



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb

**NÁVRH OBVODOVÝCH STĚNOVÝCH KONSTRUKCÍ
V ZÁVISLOSTI NA OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH**

**Design of peripheral wall structures depending on marginal
conditions**

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Filip Novotný

Praha, 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Novotný Jméno: Filip Osobní číslo: 424319

Zadávací katedra: K 124 (Katedra konstrukcí pozemních staveb)

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh obvodových stěnových konstrukcí v závislosti na okrajových podmínkách

Název bakalářské práce anglicky: Design of peripheral wall structures depending on marginal conditions

Pokyny pro vypracování:

Vytvoření katalogu materiálů, které mohou být použity do obvodových stěnových konstrukcí. Návrh různých skladeb obvodových konstrukcí (zatepelná vs. nezateplená stěna, kontaktní zateplovací systém vs. dvouplášťová konstrukce a podobně). Klasifikace materiálů a navržených skladeb obvodových konstrukcí dle statického hlediska (stěna zatížená vs. nezatížená stropní konstrukcí) a dle tepelně technických hledisek (vliv skladby stěny na součinitel prostupu tepla, šíření vlhkosti, vyloučení vzniku plísní, prodyšnost a podobně). Doporučení vedoucí k vhodné volbě materiálu v praxi jako pomůcka pro stavebníka.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie, ČNI Praha, červen 2005.

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012.

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, ČNI Praha, listopad 2005.

ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody, ČNI Praha, červen 2005.

ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004.

ČSN EN ISO 13 788 Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody, ÚNMZ Praha, srpen 2013.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20. 2. 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

22. 02. 2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 26.5.2017

.....

podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za jeho cenné rady a vstřícné vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu, trpělivost a motivaci.

Anotace:

Tato bakalářská práce se věnuje obvodovým stěnovým konstrukcím. V první části této práce je přiblíženo, jaké existují druhy staveb, výhody a nevýhody jednotlivých stavebních materiálů a jejich fyzikální vlastnosti. Další část je zaměřena na složení skladby obvodových plášťů a jejich statická řešení. Dále práce ukazuje několik problémů, které mohou nastat při nesprávném zvolení materiálů nebo postupu při montáži. Hlavní část této práce představuje katalog materiálů, který obsahuje různé varianty skladeb konstrukce, jejich tepelné parametry a schopnost konstrukce vypořádat se s vykondenzovanou vodou. V závěrečné části jsou jednotlivé konstrukce porovnány podle specifikovaných kritérií.

Klíčová slova:

Obvodový plášť, obvodová stěnová konstrukce, provětrávaná fasáda, katalog materiálů, izolace, teplo, budova, součinitel prostupu tepla

Annotation:

This bachelor thesis deals with peripheral wall structures. The first theoretical part describes the types of buildings, the advantages and disadvantages of individual building materials and their physical characteristics. The next part is focused on the composition of the building envelopes and their static solutions. Furthermore, the thesis shows several problems that may occur when the materials or assembly procedure are incorrectly selected. The main part of the thesis is a catalog of materials, which contains the different variants of the structure composition, their thermal parameters and the ability of the structure to deal with the condensed water. In the end, the individual constructions are compared according to the specified criteria.

Keywords:

Building envelope, peripheral wall structure, aerated facade, catalog of materials, insulation, heat, building, heat transfer coefficient

Obsah

Úvod.....	10
1. Pozemní stavby.....	11
1.1 Zatržídění a dělení staveb	11
1.2 Dělení konstrukcí podle jejich primární funkce.....	12
2. Svislé nosné konstrukce.....	13
2.1 Dělení podle tvaru a rozměrů.....	13
2.1.1 Sloupy a pilíře.....	13
2.1.2 Stěny	13
2.2 Rozdělení podle materiálu.....	14
2.2.1 Nejstarší stavební materiály.....	14
2.2.2 Současné stavební materiály	14
2.2.3 Hlavní (nosný) materiál	14
2.2.3.1 Kamenné konstrukce	15
2.2.3.2 Konstrukce na bázi dřeva	15
2.2.3.3 Kovové konstrukce	16
2.2.3.4 Konstrukce z betonu	17
2.2.3.5 Konstrukce z keramických materiálů	19
2.2.3.6 Kombinované konstrukce.....	21
2.2.3.7 Kompletační materiály	21
2.2.3.8 Plasty	21
2.2.3.9 Sklo.....	21
2.2.4 Materiál určený pro zdění	21
2.2.4.1 Malta.....	22
2.2.4.2 Pěna	22
2.2.4.3 Lepidlo.....	22
2.3 Dělení podle technologie výstavby	22

2.3.1	Zděné konstrukce	23
2.3.2	Monolitické konstrukce	23
2.3.3	Prefabrikované konstrukce	23
2.4	Fyzikální vlastnosti materiálů	23
2.4.1	Mechanické vlastnosti.....	23
2.4.1.1	Objemová hmotnost materiálu – ρ	23
2.4.1.2	Pevnost materiálu – R.....	24
2.4.1.3	Modul pružnosti materiálů – E	24
2.4.2	Tepelně technické vlastnosti materiálů.....	25
2.4.2.1	Součinitel tepelné vodivosti – λ	25
2.4.3	Teplotní objemové změny materiálů	26
2.4.3.1	Součinitel teplotní délkové roztažnosti – α	26
3.	Tepelně izolační materiály	27
3.1	Základní tepelně izolační materiály	27
3.1.1	Pěnové materiály.....	27
3.1.1.1	Expandovaný polystyren EPS	27
3.1.1.2	Extrudovaný polystyren XPS	28
3.1.1.3	Polyuretan.....	29
3.1.2	Minerální a vláknité materiály.....	29
3.1.3	Materiál na rostlinné bázi	30
4.	Obvodové pláště	31
4.1	Rozdělení obvodových plášťů podle jejich statického řešení	31
4.1.1	Nosné konstrukce.....	31
4.1.2	Samonosné konstrukce	31
4.1.3	Nenosné výplňové konstrukce	31
4.1.4	Nenosné zavěšené konstrukce	32
4.2	Základní funkce obvodových plášťů.....	32

4.3	Dělení obvodových pláštů podle skladby	33
4.3.1	Obvodové pláště bez klasického zateplení	33
4.3.1.1	Pálená keramická tvárnice s dutinami	34
4.3.1.2	Lehčené betony	34
4.3.2	Kontaktní obvodové pláště	35
4.3.3	Provětrávané obvodové pláště	36
4.3.3.1	Prefabrikovaná konstrukce	37
4.3.3.2	Lícové cihly	37
4.3.3.3	Obložení fasádními prvky	38
5.	Tepelná ochrana budov	39
5.1	Teplotní faktor	39
5.2	Součinitel prostupu tepla – U	39
5.3	Šíření vlhkosti konstrukcí	40
5.4	Zdroje vodní páry	41
5.5	Rosný bod	42
5.6	Tepelné mosty	43
5.6.1	Vznik plísní	43
5.6.2	Vliv tepelných mostů na nosný systém stavby	44
5.6.3	Vliv tepelných mostů na tepelné ztráty objektu	44
5.6.4	Nejčastější místa tepelných mostů v konstrukci	45
5.6.4.1	Styk zdících prvků	45
5.6.4.2	Vnitřní rohy místnosti	45
5.6.4.3	Sokl	46
5.6.4.4	První řada tvárnic	46
5.6.4.5	Okna, dveře	47
5.6.4.6	Nadpraží, ostění, parapet	47
5.6.4.7	Kotvy ve fasádě	49

5.6.4.8	Ukončení kontaktního zateplovacího systému	49
5.6.4.9	Trámy/průvlaky zasahující do obvodového zdiva.....	50
5.6.4.10	Balkón.....	50
5.6.4.11	Nadokenní překlady.....	51
5.6.4.12	Přerušení zateplení konstrukčními prvky	51
6.	Katalog materiálů.....	52
6.1	Jedno a více podlažní konstrukce.....	52
6.1.1	Rodinné domy.....	52
6.1.2	Bytové domy.....	52
6.2	Nosná konstrukce	52
6.3	Tepelná izolace.....	54
6.4	Provětrávaný plášť	56
6.5	Skladby obvodových plášťů bez klasického zateplení.....	58
6.6	Skladby obvodových plášťů s kontaktním zateplením	60
6.7	Skladby obvodových plášťů se zateplením a provětrávanou mezerou	62
	Závěr	64
	Seznam obrázků.....	66
	Použitá literatura	67
	Seznam příloh	70

ÚVOD

Obvodové stěnové konstrukce představují velmi rozsáhlé téma, které se řešilo již před tisíci lety, řeší se nyní a troufám si říci, že dalších spoustu let se řešit bude.

Lidé se stále snaží vylepšovat vlastnosti a posouvat meze těchto konstrukcí, aby vznikala velkolepá díla, před kterými stojí za to se zastavit a chvíli žasnout, jak je něco takového vůbec možné vytvořit.

Téměř každý člověk, který se rozhodne postavit si dům, se musí alespoň částečně s tímto tématem seznámit a po prostudování možností se rozhodnout, jak bude jeho dům postaven. Je to rozhodnutí na celý život, a proto je dobré předem znát všechny výhody a nevýhody jednotlivých možností a být si danou volbou jistý.

