vlastní produkce energie.

3.3 Energetický model budovy

Dle zadané architektonické studie a poznatků z předchozí kapitoly byl sestaven model objektu v programu Sketchup 2020, který slouží pro získání potřebných parametrů pro energetické výpočty budovy (geometrické charakteristiky, plochy konstrukcí, objemy zón apod.).



Obrázek 12 – Model budovy v programu Sketchup 2020

3.4 Rozdělení objektu na zóny

Objekt je pro účely energetického vyhodnocení rozdělen do následujících zón:

- **Zóna 1** – Prostory MŠ
 - Třídy a herny
 - Kabinety
 - Šatny
 - Jídelna
- **Zóna 2** – Komunikace a zázemí
 - Chodby a schodiště
 - Sklady
 - Zázemí 1.PP (technická místnost)
- **Zóna 3** – Komunitní místnost a archiv

Výše uvedené rozdělení bylo zvoleno s ohledem na odlišné provozní parametry a odlišné požadavky na vnitřní prostředí. Zároveň, kde to bylo možné, zde byla snaha o zjednodušení a sloučení zón především z důvodu náročnosti výpočtu (v podrobném hodnocení v projekční části bude proveden výpočet v hodinovém kroku).

Rozdělení na zóny – 1.PP, 1.NP a 2.NP:



Obrázek 13 – Rozdělení na zóny – 1.PP, 1.NP a 2.NP

Následující tabulka pro jednotlivé zóny uvádí návrhové vnitřní teploty a geometrické rozměry.

Tabulka 22 – Shrnutí zón

Zóna	Energeticky vztázná plocha [m ²]	Celková podlahová plocha [m ²]	Objem zóny [m ³]	Návrhová vnitřní teplota [°C]	
				Vytápění	Chlazení
Z1 – Prostory MŠ	630,4	566,7	2 189	20	22
Z2 – Komunikace a zázemí	246,8	218,4	848	15	-
Z3 – Komunitní místnost a archiv	205,8	184,7	700	20	-
CELKEM	1 083,0	969,8	3 736	-	-

3.5 Analýza možností technických systémů

3.5.1 Volba zdroje tepla

Zdroj tepla bude v budově využíván pro vytápění, ohřev TV, případně ohřev VZT. Při volbě pro energeticky efektivní budovu je vhodné hledat takový zdroj tepla, který má nízkou potřebu primární energie (tj. využívá z velké části obnovitelných zdrojů), případně zdroj, který primární palivo maximálně využívá (např. kotel na zemní plyn) [11].

Při výběru zdroje tepla je zároveň důležité vzít v úvahu stavební a architektonické řešení zadaného objektu a zvolit koncové prvky vytápění, které zde budou kompatibilní. Zadaný objekt bude pravděpodobně navržen jako lehká konstrukce na bázi dřeva (podrobně viz Kapitola 4), což dává např. některá omezení z hlediska volby distribuce a koncových prvků. V objektu se dále nachází převážně francouzská okna a může tedy být vhodné zvolit plošné vytápění (podlahové, případně stěnové nebo stropní) pro zajištění optimálního rozložení tepla v místnosti a minimalizaci tepelných ztrát při otevřených oknech.

V úvahu byly brány následující zdroje tepla:

a) Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo umožňuje čerpat nízkopotenciální teplo z okolního prostředí. Významnou charakteristikou tepelného čerpadla je nízká teplota otopné vody (v rozmezí 35-45 °C), což s sebou nese jak výhody (při vhodném návrhu koncových prvků, např. plošného vytápění, to vede k nízkým tepelným ztrátám), tak i nevýhody (především na přípravu teplé vody, která je ohřívána na teploty až 55-65 °C). Tepelné čerpadlo je z vhodné doplnit vedlejším bivalentním zdrojem tepla, z důvodu přípravy teplé vody, a také z důvodu nižšího výkonu při extrémních podmínkách. Kompresorové tepelné čerpadlo využívá k pohonu elektrickou energii, která má vysoký faktor neobnovitelné primární energie, avšak díky využití energie z okolí jí využívá s vysokou účinností (vyjádřenou topným faktorem COP). Spotřebu elektřiny lze z malé části také pokrýt výrobou z obnovitelných zdrojů, např. pomocí fotovoltaických panelů. Ve výsledku se ale jedná o **vhodný zdroj** pro pasivní a energeticky nulové budovy. Nevýhodou tohoto systému jsou především vysoké investiční náklady.

b) Kotel na zemní plyn

Kotel na zemní plyn může najít své uplatnění i při návrhu energeticky efektivní budovy. Přestože má zemní plyn má v porovnání s obnovitelnými zdroji průměrnou hodnotu faktoru neobnovitelné primární energie, disponuje však vysokou účinností. Například kondenzační kotle díky cílenému využití latentního tepla ve vodních párách spalin dosahují účinnosti až nad 100 %. U moderních kotlů je také výhodou plynulá regulace výkonu hořáku, což umožňuje široký rozsah výkonu. Mezi nevýhody patří nutnost zajištění odvodu spalin, přívodu spalinového vzduchu do kotelny a přívodu plynovodu. Dále je potřeba pravidelná údržba a revize. I přesto jsou investiční náklady kotle na zemní plyn nízké a celkově se tak jedná o méně nákladnou variantu. Celkově se jedná o **vhodný zdroj**, avšak je nutné brát v úvahu nejistotu růstu ceny plynu v budoucnosti, a proto může být výhodnější cílit na zdroje využívající obnovitelné zdroje energie

c) Elektrické přímotopné vytápění

Další variantou je návrh zdrojů využívající přímý ohřev pomocí elektrické energie. Těmi může být například elektrický kotel, zásobníkový ohříváč, nebo odporové kabely či topné fólie v podobě plošného vytápění. Elektrické vytápění není častým způsobem pro vytápění pasivních a nízkoenergetických budov – vzhledem k nepříznivé bilanci primárních paliv v elektrárnách má elektřina jako palivo vysoký faktor neobnovitelné primární energie. V současné době by tedy pravděpodobně bylo náročné vyhovět zadaným požadavkům na energetickou náročnost. Z tohoto hlediska se tedy jedná o **nevhodnou** variantu.

