

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Přepřearování monolitické stavby do
systému prefabrikovaných sendvičových
panelů**

Bc. Jiří Koudelka

2018

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.

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

V Praze 7. 1. 2018

.....

Jiří Koudelka

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Pavlu Svobodovi, CSc. za cenné rady, ochotu a spolupráci při vytváření diplomové práce. Současně bych rád poděkoval svým rodičům za podporu během celého svého studia.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Koudelka	Jméno: Jiří	Osobní číslo: 399139
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Přeprocování monolitické stavby do systému prefabrikovaných sendvičových panelů	
Název diplomové práce anglicky: Reworking the monolithic structure into a prefabricated sandwich panel system	
Pokyny pro vypracování:	
- identifikace bytového domu	
- dispoziční a tvarový návrh prefabrikovaného stavebního systému pro vybraný bytový dům	
- tvarový návrh sendvičového panelu s parametry pro pasivní budovu	
- dispoziční zkompletování nosné konstrukce pasivní budovy	
- minimalizace nutnosti mokrého procesu při výstavbě budovy	
- návrh základních konstrukčních detailů	
- energetické posouzení základních obvodových konstrukcí	
Seznam doporučené literatury:	
- Smola, J.: Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. GRADA Publishing 2011	
- Hazucha, J.: Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy. GRADA Publishing 2016	
- Tywoniak, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a další. GRADA Publishing 2012	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.	
Datum zadání diplomové práce: 2.10.2017	Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného 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“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Anotace

Autor se v práci soustředí na přepracování návrhu bytového domu z monolitické stavby na prefabrikovanou. Bytový dům, který je v práci uváděn, by měl po dokončení splňovat nároky pro pasivní budovu. Hlavním tématem autora je tvarový návrh prefabrikované konstrukce a výběr prvků a spojovacích materiálů, které by měly být použity pro výstavbu budovy. V práci autor navrhuje především sendvičové panely, které tvoří obvodový plášť budovy, tyto panely budou už ve výrobně spojeny s tepelnou izolací a jejich výsledná skladba musí splňovat pasivní požadavky. Jako izolace bude použit výrobek firmy Izopol Dvořák, s.r.o., která zároveň autorovi poskytla základní výkresovou dokumentaci monolitického bytového domu, který bude autor přepracovávat. Základním kritériem pro autora je minimalizace betonáže a pokud to bude možné, tak eliminace použití bednění a armování přímo na staveništi. Cílem práce je navrhnout základní modulové řady prefabrikovaných panelů, jejich spojení, jak mezi sebou, tak s ostatními, především vodorovnými konstrukcemi, které budou taktéž předběžně navrženy. Statický výpočet není součástí práce, bude proveden jako jeden z dalších kroků.

Klíčová slova:

Konstrukční systém

Bytový dům

Pasivní budova

Sendvičový panel

Prefabrikace

Železobeton

Neopor

Energetická náročnost

Annotation

The author concentrates on a project redrafting of an apartment building from a monolithic construction to a prefabricated building. After it is finished the apartment building in this thesis should meet the passive building requirements. The main subject matter of this thesis is such a prefabricated construction design and selection of elements and connecting material that should be used for building construction. The author proposes mainly sandwich panels used for forming a circumferential casing of a building. These panels are attached to a thermal insulation during the production and their final composition has to meet passive requirements. A product of Izopol Dvořák, s.r.o., company will be used as insulation. The company provided the author with a basic drafting documentation of a monolithic apartment building which the author will redraft as well. The basic criteria are concreting minimization and elimination of the need of formwork and reinforcement directly on site. The goal of the thesis is a design of a basic modular range of prefabricated panels, their joining, especially through horizontal constructions which will also be proposed. Static design and assessment is not a part of the thesis and will be carried out consequently.

Key words:

Construction system

Apartment building

Passive building

Sandwich panel

Prefabrication

Reinforced concrete

Neopor

Energy intensity

Obsah

Úvod	8
1 Energetická náročnost budov	11
1.1. Druhy obytných budov dle energetické náročnosti	11
1.2. Pasivní dům	11
1.3. Prostup tepla konstrukcí	12
2 Identifikace bytového domu	13
2.1. Celkový popis stavby	14
2.2. Předběžný návrh skladeb základních konstrukcí	14
2.3. Konstrukční a materiálové řešení objektu	16
2.3.1. Zemní práce	16
2.3.2. Základy	16
2.3.3. Svislé nosné konstrukce	16
2.3.4. Příčky	17
2.3.5. Vodorovné nosné konstrukce	17
2.3.6. Konstrukce střechy	18
2.3.7. Tepelné izolace	18
2.3.8. Izolace proti vlhkosti	18
2.3.9. Výplně otvorů	18
2.3.10. Schodiště	19
3 Návrh prefabrikovaných panelů	20
3.1. Systém pro vzájemné spojení dílců	22
3.1.1. Stěnové lišty	22
3.1.2. Stěnové boxy	24
3.2. Systém kotvení stěn	25
3.3. Systém kotvení sloupů	26

3.4.	System pro stabilizaci stěn během výstavby.....	27
3.5.	System pro manipulaci s dílci.....	27
3.6.	Způsob napojení tepelné izolace.....	28
3.7.	Návrh bednicí formy.....	30
4	Nosná konstrukce vybraného objektu	32
4.1.	Svislé nosné konstrukce jednotlivých podlaží	32
4.1.1.	První podlaží.....	32
4.1.2.	Druhé podlaží.....	33
4.1.3.	Třetí podlaží.....	35
4.1.4.	Čtvrté podlaží.....	36
4.2.	Konstrukční detaily	37
4.2.1.	Detail soklu.....	37
4.2.2.	Detail půdorysného spojení stěn.....	38
4.2.3.	Detail napojení stěn a stropní desky.....	40
4.2.4.	Detail napojení okenního otvoru.....	41
4.2.5.	Detail uložení krovu.....	43
4.2.6.	Kotvení předsazených konstrukcí.....	43
4.2.7.	Kotvení svodů do fasády.....	44
5	Energetické posouzení konstrukcí	45
5.1.	Podlaha na terénu	45
5.2.	Podlaha nad garáží	46
5.3.	Obvodový plášť	47
5.4.	Střešní plášť	48
	Závěr	49
	Seznam použité literatury	50

Úvod

Uvědomíme-li si, že se v dnešní době neustále zpříšňují požadavky na výstavbu, především s ohledem na energetickou náročnost, je potřeba podle toho také budovy navrhovat. Prvním krokem pro snížení spotřeby energie v domě je návrh takové konstrukce a její skladby, aby dům na svůj provoz nepotřeboval skoro žádnou externě dodanou energii. Vzhledem k tomu, že více jak 40 % energie se v domech spotřebovává v souvislosti s jejich provozem, je zřejmé, že bez celkové změny v přístupu k výstavbě se cíle, které jsou obecně stanoveny, nepovede naplnit. Jedná se především o směrnice energetické náročnosti budov, které nařizují členským státům Evropské unie, aby zajistily, že po roce 2020 budou stavěny pouze budovy pasivní až nulové. [3]

Pokud se na problematiku podíváme z pohledu stavebníka, je dobré vědět, co všechno výstavba pasivní budovy může přinést. Neinformovaný člověk, vnímá pouze počáteční náklady, které bývají o něco vyšší než u klasické výstavby. Na budovu však nelze pohlížet, jako na jednorázovou investici. Pořizovací investice je jen jedna stránka věci. Dost znatelné mohou být i následné náklady na provoz budovy. Investice do pasivní budovy do budoucna přinese několikanásobně nižší náklady provozní. Pokud navíc člověk splní požadavky, které jsou stanovené ministerstvem životního prostředí, může si zažádat o dotace, ať už se jedná o rekonstrukci stávajícího objektu nebo výstavbu nového. [2]

Při výstavbě pasivních domů, je důležité klást důraz i na přesnost a kvalitu výstavby, domy tedy nemůže stavět každá firma. Seběmenší vady či netěsnosti v obvodové konstrukci snižují její neprůvzdušnost, která po ověření tlakovou zkouškou, patří mezi základní kritéria pasivní budovy. Ve fázi přípravy lze budovu, kvůli její optimalizaci, posoudit z hlediska předpokládané energetické bilance. Nejčastěji se dnes celoevropsky používá návrhový nástroj PHPP (Passive House Planning Package), který pracuje s dostatečnou přesností potřebnou pro pasivní budovy. [4]

Tato práce se zaměřuje na návrh stavebního systému, který by měl zefektivnit výstavbu pasivních bytových domů, jedná se o dvouvrstvé sendvičové panely z vrstvy železobetonu a tepelné izolace. V této práci je stavební systém navržen pro konkrétní pasivní budovu, jejíž původní návrh byl poskytnut jako podklad firmou

Izopol Dvořák, s.r.o. Za předpokladu, že bude budova stavěna jako panelová, podstatně se zrychlí doba její výstavby. Eliminuje se čas nutný k bednění a armování konstrukcí, které při výstavbě z pravidla zabírají nejvíce času. Dále je pak možné zlepšit kvalitu stěnových konstrukcí, které budou vyráběné halově ve formách, tím pádem bude zajištěna větší přesnost, rovinnost a vyšší kvalita betonované směsi. Bohužel se v dnešní době často setkáváme s nedostatkem kvalitních pracovníků, kteří dokáží postavit monolitickou konstrukci bez vad, či nutnosti případných oprav. Pravděpodobně je to způsobeno tím, že pro realizaci monolitické konstrukce je potřeba velké množství pracovníků po delší dobu výstavby. Tento problém se při prefabrikaci výstavby také podstatně zlepší a sníží se celkové množství pracovníků na staveništi při výsledném sestavování budovy.

Cílem této práce je tedy navrhnout tvarové řešení nosné konstrukce pasivní budovy tak, aby byla minimalizována nutnost betonáží na staveništi a pokud to bude možné, tak eliminována nutnost bednění a armování monolitických konstrukcí. Dalším cílem je navrhnout spojovací materiály jednotlivých konstrukcí tak, aby nebyl zbytečně porušován tepelně izolační obal budovy. Energeticky zde budou posouzeny pouze základní obvodové konstrukce. Objekt jako celek bude posouzen jako jeden z následujících kroků, stejně tak bude navazovat statické posouzení, výpočet pořizovacích nákladů a další kroky.

1 Energetická náročnost budov

1.1. Druhy obytných budov dle energetické náročnosti

Každou obytnou budovu, kterou chcete prodat či pronajímat, musíte nechat posoudit z hlediska energetické náročnosti. Mezní hodnotou ve spotřebě tepla budov je 50 kWh/(m²a). Budovy s vyšší spotřebou energie se řadí mezi standardní zástavbu a v dnešní době budou mít jedny z horších parametrů mezi novostavbami. Naopak budovy s nižší spotřebou energie se řadí mezi energeticky úsporné a dle odhadovaného vývoje budou brzy jediné, které bude možné stavět.

Tab. 1: Přehled rozdělení staveb dle energetických požadavků [4]

Domy běžné v 70.-80. letech	Současná novostavba	Nízkoenergetický dům	Pasivní dům	Nulový dům, plusový dům
charakteristika				
Zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí, větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	Klasické vytápění pomocí plynové kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	Otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	Řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	Parametry minimálně na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
Potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² a)]				
Nad 200	80–140	Méně než 50	Méně než 15	Méně než 5

1.2. Pasivní dům

Základním předpokladem pro to, aby mohl být dům klasifikován jako pasivní, je podstatně nižší spotřeba tepla než u standardní, ale i nízkoenergetické novostavby. Roční měrná spotřeba tepla na vytápění pasivního domu musí být menší než 15 kWh/(m²a). S domem nízkoenergetickým toho může mít mnoho společného, jen použitého ve větší míře. Jedná se především o množství tepelné izolace použité na obvodový plášť budovy. Dalším zásadním kritériem je řešení výměny vzduchu a to tak, aby dům při větrání během zimního období nepřicházel o vyprodukované teplo. Větrání musí být zajištěno ve všech obytných místnostech. Používají se vzduchotechnické jednotky, které jsou vybaveny zařízením pro zpětnou rekuperaci

tepla. Teplo dům nesmí ztrácet ani netěsnostmi v konstrukci, proto se její neprůvzdušnost ověřuje tlakovou zkouškou, kde se při podtlaku 50 Pa nesmí během hodiny vyměnit netěsnostmi v obálce budovy více jak 60 % vnitřního objemu vzduchu. [3]

1.3. Prostup tepla konstrukcí

Pro každou jednotlivou konstrukci u vytápěných budov jsou dle normy „ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky“ nastaveny požadované maximální součinitele prostupu tepla, které jsou dále doplněné doporučenými hodnotami pro domy standardní, ale i nízkoenergetické a pasivní. Hodnoty jsou udávány pro budovy s návrhovou vnitřní teplotou mezi 18 a 22 °C. [7]

Tab. 2: Součinitele prostupu tepla konstrukcí související s obvodovým pláštěm budovy

	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
Jednotky	[W/m ² K]		
Stěna vnější	0,3	těžká:0,25 lehká: 0,20	0,18-0,12
Střecha se sklonem do 45°	0,24	0,16	0,15-0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru ve styku se zeminou	0,45	0,3	0,22-0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30-0,20
Okenní výplň otvoru ve vnější stěně z vytápěného prostoru do exteriéru	1,5	1,2	0,8-0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do exteriéru	1,7	1,2	0,9

Převzato z informací na webu <http://stavba.tzb-info.cz/> a normy ČSN 73 0540-2:2011

2 Identifikace bytového domu

Použita je novostavba pasivního bytového domu. Při návrhu konstrukční části objektu je kladen důraz na to, aby byly splněny podmínky pro pasivní výstavbu. Obytný dům je navržen jako čtyřpodlažní budova, přičemž v prvním podlaží se nachází pouze společné prostory včetně krytých parkovacích stání pro obyvatele domu. V následujících třech podlažích se nachází bytové jednotky. První podlaží je postaveno jako jeden celek, z něhož vychází dva samostatné obytné objekty. Celkově se v objektu nachází 28 bytových jednotek, do kterých se předpokládá s maximálním počtem 94 osob. Budova se rozkládá na ploše 1263,84 m². Energeticky řešeny jsou pouze podlaží 2-4 a prostory schodiště a koláren v prvním podlaží. Vertikální komunikace je zajištěna pomocí výtahu a trojramenného schodiště. Ze schodišťového prostoru je pak v každém podlaží vstup do společné chodby, odkud už se vstupuje do jednotlivých bytů a skladovacích komor, které jednotlivým bytům náleží. Každý byt má svou lodžii nebo terasu.

Tab. 3: Výpis bytových jednotek

Č. bytu	Počet	Obytná plocha	Lodžie/terasa	Komora	Celková plocha
	ks	m ²	m ²	m ²	m ²
01	4	81,02	44,95	6,48	132,45
02	3	55,34	4,42	6,48	66,24
03	3	56,85	4,42	6,48	67,75
04	3	55,12	4,42	5,70	65,24
05	4	82,52	39,51	5,72	127,75
06	4	82,52	57,28	5,72	145,52
07	3	55,12	4,42	5,70	65,24
08	3	56,85	4,42	6,48	67,75
09	3	55,34	4,42	6,48	66,24
10	4	81,02	48,16	6,48	135,66
11	4	80,66	10,81	6,84	98,31
12	3	54,98	5,44	6,84	67,26
13	3	56,49	5,44	6,84	68,77
14	3	55,12	5,44	5,70	66,26
15	4	82,52	11,56	5,72	99,80
16	4	82,52	11,56	5,72	99,80
17	3	55,12	5,44	5,70	66,26
18	3	56,85	5,44	6,48	68,77
19	3	55,34	5,44	6,48	67,26
20	4	81,02	10,81	6,48	98,31
21	3	81,12	10,81	4,39	96,32
22	3	80,71	10,11	4,39	95,21
23	3	66,92	17,85	4,39	89,16
24	4	82,06	9,93	8,17	100,16
25	4	82,06	9,93	8,17	100,16
26	3	66,92	17,85	4,39	89,16
27	3	80,71	10,11	4,39	95,21
28	3	81,12	10,81	4,39	96,32
Celkem	94	1943,94	391,2	167,2	2502,34

2.1. Celkový popis stavby

Obvodová nosná konstrukce bude navržena ze železobetonových sendvičových panelů. V nevytápěném prostoru budou použity panely bez tepelné izolace. Nosné zdivo uvnitř objektu je z liaporbetonových tvárnic. V garážovém prostoru je nosný systém řešen prefabrikovanou skeletovou konstrukcí. Celý objekt bude založen na kombinaci betonových pasů a patek, se základovou deskou v celé ploše objektu. Stropní konstrukce se předpokládají jako filigránové desky s dobetonávkou. Objekt bude zastřešen klasickou valbovou střechou s dřevěným krovem a plechovou krytinou. Ostatní vnější plochy budou řešeny jako ploché střechy a dle umístění upraveny na pochozí či nepochozí.