Z tohoto důvodu jsem se rozhodl zabývat tématem obvodových stěnových konstrukcí a vytvořit pro všechny stavebníky katalog, který by jim alespoň částečně pomohl s výběrem správného řešení pro jejich stavbu.

Každý člověk, který někdy byl součástí výstavby budovy, mi dá jistě za pravdu, že vždy na stavbě vznikne nějaký problém. Myslím, že je téměř nemožné dosáhnout toho, aby se vždy vše povedlo 100 % správně. Rozhodně si ale myslím, že pečlivou přípravou a důsledným nastudováním patřičných materiálů lze spoustě věcí předejít.

Hlavní náplní této práce je doporučit stavebníkovi vhodný materiál pro jeho stavbu. Problém ale je, že i sebelepší materiál nemusí fungovat tak jak má, když není jeho aplikace správně provedena. Proto je v této práci několik kapitol věnováno také detailům, na které stavebník může při realizaci stavby narazit a měl by vědět, co je správně a co naopak není.

Obor stavebnictví se nelze naučit a pochopit ze dne na den, a proto by každý měl k tomuto oboru přistupovat s respektem a pokorou. Vždy je lepší se nejdříve ptát a pak až konat.

1. POZEMNÍ STAVBY

Pozemními stavbami se rozumí budovy, které jsou určené pro lidi, kteří v nich mohou bydlet nebo pracovat, dále sklady potravin, materiálů, strojů apod. Pozemní stavby musí také vytvářet kvalitní prostředí odpovídající jejich účelu, které by mělo vydržet po celou dobu životnosti stavby. Každá budova má podle jejího účelu různé požadavky pro výstavbu i pro provoz, které je nutné zvážit již při projektování a důkladně je dodržet.

1.1 ZATŘÍDĚNÍ A DĚLENÍ STAVEB

Pozemní stavby zahrnují spoustu druhů budov, které se dělí podle jejich funkce a podle konstrukčního řešení.

Podle funkce se stavby dělí na: [1]

- stavby pro bydlení – bytové a rodinné domy, rekreační domy, chaty
- občanské stavby – zdravotnické stavby, stavby pro sociální péči, školské stavby, sportovní stavby, vědecké stavby, kulturní stavby, stavby pro služby a obchod, stavby pro dočasné ubytování, dopravní stavby
- průmyslové stavby – výrobní budovy, skladovací budovy, objekty pro energetiku
- zemědělské stavby – objekty pro živočišnou a rostlinnou výrobu

Podle konstrukčního řešení se stavby dělí na:

- nízkopodlažní budovy – široká možnost konstrukčního řešení a dispozice objektu, hlavní nosná konstrukce je zachycena svislými prvky (stěny, sloupy), které společně se stropem vytvářejí stabilní konstrukci
- výškové budovy – vzhledem k poměru výšky a dalších dvou rozměrů budovy, je nutné zajistit její prostorovou tuhost a kvalitní základy (piloty), dále je nutné zajistit prostupy pro TZB, elektroinstalaci, neomezený provoz, požární bezpečnost apod., tudíž je variabilita dispozice konstrukce poměrně omezená; z těchto důvodů se jako nejlepší konstrukční řešení jeví železobetonové jádro kolem schodiště, které společně například se sloupovým systémem budou zajišťovat prostorovou konstrukční tuhost

- halové objekty – konstrukční systém je charakterizován především vodorovnými konstrukcemi střechy, eventuálně stropu na velký rozpon (tažené konstrukce, tlačené konstrukce, ohýbané konstrukce apod.)

1.2 DĚLENÍ KONSTRUKCÍ PODLE JEJICH PRIMÁRNÍ FUNKCE

Konstrukce se obecně v celé budově rozdělují podle jejich typu na konstrukce hlavní (nosné) a kompletační (nenosné).

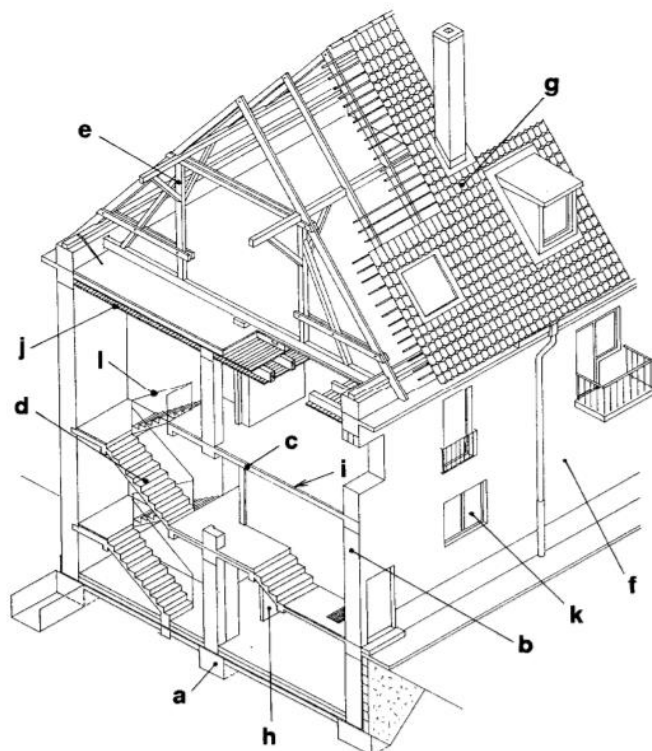
Obrázek 1 znázorňuje jednotlivé typy konstrukcí a jejich primární funkce.

Hlavní (nosné) konstrukce:

- Základové (a)
- svislé nosné (b)
- vodorovné nosné (c)
- Schodiště (d)
- Nosné konstrukce zastřešení (e)

Kompletační (nenosné) konstrukce:

- obvodové pláště (f)
- střešní pláště (g)
- příčky (h)
- podlahy (i)
- podhledy (j)
- výplně otvorů (k)
- povrchové úpravy, zábradlí apod. (l)



OBRÁZEK 1: PRIMÁRNÍ FUNKCE JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ [2]

2. SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

V kapitole 2.2 jsou uvedeny typy konstrukcí, které se na stavbě nacházejí. Tato práce se však bude dále zabývat už jen jednou částí z tohoto dělení, a to jsou konstrukce svislé nosné.

Svislé nosné konstrukce představují svisle nebo šikmo orientované konstrukční prvky, jejichž úkolem je udržet stabilitu objektu a přenést zatížení od vodorovných nosných konstrukcí do základů a podloží. Svislé a vodorovné nosné konstrukce společně vytvářejí základní nosný systém objektu. Tyto konstrukce se můžou dělit podle několika kritérií:

- podle tvaru a rozměrů na sloupy, pilíře a stěny
- podle stavebního materiálu a výrobních technologií na železobetonové, keramické, pórobetonové, kovové a dřevěné
- podle způsobu provedení na montované, monolitické, prefabrikované a zděné

2.1 DĚLENÍ PODLE TVARU A ROZMĚRŮ

Svislé nosné konstrukce je možné dělit podle spousta kritérií. Jedno z nejzákladnějších dělení je podle tvaru a rozměrů, které konstrukce dělí na sloupy, pilíře a stěny.

2.1.1 SLOUPY A PILÍŘE

Sloup je liniový prvek, který má výškový rozměr výrazně větší než rozměry půdorysné. Zatížení tohoto prvku je převážně tlakovou normálovou silou anebo kombinací normálové síly a ohybového momentu. Sloupy se vyskytují buď osamocené nebo jako součást rámové konstrukce. Když je sloup masivnější $\varnothing > 600$ mm, je považován za pilíř.

2.1.2 STĚNY

Stěna představuje plošný svislý nebo mírně skloněný prvek, u kterého délka a výška výrazně převyšují jeho tloušťku. Stěna má převážně nosnou a ztužující funkci. Stěnu je možné využít i jako dělicí nebo izolační konstrukci, proto je důležité zachovat její celistvost při namáhání. Nevýhodou stěny je, že zabírá více půdorysného prostoru než sloup. Stěna může být namáhána tlakem, ohybem, smykem nebo jejich libovolnou kombinací. Podobně jako u sloupů je velmi důležitá štíhlost stěny při posuzování únosnosti.

2.2 ROZDĚLENÍ PODLE MATERIÁLU

Stavebních materiálů existuje mnoho a v podstatě za něj lze považovat téměř každý prvek stavby. Stejně tak pro stavbu svislé nosné stěny existuje mnoho různých materiálových variant řešení, přičemž každá z nich má v nějaké oblasti výhody a v jiné nevýhody.

Stavební materiály vytvořené člověkem se mohou dále vyvíjet a tím vylepšovat jejich vlastnosti, u přírodních lze zase vylepšit jejich opracování. V následujících podkapitolách jsou popsány stavební materiály, které se používaly už od pravěku a materiály, které se vyvinuly až během posledních desítek nebo stovek let.

2.2.1 NEJSTARŠÍ STAVEBNÍ MATERIÁLY

Už od pravěku se lidé snažili chránit od povětrnostních vlivů. Konstrukce jim navíc dodávala pocit bezpečí. Jelikož lidé v této době nedisponovali technologií, kterou máme dnes, museli si vystačit pouze s tím, co jim nabídla příroda. Nejčastějšími stavebními materiály byly tudíž kámen, dřevo a hlína, kterou používali jako spojovací materiál.