V principu se ale jedná o vhodnou variantu pro zadaný objekt mateřské školy. Jedná se o levný systém, který se vyznačuje rychlou regulací, což může být obzvlášť vhodné pro konstrukční systém na bázi dřeva s nízkou tepelnou setrvačností. Systém může rychle reagovat na změnu vnitřních podmínek a zabránit například aby část objektu byla přetápěná. V kombinaci s inteligentním ovládáním se může jednat o vhodnou variantu pro snížení spotřeby na vytápění.

Z hlediska hodnocení energetické náročnosti v budoucnu lze očekávat zvýšení podílu obnovitelných zdrojů v elektrárnách, což může mít vliv na snížení faktoru neobnovitelné primární energie. Kromě toho lze částečně pokrýt spotřebu vlastní výrobou z obnovitelných zdrojů pomocí fotovoltaického systému. Nicméně nelze na to příliš spoléhat, vzhledem k nerovnoměrnosti výroby a spotřeby (špička výroby FVE nastává v létě, zatímco špička potřeby vytápění v zimě). Z výše uvedených důvodů je pro zadanou MŠ **vhodné** alespoň zvážit tuto variantu.

d) Kotel na biomasu

Kotel na biomasu využívá tuhá biopaliva (např. dřevěné štěpky a pelety, či kusové dřevo), které mají nízký faktor neobnovitelné primární energie a lze je považovat za ekologické palivo. V okolí obce zadané MŠ (Muntlix, Rakousko) se nachází velký počet lesů, takže se může jednat o ekologické a udržitelné řešení využívající lokální zdroje. Pro zadaný objekt by byl vhodný automatický kotel na biomasu, který se vyznačuje vysokou účinností a nízkými emisemi. Z důvodu vysoké výstupní teploty kotle na biomasu, a vzhledem k nízké potřebě na vytápění (budovy v pasivním/nulovém standardu) je vhodné doplnit kotel o akumulaci tepla.

Nevýhodou tohoto řešení jsou především dispoziční požadavky na kotelnu. Kromě kotle a akumulace je dále nutno vybudovat zásobník paliva a komín pro odvod spalin. Dispozice zadané MŠ s tímto nepočítala a bylo by nutné jí výrazně upravit. Tyto faktory dělají z kotle na biomasu **nevhodný** zdroj pro zadanou MŠ.

3.5.2 Analýza možností chlazení

Při návrhu pasivní/nulové budovy je vhodné, aby potřeba chlazení byla minimalizována pomocí vhodných stavebních a architektonických úprav. Samotná budova MŠ bude mít poměrně malé vnitřní tepelné zisky a v ideálním případě by aktivní chlazení mělo být zbytečné.

Potřebu chlazení lze omezit například vhodným návrhem stínění a zvýšením tepelné setrvačnosti. Podrobněji se tomuto bude věnovat Analýza letního přehřívání v projekční části.

Strojní chlazení je přesto vhodné zvážit. V budoucnosti se očekává nárůst teploty v důsledku změny klimatu, proto je vhodné zvážit použití strojního chlazení alespoň jako doplňku, aby bylo zajištěno příjemné vnitřní prostředí.

V úvahu byly brány následující možnosti chlazení:

a) Pasivní chlazení tepelným čerpadlem

Při realizaci tepelného čerpadla jako zdroje tepla se nabízí možnost návrhu zdroje, které umožňuje pasivní chlazení. V případě tepelného čerpadla země-voda je teplo odváděno z budovy do země pomocí čerpadla, aniž by byl použit kompresorový cyklus.

b) Aktivní (strojní) chlazení

V případě realizace strojního chlazení se nabízí několik možností. Z hlediska zdroje chladu je vhodné kompresorové chlazení, které může být zajištěno samostatnou jednotkou, nebo případně k tomuto účelu lze použít tepelné čerpadlo země-voda (které by sloužilo pro vytápění i chlazení).

Z hlediska distribuce může být chlazení řešeno pomocí lokálních klimatizačních jednotek s přímým přívodem chladiva (např. multi-split nebo VRV). Alternativně může být vhodné řešení vodní soustava řešená pomocí chladících stropů.