2.2. Předběžný návrh skladeb základních konstrukcí

Detailní návrh jednotlivých skladeb není součástí této práce, jednotlivé vrstvy se tedy mohou v následujících fázích přípravy projektu změnit. Zde je nastíněn pouze odhad, jak by jednotlivé skladby mohly vypadat.

Tab.4: Obvodový stěnový plášť A1 – A3

Výkresové označení	Název skladby	Jednotlivé vrstvy skladby
A1	Stěnová konstrukce vytápěné části	- tenkovrstvá omítka
		- železobetonová prefabrikovaná konstrukce, tl. 200 mm
		- EPS 70 F Extra Plus, tl. 220-250 mm
		- protipožární omítka
A2	Stěnová konstrukce pod terénem	- tenkovrstvá omítka
		- železobetonová monolitická konstrukce, tl. 200 mm
		- XPS 300, tl. 200 mm
		- hydroizolační vrstva
A3	Stěnová konstrukce nevytápěné části	- betonová podkladní konstrukce, tl. 100 mm
		- tenkovrstvá omítka
		- železobetonová prefabrikovaná konstrukce, tl. 200 mm
		- pohledový beton (případně štuk)

Tab.5: Podlahové skladby B1 – B3

Výkresové označení	Název skladby	Jednotlivé vrstvy skladby
B1	Podlaha přilehlá k zemině	- nášlapná vrstva dle místnosti
		- betonová mazanina, minimálně tl. 50 mm
		- separační PE folie
		- hydroizolační vrstva
		- železobetonová monolitická deska, tl. 150 mm
		- XPS 300, tl. 200 mm (pouze pod vytápěnými oblastmi)
		- podkladní beton tl. 150 mm (pouze pod vytáp. oblastmi)
B2	Podlaha nad nevytápěným prostorem	- nášlapná vrstva dle místnosti
		- betonová mazanina, tl. 50-60 mm (dle nášlapné vrstvy)
		- separační PE folie
		- EPS 100 Extra Plus, tl. 40 mm
		- EPS T 4000, tl. 40 mm
		- železobetonová stropní deska, tl. 200 mm
		- EPS 100, tl. 200 mm (pouze pod vytápěnými oblastmi)
- štuk		
B3	Podlaha běžného podlaží	- nášlapná vrstva dle místnosti
		- betonová mazanina, tl. 50-60 mm (dle nášlapné vrstvy)
		- separační PE folie
		- EPS 100 Extra Plus, tl. 40 mm
		- EPS T 4000, tl. 40 mm
		- železobetonová stropní deska, tl. 200 mm
		- štuk

Tab.6: Střešní pláště C1 – C3

Výkresové označení	Název skladby	Jednotlivé vrstvy skladby
C1	Střešní plášť nad 4NP	- Drážková plechová krytina
		- laťování 60x 40 mm
		- kontralatě 60x40 mm
		- hydroizolační vrstva
		- krokve
		- EPS 100 Extra Plus, tl. 400 mm
		- železobetonová stropní deska, tl. 200 mm
		- sádrokartonový podhled
C2	Plochá střecha nad vytápěným prostorem	- keramická dlažba
		- betonová mazanina ve spádu; minimální tl. 50 mm
		- separační PE folie
		- hydroizolační vrstva
		- EPS 150 Extra Plus, tl. 250 mm
		- železobetonová stropní deska, tl. 200 mm
		- štuk
C3	Plochá střecha nad nevytápěným prostorem	- keramická dlažba
		- betonová mazanina ve spádu; minimální tl. 50 mm
		- separační PE folie
		- hydroizolační vrstva
		- železobetonová stropní deska, tl. 200 mm
		- štuk

2.3. Konstrukční a materiálové řešení objektu

2.3.1. Zemní práce

Určení přesného rozsahu zemních prací není součástí této práce. Bude sejmuta ornice a následně hloubena hlavní stavební jáma a rýhy pro základové pasy a patky. Další zemní práce budou prováděny pro připojení objektu k inženýrským sítím. Přesné rozměry budou určeny v dalších fázích projektu.

2.3.2. Základy

Nosná konstrukce budovy bude založena na základových pasech pod stěnami a základových patkách pod sloupy. Dle statického výpočtu bude navržena i základová deska a budou upřesněny rozměry jednotlivých základových prvků. Desku v této chvíli navrhuji na 150 mm a pasy v obvodové konstrukci minimálně do nezámrazné hloubky 0,8 m pod terénem.

2.3.3. Svislé nosné konstrukce

Obvodová nosná konstrukce je tvořena železobetonovými prefabrikovanými panely. V prvním podlaží, kde se nachází nevytápěný garážový prostor, jsou použity panely tl. 200 mm bez tepelné izolace, zatímco ve zbytku objektu jsou panely navrženy jako sendvičové, tvořené 200 mm železobetonu a 250 mm tepelné izolace. Návrh těchto panelů je hlavním tématem této diplomové práce, detailněji je rozveden v následujících kapitolách 3. a 4. Vnitřní nosný systém je tvořen v prvním podlaží železobetonovým skeletovým systémem, v následujících podlažích je pak řešen nosnými stěnovými tvarovkami Liapor M 200 AKU, které splňují požadované normové hodnoty vzduchové neprůzvučnosti.

Tab. 7: Základní technické údaje použitých tvarovek Liapor pro nosné zdivo

	Liapor M 200 AKU
Výrobní rozměry d/š/v [mm]	422x200x240
Pevnostní třída [MPa]	12
Objemová hmotnost [kg/m ³]	1200
Vážená laboratorní neprůzvučnost R _w (dB)	56
Tepelný odpor R _u [m ² K/W]	0,62
Součinitel tepelné vodivosti λ _u [W/m*K]	0,32
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	1,55

Převzato z informací na webu <http://www.liapor.cz/>

2.3.4. Příčky

V celém objektu jsou navrženy příčky z liaporbetonových tvárnic, které jsou lokálně doplněny přízdívkami. Konkrétně se jedná o příčkovky Liapor M 115 AKU, případně pak Liapor M 175 AKU.

Tab. 8: Základní technické údaje použitých tvarovek Liapor pro příčky

	Liapor M 115 AKU	Liapor M 175 AKU
Výrobní rozměry d/š/v [mm]	372x115x240	372x175x240
Pevnostní třída [MPa]	4	6
Objemová hmotnost [kg/m ³]	1200	1300
Vážená laboratorní neprůzvučnost R _w (dB)	48	55
Tepelný odpor R _u [m ² K/W]	0,33	0,5
Součinitel tepelné vodivosti λ _u [W/m*K]	0,35	0,35
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	2,00	1,49

Převzato z informací na webu <http://www.liapor.cz/>

2.3.5. Vodorovné nosné konstrukce

Ve všech podlažích jsou použity prefamonolitické stropní konstrukce. Celková tloušťka stropních desek je v celém objektu předpokládána na 200 mm. Spodní prefabrikovaná vrstva je tvořena z filigránových stropních desek, ve kterých je zabudována hlavní nosná výztuž. Tato deska pak slouží jako bednění pro horní monolitickou vrstvu, která se provádí přímo na staveništi. Obě vrstvy jsou spřáhány pomocí příhradové výztuže, která vyčnívá z filigránových desek. V celém objektu budou používány desky s rozpětím od 3,8 do 6,5 m. Tloušťka prefabrikovaných desek pro dané rozpory bude mezi 60 a 80 mm, přesná hodnota bude určena statickým výpočtem. Předpokládané uložení pak bude 50 mm na obou koncích. Před samotnou betonáží je potřeba filigránové desky podepřít pomocí trámů a stojek.

Vzhledem k tomu, že u objektu obvodové zdivo v některých místech s přibývajícím podlažím ustupuje, budou filigránové desky místy proloženy skrytými průvlaky. Tento problém se však týká pouze podélných konstrukcí, příčné konstrukce, na kterých jsou jednotlivé stropy uloženy, jsou průběžné v celé výšce objektu.

2.3.6. Konstrukce střechy

Hlavní střešní konstrukce je navržena jako valbová s klasickým dřevěným krovem a plechovou finální krytinou ukládanou na latě. Spád střechy je do 8°. Ostatní plochy jsou zastřešeny plochými střechami, které budou dle umístění upraveny jako pochozí či nepochozí a vyspádovány na sklon 1-3 %. Jedná se především o zastřešení výtahových šachet a jednotlivé terasy.

2.3.7. Tepelné izolace

Pro všechny tepelné izolace v objektu jsou použity různé druhy polystyrenu. Vytápěná část objektu je izolována tak, aby nevznikaly zbytečné tepelné mosty a budova měla jen minimální ztráty tepelné energie. Pod prostory v prvním podlaží, které jsou také vytápěné, je izolovaná i základová deska. Dále je v garážích izolována stropní konstrukce v místech, nad kterými se nachází další podlaží. Svislý obvodový plášť má tepelnou izolaci už jako součást sendvičových panelů. Nachází se zde však minimum ploch, které budou muset být izolovány dodatečně před aplikací fasády. Izolační obal je uzavřen střešní konstrukcí, kde je přímo na stropní desce uložena tepelná izolace. Zbytek střešní konstrukce je provětrávaný, tudíž se do izolační obálky nedá započítat. Co se týče předsazených konstrukcí, jakými jsou balkony, lodžie a terasy, izolace je zde řešena pomocí ISO-nosníků, případně pak obalením desky vrstvou tepelné izolace.

2.3.8. Izolace proti vlhkosti

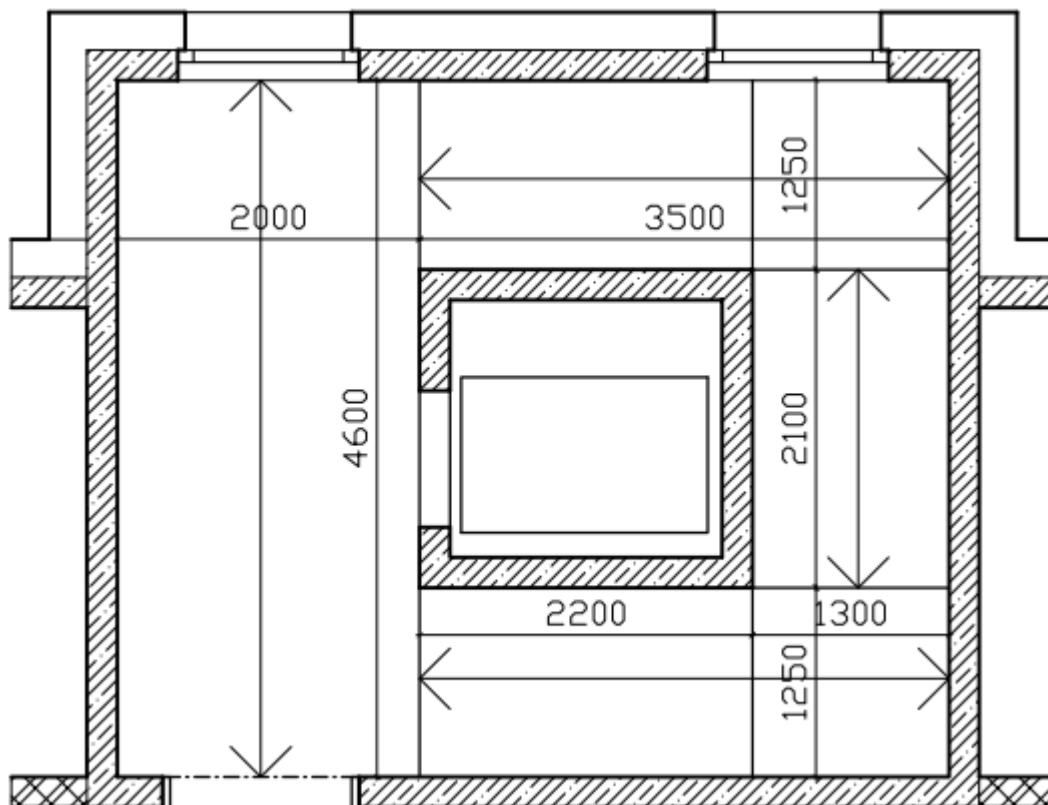
Izolace proti zemní vlhkosti bude provedena pomocí hydroizolačního souvrství z asfaltových pásů, vzhledem k tomu, že radonové riziko zatím není známo, bude přesný typ hydroizolační vrstvy upřesněn v projektové dokumentaci.

2.3.9. Výplně otvorů

Všechny vnější otvory, které dělí exteriér a vytápěnou část objektu, jsou vyplněné plastovými okny s izolačním trojsklem, a především splňují nároky, které jsou stanoveny pro tento pasivní bytový dům. Okna budou částečně předsazena do roviny tepelné izolace.

2.3.10. Schodiště

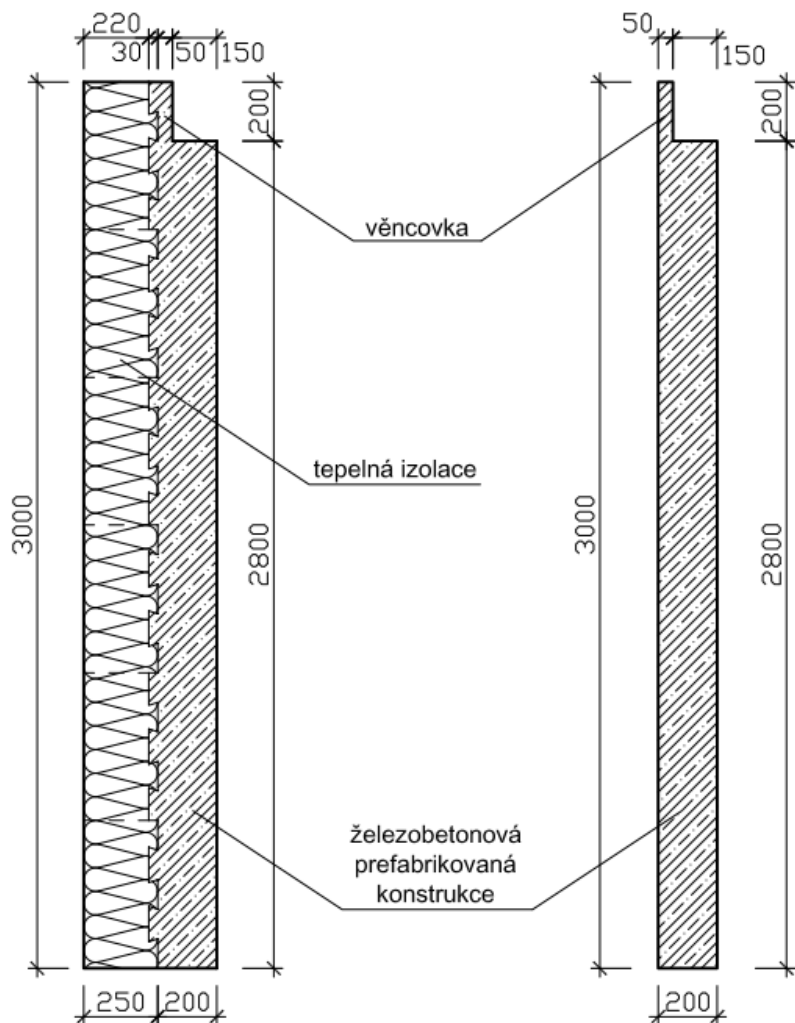
Vnitřní schodiště v objektu je navrženo jako prefabrikované a skládá se ze tří ramen, která vedou kolem výtahové šachty. Podélná ramena jsou uložena na podestách v jednotlivých podlažích a kapsách v protějších stěnách. Třetí příčné rameno je pak uloženo na ramenech podélných. Celá konstrukce schodiště je uložena tak, aby byl maximálně tlumen kročejový hluk.