2.2.2 SOUČASNÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY

Postupným vývojem začali lidé objevovat a vytvářet další stavební materiály, které nám slouží i v dnešní době. Mezi tyto materiály patří malta, cement, vápno, pálené cihly, keramické cihly, beton, sklo a kov. Nyní se také často používají odpadní suroviny z průmyslu a energetiky, ze kterých se vyrábí lehčené betony a plasty.

2.2.3 HLAVNÍ (NOSNÝ) MATERIÁL

Pro stavbu obvodové stěny se mohou použít různé materiály. Mezi nejběžnější a nejvíce používané konstrukce patří:

- kamenné konstrukce
- konstrukce na bázi dřeva
- kovové konstrukce
- konstrukce z betonu
- konstrukce z keramických materiálů

2.2.3.1 KAMENNÉ KONSTRUKCE

Největší využití měl kámen v dřívějších dobách, kdy byl používán jako hlavní stavební prvek, tudíž většina hradů a zámků má většinu konstrukce z tohoto materiálu. Dnes se využívá na opěrné stěny, schodiště, dlažby a asi nejčastěji se s ním můžeme setkat na budovách domů, kde slouží jako obklad.

Výhody: [2]

- přírodní materiál
- může se využívat i jako pohledový kámen
- velká trvanlivost
- vysoká pevnost v tlaku
- velká životnost
- snadno dostupný materiál
- nehořlavý materiál
- dobrá akumulace tepla

Nevýhody:

- špatné tepelně izolační vlastnosti
- omezení výstavby v zimním období
- u pohledového kamene je práce s kamenem nákladná
- nelze použít pro tahem namáhané skládané konstrukce
- velké dopravní náklady

V práci se nebude s kamennými konstrukcemi dále pracovat.

2.2.3.2 KONSTRUKCE NA BÁZI DŘEVA

Dřevo, společně s již zmiňovaným kamenem, bylo nejvíce používáno již od pravěku. Jeho využití bylo velmi rozsáhlé a nechalo se použít téměř na jakoukoliv část budovy. V dnešní době je využití dřeva stále velmi rozšířené a jeho použití závisí hlavně na výskytu dřeva v dané lokalitě. Používá se na sruby, chaty, dřevěné stropy, rodinné domy, okna, obklady, podlahy, konstrukce střech.

Výhody: [2]

- přírodní materiál

- využití pro pohledovou úpravu
- nízká objemová hmotnost
- dobré tepelně technické vlastnosti
- jednoduchá práce s materiálem
- recyklovatelnost materiálu
- dobrý z ekologického hlediska
- snadná dostupnost

Nevýhody:

- hořlavost
- snížení kvality dřeva v důsledku nasákavosti
- možná deformace materiálu
- nutnost protipožárních nátěrů
- menší únosnost materiálu
- možné napadání biotickými houbami a živočišnými škůdci

S konstrukcemi na bázi dřeva se v této práci nebude dále pracovat.

2.2.3.3 KOVOVÉ KONSTRUKCE

Pro svoje fyzikální vlastnosti a svou zpracovatelnost jsou v průmyslu velmi využívány kovové konstrukce. Ve stavebnictví se z kovů nejčastěji využívá železo, ze kterého lze dále vyrábět například ocel, která má velkou pevnost, únosnost, tvrdost a stabilitu.

Kovy se používají převážně ve větších konstrukcích. Ve 2. polovině 19. století se vyráběly litinové konstrukce, které se dnes už tolik nepoužívají. V současnosti se na stavbách nejčastěji setkáme s ocelovými konstrukcemi (ocelové skelety, příhradové střešní konstrukce, ocelové stropy a další). Mezi další kovy, které se na stavbě často objevují, patří hliník (hliníkové obvodové pláště), měď (měděné okapy) apod.

Výhody: [2]

- ocelové prvky lze kombinovat s betonem
- díky tomu, že nejsou potřeba technologické přestávky, probíhá montáž velmi rychle
- prvky konstrukce jsou vyráběny s předstihem

- materiál není hořlavý
- snadná demontáž konstrukce
- při montáži nezáleží na ročním období
- snadná recyklace
- lehká konstrukce
- ocelové konstrukce mají velkou únosnost v tahu, tlaku a ohybu při relativně malých průřezech prvků; díky těmto vlastnostem je možné realizovat velké rozpony stropů, zastřešení a konstrukcí velkých výšek
- litinové konstrukce mají velkou únosnost v tlaku, litina nekoroduje

Nevýhody:

- koroze oceli
- nutnost protipožární ochrany (ve vysokých teplotách možnost ztráty pevnosti)
- nutná přesnost při výrobě i realizaci

2.2.3.4 KONSTRUKCE Z BETONU

Dalším velmi často se objevujícím materiálem jsou betonové konstrukce. Výsledný beton nevzniká vyschnutím, jak se lidé obvykle domnívají, ale několika týdenním krystalizováním, dokud nedosáhne odpovídající pevnosti. Beton je kompozitní stavební materiál, který se skládá z pojiva, plniva, vody, přísad a příměsí.

Beton se používá již od počátku 20. století a v současné době je nejrozšířenějším stavebním materiálem. Beton nachází uplatnění téměř ve všech typech budov. V konstrukcích se s ním můžeme setkat v monolitické, prefabrikované nebo spřažené podobě. Díky jeho vlastnostem je skvělým materiálem pro výškové stavby.

Výhody: [2]

- rozsáhlá možnost tvarování konstrukcí
- vysoká pevnost v tlaku
- velká akumulace tepla
- velká protipožární odolnost
- velká trvanlivost betonu
- velká životnost materiálu
- nižší náklady na dopravu

- lze dopředu specifikovat vlastnosti konečného betonu
- beton lze vyztužovat ocelí → zlepšení pevnosti v tahu
- železobeton je možné předpínat → zlepšení vlastností
- u prefabrikovaných konstrukcí je velmi rychlá výstavba a možnost stavění i v zimním období

Nevýhody:

- při nedostatečném krytí výztuže nebo při prasklinách v betonu je pravděpodobná koroze výztuže
- reologické změny betonu – smršťování a dotvarování
- karbonatace způsobuje degradaci povrchové vrstvy materiálu
- tepelně-izolační vlastnosti konstrukce jsou velmi malé → nutnost zateplení (možnost vzniku tepelných mostů)
- u monolitických konstrukcí je velmi pracné a časově náročné připravovat bednění pro betonáž, nelze zpracovávat beton v zimním období
- u prefabrikovaných konstrukcí je zapotřebí těžké mechanizace na staveništi, drahá doprava prefabrikátů
- ekonomicky náročná demolice

Existuje více možností zpracování betonu. Mezi nejčastější se řadí prostý beton, železobeton, předpjatý beton a pórobeton.

PROSTÝ BETON

Prostý beton je odolný především vůči namáhání tlakem, oproti tomu při namáhání tahem snese velmi malé zatížení.

Mezi konstrukce tvořené prostým betonem patří například betonová tvárnice, která se používá do základů budov jako ztracené bednění nebo se z ní mohou stavět betonové ploty.

ŽELEZOBETON

Železobeton je kompozitní materiál, který se skládá z betonu a výztuže, která bývá nejčastěji ocelová. Výztuž se do betonu vkládá z toho důvodu, aby celý prvek měl větší pevnost v tahu. Průměr výztuže a její počet je vždy potřeba vypočítat a zajistit, aby měla dostatečné krytí. Nevýhodou tohoto materiálu je značná cena výztuže.

Tento materiál tedy používáme u konstrukcí, kde vznikají tahové oblasti, které by samotný beton nepřenesl. Mezi železobetonové konstrukce patří například stěnový nosník, stropní panely, sloupy, střešní vazníky apod.

PŘEDPJATÝ BETON

Předpjatý beton je složením velmi podobný železobetonu. Rozdíl mezi těmito dvěma typy je v tom, že předpjatý beton používá kvalitnější ocel, která je předpínána buď během tvrdnutí nebo až po vytvrdnutí. Beton se také může předpínat až přímo na místě, kde bude výsledná konstrukce stát. K výrobě předpjatých dílců je zapotřebí složitější technologie, proto se předpjatý beton zpravidla vyrábí v továrnách a na místo montáže je přepravován až po zhotovení.

Tento typ betonu se používá především pro překlenutí vzdálenosti, u které by obyčejný železobeton nestačil. Například panelové stropy, průvlaky, střešní konstrukce.

PÓROBETON

Pórobeton je lehčený beton, jehož objemová hmotnost je menší než 2000 kg/m^3 . Lehčení betonu probíhá přímo při výrobě, kdy jsou v betonu vytvářeny póry. Složky pórobetonu jsou stejné jako u ostatních betonů – plnivo, pojivo a voda. V případě pórobetonu se však jako plnivo používá křemičitý písek, elektrárenský popílek nebo škvára a jako pojivo je použito vápno nebo cement.

2.2.3.5 KONSTRUKCE Z KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ

“Cihlu“ dokázali naši předci vyrobit už v pravěku. Do poloviny 20. století patřilo keramické zdivo mezi nejběžnější stavební materiál.

Používalo se a dodnes se používá jako nosné zdivo nižších objektů, jako dělicí konstrukce v budovách, výplně kazetových stropů, obklady apod.