c) Noční větrání

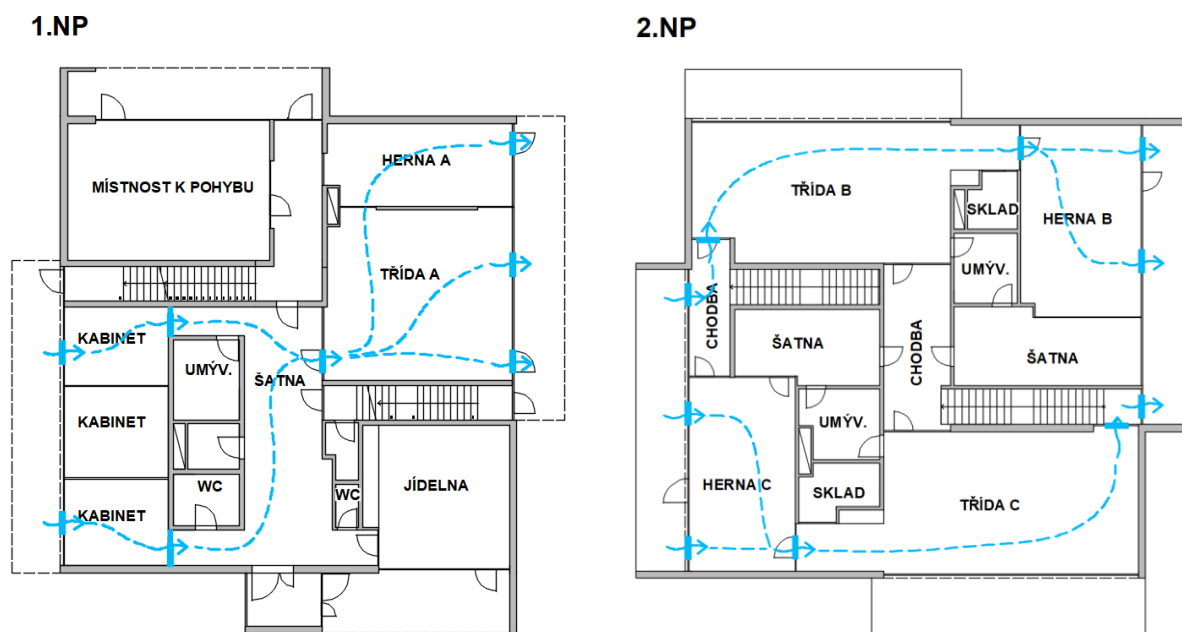
Při nočním větrání se hmota konstrukcí budovy předchlazuje chladným nočním vzduchem. Jedná se o nízkoenergetický způsob chlazení, který lze navrhnout přirozeným nebo nuceným větráním. Přirozené noční větrání může zajistit pasivní chlazení bez spotřebování energie, ale je nutná důsledná optimalizace budovy.

Nucené noční větrání může být zajištěno v kombinaci se systémem VZT. Pro zajištění velkých průtoků vzduchu by ale bylo nutné značně předimenzovat rozvody a celkově se díky spotřebě elektřiny na pohon ventilátorů může jednat o neefektivní metodu.

Základní podmínky pro návrh nočního větrání lze shrnout takto [11]:

1. *Nízká venkovní teplota v nočních hodinách* – podmínky v obci Muntlix jsou vhodné pro návrh nočního větrání. Průměrná letní noční teplota se zde pohybuje mezi 12 až 15 °C.
2. *Dostatečná tepelná akumulace* – konstrukční systém na bázi dřeva bude mít sám o sobě nízkou tepelnou setrvačnost. Akumulaci lze ale cíleně zvýšit kombinací dřeva s materiály, které mají vyšší akumulaci schopnost, např. betonové podlahy.

3. *Dobré provětrávání budovy* – původní otevřená dispozice budovy musela být rozdělena především z důvodů požadavků PBR. Přesto je ale možné do jisté míry zajistit příčné provětrávání hlavních kritických místností.



Obrázek 14 - Provětrávání podlaží

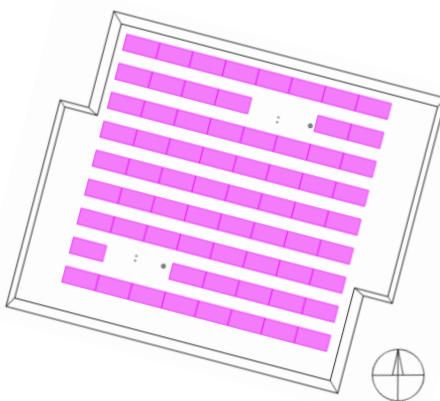
Návrh nočního větrání je z výše uvedených důvodů vhodné vzít v úvahu alespoň jako vedlejší zdroj chlazení budovy.

3.5.3 Návrh FVE

Návrh fotovoltaické elektrárny (FVE) představuje klíčový prvek pro dosažení energeticky nulového standardu. Návrh umožní vlastní výrobu elektrické energie z obnovitelného zdroje, čímž se sníží závislost budovy na externích dodavatelích.

Možnost umístění FVE na střeše

Na objektu se nachází plochá střecha s rozměrem cca 412 m². Návrh FVE může využít část střechy, nebo může využít plný potenciál dostupné plochy na střeše budovy. Při plném pokrytí střechy je uvažováno s instalací kolem 68 ks panelů (celkový výkon elektrárny 31,3 kWp při výkonu 460 Wp/panel) s jižní orientací.



Obrázek 15 – Umístění FVE na střeše

Pro montáž panelů je možné využít nosnou konstrukci (hliník, kov) kotvenou do konstrukce, nebo lze využít plastové „vaničky“ které se naplní zátěží. Vhodný sklon je 10-35°.

Akumulace

Pro vyšší míru využití vyrobené energie pro objekt se nabízí možnost akumulace. To znamená, že přebytečná elektrická energie, kterou FVE produkuje v případě, že její výkon přesahuje aktuální spotřebu, může být skladována v bateriích. Tím se zajistí dostupnost energie i v době, kdy sluneční záření není dostatečné.

Dodávání přebytků do sítě

V případě, že bude využita celá plocha střechy, lze předpokládat, že produkce převyšuje vlastní spotřebu objektu. Tato situace bude výrazná především pro letní období, kdy budova mateřské školy bude minimálně využívána, zatímco produkce je nejvyšší.