Obr. 1: Schéma uložení schodišťových ramen (autor práce)

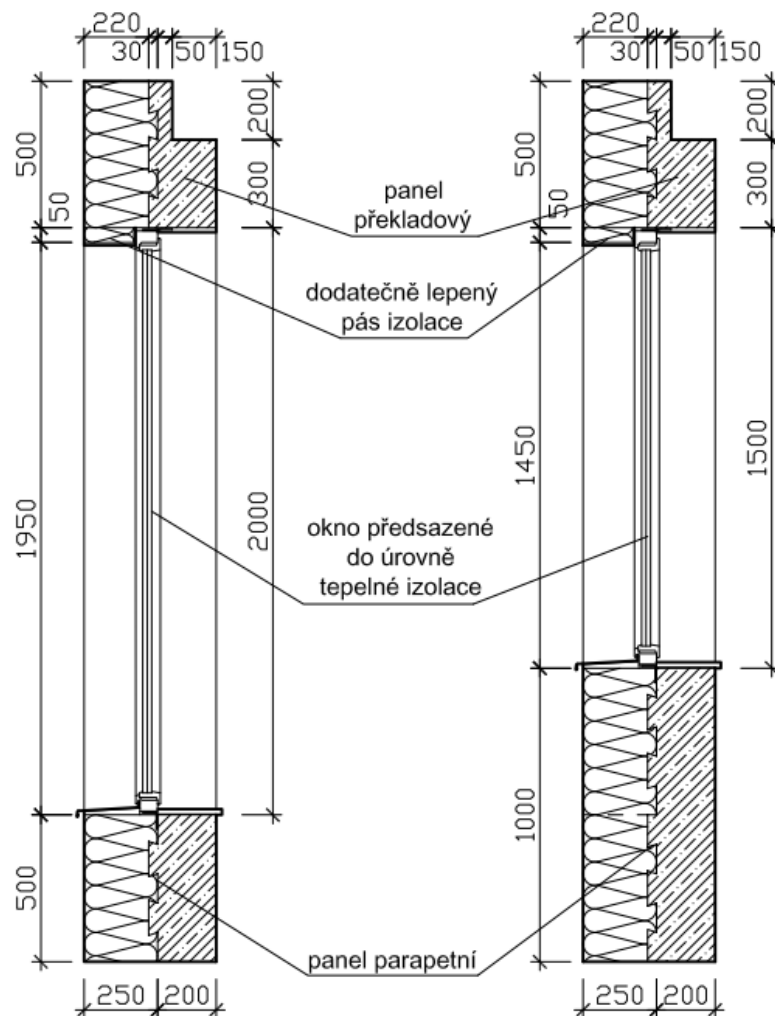
3 Návrh prefabrikovaných panelů

Panely jsem navrhl tak, aby během výstavby objektů bylo nutné jen minimální množství bednění a armování. Jedná se především o spojování jednotlivých prvků a také o betonáž monolitických částí stropů. Zároveň jsem se snažil navrhnout co nejjednodušší modulovou řadu, která nebude obsahovat zbytečně velké množství atypických dílců. Vzhledem k tomu, že tepelná izolace, která bude použita, se nejběžněji vyrábí v rozměru 500x1000 mm, jsou tedy i panely, co se šířky i výšky týče, odstupňovány po 500 mm. Použity jsou celkem 4 základní rozměry o šířce od 500 do 2000 mm a výšce 3000 mm. Dále je navrženo několik panelů atypických. Všechny však mají rozměry po 500 mm. Všechny panely v obvodové části jsou zakončeny věncovkou, díky tomu není potřeba dodatečné bednění pro betonáže stropů. Výjimku tvoří prvky, které jsou v interiéru objektu nebo pod vysutými konstrukcemi.



Obr. 2: Řez běžným stěnovým panelem s a bez tepelné izolace (autor práce)

Ve stěnových dílcích šířky 1500 mm a 2000 mm mohou být navrženy okenní i dveřní otvory různých velikostí, výška parapetů zde však bude taktéž odstupňována po 500 mm. Za předpokladu navržení větších otvorů, jsou k dispozici prvky parapetní a také překladové, které jsou uloženy na stěnových panelech vysokých 2500 mm a širokých 500 mm.



Obr. 3: Řez panelem parapetním a překladovým (autor práce)

Tab. 9: Seznam základních panelů dle tvaru železobetonové konstrukce

Typ panelu	Výška	Šířka	Poznámka
	[mm]	[mm]	
Stěnový panel obvodový	3000	500-2000	Započtena věncovka 200 mm
Stěnový panel vnitřní	2800	500-2000	
Stěnový panel snížený	2500	500-1000	
Parapetní panel	500-1000	1500-3000	
Překladový panel	500	3000-6000	Započtena věncovka 200 mm

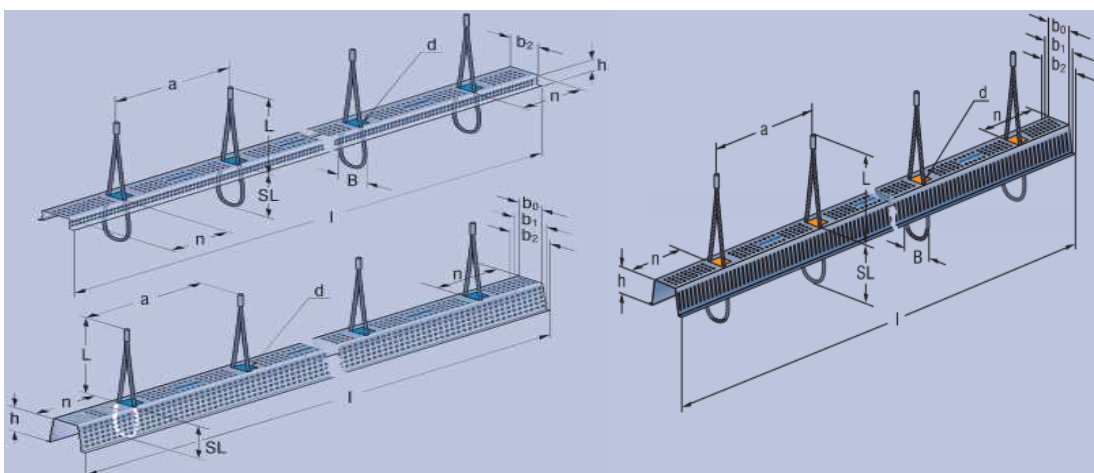
Kromě tvarového a dispozičního řešení panelů je dále navrženo jejich spojování mezi sebou a s vodorovnými konstrukcemi. Důležitými jsou také prvky pro manipulaci s hotovým panelem nebo pro ukotvení během výstavby. Všechny tyto součásti jednotlivých panelů jsou zde navrženy pouze předběžně, jejich přesné dimenzování bude součástí statického výpočtu. Pro prefabrikáty navrhované v této práci jsem použil prvky od firmy JORDAHL & PFEIFER Stavební technika, s.r.o.

3.1. Systém pro vzájemné spojení dílců

Pro spojování jednotlivých dílců mezi sebou jsem zvolil PFEIFER-VS systém (dále jen „systém VS“). Jedná se o lišty a boxy z pozinkovaného ocelového plechu, ve kterých jsou vloženy ocelové pozinkované vysokopevnostní lanové smyčky. Celý systém funguje na principu vylamovací výztuže. Lišty nebo boxy jsou připevněny pomocí obyčejných hřebíků na stěnu výrobní formy, po dokončení a odbednění se hotový dílec převezí na staveniště, odstraní se krycí páska a jednotlivé smyčky se vychýlí do připravených drážek. Tento způsob spojování dílců je brán jako mokrá proces a vzhledem k tomu, že mezi dílci musí být předepsaná mezera 15–40 mm, aby smyčky mohly splnit svou funkci, je nutné mezeru během zalévání směsí zabednit. V exteriéru bude bednění zajištěno tepelnou izolací, která je navržena na sraz a ve vnitřní části objektu postačí zabednění hladkou dřevěnou lištou. Panely budou spojovány několika různými způsoby, a to jak podle polohy lišty (spoj podélný, rohový, do tvaru T), tak i podle výšky spojovaných prvků. [5]

3.1.1. Stěnové lišty

V případě klasického podélného spoje se jedná o dvě symetrické lišty systému VS-BZ, které mají na obou dílcích hloubku 50 mm a je nutné podle nich posunout armaturu. Spára mezi dílci zde je 30–40 mm. Zatímco u kolmých napojení je použit systém VS-ISI, který má hloubku lišty na podélné stěně taktéž 50 mm, ale na stěně kolmé pouze 20 mm, je tak zajištěno splnění předepsaného krytí výztuže. Zde vznikne spára mezi dílci pouze 15–20 mm.



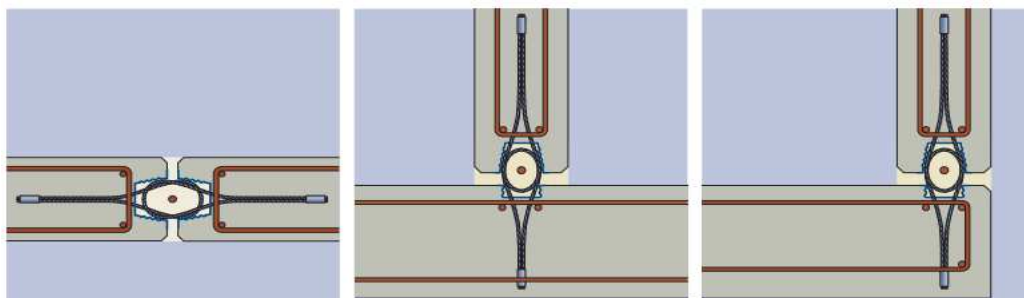
Obr. 4: Tvar lišt VS-ISI a VS-BZ s rozměry uvedenými v tabulce č. 10[5]

Tab. 10: Rozměrové hodnoty lišt z obrázku č.4

Typ	b ₀	b ₁	b ₂	h	l	SL	L	a	n	B	d	Počet smyček	Hmotnost
	[mm]											[ks]	[kg]
VS-ISI-20	50	-	70	20	1180	80	227	236	118	60	3	5	1,18
VS-ISI-50	50	65	80	50	1180	80	227	236	118	60	3	5	1,66
VS-BZ-50	50	64	80	50	1180	100	212	236	118	60	3	5	1,45

Převzato z technického listu systému VS na webu <http://jpcz.cz/cs/>

Panely musí být postaveny tak, aby byly všechny smyčky správně vylomeny a ve stejných výškách naproti sobě, povolená tolerance je 20 mm. Pokud jsou tyto parametry splněny, vsune se z vrchu do spáry jeden prut betonářské oceli B 500 A/B o průměru alespoň 12 mm. Pro zalití spár existuje několik způsobů. V souvislosti se způsobem výstavby objektu jsem zvolil variantu, kde se spára zabední dřevěnými deskami a následně kontinuálně zaplní záливkovou maltou. Maltu je nutné správně ztuhnít pomocí ponorného vibrátoru. Pro spárování se musí použít taková malta, která splní předepsané hodnoty únosnosti.



Obr. 5: Půdorys spojení dílců pomocí systémů VS-ISI a VS-BZ [5]

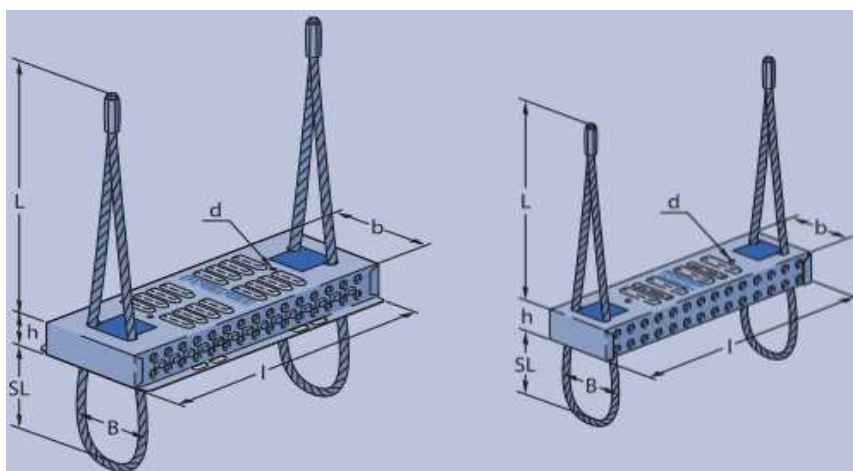
Tab. 11: Návrhové hodnoty zatížení systému VS-BZ (VS-ISI) pro stěnu tl. 200 mm

Použitá třída betonu	Smyková síla kolmá $V_{Rd,1}$	Smyková síla rovnoběžná $V_{Rd,2}$	Tahová síla Z_{Rd}
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
C30/37	19,3 (19,3)	68 (70)	36 (36)
C35/45	21,9 (21,9)		
C40/50	23,5 (23,5)		
C45/55	25,1 (25,1)		

Převzato z technického listu systému VS na webu <http://jpcz.cz/cs/>

3.1.2. Stěnové boxy

Za předpokladu, že je spoj dvou panelů krátký, nebo méně namáhaný a bylo by zbytečné používat stěnové lišty, vyplatí se systém VS-boxů. Výška boxů 180 a 220 mm tak dovoluje jejich využití například při spojování překladových panelů. Nevýhodou u tohoto systému však je to, že součástí bednění už musí být drážka pro zalití spoje maltovou směsí. Tyto boxy tak budou použity jen v ojedinělých případech.



Obr. 6: Tvar boxů VS-Plus a VS-Slim s rozměry uvedenými v tabulce č. 12[5]

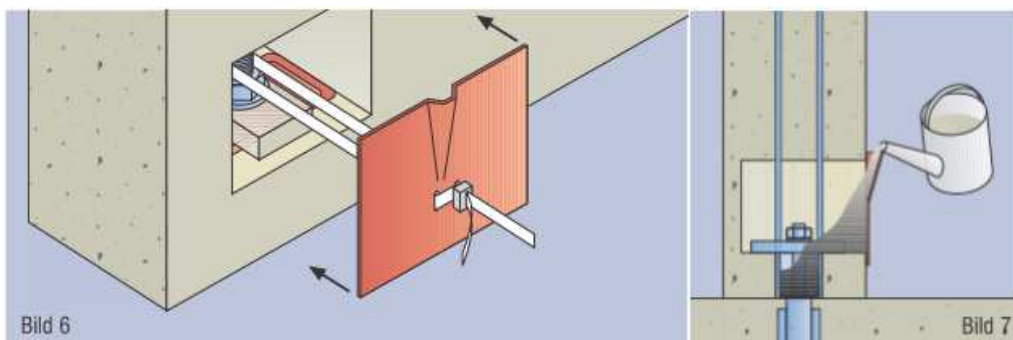
Tab. 12: Rozměrové hodnoty boxů z obrázku č.6

Typ	b	l	h	d	L	SL	B	Počet smyček	hmotnost
	[mm]							[ks]	[kg]
VS-Plus-Box	80	220	25	3	192	100	60	2	0,45
VS-Slim-Box	50	180	20	3	192	80	60	2	0,40

Převzato z technického listu systému VS na webu <http://jpcz.cz/cs/>

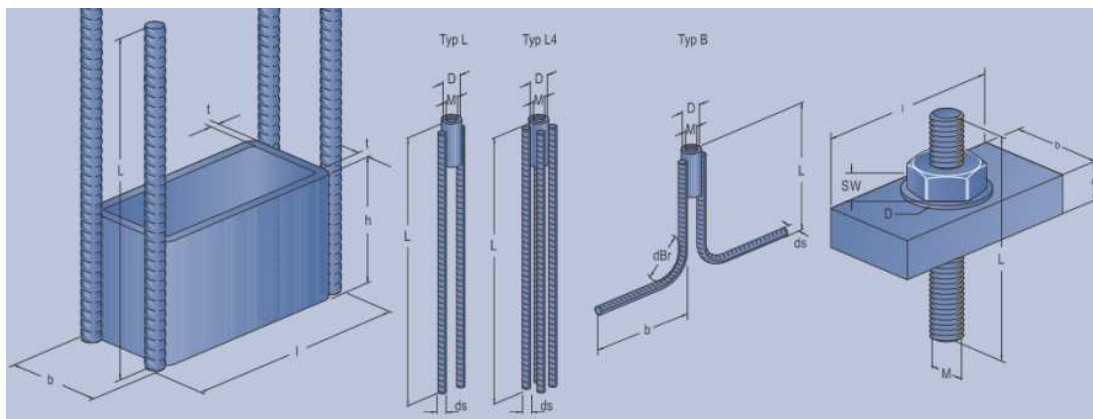
3.2. Systém kotvení stěn

Pro kotvení stěnových dílců k vodorovným konstrukcím jsem zvolil systém PFEIFER-Wandschuh (dále jen „systém PWS“). Tímto způsobem lze napojovat jak stěnu na desky, tak i přímo dvě stěny nad sebou. Jedná se o systém ocelových patek zabetonovaných do prefabrikátu, skrz které se panel následně přišroubuje do druhého prvku, který je zabetonován do stropní konstrukce, celá kapsa se po vycentrování stěny zalije předepsanou maltovou směsí. Na výrobu celé patky se používá betonářská ocel B500B a ocelový profil.



Obr. 7: Podoba kapsy se stěnovým kotevním systémem PWS [5]

Realizace stěnových konstrukcí za pomoci tohoto systému může celkovou dobu výstavby podstatně zrychlit, je však zapotřebí, aby byly dodrženy všechny technické požadavky, které jsou s tímto způsobem kotvení spojeny. Maximální pozornost bude potřeba věnovat především umístování samotných prvků jak do prefabrikátu, tak do stropní konstrukce. Tvarové řešení části zabetonované do panelu tu dovoluje jen minimální odchylku ve finální poloze spoje.