Výhody: [2]

- materiál se vyrábí z přírodních materiálů (hlína)
- snadná zpracovatelnost
- v některých případech není konstrukci nutno zateplovat, protože tvárnice obsahují dutiny, které zvyšují tepelně-izolační vlastnosti materiálu
- keramické stavební prvky mají menší rozměry a díky tomu je větší variabilita tvarování konstrukce

- konstrukce je lehčí než betonová nebo kamenná
- doprava a manipulace s materiálem je levná
- vysoká odolnost vůči ohni
- dobrá odolnost v tlaku

Nevýhody:

- pracnost
- velmi nízká pevnost v tahu
- lze využívat jen do omezeného počtu nadzemních podlaží (omezuje pevnost v tlaku)
- spojovací materiál není možno aplikovat v zimním období

Mezi keramické prvky, se kterými se můžeme setkat se řadí plné cihly a dutinové tvárnice.

PLNÉ CIHLY

Plné cihly patřily díky jejich vlastnostem donedávna mezi nejpoužívanější stavební materiál. Mezi nejdůležitější vlastnosti patří dobrá pevnost, výborná schopnost akumulace tepla, nízká hmotnost, zvuková izolace a požární odolnost. Plné cihly zároveň tolik nezatěžují přírodu, jelikož jsou vyráběny z přírodního materiálu. Nevýhodou je ovšem jejich nasákavost, rychlost výstavby a množství spojovacího materiálu. [3]

DUTINOVÉ TVÁRNICE

Při výrobě dutinových tvárnic je, stejně jako u plných cihel, potřeba hlína, z které prvek vzniká. V dnešní době patří dutinové tvárnice mezi nejpoužívanější stavební materiál. Jejich největší výhodou jsou svislé dutiny, díky kterým se podstatně zvyšují tepelné vlastnosti materiálu a snižuje se jejich hmotnost. V současné době se tyto cihly vyrábějí i broušené. To výrazně usnadňuje proces zdění a výrazně redukuje množství spojovacího materiálu. Nevýhodou dutinových cihel je, že se v důsledku nahrazení pevnostního materiálu vzduchem, snížila pevnost v tlaku jednotlivých prvků. Proto se tento typ cihel může použít jen na nižší budovy.

2.2.3.6 KOMBINOVANÉ KONSTRUKCE

Každý z výše uvedených materiálů má v určitém směru silnější stránky a v jiném zase slabší, proto se při současných stavbách nejčastěji využívá kombinace všech těchto materiálů. Beton vytváří společně s ocelí velmi tuhé jádro konstrukce, keramické cihly se využívají jako dělicí příčky, z lehkého dřeva je postaven krov střechy a kámen je využit na obklad fasády. Tento jednoduchý příklad ukazuje, jak je možné materiály poskládat do jedné konstrukce, aby každý z nich přinesl do stavby to nejlepší.

2.2.3.7 KOMPLETAČNÍ MATERIÁLY

Kompletační materiály mají funkci výplňovou, zařizovací, ochrannou apod. Z těchto materiálů není možné postavit plnohodnotnou budovu, ale pro její funkčnost jsou nezbytné. Mezi materiály určené ke kompletaci patří:

- materiály ze skla
- materiály na bázi plastů
- materiály na bázi textilie nebo pryže

2.2.3.8 PLASTY

Plasty se vyznačují velkou variabilitou vlastností, mezi které patří tepelná odolnost, tvrdost a pružnost. Největšími výhodami plastů jsou nízká hustota materiálu, jednodušší složení, chemická odolnost a dobrá zpracovatelnost.

2.2.3.9 SKLO

Sklo je ve stavebnictví velmi důležitým materiálem. Téměř každý materiál se nechá nahradit jiným materiálem, který je podobný a dokáže ho obstojně zastoupit. Sklo je ale v některých jeho funkcích nenahraditelné. Používá se například jako výplň oken, kde je jeho hlavní funkcí průhlednost a tepelná odolnost.

2.2.4 MATERIÁL URČENÝ PRO ZDĚNÍ

Materiály určené pro zdění se objevují téměř v každé budově ať jde o betonové, kovové nebo dřevěné konstrukce. Téměř vždy je potřeba postavit nějakou část (například příčky) právě pomocí tohoto materiálu. Proto níže uvádím a popisuji nejčastější materiály, které se používají.

Při zdění nesmí teplota vzduchu i podkladu klesnout pod +5 °C.

2.2.4.1 MALTA

Malta je kašovitá směs více látek, které po čase ztvrdnou. Ve stavebnictví je používána jako spojovací materiál a omítková hmota. Malta se skládá z vody, písku, vápna a případně i cementu.

2.2.4.2 PĚNA

Rozšířením broušených cihel, přišla do popředí i pěna určená pro zdění prvků, které jsou broušené nebo řezané na míru. V dnešní době patří společně s lepidlem mezi nejpoužívanější materiály určené pro zdění.

Výhoda pěny oproti maltě je v tom, že práce s ní je mnohem rychlejší, kromě montážní pistole není potřeba žádné jiné nářadí a ve výsledném porovnání vychází levněji.

Nevýhoda pěny zase spočívá v tom, že tento materiál ještě není dlouhodobě vyzkoušený a není tedy jasné, jak bude zachovalý po padesáti letech. Pěna navíc nepřenáší téměř žádné smykové síly.

2.2.4.3 LEPIDLO

V dnešní době je to nejpoužívanější materiál pro zdění. Jeho vlastnosti ve spojitosti s rychlostí práce s lepidlem z něj dělají nejlepší materiál pro zdění.

Výhodou lepidla je, že práce s ním je velmi jednoduchá a rychlá oproti maltě. Jeho aplikace spočívá jen v nanesení rovnoměrné vrstvy po povrchu zdiva a položení další řady zdícího prvku. V porovnání s pěnou má tento materiál výhodu tu, že přenáší i smykové síly.

Nevýhoda lepidla v porovnání s pěnou je pouze rychlost zdění. Jelikož pro zdění s pomocí lepidla je nutné lepidlo nejdříve rozmíchat s vodou.

2.3 DĚLENÍ PODLE TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Každý materiál má rozdílný postup zpracování, a proto se liší i ve způsobu výstavby. Základní technologie výstavby jsou zděné, monolitické nebo prefabrikované konstrukce.

2.3.1 ZDĚNÉ KONSTRUKCE

Zděné konstrukce se skládají z předem vyrobených kusových dílců skládaných k sobě s využitím určitého spojovacího materiálu jako je malta, lepidlo, pěna atd.

2.3.2 MONOLITICKÉ KONSTRUKCE

Monolitická konstrukce vzniká přímo na stavbě zatuhnutím materiálu v připravené formě a vytváří jednolitý celek; nejčastějším případem je betonová monolitická konstrukce vzniklá zatuhnutím betonové směsi v bednění.

2.3.3 PREFABRIKOVANÉ KONSTRUKCE

Prefabrikované konstrukce jsou složeny z předem vyrobených stavebních dílců, které jsou navzájem smontované ve stycích.

Mnoho staveb je založeno na kombinaci výše uvedených způsobů výstavby (např. do betonových zděných tvárníc se vlévá beton, který způsobí zmonolitnění).

2.4 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ

Stavební materiály jsou různorodé a je nutností znát jejich základní fyzikální vlastnosti, aby se pro každou konstrukci zvolil nejlépe vyhovující materiál.

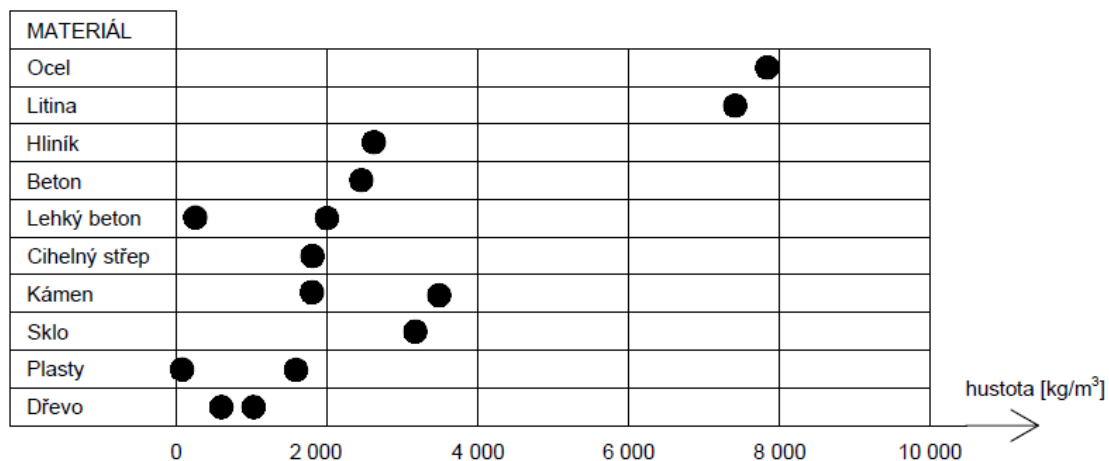
2.4.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI

Mezi mechanické vlastnosti, které je nutné znát před zahájením stavby, patří objemová hmotnost materiálu ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], pevnost materiálu R [MPa] a modul pružnosti E [MPa].