V tomto případě je výhodné zvážit možnost dodávky přebytků do elektrické sítě. Pro nakládání s přebytky existuje více možností. Jednou možností je běžný prodej přebytků do sítě, kdy je elektrický distribuční systém schopen odkoupit přebytečnou energii. Další možností je vytvoření lokální distribuční soustavy, která umožňuje rozvod elektrické energie mezi jednotlivými domy v rámci obce.

3.6 Návrh variant energetické koncepce

Pro výběr vhodného řešení energetické koncepce jsou vytvořeny tři varianty s různými zdroji tepla a chlazení. Pro varianty bude poté provedeno předběžné vyhodnocení a srovnání na vytvořeném energetickém modelu v programu Energie 2023. Veškeré varianty uvažují se stejnými stavebními parametry budovy. Dále je pro všechny varianty uvažovaná instalace VZT se zpětným získáváním tepla a také instalace fotovoltaického systému (FVE).

Tabulka 23 – Shrnutí variant energetické koncepce

Varianta	Zdroj tepla	Chlazení
V1	Tepelné čerpadlo země-voda	Chlazení tepelným čerpadlem
V2	Plynový kondenzační kotel	Multi-split systém
V3	Elektrické přímotopné vytápění	Multi-split systém

VARIANTA 1 – Tepelné čerpadlo země-voda pro vytápění a chlazení

Varianta uvažuje s tepelným čerpadlem země-voda jako zdrojem tepla pro vytápění a také zdrojem pro chlazení budovy. Navržené tepelné čerpadlo umožňuje funkci pasivního (ale případně i aktivního) chlazení, což je výhodné pro dosažení energeticky efektivní budovy. Tepelným čerpadlem lze částečně zajišťovat i ohřev TV. Jako doplňkový zdroj bude elektrokotel. V kombinaci s fotovoltaickým systémem lze část spotřeby tepelného čerpadla pokrýt energií z obnovitelného zdroje.

VARIANTA 2 – Plynový kondenzační kotel se strojním chlazením

Varianta uvažuje s plynovým kondenzačním kotlem jako hlavním zdrojem tepla pro vytápění a zároveň pro ohřev TV. Chlazení je řešeno odděleně samostatnou venkovní jednotkou (např. multi-split systém). Plynový kondenzační kotel sice nevyužívá obnovitelných zdrojů, ale pracuje s vysokou účinností. Distribuce lze zajistit např. pomocí podlahového vytápění nebo konvektorů. Chladicí systém umožňuje efektivní řízení teploty v období, kdy samotné stavební úpravy nestačí pro eliminaci tepelných zisků.

VARIANTA 3 – Elektrické přímotopné vytápění se strojním chlazením

Tato varianta uvažuje s vytápěním pomocí elektrických přímotopů, například v podobě plošného vytápění. Prakticky se může jednat o vhodnou variantu, která umožňuje jednoduchou instalaci a regulaci. Výpočetně se pravděpodobně bude jednat o nevýhodnou z důvodu vysokého faktoru primární energie elektřiny. V kombinaci s fotovoltaickým systémem lze ale opět část spotřeby pokrýt energií z obnovitelného zdroje. Chlazení je obdobně jako v předchozí variantě řešeno odděleně samostatnou venkovní jednotkou (např. multi-split systém).

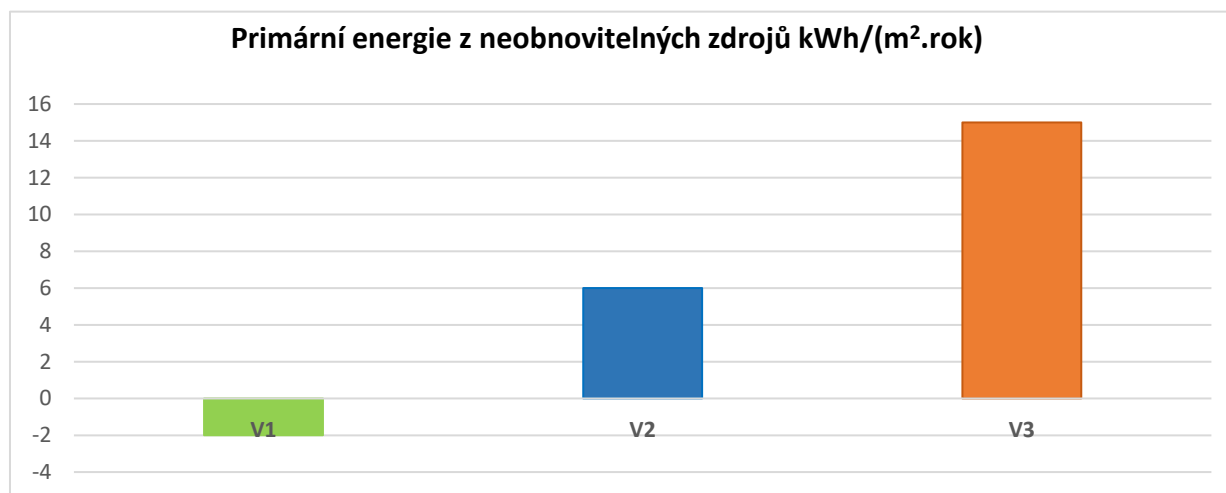
3.7 Vyhodnocení variant

V následující tabulce je provedeno hodnocení variant na základě energetického modelu v programu Energie 2023 (metodou výpočtu stanoveném dle vyhl. 264/2020 Sb.).