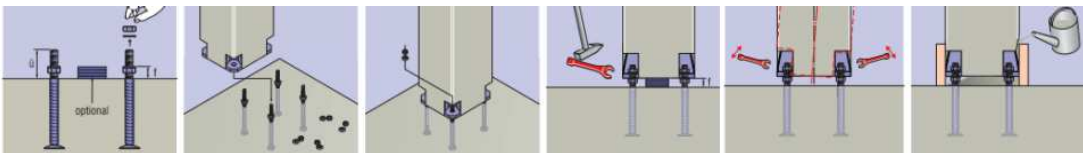


Obr. 8: Tvar hlavních kotevních prvků systému PWS [5]

Podstatně důležitější však bude dodržení požadované přesnosti při umístění prvku se závitem. Zde může sebemenší vychýlení jak v poloze, tak ve svislosti, ztlačně snižovat únosnost finálního spoje. Nabízí se tedy možnost, kotvit prvky se závitem do panelů o podlaží níže. Finální varianta bude stanovena ve statickém výpočtu. Není tedy součástí této práce.

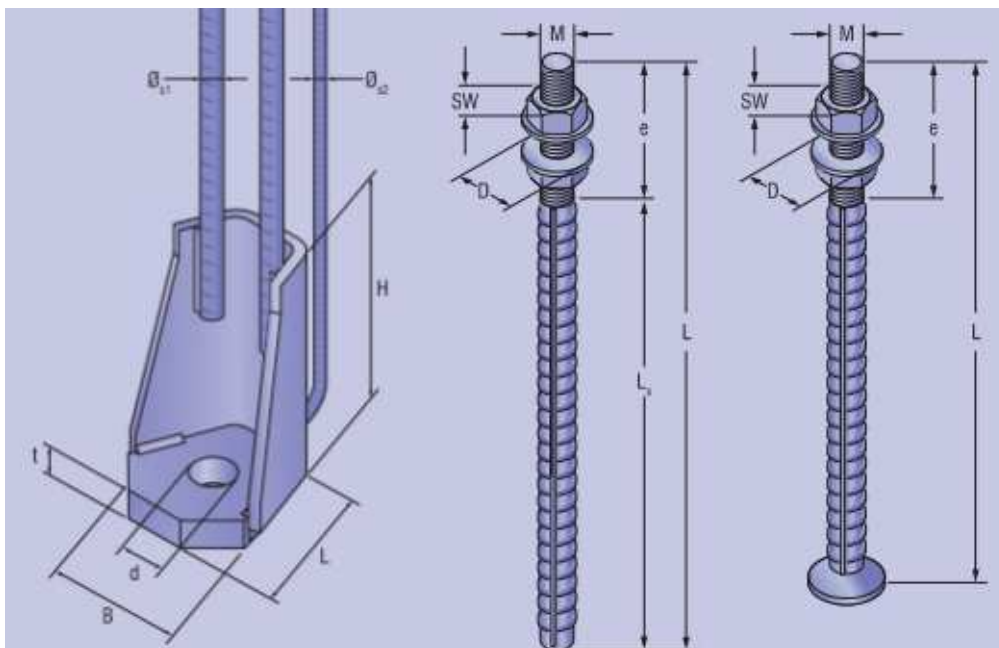
3.3. Systém kotvení sloupů

Vzhledem k tomu, že v prvním podlaží navrhovaného bytového domu je nosná konstrukce v garážovém prostoru tvořena skeletovým systémem, navrhl jsem způsob kotvení sloupů do základových patek. Spojení sloupů s průvlaky bude dořešeno až ve chvíli, kdy se dle statického výpočtu určí přesný tvar a rozměry průvlaků a sloupů.



Obr. 9: Způsob kotvení sloupů pomocí systému PCC [5]

Na ukotvení prefabrikovaných sloupů k základovým patkám jsem zvolil systém PFEIFER PCC (dále jen „systém PCC“). Jedná se o patky z betonářské oceli B500B svařené s konstrukční ocelí. Sloupy jsou podobně jako u stěn přes botku přišroubovány k základu a kapsa je následně zalita předepsanou maltovou směsí.

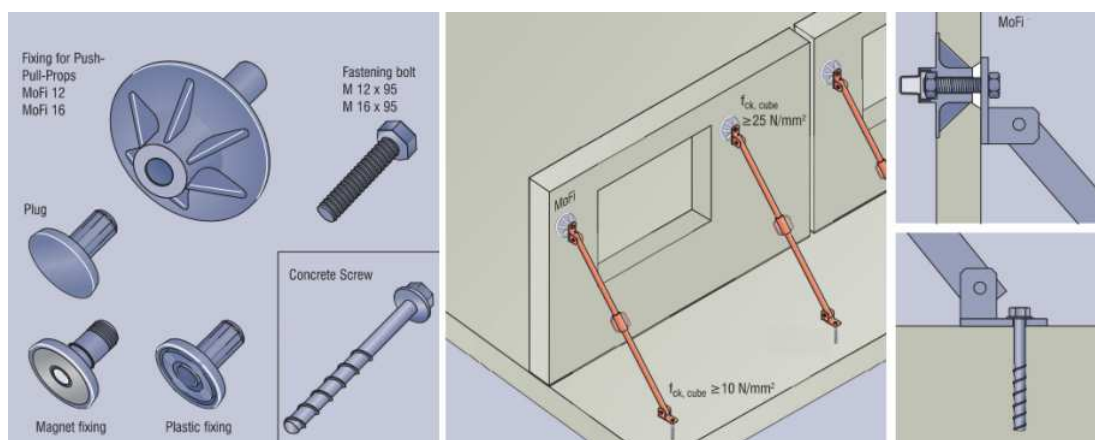


Obr. 10: Tvar hlavních kotvících prvků systému PCC [5]

Na obrázku č. 10 jsou vidět kotvící prvky zakončené již provedeným vnějším závitem. Lze je však nahradit stejnými výrobky, které jsou použity u stěnového systému PWS, tedy objímkami s přivařenou betonářskou ocelí a oboustranným svorníkem. Tato varianta je výhodná především v případě, kdy by mohlo během výstavby hrozit poškození svorníků vyčnívajících z konstrukce. [5]

3.4. Systém pro stabilizaci stěn během výstavby

Během výstavby je nutné stěnové panely stabilizovat, jednak aby nehrozil jejich pád, ale také proto, aby byla jejich poloha přesná během prací na trvalých spojích. Každý stěnový panel bude zajištěn stabilizačními tyčemi, které budou pevně přišroubovány k stropní desce i k panelu samotnému. Použit bude systém PFEIFER MoFi (dále jen „systém MoFi“). Jedná se o plastové hlavice, ve kterých je upevněna ocelová matice. Celá hlavice je pak zalita do prefabrikátu. Do stropní desky se postupně během výstavby budou navrtávat otvory pro přišroubování stabilizační tyče.

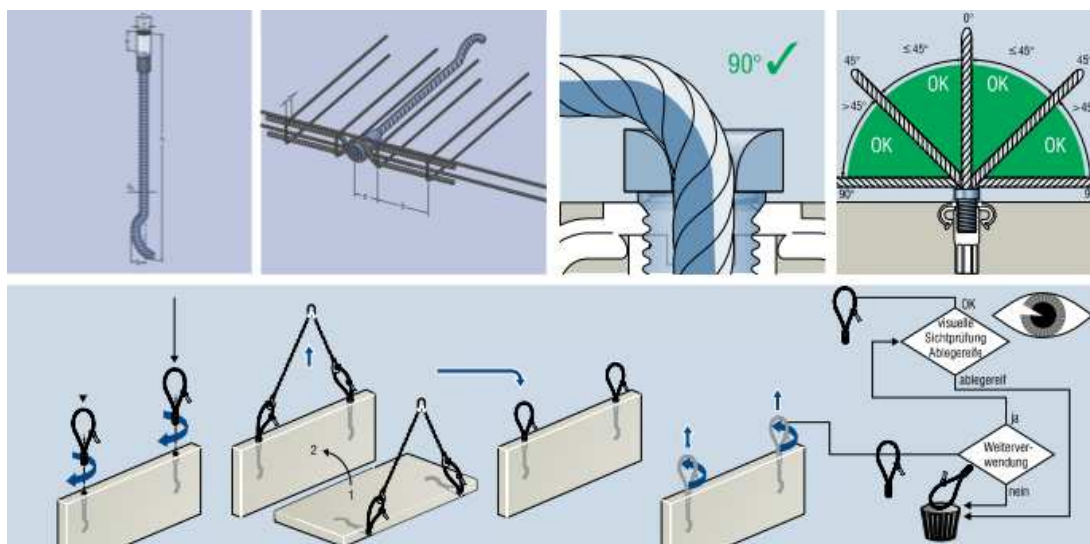


Obr. 11: Tvar hlavních stabilizačních prvků systému MoFi [5]

3.5. Systém pro manipulaci s dílci

Každý prefabrikát musí být opatřen systémem pro jeho zvedání. Nesmí se jednat o prvky, které budou následně použity k trvalému spojení s objektem, a to především proto, že by mohlo dojít k jeho poškození během manipulace. Zároveň je každý z prvků dimenzován na odlišné působení sil. Co se manipulace týče, navrhují prvky, které musí vyhovovat na podélné i příčné zatížení, prefabrikát se za pomoci těchto prvků bude zvedat z vodorovné polohy ve výrobní hale a následně se s ním bude manipulovat za svislého zavěšení. Konkrétně se jedná o trychtýřová lanová oka

v kombinaci se závitovým systémem PFEIFER. Závitový systém musí být dostatečně provázán s armaturou v panelu, během manipulace je dále zapotřebí, aby byla lanová oka zašroubována v celé délce závitu.



Obr. 12: Způsob manipulace s lanovými oky a závitovým systémem [5]

3.6. Způsob napojení tepelné izolace

Pro navrhované sendvičové panely používám tepelnou izolace firmy Izopol Dvořák, s.r.o. Konkrétně se jedná o izolační desky EPS 70 F Extra Plus, které se používají pro vnější kontaktní zateplovací systémy ETICS a jako podklad pro omítku. Jednotlivé desky se vyrábí v základním rozměru 500x1000 mm, z tohoto důvodu jsou i panely navrženy v modulu po 500 mm.

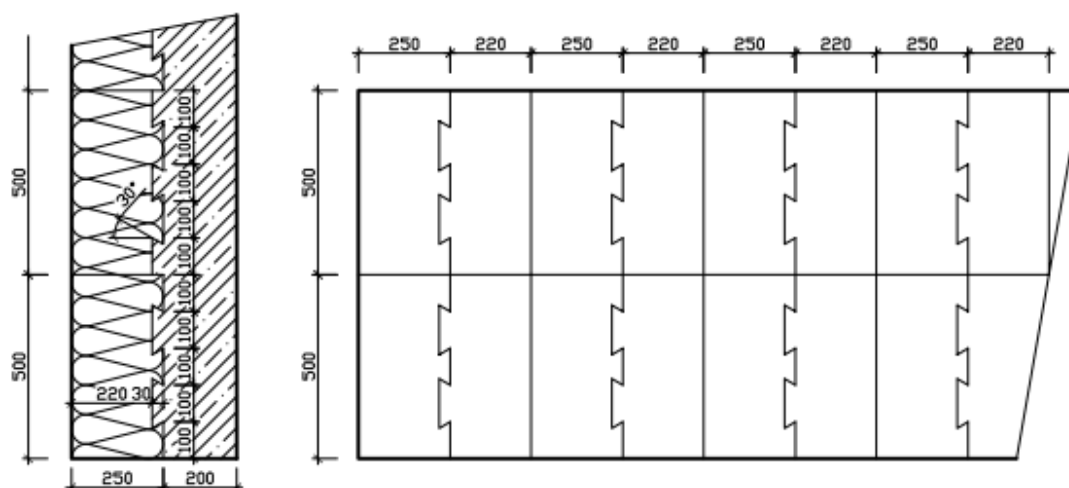
Tab. 13: Základní technické údaje tepelné izolace použité na sendvičové panely

	EPS 70 F Extra Plus
Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti λ_D [W/m*K]	0,032
Výrobní rozměry [mm]	500x1000
Třída reakce na oheň dle EN 13501-1	E
Odchylka tloušťky T	T1 / ± 1 mm
Odchylka délky L	L2 / ± 2 mm
Odchylka šířky W	W2 / ± 2 mm
Pravouhlost S	S2 / ± 2 mm / 1000 mm
Tepelný odpor R_D [m ² K/W] pro tl. 220 (250) mm	5,64 (6,41)
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] pro tl. 220 (250) mm	0,18 (0,16)

Převzato z informací na webu <http://www.izopol.cz/>

Vzhledem k tomu, že při běžném lepení desek tepelné izolace je potřeba kromě lepidla použít i fasádní hmoždinky, kterými se narušuje celistvý povrch izolace, navrhuji způsob spojení takový, aby dále nebylo potřeba desky porušovat. Zatímco z exteriérové strany bude izolace rovná, ze strany vnitřní bude členitá takovým způsobem, aby během betonáže nosné části došlo k trvalému spojení obou vrstev. Zároveň se jedná o takové tvarování, které nebude zbytečně složité a neekonomické na výrobu.

Základní surovinou pro výrobu pěnového polystyrenu je tzv. zpěňovatelný polystyren, který se předpěňuje pomocí syté vodní páry v předpěňovacím zařízení. Tento produkt se uskládá v provzdušňovacích sílech. Následuje výroba bloků ve tvaru kvádrů, která také probíhá pomocí působení syté vodní páry. Desky pěnového polystyrenu EPS se řezou z vyžralých bloků za pomoci teplého odporového drátu na různé tloušťky. Díky tomu lze měnit tvar řezu pouze v jednom směru. Poškozené desky a okrajové ořezy bloků jsou drceny a znovu se vrátí do výrobního cyklu. Na obrázku č. 13 je vidět způsob řezání jednotlivých desek a jejich následné spojení s betonovou konstrukcí. [6]

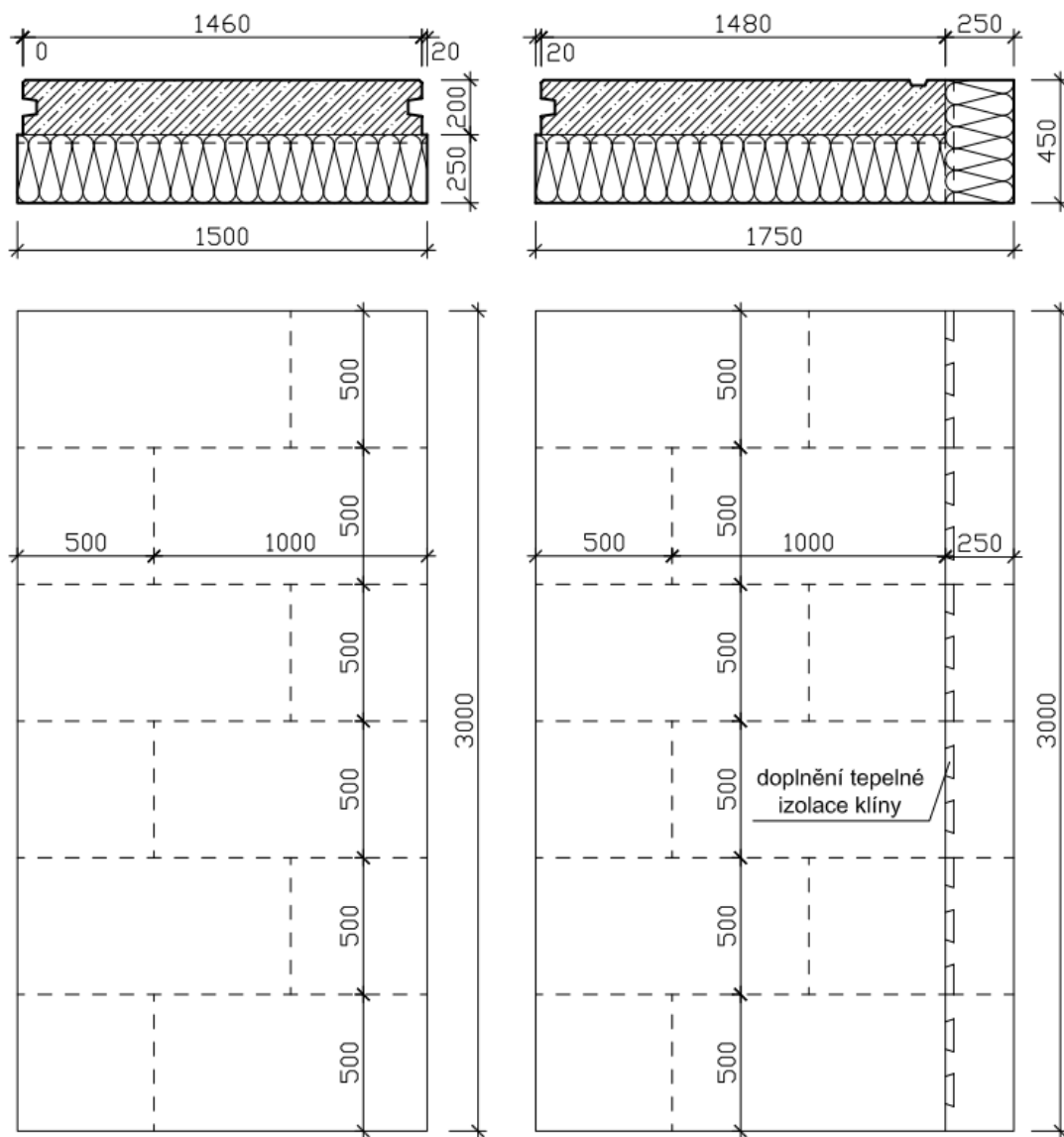


Obr. 13: Tvar tepelné izolace použité na sendvičové panely (autor práce)

Díky tomu, že se tloušťka desek izolantu pohybuje mezi 220 a 250 mm, bude pro energetické posouzení konstrukce brána v úvahu hodnota 235 mm.