Rozdíl jednotlivých materiálů podle výše uvedených vlastností je zobrazen na obrázcích 2, 3 a 4.

2.4.1.1 OBJEMOVÁ HMOTNOST MATERIÁLU – ρ

Objemová hmotnost je podíl hustoty materiálu a jejího objemu, v kterém jsou zahrnuty i všechny dutiny a póry. Z této veličiny je možné vypočítat sílu, kterou daný prvek působí ve zemské gravitace. [4], [5]

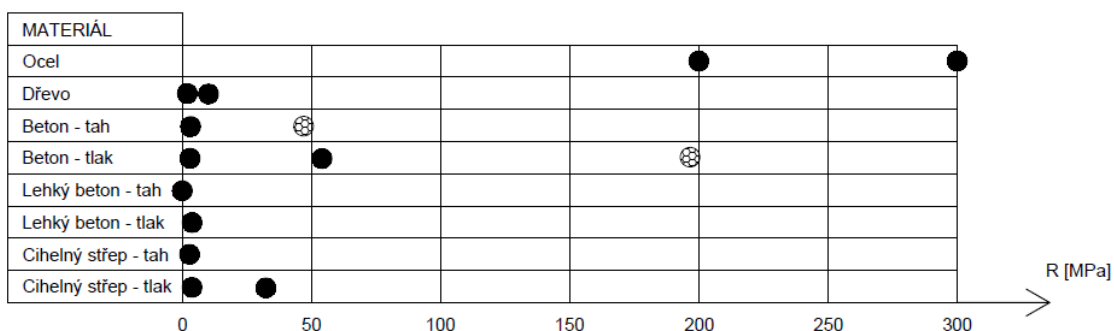


OBRÁZEK 2: POROVNÁNÍ HOSTOTY VYBRANÝCH MATERIÁLŮ, VYTVOŘENO PODLE [2]

2.4.1.2 PEVNOST MATERIÁLU – R

Pevnost vyjadřuje odolnost materiálu vůči vnějším silám, které na prvek působí. Rozlišuje se více druhů pevnosti podle směru síly, která na těleso působí. Pro nosné svislé konstrukce je nejdůležitější pevnost v tahu a tlaku (případně smyku v případech, kdy na konstrukci působí síly z boku). [4], [5]

Na obrázku 3 je vidět, proč lze stavět vysokopodlažní budovy pouze z oceli a betonu a není možné je postavit z cihelného stěpu a dřeva. U položky beton jsou v tahu i tlaku zvýrazněné dvě meze, kterých může dosáhnout pouze vysokopevnostní a vysokohodnotný beton.



OBRÁZEK 3: POROVNÁNÍ PEVNOSTÍ VYBRANÝCH MATERIÁLŮ, VYTVOŘENO PODLE [2]

2.4.1.3 MODUL PRUŽNOSTI MATERIÁLŮ – E

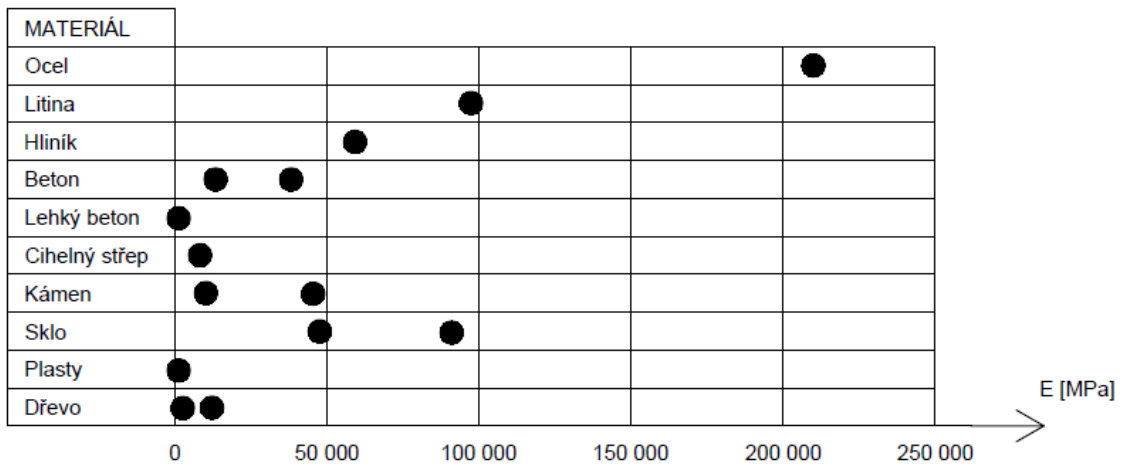
Modul pružnosti určuje, jak velkého napětí je třeba dosáhnout, aby vyvolalo danou poměrnou deformaci.

Z tohoto vztahu vyplývá Hookův zákon:
$$\varepsilon = \frac{E}{\sigma} \quad (1)$$

kde: ε – poměrná deformace [-]; E – modul pružnosti v tahu [Pa]; σ – napětí v tahu [Pa]

Vyšší hodnotu modulu pružností mají materiály, které mají při dosažení stejného napětí nižší deformaci. [4], [5]

Z obrázku 4 je vidět, že ocel má jednoznačně nejvyšší modul pružnosti.



OBRAZEK 4: POROVNÁNÍ MODULU PRUŽNOSTI JEDNOTLIVÝCH MATERIÁLŮ, VYTVOŘENO PODLE [2]

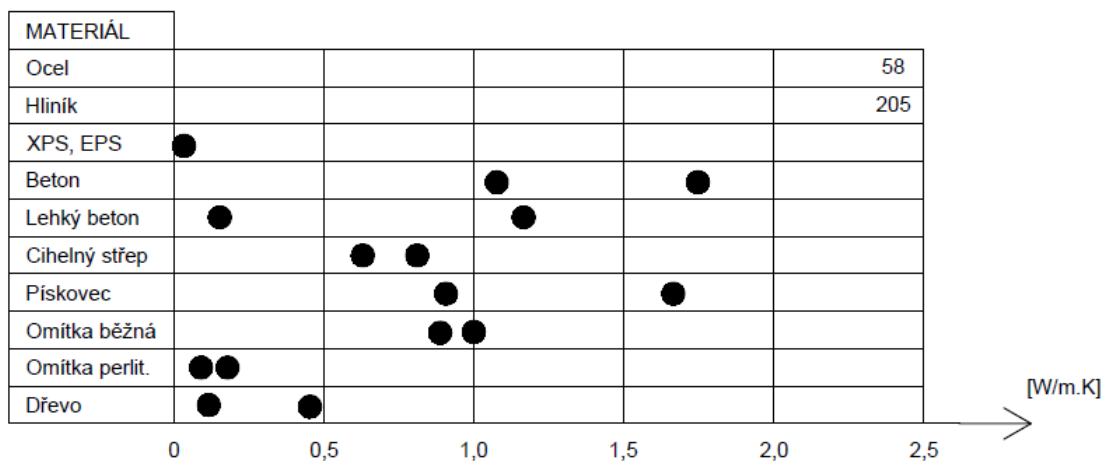
2.4.2 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ

Tepelně technické vlastnosti jsou jednou z nejvíce sledovaných vlastností materiálů. Důvodem je fakt, že energie na vytápění činí velké finanční náklady. A proto správně vybraný stavební materiál spolu se správným provedením mohou ušetřit až 50 % ceny za vytápění. Pro charakterizaci tepelných vlastností materiálu se používá součinitel tepelné vodivosti.

2.4.2.1 SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI – λ

Tento součinitel závisí na objemové hmotnosti materiálu a na jeho vlhkosti. Materiály, které mají velkou objemovou hmotnost, jako jsou například kovy, vedou teplo mnohem lépe než materiály, které obsahují nějaké póry a dutiny. Proto je dobré se v obvodových stěnách vyhnout vodivému materiálu a nezpůsobovat tím únik tepla z interiéru.