Tabulka 24 – Vyhodnocení variant

Požadavek	Jednotka	V1	V2	V3
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em}	W/(m ² .K)	0,21	0,21	0,21
Celková dodaná energie	kWh/(m ² .rok)	24	27	23
Měrná potřeba tepla na vytápění	kWh/(m ² .rok)	15	15	15
Měrná potřeba tepla na chlazení	kWh/(m ² .rok)	3	3	3
Primární energie z neobnovitelných zdrojů	kWh/(m ² .rok)	-2	6	15

Z výsledků lze vidět, že varianta V1 dosahuje záporné primární energie, což naznačuje, že produkcí energie z fotovoltaického systému, v kombinaci s využitím energie okolí pomocí tepelného čerpadla bylo dosaženo celkové bilance nižší než nula a budova tedy dosahuje energeticky nulového standardu (dle orientačních kritérií dle ČSN 73 0540-2). Varianta V2 dosahuje nízké primární energie, avšak nedosahuje energeticky nulového standardu. Varianta V3 vychází nejhůře ze všech variant, z důvodu vysoké spotřeby elektřiny, která má vysoký faktor neobnovitelné primární energie.



Je však důležité zmínit, že výše provedený výpočet dle vyhlášky 264/2020 Sb. pouze omezený pohled na skutečnou realitu. Například přetoky vyprodukované energie z fotovoltaického systému jsou podle momentálně platné vyhlášky omezené pouze do dvojnásobku celkové dodané energie v každém intervalu výpočtu, což pravděpodobně ještě více omezuje hodinový krok výpočtu.

Tato omezení mohou mít vliv na skutečný potenciál využití fotovoltaické energie v dosažení energeticky nulového standardu. Pro výslednou variantu bude vhodné přihlídnout k dalším faktorům, jako je potenciál pro akumulaci energie v bateriovém systému a možnosti využití přebytků vyprodukované energie (podrobný návrh FVE bude proveden v projekční části).

4. NÁVRH KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU NA BÁZI DŘEVA

Při návrhu nejen energeticky efektivní, ale i ekologicky udržitelné budovy je klíčové zvolit vhodný konstrukční systém. Konstrukce na bázi dřeva nabízí řadu výhod. Z hlediska udržitelnosti je dřevo obnovitelný zdroj, které je považováno za uhlíkově neutrální materiál. Zpracování dřeva také zpravidla vyžaduje mnohem méně primární energie oproti ostatním materiálům [14]. Zároveň se jedná o materiál s relativně dobrými mechanickými a tepelně-izolačními vlastnostmi.

V následující kapitole budou na základě zadané architektonické studie a na základě analýzy požadavků (viz kapitola 2) navrženy dvě varianty konstrukčního systému na bázi dřeva, které budou sloužit pro volbu pro zadaný objekt MŠ.

4.1 Popis varianty 1 – Dřevěný skelet

Jako první varianta byl zvolen těžký dřevěný skelet. Tento konstrukční systém využívá svíslé a vodorovné prvky, např. z nosníků lepeného lamelového dřeva které tvoří nosnou konstrukci. Výhodou systému je především velká flexibilita při přizpůsobování dispozici budovy. Vzhledem k tomu, že konstrukce mateřské školy musí být druhu DP2, je nutné prvky opláštit požárním obkladem (odolnosti A1 nebo A2). Stabilita objektu bude řešena pomocí ocelových ztužidel. Spodní stavba, která musí být z konstrukcí DP1 bude řešena pomocí zdiva z keramických nebo betonových bloků založených na základových pasech.

Výhody: skeletový systém se snadno přizpůsobí dispozici; vhodné pro velké prosklené plochy na zadané budově

Nevýhody: nutnost prostorového ztužení; nutnost řešit tepelný most předsazených konstrukcí

4.2 Popis varianty 2 – Stěnový systém z CLT panelů

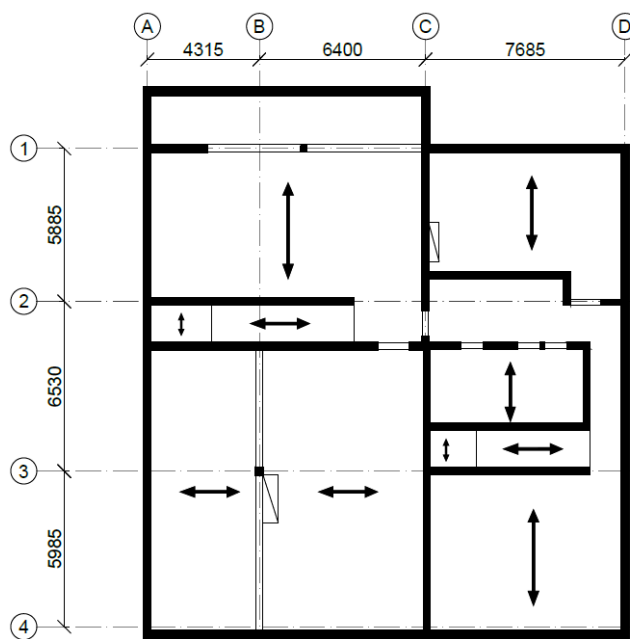
Jako druhá varianta bylo zvoleno masivních panelů CLT (Cross-Laminated Timber). Stropní konstrukce budou řešeny žebrovými dřevěnými panely. Stěnový systém nabízí vysokou stabilitu bez nutnosti dodatečného prostorového ztužení. Panely CLT mají také vysokou požární odolnost, ale vzhledem k požadavkům na požární bezpečnost je přesto nutný obklad pro vytvoření konstrukce DP2, čímž ubude na estetické kvalitě panelů. Spodní stavba bude řešena stejně jako v předchozí variantě, tedy z keramických nebo betonových bloků založených na základových pasech.