Sendvičové panely se budou vyrábět rovné, ale i rohové. Rohové panely budou mít tepelnou izolaci připevněnou i z jedné čelní strany a bude třeba počítat s rohovou věncovkou a s vyplněním otvorů členité strany desek v místě rohu. To bude provedeno pomocí klínů přímo z izolačních desek, případně pak pomocí

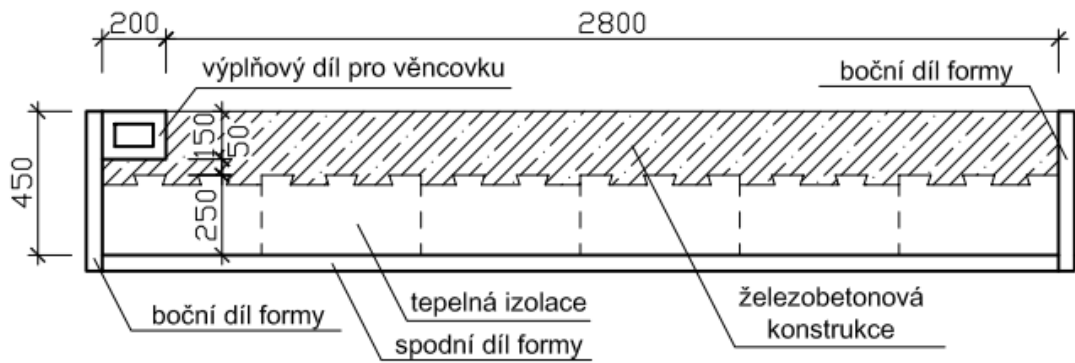
nízkoexpanzní polyuretanové pěny. Izolace zároveň bude fungovat jako bednění jedné strany během spojování jednotlivých panelů maltovou směsí.



Obr. 14: Základní tvary panelů (zde 1500 mm) dle napojení tepelné izolace (autor práce)

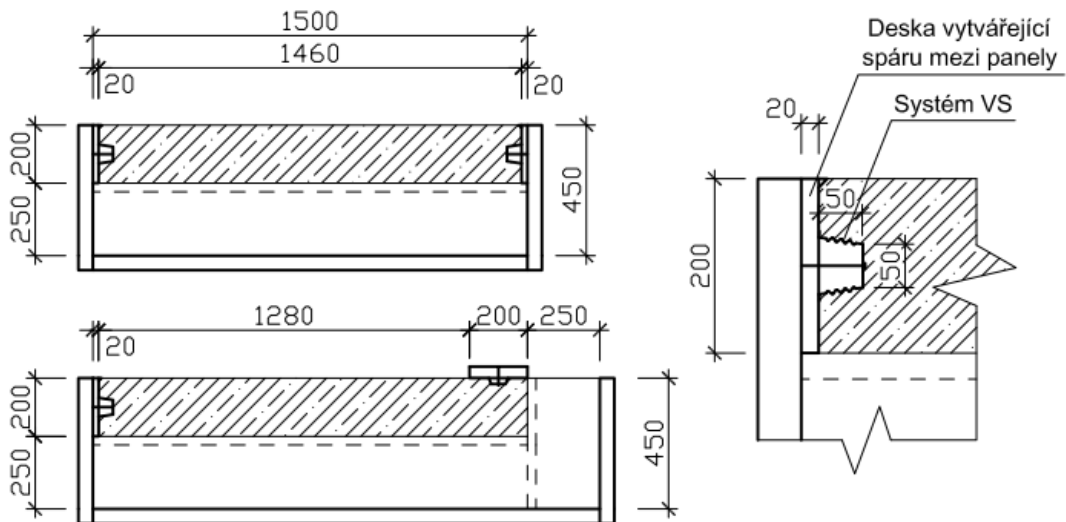
3.7. Návrh bednicí formy

Na výrobu prefabrikátů jsem navrhl jednoduché flexibilní formy. Mým záměrem bylo navrhnout co nejjednodušší tvar panelů, pro které bude potřeba co nejmenší počet typů forem. Základní dvě formy budou děleny na panely s tepelnou izolací a panely bez izolace. Dále je pak třeba počítat s panely s věncovkou a bez ní, v této části je použit uzavřený box uvnitř formy. K té budou připevněny také objekty s kotvícími a stabilizačními prvky. Co se plošných rozměrů bednění týče, vyrábět se budou jak panely rovné, tak rohové s tepelnou izolací na čelní straně. Okenní a dveřní otvory budou řešeny jednoduchým vnitřním rámem.



Obr. 15: Podélný řez formou na prefabrikované panely (autor práce)

Přesná konstrukce a tvar forem na výrobu prefabrikátů bude upřesněna během dalších fází návrhu, součástí bude i statický výpočet kvůli zatížení čerstvým betonem. Jednat se však bude o flexibilní rámové konstrukce. Na obrázcích č. 15 a 16 je zakreslen vnitřní tvar formy. Při návrhu bude zohledněn také fakt, že se prefabrikát během vyjmutí z formy nesmí poškodit.



Obr. 16: Příčné řezy formou na prefabrikované panely (autor práce)

4 Nosná konstrukce vybraného objektu

Celá obvodová konstrukce objektu je složená z navržených prefabrikovaných stěnových panelů. V obytných podlažích jsou z prefabrikátů taktéž schodišťové prostory. Kromě typických panelů, které jsou vypsány v tabulce č. 9, je v objektu několik atypických prvků. Zbytek nosných stěn v objektu je pak z liaporbetonového zdiva s výjimkou garážového prostoru, kde je skeletový systém. Co se týče vodorovných konstrukcí budovy, jedná se o prefamonolitické stropní desky. Na poslední desce je postavena střešní konstrukce, která nezasahuje do tepelně izolačního souvrství, protože je oddělená vzduchovou mezerou v úrovni krovu. V objektu je výtahová šachta, která je sice také prefabrikovaná, ale vyrobena odlišnou technologií.

4.1. Svislé nosné konstrukce jednotlivých podlaží

Všechny nosné konstrukce popsané v následujících podkapitolách jsou také v příložené výkresové dokumentaci.

4.1.1. První podlaží

V prvním podlaží je nevytápěný garážový prostor, a tak je obvodový plášť bez tepelné izolace. Z panelů je pouze obvodový plášť objektu, vnitřní nosná konstrukce je tvořena skeletovým systémem. Ostatní místnosti jsou však i zde ve vytápěné zóně a jsou odděleny nosným zdivem s tepelnou izolací. Zateplená stěna, která je v obvodovém plášti budovy, bude mít po celé své vnější délce sokl vysoký 500 mm, ten bude izolován dodatečně. Při výrobě těchto panelů bude vynechána první řada tepelné izolace. Co se rozměrů týče, jsou v tomto podlaží použity jen běžné rozměry panelů. Některé panely šířky 2000 mm mají navíc provedeny kulaté otvory o průměru 900 mm, které nebudou zaskleny, ale pouze vyplněny pletivem, či jiným bezpečnostním prvkem, zabraňující vstupu nepovolaným osobám nebo zvířatům. Panely s okenními otvory jsou dále rozděleny do tří různých výšek parapetu. Přesné určení, o kterou výšku se jedná, lze zjistit z výkresů jednotlivých pohledů a půdorysů objektu. Vnitřní skeletový systém je tvořen celkem dvaceti čtyřmi sloupy a dvanácti průvlaky. Celý nosný systém je založen na základových patkách a pasech. Základová deska je v celé ploše pod objektem.

Tab. 14: Seznam použitých stěnových panelů pro první podlaží

Výška	Šířka	Počet	Tepelná izolace	Sokl	Věncovka	Okenní otvor (VxŠ)	Výška parapetu	Barevné rozlišení ve výkresech
[mm]	[mm]	[ks]		[mm]		[mm]	[mm]	
3000	1500	30	-	-	ano	-	-	sv. modrá
3000	2000	14	-	-	ano	-	-	sv. zelená
3000	2000	14	rovná	500	ano	-	-	sv. zelená
3000	2000	13	-	-	ano	kulatý; průměr 900	1500	sv. zelená
3000	2000	8	-	-	ano	kulatý; průměr 900	1050	sv. zelená
3000	2000	15	-	-	ano	kulatý; průměr 900	600	sv. zelená
2500	500	2	-	-	-	-	-	červená
500	6000	1	-	-	ano	-	-	-
3000	2000	2	rovná	500	ano	2200x1300	-	růžová

Průvlaky skeletového systému dělí objekt příčným směrem na jednotlivá pole, na kterých budou uloženy prefamonolitické stropní desky. Vzhledem k tomu, že nad garážovým prostorem se budou nacházet dva bytové objekty, bude stropní konstrukce včetně průvlaků ze spodní části zateplena, ale pouze v polích, která se pod uvedenými objekty nachází. Z estetických důvodů bude každé pole zaizolované v celé své ploše, nehledě na to, z jak velké části se nad ním bude nacházet vytápěná zóna.

4.1.2. Druhé podlaží

Ve druhém podlaží se nachází již dva samostatné obytné objekty, které celé patří do vytápěné zóny. Obvodový plášť včetně schodišťového prostoru je také složen z panelů. Zbývající nosné a mezibytové stěny jsou z liaporbetonového zdiva. V tomto podlaží je navrženo výrazně vyšší množství různých panelů, především pak kvůli několika typům okenních otvorů. Díky tomu, že jsou zde pouze terasy a žádné předsazené konstrukce, nebylo potřeba v prvním podlaží přerušovat věncovku, v dalších podlažích však předsazené konstrukce jsou a z tohoto důvodu, je zde i několik panelů bez věncovky, které jsou v obvodovém plášti. Kvůli terasám zde ustupuje několik podélných stěn z roviny podpírající nosné konstrukce. Tento problém je vyřešen skrytými průvlaky v úrovni stropní konstrukce, které budou vloženy mezi filigránové desky a spolu s nimi zmonolitněny. Přesný návrh bude součástí statického výpočtu. Dále se zde vyskytuje několik specifických detailů, kde bude nutné tepelnou izolaci i věncovku doplnit dodatečně. Jedná se o stěny, na kterých není izolace a věnec v celé půdorysné šířce.

Tab. 15: Seznam použitých stěnových panelů pro druhé podlaží

Výška	Šířka	Počet	Tepelná izolace	Věncovka	Okenní otvor (VxŠ)	Výška parapetu	Barevné rozlišení ve výkresech	Poznámky
[mm]	[mm]	[ks]			[mm]	[mm]		
3000	500	6	rovná	ano	-	-	zelená	
3000	1000	4	rovná	ano	-	-	fialová	
2800	1000	4	-	-	-	-	fialová	
3000	1500	8	rovná	ano	-	-	sv. modrá	
3000	1500	4	rohová	ano	-	-	sv. modrá	
2800	1500	6	-	-	-	-	sv. modrá	
3000	1500	2	rovná	ano	1000x900	1500	černá	
3000	2000	8	rovná	ano	-	-	sv. zelená	
3000	2000	2	rohová	ano	-	-	sv. zelená	
2800	2000	10	-	-	-	-	sv. zelená	
2800	2000	2	rohová	-	-	-	sv. zelená	
3000	2000	3	rovná	ano	2000x900	500	oranžová	
3000	2000	6	rovná	ano	1500x900	1000	vínová	
3000	2000	2	rohová	ano	1500x900	1000	vínová	
3000	2000	8	rovná	ano	1000x900	1500	šedá	
3000	2000	2	rovná	ano	2000x1200	500	hnědá	
3000	2000	2	rovná	ano	1000x1200	1500	hnědá	
2800	2000	2	-	-	2200x1300	100	růžová	
3000	2000	5	rovná	ano	2400x900	100	žlutá	
2800	2000	2	rovná	-	2400x900	100	žlutá	
2800	2000	8	rohová	-	2400x900	100	žlutá	
2500	500	22	rovná	-	-	-	červená	
2500	500	6	-	-	-	-	červená	
2500	1000	4	rovná	-	-	-	modrá	
500	3750	8	rovná	ano	-	-	červená	překlad
500	3000	4	rovná	ano	-	-	modrá	překlad
300	3000	8	rovná	-	-	-	modrá	překlad
500	3000	8	rovná	-	-	-	červená	parapet
500	2000	12	rovná	-	-	-	modrá	parapet

4.1.3. Třetí podlaží

Z hlediska půdorysného tvaru interiéru se třetí podlaží nijak neliší od druhého. Rozdíl je pouze u vnějších ploch, zatímco ve druhém podlaží jsou pouze terasy, zde se nachází pouze předsazené balkony. Složení panelů se tak liší pouze u balkonových dveří a několika oken.

Tab. 16: Seznam použitých stěnových panelů pro třetí podlaží

Výška [mm]	Šířka [mm]	Počet [ks]	Tepelná izolace	Věncovka	Okenní otvor (VxŠ) [mm]	Výška parapetu [mm]	Barevné rozlišení ve výkresech	Poznámky
3000	500	6	rovná	ano	-	-	zelená	
3000	1000	4	rovná	ano	-	-	fialová	
2800	1000	4	-	-	-	-	fialová	
3000	1500	8	rovná	ano	-	-	sv. modrá	
3000	1500	4	rohová	ano	-	-	sv. modrá	
2800	1500	6	-	-	-	-	sv. modrá	
3000	1500	2	rovná	ano	1000x900	1500	černá	
3000	2000	10	rovná	ano	-	-	sv. zelená	
3000	2000	2	rohová	ano	-	-	sv. zelená	
2800	2000	10	-	-	-	-	sv. zelená	
2800	2000	2	rohová	-	-	-	sv. zelená	
3000	2000	6	rovná	ano	2000x900	500	oranžová	
3000	2000	6	rovná	ano	1500x900	1000	vínová	
3000	2000	2	rohová	ano	1500x900	1000	vínová	
3000	2000	8	rovná	ano	1000x900	1500	šedá	
3000	2000	2	rovná	ano	2000x1200	500	hnědá	
3000	2000	2	rovná	ano	1000x1200	1500	hnědá	
2800	2000	2	-	-	2200x1300	100	růžová	
2800	2000	2	rovná	-	2400x900	100	žlutá	
2800	2000	8	rohová	-	2400x900	100	žlutá	
2500	500	22	rovná	-	-	-	červená	
2500	500	6	-	-	-	-	červená	
2500	1000	4	rovná	-	-	-	modrá	
500	3750	8	rovná	ano	-	-	červená	překlád
500	3000	4	rovná	ano	-	-	modrá	překlád
300	3000	8	rovná	-	-	-	modrá	překlád
500	3000	8	rovná	-	-	-	červená	parapet
500	2000	12	rovná	-	-	-	modrá	parapet

4.1.4. Čtvrté podlaží

Poslední bytové podlaží v objektu se výrazně liší od dvou předchozích – obsahuje pouze 4 bytové jednotky (předešlá podlaží obsahují jednotek 5). Bytové terasy se nacházejí nad vytápěnou zónou, díky tomu musí být o poznání lépe zatepleny, a tak v tomto podlaží budou použity atypické prahové panely.