Na obrázku 5 je porovnání nejběžnějších stavebních materiálů právě podle součinitele tepelné vodivosti. [6], [7]



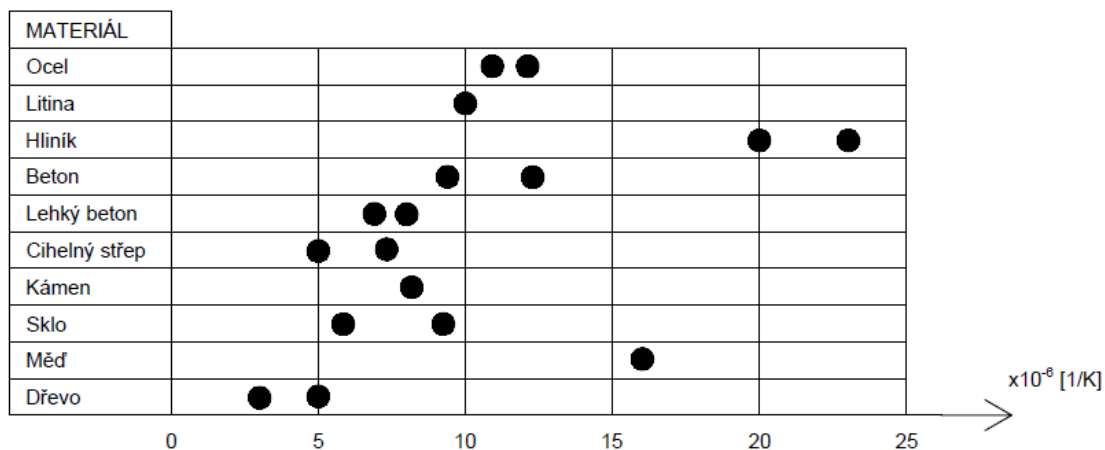
OBRÁZEK 5: POROVNÁNÍ SOUČINITELE TEPELNÉ VODIVOSTI U VYBRANÝCH MATERIÁLŮ, VYTVOŘENO PODLE [2]

2.4.3 TEPLTNÍ OBJEMOVÉ ZMĚNY MATERIÁLŮ

Kromě mechanických vlastností materiálů je také velmi důležité kontrolovat, jak jednotlivé materiály reagují na změny teploty. Jak je vidět na obrázku 6, je nutné sledovat součinitel teplotní roztažnosti, abychom byli schopni určit, jak se jednotlivé materiály k sobě budou chovat. Například kdyby beton a ocel neměly velmi podobnou hodnotu teplotní roztažnosti ($\alpha = 0,000012 \text{ K}^{-1}$), nemohl by vzniknout železobeton. V případě, že se v konstrukci nachází materiály s rozdílným součinitelem teplotní roztažnosti, je nutné ověřit, zda to nebude mít vliv na jejich funkčnost. Z tohoto důvodu vznikají například dilatace. [4], [5]

2.4.3.1 SOUČINTEL TEPLTNÍ DÉLKOVÉ ROZTAŽNOSTI – α

Součinitel teplotní délkové roztažnosti odpovídá prodloužení 1 metr dlouhého předmětu při teplotě 1 K.



OBRÁZEK 6: POROVNÁNÍ SOUČINITELE TEPLTNÍ DÉLKOVÉ ROZTAŽNOSTI U VYBRANÝCH MATERIÁLŮ, VYTVOŘENO PODLE [2]

3. TEPELNĚ IZOLAČNÍ MATERIÁLY

Mezi nejstarší tepelné izolace se řadí přírodní materiály – seno, lišejníky a sláma. V polovině 60. let 20. století se začaly objevovat plasty, které se nejvíce využívaly v izolacích spodních částí budov.

V dnešní době si asi není možné představit stavebnictví bez tepelně izolačních materiálů. Asi žádná budova, kde by měli pracovat nebo žít lidé, není dnes postavena bez izolace v alespoň některé části konstrukce. Aby budova fungovala tak jak má, je potřeba, aby každá konstrukce ve styku s exteriérem byla chráněna proti unikání tepla. Proto se izolace používá na zateplení stěn, soklů, stropů, střech, podlah a mnoha dalších věcí.

Hlavním zaměřením této práce jsou obvodové stěnové konstrukce, proto se dále budu zabývat pouze izolací použitou na stěny a na sokly.

3.1 ZÁKLADNÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍ MATERIÁLY

Mezi základní tepelně izolační materiály řadíme:

- pěnové materiály
- minerální a vláknité materiály
- rostlinné materiály

3.1.1 PĚNOVÉ MATERIÁLY

Mezi pěnové izolační materiály, které se používají na stěny, patří polystyreny a polyuretany.

Polystyreny se dále dělí na expandované polystyreny EPS a na extrudované polystyreny XPS.

3.1.1.1 EXPANDOVANÝ POLYSTYREN EPS

Expandovaný polystyren EPS patří mezi nejpoužívanější materiály pro zateplení fasád. Vyrábí se ve formě desek, které mají různé tloušťky a různé velikosti jeho napěněných polystyrenových perlí. Pro fasády se nejčastěji používá polystyren s označením EPS 70 – EPS 150. Tyto čísla udávají napětí materiálu v kPa při stlačení polystyrenu o 10 %. Montáž tohoto materiálu je možná buď pouze lepením nebo doplněním lepení kotvami.

Samotné lepení je možné pouze pokud to dovolují kritéria, která jsou při montáži zohledňována (vlastnosti polystyrenu, výška objektu, terénní a větrná oblast místa, kde budova stojí). Při montáži je vhodné polystyren ukládat ve dvou vrstvách, přičemž druhá vrstva je kladena na vazbu. Díky tomuto provedení je eliminován liniový tepelný most, který vzniká na stycích desek. Do polystyrenu se mohou také přidávat retardéry hoření, které způsobují samozhášivost materiálu – to znamená, že pokud je zdroj ohně uhašen, materiál se dokáže uhasit sám. Při úplném ponoření polystyrenu do vody je objemová nasákavost do 5 %, proto by neměl být v kontaktu s vodou po delší dobu. [8]

DRUHY MATERIÁLU:

- polystyren bílý (desky)
- polystyren grafitový šedý (desky) - od bílého polystyrenu se liší tím, že má přibližně o 20 % lepší tepelně izolační vlastnosti, nutné chránit před slunečním světlem (zastínit), použití je stejné jako u bílého polystyrenu
- polystyren rozvolněný (kuličky) – tento polystyren je rozvolněný do samostatných kuliček, což umožňuje nafoukání polystyrenu do dutin konstrukce. To lze vidět například u dutinových keramických cihel, které mohou být naplněné právě tímto materiálem. Vlastnosti samotných kuliček jsou horší než kompaktní desky.

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI: [9]

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030$ (grafitový polystyren) – $0,040$ (bílý polystyren) $W.m^{-1}.K^{-1}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 20 - 100$
- objemová hmotnost $\rho = 15 - 40 \text{ kg.m}^{-3}$
- požární třída reakce na oheň – E

3.1.1.2 EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN XPS

Pro výrobu extrudovaného polystyrenu XPS je potřeba ropa a polystyrenový granulát. Tento polystyren se díky jeho vysoké pevnosti v tlaku a téměř nulové nasákavosti (díky uzavřeným pórům) používá v kontaktu se zeminou, kde musí polystyren přesně takovým faktorům odolávat. Extrudovaný polystyren se umísťuje v místě soklů a zateplují se jím i základy budov. Stejně jako expandovaný polystyren obsahuje extrudovaný polystyren

retardéry hoření a je díky nim samozhášivý. Extrudovaný polystyren se však musí chránit proti UV záření, které degraduje jeho vlastnosti.

Tyto desky se nejčastěji vyrábějí s polodrážkou, díky které je přerušovaný liniový tepelný most na styku desek. Největšími výrobci tohoto materiálu jsou Styrodur, Styrofoam a Fibran ECO. [8]

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI: [9]

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,030 - 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 180$
- objemová hmotnost $\rho = 30 - 150 \text{ kg.m}^{-3}$
- požární třída reakce na oheň – E

3.1.1.3 POLYURETAN

Polyuretan není využíván tak často jako polystyren. Vyrábí se buď ve formě desek a na stavbu se dováží nebo se vyrábí přímo na stavbě stříkáním.

Polyuretanové desky mají velkou výhodu v tom, že jejich součinitel tepelné vodivosti je pouze $0,022 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Díky tomu se polyuretan využívá hlavně na budovách, které mají vysoké požadavky na tepelnou odolnost konstrukce, například na pasivní domy.

Stříkaná polyuretanová pěna se používá i pro izolaci fasády, ale největší využití má jako izolace šikmých střech. Samotný produkt vzniká v podstatě až na místě, proto je velmi důležité vědět, jak se s materiálem pracuje a je potřeba prověřit, zda má prováděcí firma odpovídající zkušenosti. Když je izolace provedena správně, výsledný efekt je lepší v tom, že nikde nejsou žádné spáry a netěsnosti, které by zapříčinily vznik tepelných mostů. [8]

3.1.2 MINERÁLNÍ A VLÁKNITÉ MATERIÁLY

Minerální a vláknité materiály se vyrábí tavením hornin. Většinou jde o čedič nebo křemen, a právě podle horniny se pak dále jedná o kamennou nebo skelnou vlnu. Tento materiál má velmi dobré vlastnosti a v poměru s cenou je tento materiál výhodný.

Kamenná vlna se vyrábí tavením čediče a jeho odstředováním. Do jeho vláken jsou pak vstříkovány hydrofobizační oleje, které působí jako pojiva, protiplísňové přísady a další příměsi. Když je materiál tepelně vytvrzen a ochlazen, přijde na řadu jeho rozřezání

na potřebné rozměry a balení do rolí nebo jako desky. Čedič, který vlna obsahuje, má vysoký bod tání a díky tomu je velmi odolný proti ohni. Minerální izolace je však velmi nasákavá, proto nesmí přijít do kontaktu s vysokou vlhkostí nebo vodou.

Skelná vlna je vyráběna velmi podobně jako vlna kamenná, díky čemuž má velmi podobné vlastnosti.