Výhody: vysoká stabilita stěnového systému, odolnost vůči požáru, snadná montáž

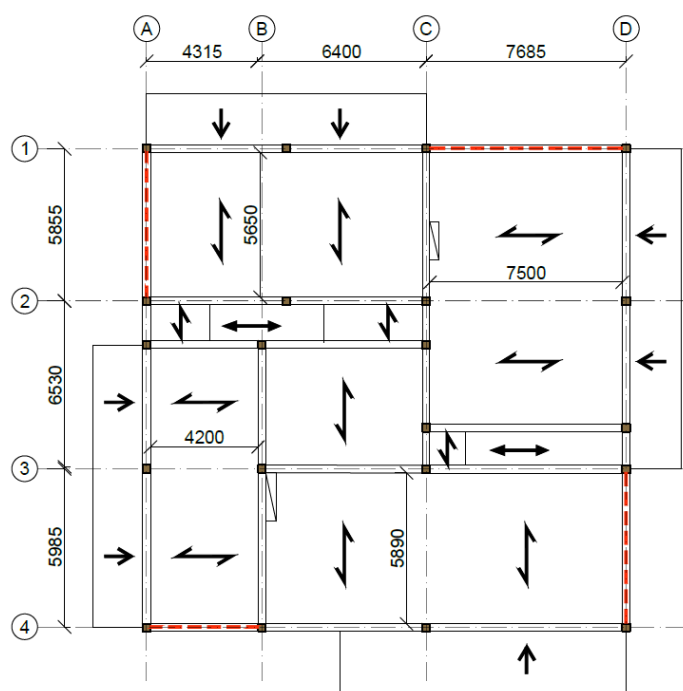
Nevýhody: vyšší cena, vyšší spotřeba materiálu v porovnání se skeletovým systémem

VARIANTA 1 – TĚŽKÝ DŘEVĚNÝ SKELET

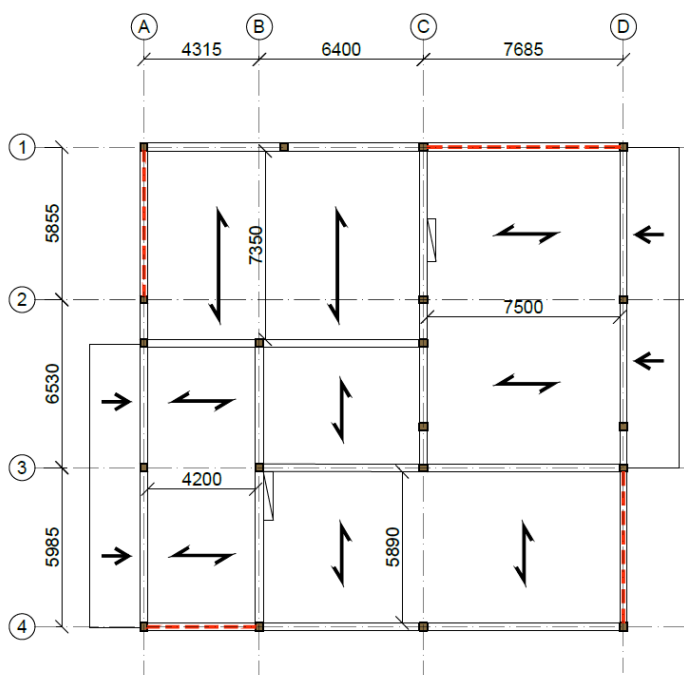
STROP NAD 1.PP



STROP NAD 1.NP



STROP NAD 2.NP



LEGENDA

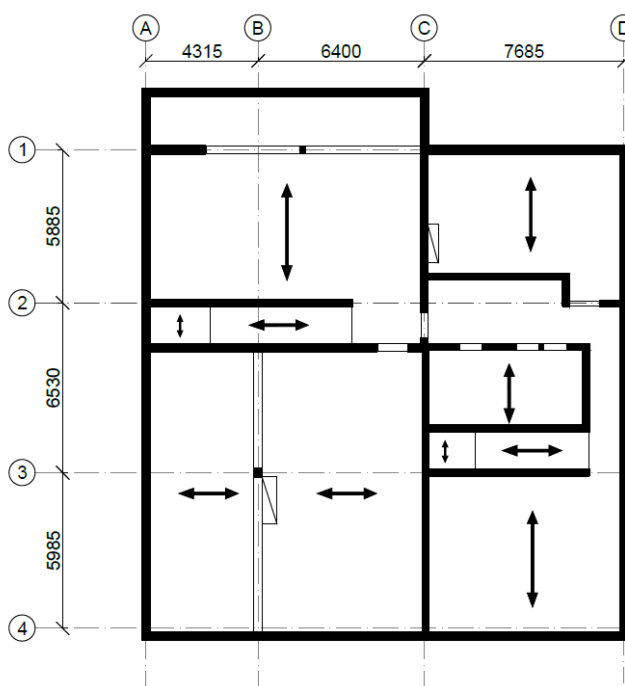
- ZDIVO
- SLOUPY (OCEL)
- DŘEVĚNÉ SLOUPY
- PRŮVLAKY
- ZTUŽENÍ

VARIANTA 1		
A	SVISLÉ KONSTRUKCE	- Dřevěné sloupy (DP2 požární obklad)
B	VODOROVNÉ KONSTRUKCE	- Dřevěné trámy + Trámový strop (DP2 podhled)
C	PROSTOROVÁ TUHOST	- Prutová ztužidla - (Rámové spoje)
D	ZÁKLADY / SPODNÍ STAVBA	Základové pasy + zdivo + stropní panely (DP1)
E	OBVODOVÝ PLÁŠT	Lehká dřevěná konstrukce s minerální vatou
F	SCHODIŠTĚ	- 1.PP: železobetonové deskové schodiště (DP1) - 1-2.NP: dřevěné schodiště + obklad (DP2)
G	VNITŘNÍ DĚLÍČÍ KONSTRUKCE	Montované stěny se sádkartonovými deskami + dřevo (DP2)