Tab. 17: Seznam použitých stěnových panelů pro čtvrté podlaží

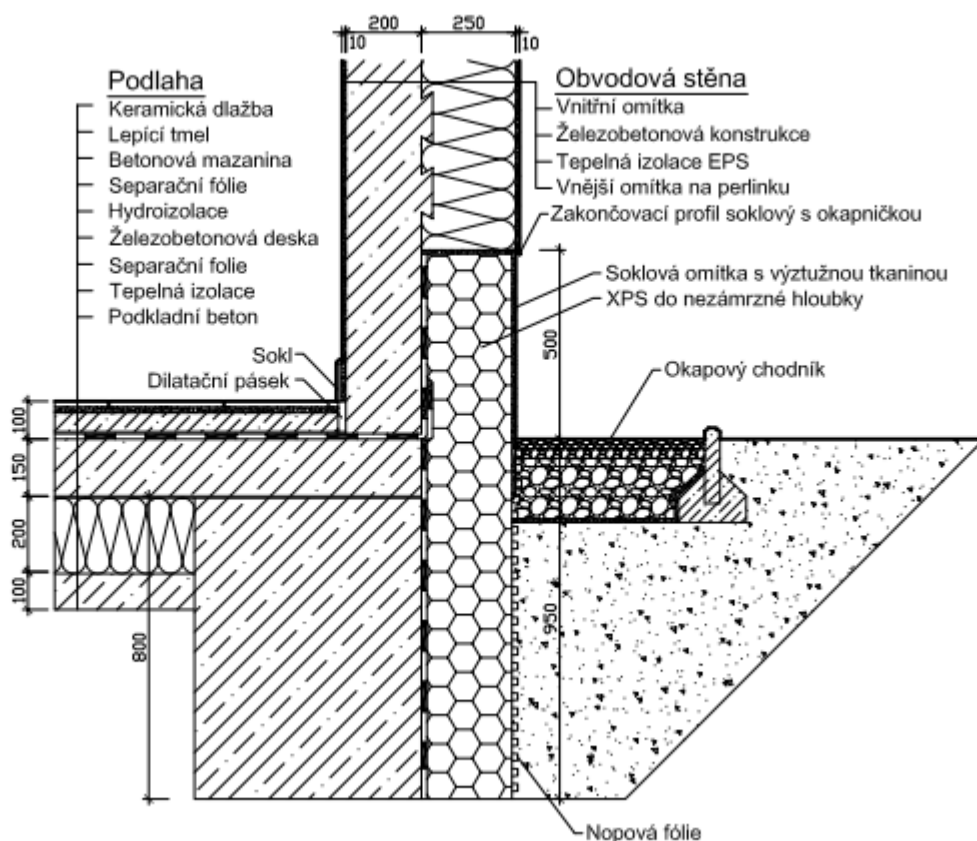
Výška	Šířka	Počet	Tepelná izolace	Věncovka	Okenní otvor (VxŠ)	Výška parapetu	Barevné rozlišení ve výkresech	Poznámky
[mm]	[mm]	[ks]			[mm]	[mm]		
3000	500	12	rovná	ano	-	-	zelená	
3000	1000	4	rovná	ano	-	-	fialová	
3000	1500	6	rovná	ano	-	-	sv. modrá	
3000	1500	4	rohová	ano	-	-	sv. modrá	
2800	1500	8	-	-	-	-	sv. modrá	
3000	1500	2	rovná	ano	1000x900	1500	černá	
3000	2000	12	rovná	ano	-	-	sv. zelená	
3000	2000	4	rohová	ano	-	-	sv. zelená	
2800	2000	6	-	-	-	-	sv. zelená	
3000	2000	2	rovná	ano	2000x900	500	oranžová	
3000	2000	10	rovná	ano	1500x900	1000	vínová	
3000	2000	4	rohová	ano	1500x900	1000	vínová	
3000	2000	8	rovná	ano	1000x900	1500	šedá	
3000	2000	2	rovná	ano	2000x1200	500	hnědá	
3000	2000	2	rovná	ano	1000x1200	1500	hnědá	
2800	2000	2	-	-	2200x1300	100	růžová	
2800	2000	2	rohová	-	2400x900	100	žlutá	
2800	2000	2	rovná	-	2100x900	400	žlutá	
2800	2000	2	rohová	-	2100x900	400	žlutá	
2500	500	24	rovná	-	-	-	červená	
2500	500	2	-	-	-	-	červená	
2500	1000	4	rovná	-	-	-	modrá	
500	3750	4	rovná	ano	-	-	červená	překlad
500	3000	6	rovná	ano	-	-	modrá	překlad
500	3000	8	rovná	ano	-	-	Sv. zelená	překlad
500	3000	4	rovná	-	-	-	červená	parapet
500	2000	6	rovná	-	-	-	modrá	parapet
400	2000	8	-	-	-	-	Sv. zelená	práh

4.2. Konstrukční detaily

V následujících podkapitolách řeším problematiku konstrukčních detailů, ve kterých by mohlo nejčastěji docházet k tepelným mostům.

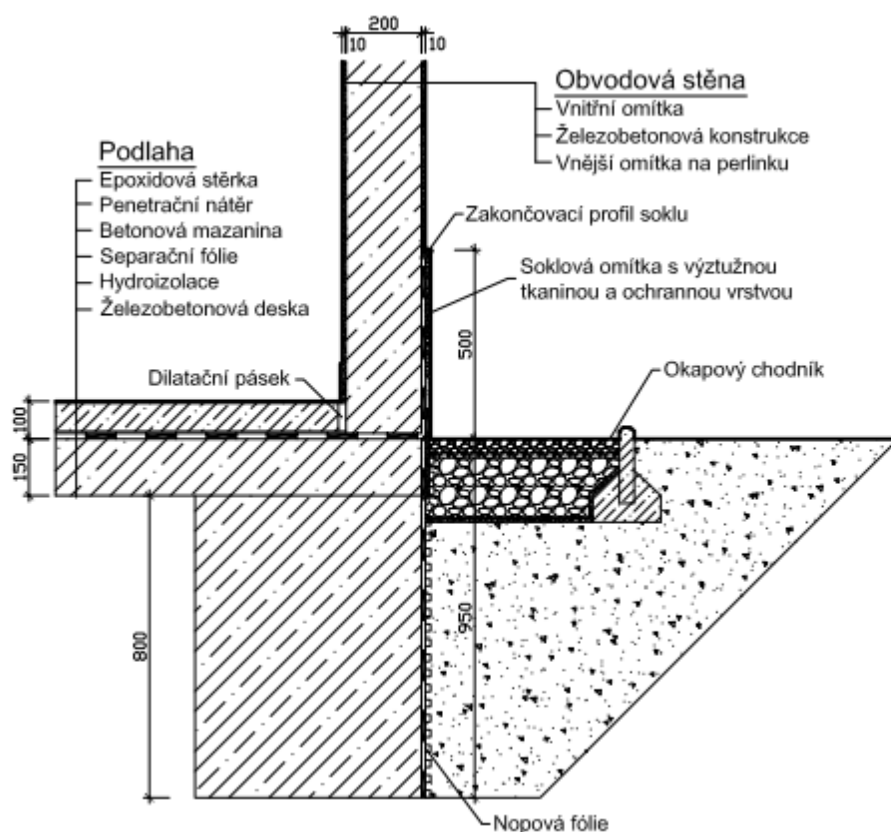
4.2.1. Detail soklu

Na objektu bude sokl řešen dvěma různými způsoby, a to z toho důvodu, že část prvního podlaží je ve vytápěné zóně a část v nevytápěné. Zateplené panely budou vyráběny bez první řady tepelně izolačních desek, budou tak připraveny pro instalaci soklu, u kterého se použijí desky XPS 300. Tyto desky budou provedeny až do hloubky založení objektu. Pod úroveň terénu bude izolace chráněna nopovou fólií. Finální úpravu soklu bude tvořit speciální soklová omítka, která zároveň bude natažena 150 mm pod úroveň terénu a taktéž ochráněna nopovou fólií.



Obr. 17: Detail soklu vytápěné zóny 1:20 (autor práce)

Základová konstrukce vytápěného prostoru bude odizolována pomocí izolačních desek XPS 300 tl. 200 mm. Pod touto tepelnou izolací bude dle terénu provedena podkladní deska z prostého betonu.

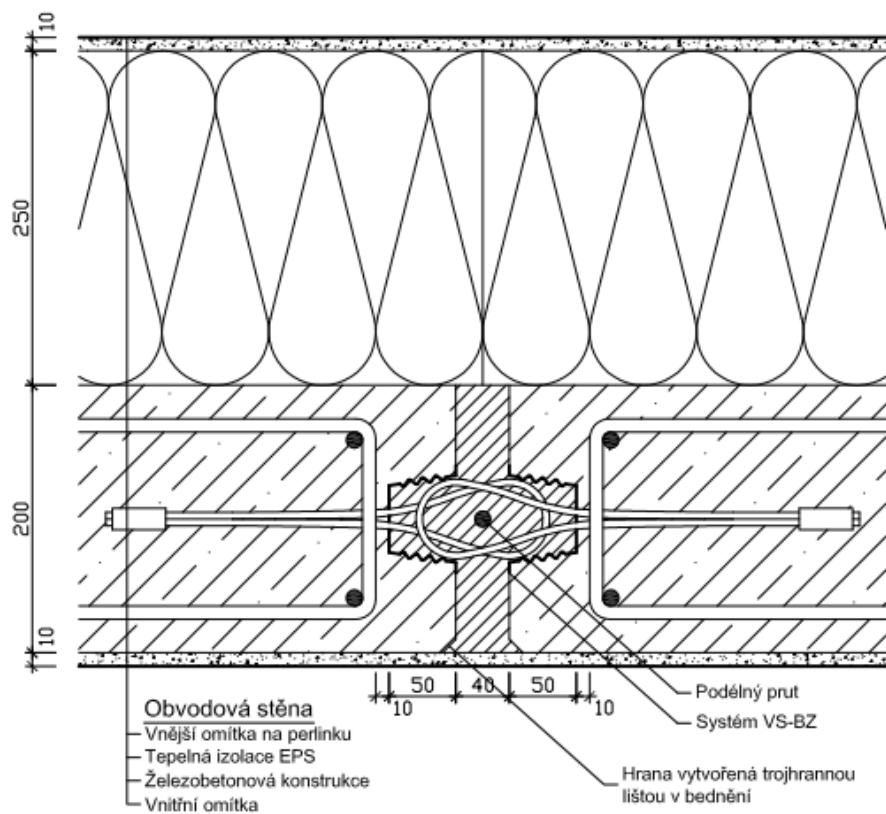


Obr. 18: Detail soklu nevytápěné zóny 1:20 (autor práce)

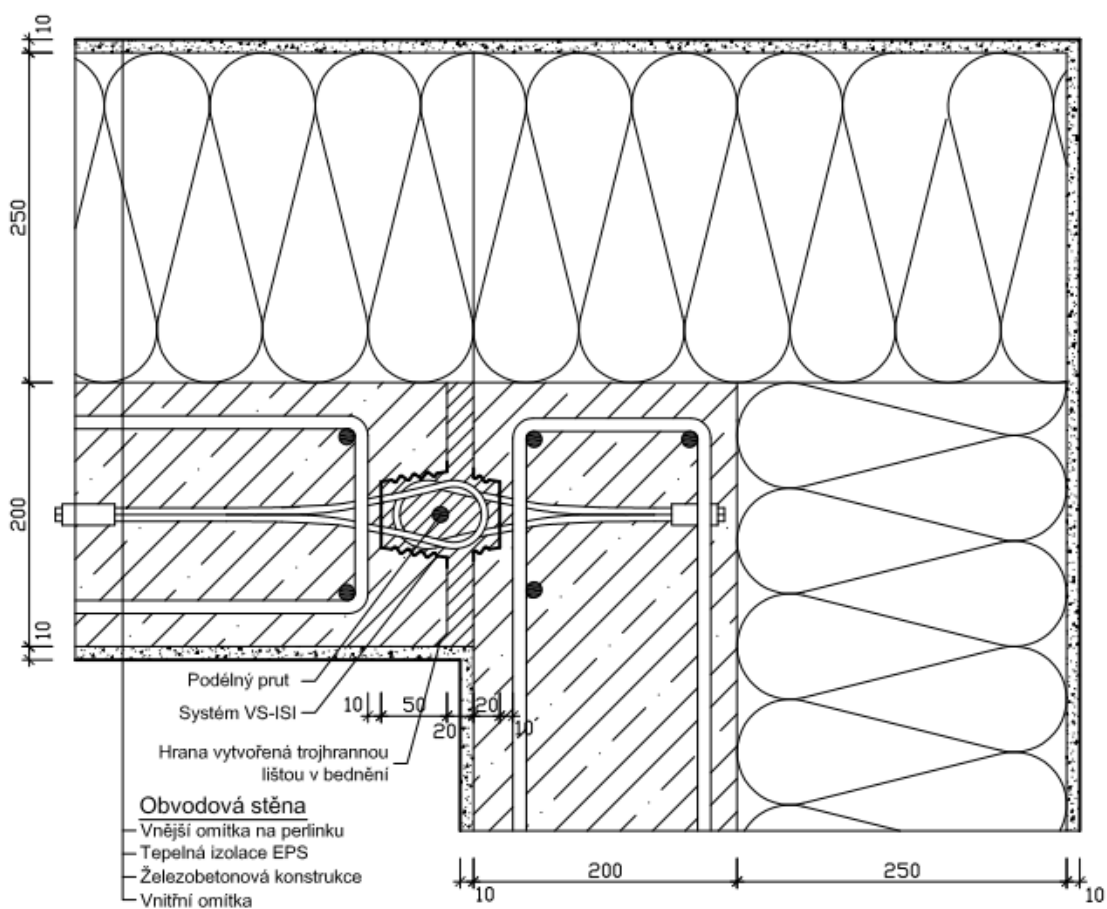
Hydroizolační vrstva bude společně se soklovou omítkou vytažena do výšky 500 mm nad patu stěny. S vnější omítkou objektu bude sokl celkově oddělen pomocí zakončovacích profilů. Kolem celého objektu bude proveden okapový chodník o šířce alespoň 500 mm. Jeho přesná skladba bude upřesněna v dalších fázích projektu.

4.2.2. Detail půdorysného spojení stěn

Prefabrikované stěny budou spojovány systémem VS, u nezatepleného panelu bude z obou stran hrana zkosená a před zalitím spáry maltovou směsí bude zapotřebí z obou stran přiložit bednění. Postačí dvě dřevěná prkna, nejlépe s gumovou vložkou, aby směs neprotekla nerovnostmi. Zatímco u sendvičového panelu bude zkosená pouze vnitřní strana panelu. Tepelná izolace spojená na sraz bude zároveň fungovat jako vnější bednění spáry.



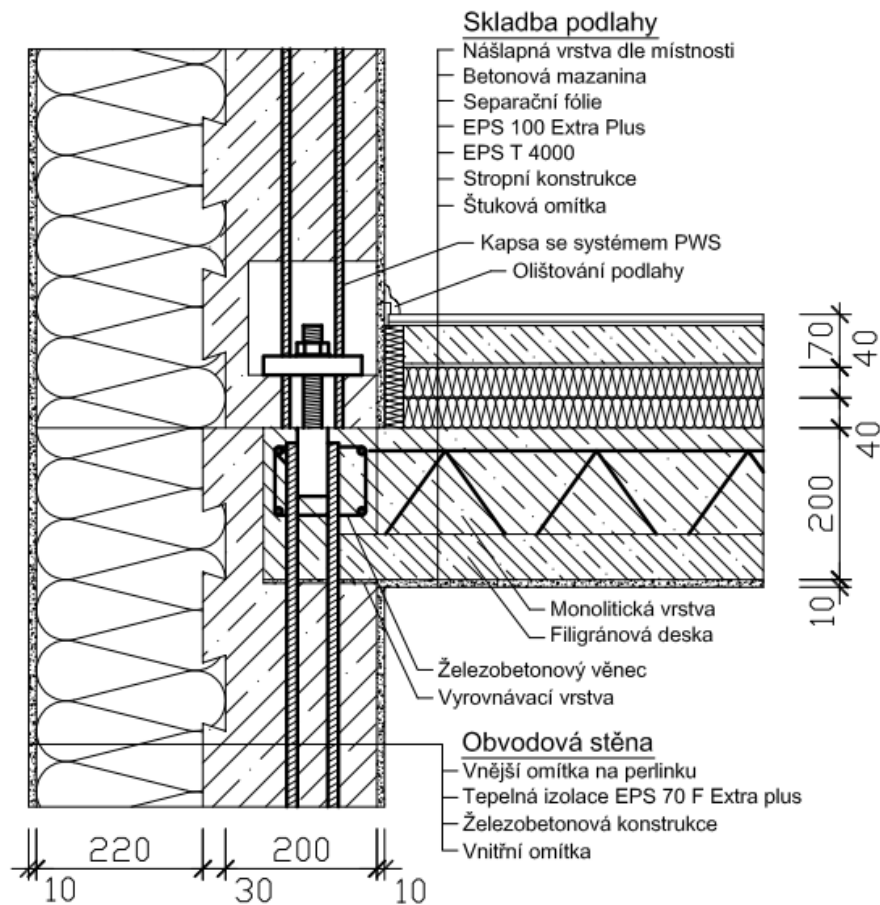
Obr. 19: Detail spojení rovných sendvičových panelů 1:5 (autor práce)



Obr. 20: Detail spojení rohových sendvičových panelů 1:5 (autor práce)