Oproti polystyrenu mají minerální vlny velkou výhodu v tom, že mají velmi nízký difúzní odpor. Díky tomu je materiál paropropustný a dům může dýchat. To znamená, že v případě kondenzace vlhkosti uvnitř konstrukce by nedocházelo k degradaci stěny, ale díky prodyšnosti vlny by se voda odpařila. [8]

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI: [9]

- součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035 - 0,045 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- faktor difuzního odporu $\mu = 1 - 2$
- objemová hmotnost $\rho = 30 - 100 \text{ kg.m}^{-3}$
- požární třída reakce na oheň – A1

3.1.3 MATERIÁL NA ROSTLINNÉ BÁZI

Materiály na rostlinné bázi se v poslední době tolik nepoužívaly, ale postupně zase přicházejí na trh. Mezi nejběžnější zástupce těchto materiálů patří:

- konopí
- sláma

Konopí má velkou výhodu v tom, že velmi rychle roste a má tedy velmi vysokou obnovitelnost. Z jeho vláken jsou vyráběny tepelně izolační materiály ve formě desek nebo rouna. Konopné desky mají srovnatelné vlastnosti s vlnou a mohou ji tedy nahradit. Materiál je pevný, nenasákavý a odolný vůči škůdcům.

Slámu nejvíce používali naši předci, kterým byly dobře známy tepelně izolační vlastnosti tohoto materiálu. V dnešní době se její využití opět vrací ve formě součásti zdícího materiálu, hliněných omítek nebo tepelných izolací. [9]

Tento druh tepelné izolace nebude v této práci dále používán.

4. OBVODOVÉ PLÁŠTĚ

Úloha obvodových plášťů je velmi rozsáhlá a musí splňovat spoustu kritérií, která daná konstrukce požaduje. Mezi základní funkce obvodového pláště patří oddělení interiéru od exteriéru, odolávání spolehlivě a bezpečně všem vnějším vlivům a někdy je zapotřebí i její statické funkce.

Základní požadavek na konstrukci samotnou je, aby měla stabilitu, mechanickou odolnost a aby dokázala unést sama sebe. Všechny tyto požadavky musí konstrukce splňovat, aniž by došlo k samotnému narušení či poškození samotné konstrukce.

4.1 ROZDĚLENÍ OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ PODLE JEJICH STATICKÉHO ŘEŠENÍ

Obvodové pláště je možné rozdělit podle jejich statického řešení na nosné, samonosné, nenosné výplňové a nenosné zavěšené konstrukce.

4.1.1 NOSNÉ KONSTRUKCE

Nosné konstrukce tvoří součást nosného systému budovy, a tudíž jsou přitěžovány konstrukcemi stropů a střechy a dále přenášejí zatížení do základů. Tento typ pláště má velkou objemovou hmotnost a je tedy také nazýván “těžký obvodový plášť“. [10]

4.1.2 SAMONOSNÉ KONSTRUKCE

Na samonosné konstrukce nepůsobí zatížení ze stropů ani ze střech. Jediné zatížení, které tyto konstrukce musejí přenést, je tedy zatížení od vlastní tíhy a od klimatických jevů. Toto zatížení je přenášeno do základů a dále do půdy. [10]

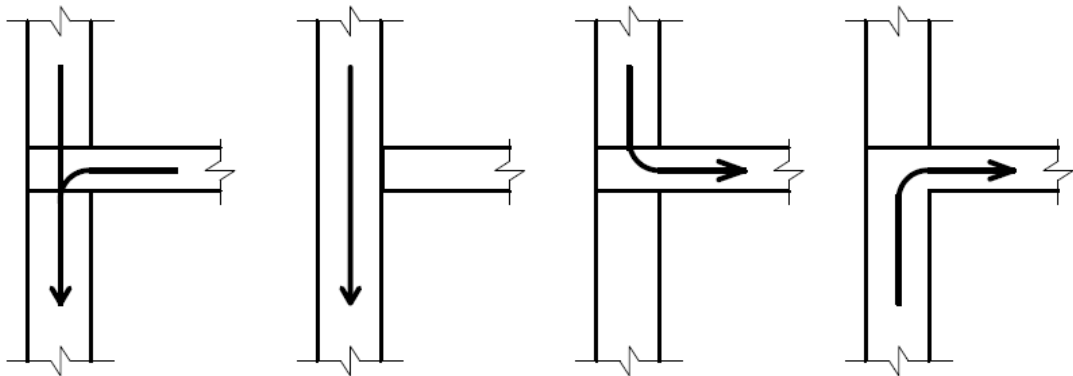
4.1.3 NENOSNÉ VÝPLŇOVÉ KONSTRUKCE

Nenosné výplňové konstrukce většinou vyplňují prostor mezi nosnými konstrukcemi. U těchto plášťů je tedy snaha naopak aby byly co nejlehčí, a přitom spolehlivě splňovaly svou funkci. Tyto konstrukce přenášejí zatížení jen své vlastní tíhy a klimatických jevů do vodorovných nebo svislých nosných konstrukcí. [10]

4.1.4 NENOSNÉ ZAVĚŠENÉ KONSTRUKCE

Nenosné zavěšené konstrukce jsou zpravidla zavěšené před nosnou konstrukcí a zatížení, které způsobují, je právě přes toto zavěšení přenášeno do nosné konstrukce. [10]

Na obrázku 7 je vidět porovnání těchto typů konstrukce podle jejich statického působení.



OBRÁZEK 7: STATICKÉ PŮSOBNÍ JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ, VYTVOŘENO PODLE [18]

4.2 ZÁKLADNÍ FUNKCE OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ

Povrch obvodových plášťů a jeho vlastnosti se odvíjejí od materiálu, z kterého je daný plášť zhotoven. Každý plášť však musí splňovat jasně dané funkce, které jsou uvedeny níže.

Funkce obvodových plášťů: [10]

- spolehlivě musí vynášet svou vlastní váhu i hmotnost stavby, která plášť zatěžuje
- musí zajišťovat tepelně izolační předpoklady
- plášť musí splňovat zvukově izolační předpoklady
- nutná odolnost proti požáru podle umístění stavby
- otvory v konstrukci musí být tak velké, aby světlo v místnostech odpovídalo požadavkům
- vzhled pláště musí vyhovovat územnímu plánu
- ochrana proti vlhkosti a dešti
- plášť musí být bezpečný pro stavbu i užívání

4.3 DĚLENÍ OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ PODLE SKLADBY

Každá skladba může mít rozdílné požadavky na složení jednotlivých vrstev stěny v závislosti na požadované funkci. Proto existuje několik základních typů skladeb obvodových plášťů, které se na stavbách vyskytují nejčastěji:

- obvodové pláště bez klasického zateplení
- kontaktní obvodové pláště
- provětrávané obvodové pláště

4.3.1 OBVODOVÉ PLÁŠTĚ BEZ KLASICKÉHO ZATEPLENÍ

Pro jednovrstvé obvodové stěny se používají tvárnice, které jsou dnešní vysoké tepelně technické požadavky schopny zajistit buď vlastním materiálem, z něhož jsou tyto prvky vyrobeny, tvarovým řešením zdicích prvků, nebo vložением tepelného izolantu do skladby zdícího prvku již při její výrobě.

Aby tento systém fungoval, je zapotřebí odstranit všechna slabá místa konstrukce, aby nedocházelo k úniku tepla. Těmito slabými místy jsou například svislé a vodorovné spáry, způsob napojení jednotlivých prvků, řešení skladby rohů, osazení oken, uložení překladů apod. Tento problém je dále řešen v kapitole 6.

V dnešní době se každý snaží ušetřit místo na svém pozemku, aby měl více prostoru pro bydlení. Z tohoto důvodu je vyvíjen velký tlak na výrobce, aby vyráběli zdící prvky takové, aby výsledná stěna byla co nejúžší a zároveň měla co největší tepelný odpor. Z tohoto důvodu se začaly vyrábět cihly s dutinami, ve kterých byl pouze vzduch (vzduch je lepší izolant než keramický materiál) nebo se tyto dutiny už při výrobě vyplnily tepelně izolačním materiálem jako je například polystyren nebo vata, jak je vidět na obrázku 8 a 9.



OBRÁZEK 9: POROTHERM 38 T PROFÍ [20]



OBRÁZEK 8: HELUZ FAMILY 2IN1 [19]

Tento krok má však za následek snížení pevnosti zdících prvků. Proto se tento systém používá jen na nižší budovy. Z cihel obecně je možné vyzdívat i vyšší budovy, ale už by nemohly mít tak dobré tepelné vlastnosti a nemohly by se použít na požadovaný jednovrstvý plášť.

4.3.1.1 PÁLENÁ KERAMICKÁ TVÁRNICE S DUTINAMI

Pálená keramická tvárnice s dutinami je v dnešní době nejběžnější zdící materiál pro rodinné domy. Kromě toho, že je oblíbeným stavebním materiálem, má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. V České republice jsou nejrozšířenější dvě společnosti vyrábějící cihly – Heluz a Porotherm. Oba výrobci mají podobné parametry svých výrobků a většinou tedy ve výběru materiálu hraje hlavní roli cena.

Keramické tvárnice se nejčastěji vyrábějí broušené. Pro zdění se tedy používá lepidlo nebo zdící pěna. Díky tomu se eliminují tepelné mosty viz kapitola 7, které vznikaly ve spárách.

Tento typ výstavby nabízí k základní cihle také velký sortiment doplňků, které zjednoduší práci a zlepší výsledné vlastnosti stavby. Jedná se buď o cihly do rohů, do oken nebo do věnců.