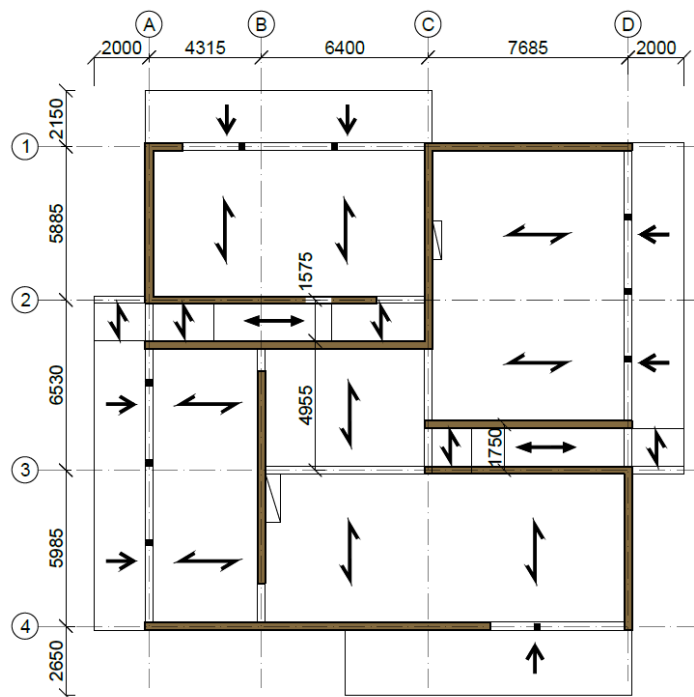
Obrázek 17 - Konstrukční systém varianta 1

VARIANTA 2 – STĚNOVÝ SYSTÉM S CLT PANELE

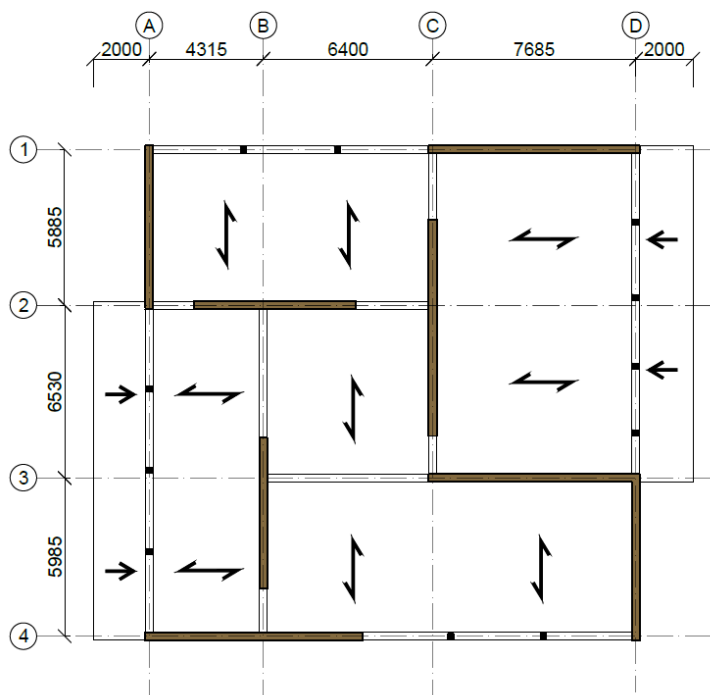
STROP NAD 1.PP



STROP NAD 1.NP



STROP NAD 2.NP



LEGENDA

- ZDIVO
- SLOUPY (OCEL)
- DŘEVĚNÉ STĚNY (CLT)
- PRŮVLAKY

VARIANTA 2		
A	SVISLÉ KONSTRUKCE	- Stěnové CLT panely (DP2 požární obklad) V místě oken ocelové sloupy
B	VODOROVNÉ KONSTRUKCE	- Dřevěné žebrové panely - např. NOVATOP ELEMENT (DP2 podhled / obklad)
C	PROSTOROVÁ TUHOST	- Stěnový systém ztužuje objekt
D	ZÁKLADY / SPODNÍ STAVBA	Základové pasy + zdivo + stropní panely (DP1)
E	OBVODOVÝ PLÁŠT	Minerální vata
F	SCHODIŠTĚ	- 1.PP: železobetonové deskové schodiště (DP1) - 1-2.NP: ocelové schodiště + podhled (DP2)
G	VNITŘNÍ DĚLÍČI KONSTRUKCE	Montované stěny se sádkartonovými deskami + dřevo (DP2)

Obrázek 18 - Konstrukční systém varianta 2

4.3 Závěr

Po zvážení výhod a nevýhod obou variant se obě zdají být dobré řešení pro zadanou MŠ. Rozhodl jsem se volit variantu 2, kterou představuje použití masivních panelů CLT. Tento systém poskytuje vysokou stabilitu stěnového systému a zároveň umožňuje snadnou výrobu a montáž. Odolnost proti požáru je dalším významným bonusem, který přispívá k bezpečnosti budovy. I přes možné náročnosti při přizpůsobování dispozici budovy, je tato varianta vhodná pro zadanou budovu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literatura:

- [1] Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries
- [2] "Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti." EUR-Lex - 32018L0844-CS-EUR-Lex. EU
- [3] European Union. "Fit for 55": achieving the EU's climate target for 2030 on the way to climate neutrality (EUR-Lex - 52021DC0550 - EN - EUR-Lex). Dostupné z: eur-lex.europa.eu. [Citováno: 2023-03-15].
- [4] "Passive House Planning Package (PHPP)." Passive House Institute, Dostupné z: https://passivehouse.com/04_phpp/04_phpp.htm. [Přístupováno: 2023-05-22]
- [5] Concerted Action EPBD. "Cost optimal levels for energy performance requirements: Executive summary" [online]. Aggerholm, S., Erhorn H., Hitchin R., ErhornKluttig H., Poel H., Thomsen K., Wittchen K. Červenec 2011. [Citováno: 2023-03-15].
- [6] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.
- [7] Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov.
- [8] „Pohled na budovy s téměř nulovou spotřebou energie v kontextu současných legislativních požadavků v ČR“ [online]. Urban, M.; Kabele, K. Leden 2017. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie> [Citováno: 2023-03-15]
- [9] Tywoniak, J. (2012). Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. Grada.
- [10] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby
- [11] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [12] Vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb
- [13] Liberská, M., & Maierová, L. 2021. Daylighting provision and visual comfort in unilaterally and bilaterally illuminated classrooms.
- [14] Blaß, H. J., & Sandhaas, C. (2017). Timber Engineering - Principles for Design.
- [15] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
- [16] M. Pokorný, P. Hejtmánek. Požární bezpečnost staveb. ČVUT v Praze 2021.
- [17] J. Hazucha, J. Bárta. Konstrukční detaily pro pasivní domy. Grada 2014.

Normy:

- [18] ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov: část 2 Požadavky
- [19] ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov: část 3 Návrhové hodnoty veličin
- [20] TNI 73 0330: Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy
- [21] TNI 73 0329: Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy
- [22] ČSN 73 0331-1: Energetická náročnost budov
- [23] ČSN 73 0802: Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty
- [24] ČSN 73 0834: Požární bezpečnost staveb – Změny staveb
- [25] ČSN 73 0532: Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky
- [26] ČSN EN 15 665/Z1: Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
- [27] ČSN 73 0580: Denní osvětlení budov

Použitý software:

- AutoCAD 2023
- Sketchup 2020
- Energie 2023
- Teplo 2017
- Simulace 2010
- Whimsical, dostupné z: <https://whimsical.com/a>
- MS Office

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Systémová hranice budovy pro hodnocení ENB [8].....	9
Obrázek 2 - Vzor pro grafické znázornění (úvodní stránku) průkazu [7]	11
Obrázek 3 - Zadaná architektonická studie – dispozice	12
Obrázek 4 - Úpravy dispozice pro vyhovění požadavkům PBŘ	15
Obrázek 5 – Rozdělení objektu na požární úseky.....	16
Obrázek 6 - Výsledky analýzy požárně-bezpečnostního řešení.....	19
Obrázek 7 - Výsledky analýzy požadavků na stavební akustiku	21
Obrázek 8 - Výsledky analýzy požadavků na vnitřní mikroklima	24
Obrázek 9 - Zvolené kritické místnosti pro letní přehřívání	26
Obrázek 10 – Systémová hranice obálky budovy	27
Obrázek 11 - Vyznačení HVV a kritických míst.....	30
Obrázek 12 – Model budovy v programu Sketchup 2020	32
Obrázek 13 – Rozdělení na zóny – 1.PP, 1.NP a 2.NP	33
Obrázek 14 - Provětrávání podlaží	37
Obrázek 15 – Umístění FVE na střeše	38
Obrázek 16 - Blokové schéma energetické koncepce	41
Obrázek 17 - Konstrukční systém varianta 1	43
Obrázek 18 - Konstrukční systém varianta 2	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Požadavky pro nízkoenergetickou budovu dle ČSN 73 0540-2.....	4
Tabulka 2 - Požadavky pro pasivní budovu dle ČSN 73 0540-2	5
Tabulka 3 – Orientační požadavky na energeticky nulovou budovu dle ČSN 73 0540-2.....	6
Tabulka 4 - Ukazatele energetické náročnosti	7
Tabulka 5 Prostorové a obecné požadavky	13
Tabulka 6 - Požadavky PBŘ dle vyhlášky č. 23/2008 Sb.....	14
Tabulka 7 - Požadavky PBŘ dle normy ČSN 73 0834	14
Tabulka 8 – Předběžný výpočet požárního zatížení a stanovení stupně požární bezpečnosti	17
Tabulka 9 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi ve školách dle ČSN 73 0532.20	20
Tabulka 10 - Návrhové parametry vnitřního prostředí	22
Tabulka 11 – Požadavky na intenzitu větrání	22
Tabulka 12 - Požadavky na denní osvětlení dle ČSN 73 0580	25
Tabulka 13 – Zásadní místnosti z hlediska denního osvětlení	25
Tabulka 14 – Kritická místnost pro výpočet letní stability	26
Tabulka 15 – Požadavky součinitele prostupu tepla U konstrukcí a předběžný návrh	28
Tabulka 16 – Předběžný výpočet průměrného součinitele prostupu tepla.....	28
Tabulka 17 – Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy.....	29
Tabulka 18 – Nejnižší povrchová teplota konstrukce	29
Tabulka 19 – Kondenzace vodní páry	29
Tabulka 20 – Požadavky pro dosažení energeticky nulového standardu na zadané budově	31
Tabulka 21– Doplňující požadavky pro dosažení pasivního standardu na zadané budově...31	31
Tabulka 22 – Shrnutí zón	33
Tabulka 23 – Shrnutí variant energetické koncepce	39
Tabulka 24 – Vyhodnocení variant	40