4.2.3. Detail napojení stěn a stropní desky

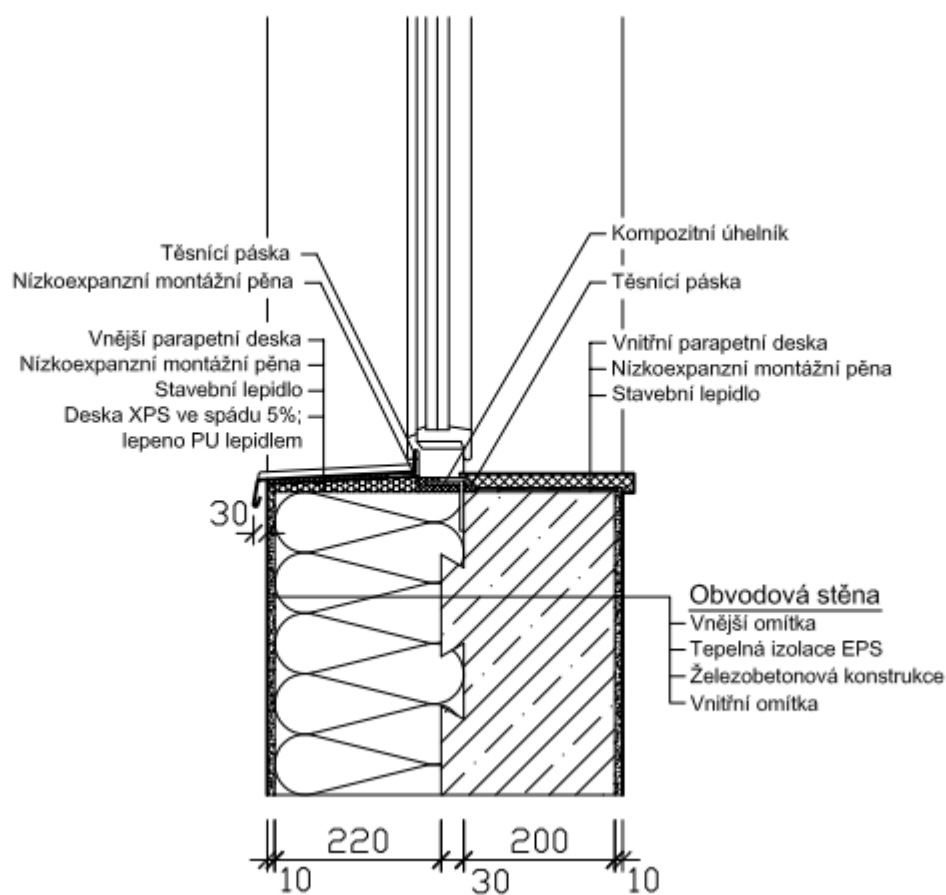
Jakmile bude ve statickém výpočtu navržen přesný typ systému PWS, který bude použit pro spojení panelů nad sebou, bude zároveň upřesněno, jaké rozměry bude mít armatura věnce. Ten bude v úrovni monolitické části stropní desky v celkové šířce 150 mm. Před uložením filigránových desek bude provedena vyrovnávací vrstva jen v případě, že nastanou mezi jednotlivými panely nerovnosti. Přesná tloušťka filigránových desek bude stanovena ve statickém výpočtu, pohybovat se však bude mezi 60 a 80 mm.



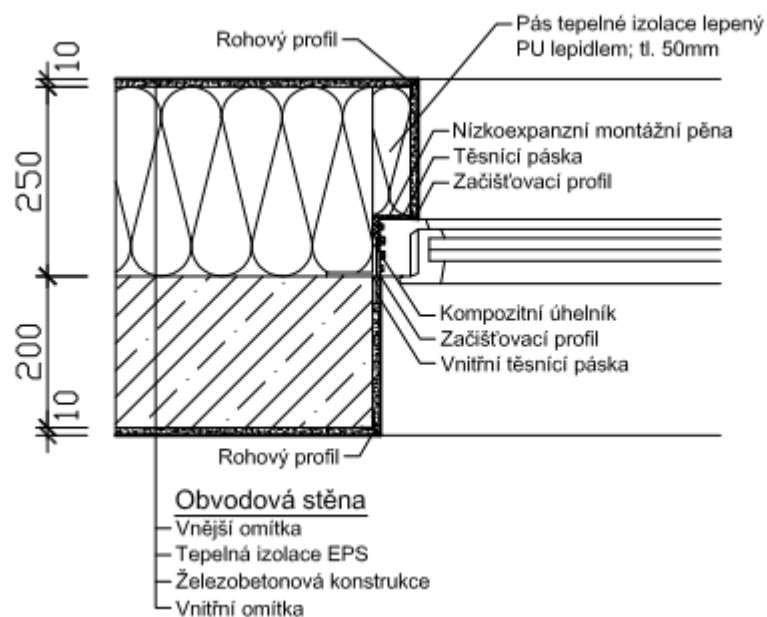
Obr. 21: Detail napojení stěn a stropní konstrukce 1:10 (autor práce)

4.2.4. Detail napojení okenního otvoru

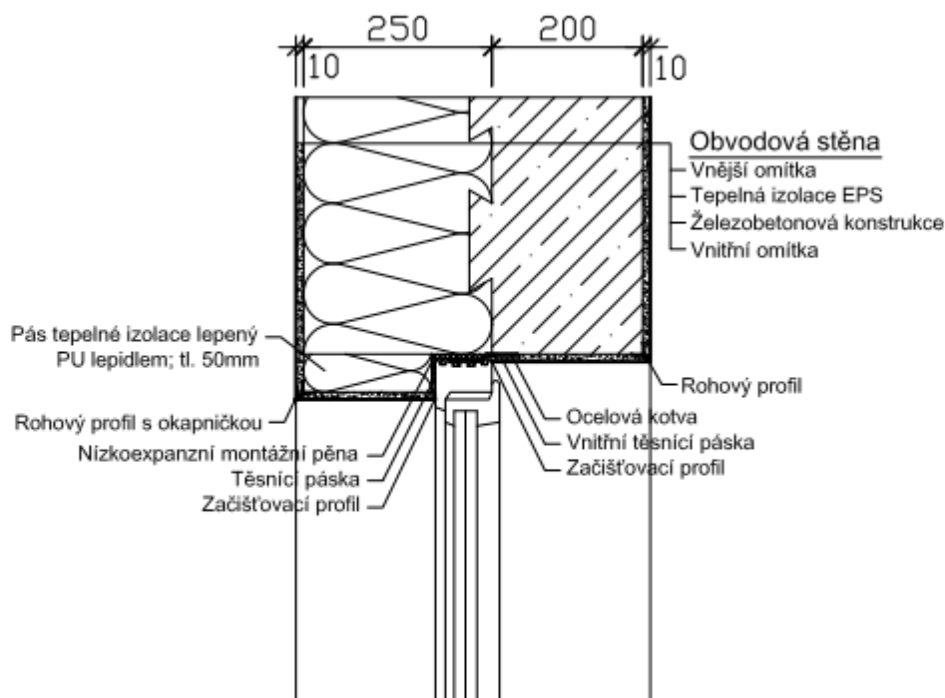
Do sendvičových panelů navrhují okna, která jsou předsazena do roviny tepelné izolace, díky čemuž se minimalizuje tepelný most a snižuje stínění okna ostěním. Pro ukotvení do železobetonové konstrukce v místě parapetu budou použity kompozitní úhelníky. Klasické ocelové úhelníky nejsou z důvodu vysoké tepelné vodivosti v tomto místě u pasivní budovy vhodné. Všechny okenní detaily jsou kresleny v měřítku 1:10. [4]



Obr. 22: Detail okenního otvoru v místě parapetu (autor práce)



Obr. 23: Detail okenního otvoru v místě ostění (autor práce)

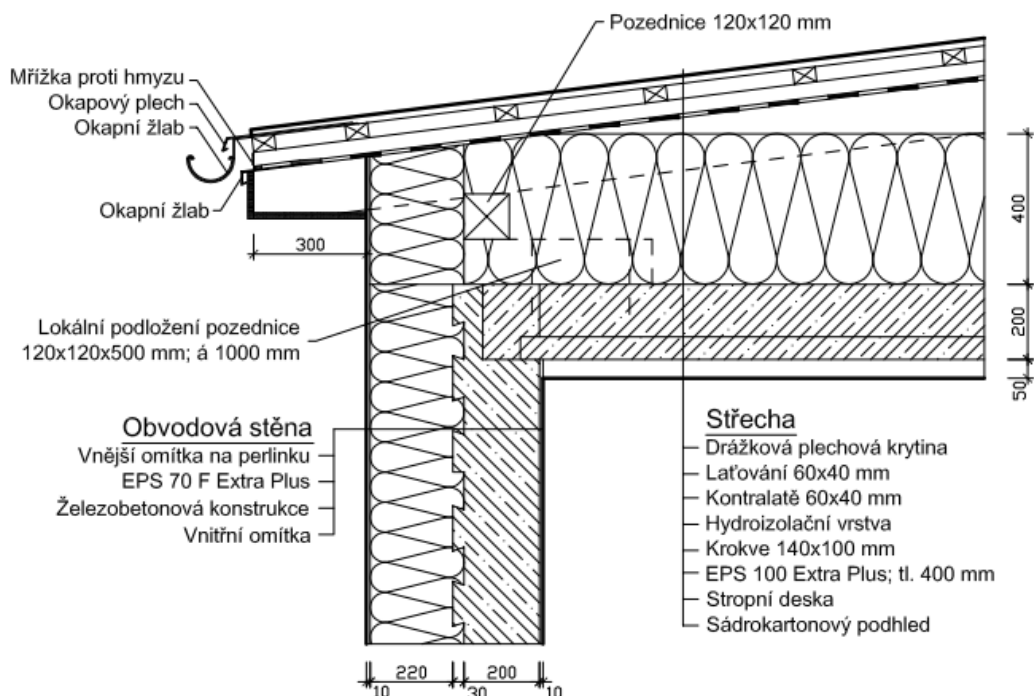


Obr. 24: Detail okenního otvoru v místě nadpraží (autor práce)

Pro kotvení v ostění a nadpraží jsou zde znázorněny dva různé způsoby. Kompozitní úhelníky budou však v ostění použity pouze pro pevné body. Pro vytvoření dilatačních spojů bude i zde použita pásová kotva stejným způsobem, jako v nadpraží.

4.2.5. Detail uložení krovu

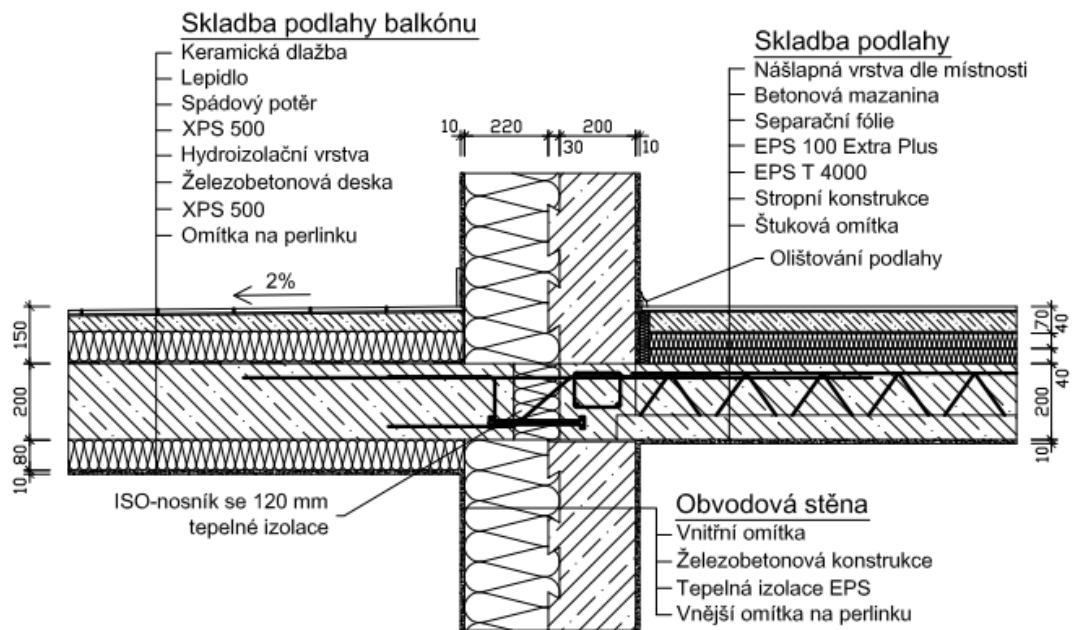
Konstrukce zastřešení musí být uložena tak, aby co nejméně narušila izolační obálku budovy a vznikly minimální tepelné mosty. Jedná se o klasický kroevní systém, který bude uložen na dřevěných pozednicích. Aby nemuselo dojít ke ztenčení tepelné izolace na stropní desce, budou jednotlivé pozednice podloženy dřevěnými trámkami, tím se sníží i vliv bodových tepelných mostů. V místech narušení celistvosti tepelné izolace budou používány především prvky z rostlého dřeva, protože mají oproti jiným nosným materiálům (betony, kovy...) velmi nízký součinitel tepelné vodivosti ($\lambda_p = 0,2-0,5$ [W/m*K]).



Obr. 25: Detail uložení krovu 1:20 (autor práce)

4.2.6. Kotvení přesazených konstrukcí

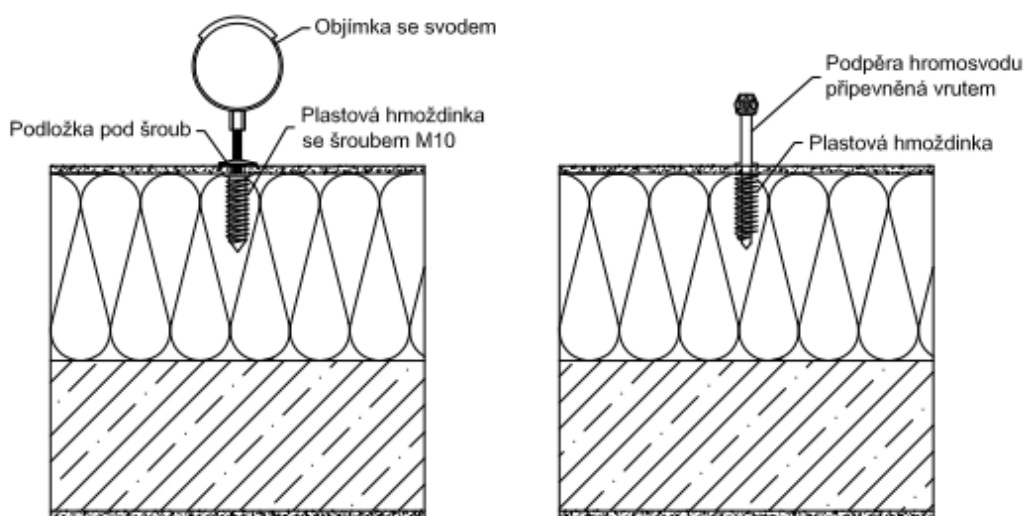
Všechny přesazené prvky budou připojeny ke konstrukci objektu pomocí ISO-nosníků speciálně určených pro energeticky úsporné budovy. V celé šířce těchto prvků bude na stěnách přerušena věncovka a prostory mezi jednotlivými ISO-nosníky budou vyplněny XPS. Celá konstrukce balkónu bude dále obalena 80 mm tepelné izolace tak, aby byly minimalizovány tepelné mosty ve spoji.



Obr. 26: Detail kotvení předsazené konstrukce 1:20 (autor práce)

4.2.7. Kotvení svodů do fasády

Jednotlivé svody se do fasády budou kotvit pomocí plastových hmoždinek určených do EPS, díky kterým nevzniknou tepelné mosty. Okapní svod bude kotven hmoždinkou, ve které je zataven šroub M10, na který se našroubuje objímka svodu. Zatímco na hromosvod se použije hmoždinka, do které se následně přišroubuje podpěra samostatným vrutem.



Obr. 27: Detail kotvení svodů 1:10 (autor práce)

5 Energetické posouzení konstrukcí

Pro posouzení obvodové konstrukce budovy z hlediska tepelné izolace jsem použil program Teplo 2017 EDU. Posoudil jsem, zda každá z konstrukcí dělící interiér od exteriéru splňuje požadované hodnoty.

5.1. Podlaha na terénu

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

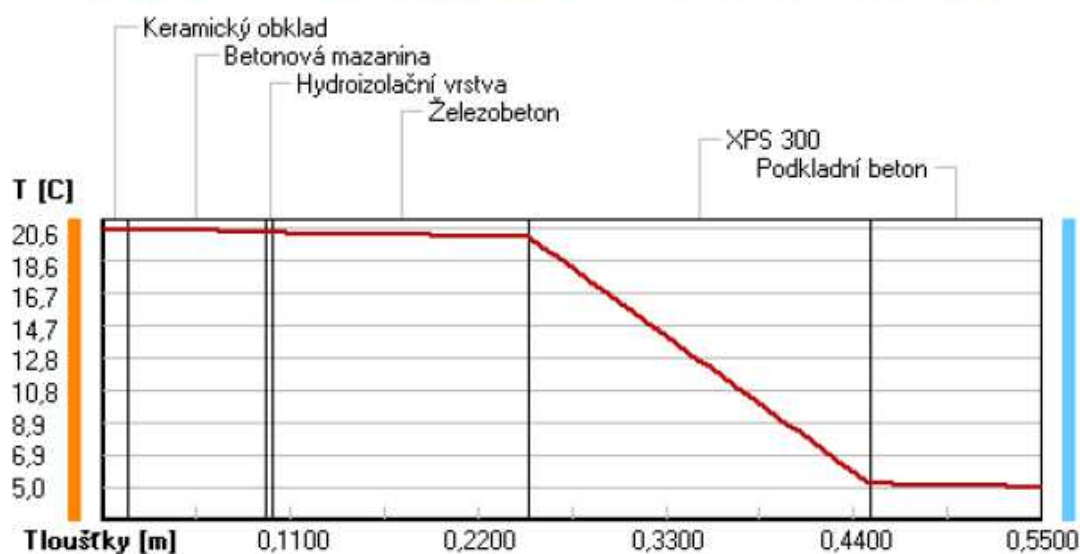
Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kece	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Podlaha na terénu...	podlaha	5.978	0.163	nedochází ke kondenzaci v.p.	---	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
 U součinitel prostupu tepla konstrukce
 Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
 DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obr. 28: Grafické znázornění průběhu teplot v podlaze na terénu

Tab. 18: Součinitele prostupu tepla podlahy na terénu

Součinitel prostupu tepla U pro podlahu na terénu	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
	[W/m ² K]	
0,163	0,45	0,22-0,15

5.2. Podlaha nad garáží

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

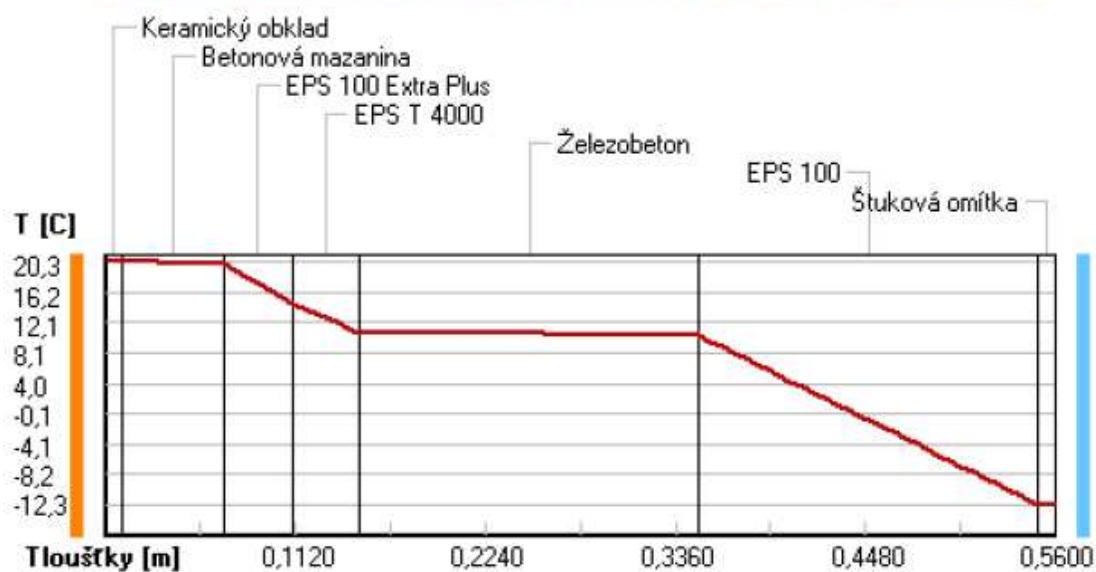
Teplota 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kece	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Podlaha nad garáží...	podlaha	7.797	0.123	nedochází ke kondenzaci v.p.	---	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
 U součinitel prostupu tepla konstrukce
 Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
 DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obr. 29: Grafické znázornění průběhu teplot v podlaze nad garáží

Tab. 19: Součinitele prostupu tepla podlahy nad garáží

Součinitel prostupu tepla U pro podlahu nad garáží	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
	[W/m ² K]	
0,123	0,6	0,3-0,2

5.3. Obvodový plášť

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

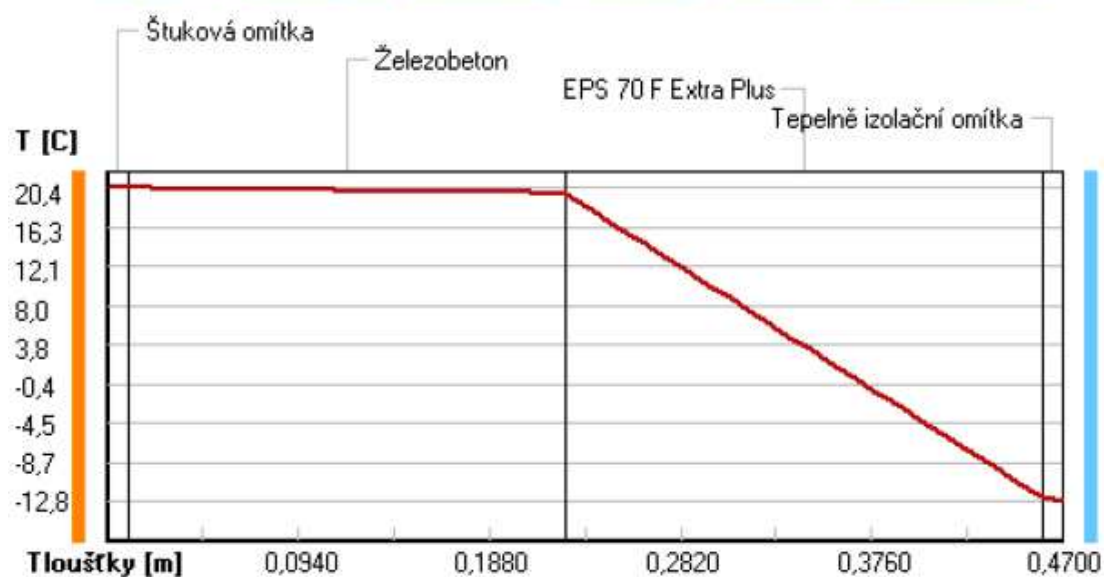
Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kece	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Obvodový plášť vytápěn...	stěna	7.589	0.129	nedochází ke kondenzaci v.p.	---	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
 U součinitel prostupu tepla konstrukce
 Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
 DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

Teplo v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obr. 30: Grafické znázornění průběhu teplot v obvodovém plášti

Tab. 20: Součinitele prostupu tepla v obvodovém plášti

Součinitel prostupu tepla U pro obvodový plášť	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
[W/m ² K]		
0,129	0,3	0,18-0,12

5.4. Střešní plášť

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

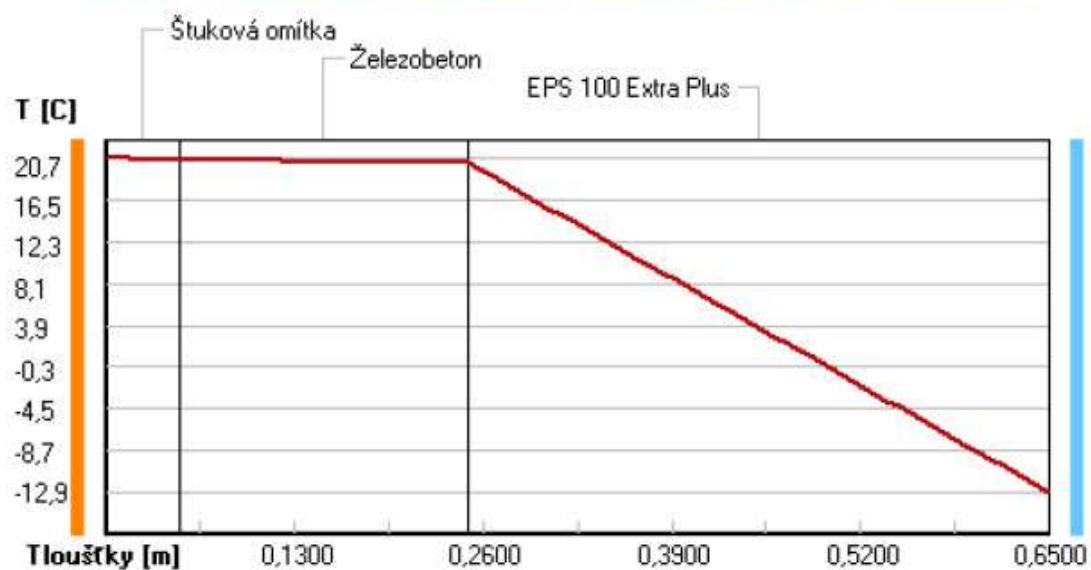
Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Střecha nad vytápěným ...	střecha	13.081	0.076	nedochází ke kondenzaci v.p.	---	---

Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce
 U součinitel prostupu tepla konstrukce
 Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
 DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obr. 31: Grafické znázornění průběhu teplot ve střešním plášti

Tab. 21: Součinitele prostupu tepla ve střešním plášti

Součinitel prostupu tepla U pro střešní plášť	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
	[W/m ² K]	
0,076	0,24	0,15-0,10

Závěr

Cílem práce bylo navrhnout tvarové řešení prefabrikované nosné konstrukce pro pasivní bytový dům a minimalizovat tak nutnost betonáží, armování a bednění na staveništi. Dále vyřešit způsob spojování navržených panelů mezi sebou a s ostatními prvky v objektu. Důležité při návrhu bylo, aby nebyla zbytečně porušována tepelně izolační obálka budovy a objekt tak měl jen minimální ztráty tepelné energie. V práci je čtenář nejprve krátce seznámen s energetickými požadavky na obytné budovy a jejich jednotlivé konstrukce. Především pak budovy pasivní.

Hlavní část práce se zaměřuje na konkrétní bytový dům a přepracování jeho konstrukce z monolitické na prefabrikovanou. Nejprve jsou popsány jednotlivé konstrukční prvky použité v objektu, včetně předpokládaných skladeb podlah, střešních pláštů a obvodových stěn.

Následovalo navrhnout sendvičové panely pro obvodový plášť, které jsou spojovány výrobky firmy JORDAHL & PFEIFER Stavební technika, s.r.o. a to jak mezi sebou, tak i s ostatními prvky, především s prefamonolitickou stropní konstrukcí. Ta bude tvořena filigránovými deskami a dobetonovanou vrstvou.

Další částí práce bylo vypracování jednotlivých konstrukčních detailů, které souvisí s obvodovým pláštěm budovy. Všechny detaily byly navrženy a vypracovány tak, aby nebyla zbytečně narušována tepelná izolace budovy a nevznikaly tak nepříznivé tepelné mosty.

V závěru práce jsou posouzeny všechny konstrukce, které oddělují vytápěný prostor od exteriéru. Zjišťoval jsem, zda jejich skladby splňují požadavky normy na součinitel prostupu tepla. Celková předpokládaná energetická bilance bude provedena v následujících krocích projektu.

Jsem přesvědčen o tom, že stavbou pasivních budov, které navíc budou z prefabrikovaných dílců, se může výrazně zlepšit kvalita i rychlost výstavby a zároveň ušetřit do budoucna značné množství peněz za energie. Za předpokladu, že se pasivní budova dobře navrhne, nemusí být ani o tolik procent dražší než budova klasická.

Seznam použité literatury

- [1] *Hazucha, Juraj: Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy*, GRADA Publishing, Praha 2016, ISBN 978-80-271-9027-0
- [2] *Smola, Josef: Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*, GRADA Publishing, Praha 2011, ISBN 978-80-247-2995-4
- [3] *Tywoniak, Jan a kolektiv: Nízkoenergetické domy 3*, GRADA Publishing, Praha 2012, ISBN 978-80-247-3832-1
- [4] *Co je pasivní dům?* [online], Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/>
- [5] *Spojovací a vyztužovací technika* [online], Dostupné z: <http://www.jpocz.cz/cs/>
- [6] *Výroba pěnového polystyrenu* [online], Dostupné z: <http://www.isover.cz/>
- [7] ČSN 73 0540-2:2011 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- [8] ČSN 73 4301:2004 *Obytné budovy*

Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma uložení schodišťových ramen (autor práce).....	19
Obr. 2: Řez běžným stěnovým panel s a bez tepelné izolace (autor práce).....	20
Obr. 3: Řez panelem parapetním a překladovým (autor práce)	21
Obr. 4: Tvar lišt VS-BZ a VS-ISI s rozměry uvedenými v tabulce č. 10 [5].....	23
Obr. 5: Půdorys spojení dílců pomocí systémů VS-BS a VS-ISI [5]	23
Obr. 6: Tvar boxů VS-Plus a VS-Slim s rozměry uvedenými v tabulce č. 12 [5].....	24
Obr. 7: Podoba kapsy se stěnovým kotevním systémem PWS [5]	25
Obr. 8: Tvar hlavních kotevních prvků systému PWS [5].....	25
Obr. 9: Způsob kotvení sloupů pomocí systému PCC [5]	26
Obr. 10: Tvar hlavních kotevních prvků systému PCC [5].....	26
Obr. 11: Tvar hlavních stabilizačních prvků systému MoFi [5]	27
Obr. 12: Způsob manipulace s lanovými oky a závitovým systémem [5].....	28
Obr. 13: Tvar tepelné izolace použité na sendvičové panely (autor práce)	29
Obr. 14: Základní tvary panelů (zde 1500 mm) dle napojení tepelné izolace (autor práce).....	30

Obr. 15: Podélný řez formou na prefabrikované panely (autor práce)	31
Obr. 16: Příčné řezy formou na prefabrikované panely (autor práce)	31
Obr. 17: Detail soklu vytápěné zóny 1:20 (autor práce)	37
Obr. 18: Detail soklu nevytápěné zóny 1:20 (autor práce)	38
Obr. 19: Detail spojení rovných sendvičových panelů 1:5 (autor práce).....	39
Obr. 20: Detail spojení rohových sendvičových panelů 1:5 (autor práce).....	39
Obr. 21: Detail napojení stěn a stropní konstrukce 1:10 (autor práce)	40
Obr. 22: Detail okenního otvoru v místě parapetu (autor práce)	41
Obr. 23: Detail okenního otvoru v místě ostění (autor práce).....	42
Obr. 24: Detail okenního otvoru v místě nadpraží (autor práce)	42
Obr. 25: Detail uložení krovu 1:20 (autor práce).....	43
Obr. 26: Detail kotvení předsazené konstrukce 1:20 (autor práce).....	44
Obr. 27: Detail kotvení svodů 1:10 (autor práce)	44
Obr. 28: Grafické znázornění průběhu teplot v podlaze na terénu (autor práce).....	45
Obr. 29: Grafické znázornění průběhu teplot v podlaze nad garáží (autor práce)	46
Obr. 30: Grafické znázornění průběhu teplot v obvodovém plášti (autor práce).....	47
Obr. 31: Grafické znázornění průběhu teplot ve střešním plášti (autor práce)	48

Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled rozdělení staveb dle energetických požadavků [4].....	11
Tab. 2: Součinitele prostupu tepla související s obvodovým pláštěm budovy	12
Tab. 3: Výpis bytových jednotek	13
Tab. 4: Obvodový stěnový plášť A1 – A3	14
Tab. 5: Podlahové skladby B1 – B3.....	15
Tab. 6: Střešní pláště C1 – C3.....	15
Tab. 7: Základní technické údaje použitých tvarovek Liapor pro nosné zdivo	16

Tab. 8: Základní technické údaje použitých tvarovek Liapor pro příčky	17
Tab. 9: Seznam základních panelů dle tvaru železobetonové konstrukce	21
Tab. 10: Rozměrové hodnoty VS lišt z obrázku č. 4	23
Tab. 11: Návrhové hodnoty zatížení systému VS-BZ (VS-ISI) pro stěnu tl. 200 mm	24
Tab. 12: Rozměrové hodnoty VS boxů z obrázku č. 6	24
Tab. 13: Základní technické údaje tepelné izolace použité na sendvičové panely	28
Tab. 14: Seznam použitých stěnových panelů pro první podlaží.....	33
Tab. 15: Seznam použitých stěnových panelů pro druhé podlaží.....	34
Tab. 16: Seznam použitých stěnových panelů pro třetí podlaží.....	35
Tab. 17: Seznam použitých stěnových panelů pro čtvrté podlaží.....	36
Tab. 18: Součinitele prostupu tepla podlahy na terénu	45
Tab. 19: Součinitele prostupu tepla podlahy nad garáží	46
Tab. 20: Součinitele prostupu tepla v obvodovém plášti	47
Tab. 21: Součinitele prostupu tepla ve střešním plášti.....	48

Seznam příloh

Příloha 1: (podklad) Výkresová dokumentace – 4x půdorys; řezy; pohledy

Příloha 2: Výkresová dokumentace – 4x půdorys; 2x řez; pohledy