4.3.1.2 LEHČENÉ BETONY

Mezi nejběžnější lehčené betony patří pórobeton, který je vyráběn z přírodních materiálů. K výrobě je potřeba voda, písek a vápenec. Nároky na výrobu jsou minimální, výrobek se nevypaluje, ale vytvrzuje párou. Tento materiál je zdravotně nezávadný, neuvolňuje žádné prachové emise ani plyny. [11]

Nejznámější výrobci lehčených betonů jsou Ytong, Porfix nebo Hebel. Tyto materiály vykazují výborné tepelně izolační vlastnosti, vysokou pevnost, nízkou hmotnost a snadnou manipulaci. Snadná a rychlá výstavba je možná díky komplexní nabídce stavebních komponent a díky přesnému řezání ze všech stran.

Tvárnice se vyrábějí jako hladké bloky nebo s perem a drážkou. Přesně řezané zdivo vyžaduje použití menšího množství malty. Díky nízké hmotnosti a úchopovým kapsám je manipulace nenáročná. Případné dořezání tvárnice je díky struktuře materiálu velmi jednoduché, odpad z pórobetonu je minimální. Jednoduché je i frézování drážek pro elektroinstalace. Spojující materiály (malty) se dodávají jako suchý materiál.

Pórobetonové tvárnice mají o něco horší součinitel prostupu tepla, stabilitu i odolnost než keramické cihly, ale je s nimi lehčí manipulace a práce.

Mezi lehčené betony patří i stavební materiál Liapor. Základem materiálu je třetihorní hlína, která vytváří spolu s cementem lehký stavební materiál odolný proti mrazu i žáru. Tento materiál má velkou životnost. Vlastnosti a práce s materiálem jsou velmi podobné s již zmíněným Ytongem. [11]

4.3.2 KONTAKTNÍ OBVODOVÉ PLÁŠTĚ

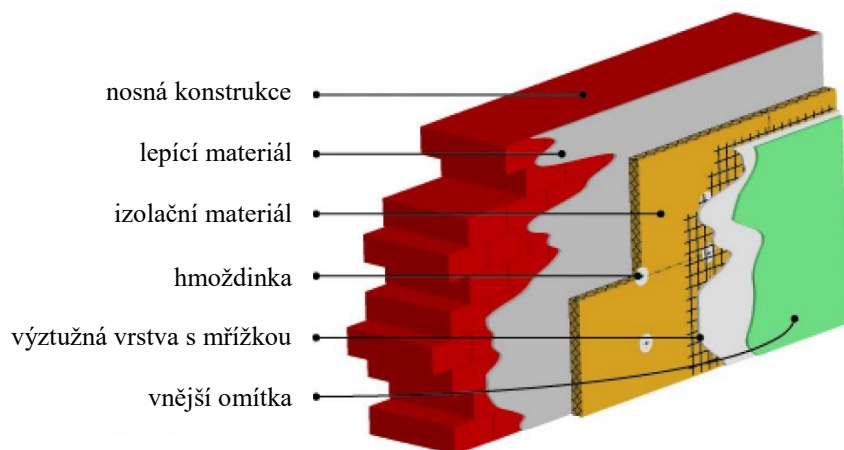
Kontaktní obvodové pláště mají vnitřní část stěny zděnou, monolitickou nebo prefabrikovanou. Tato část konstrukce má funkci pouze nosnou, proto se nebere příliš velký ohled na tepelné vlastnosti materiálu. Tepelné vlastnosti pak musí zajistit vnější část stěny, kterou tvoří tepelně izolační materiál.

Z hlediska tepelných vlastností materiálu je velký rozdíl mezi keramickou konstrukcí a betonovou. Keramická konstrukce má mnohem lepší tepelně izolační vlastnosti, a proto nevyžaduje tak velkou vrstvu tepelného izolantu.

Nejčastějším tepelným izolantem jsou v současné době pěnové nebo vláknité materiály, které byly podrobně popsány v kapitole 4. Zde bych tedy jen popsal jejich montáž.

Izolant se k nosné konstrukci připevní pomocí tmelu a pomocí plastových nebo ocelových kotev. Vnější část izolantu je pak překryta výztužnou sítí ze skelných nebo polypropylénových vláken. Tato síť je k povrchu izolantu připevněna opět pomocí tmelu. Výztužná síť zajišťuje jednodolitost celé konstrukce a měla by být umístována v 1/3 tloušťky tmelu směrem od exteriéru. [10]

Na obrázku 10 je vidět postup při provádění kontaktního zateplovacího systému.



OBRÁZEK 10: KONSTRUKČNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM [21]

Tento systém kontaktního zateplení má velmi široké uplatnění. Jelikož konstrukci tvoří dva odlišné materiály, není žádná vazba mezi pevností a součinitelem prostupu tepla. Díky této výhodě se kontaktní obvodové pláště mohou využít na nízkopodlažní budovy, na haly, ale i na výškové budovy.

Při navrhování pláště je však nutné brát v úvahu několik věcí, které by při nesprávném návrhu nebo nesprávné montáži mohly celý plášť znehodnotit. Jedná se o místo vzniku rosného bodu, který je vždy nutné vypočítat před provedením konstrukce. Také je nutné být pečlivý při montáži zateplovacího systému, aby nikde nevznikly žádné netěsnosti.

Nevýhoda těchto plášťů spočívá v tom, že tepelný izolant sice v zimním období dokáže velmi dobře chránit interiér před zimou, ale v letním období není schopen chránit konstrukci před teplem a může vznikat napjatost na vnitřní nosné konstrukci. Další nevýhoda kontaktního zateplovacího systému je, že výsledná mechanická odolnost konstrukce je podstatně menší než u ostatních systémů. [10]

4.3.3 PROVĚTRÁVANÉ OBVODOVÉ PLÁŠTĚ

Provětrávané obvodové pláště jsou většinou tvořeny nosnou konstrukcí, tepelným izolantem, provětrávanou mezerou a ochranou krycí vrstvou, která může být řešena více způsoby:

- prefabrikovaná konstrukce
- vyzdění z lícových cihel
- obložení fasádními prvky (metalické, plastové, dřevěné) na roštovou konstrukci

V závislosti na typu ochranné vrstvy se provádí montáž tepelné izolace. Pro provětrávanou fasádu je lepší materiál minerální vlna.

Funkcí krycího pláště je chránit stěnu před meteorologickými jevy jako je vítr, déšť, slunce, apod. V ochranném plášti musí být vytvořeny po určitých oblastech mezery, které slouží k cirkulaci vzduchu v provětrávané mezeře. Tato mezera by měla být vždy minimálně 40 mm široká. Význam této mezery je velmi důležitý pro ochlazování stěny v letním období a zadržování tepla v zimním. Díky této mezeře nemění nosná konstrukce neustále teplotu, tudíž v ní nevzniká napětí, které by zhoršovalo její statickou funkci. [12]

4.3.3.1 PREFABRIKOVANÁ KONSTRUKCE

Příkladem prefabrikované ochranné vrstvy je kazetová konstrukce (obrázek 11). Tato konstrukce díky své hmotnosti patří mezi lehké pláště. Její montáž probíhá tak, že jsou plechové kazety připevňovány například k obvodovým sloupům, mezi tyto kazety se vloží tepelná izolace, která je překryta trapézovým plechem, který je kotven k plechovým kazetám. Provětrávaná mezera vzniká mezi trapézovým plechem a izolantem.



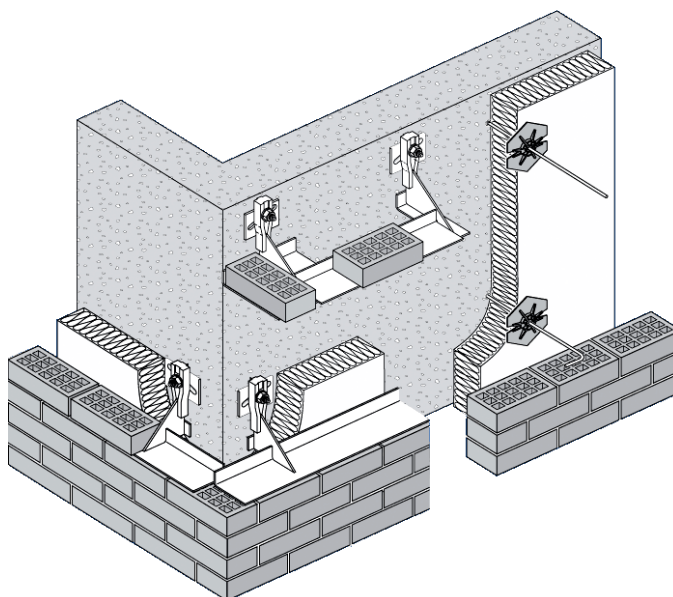
OBRÁZEK 11: KAZETOVÝ SYSTÉM PROVĚTRÁVANÉHO PLÁŠTĚ [22]

Rozdíl mezi lehkými a těžkými obvodovými pláštěmi je v tom, že těžké pláště mají plošnou hmotnost vyšší než 100 kg/m^2 . Díky tomu jsou schopny akumulovat tepelnou energii a ve stádiu ochlazování mohou právě tuto energii vydat a ochlazování je díky tomu omezeno. [2]

4.3.3.2 LÍCOVÉ CIHLY

Princip kotvení lícových cihel spočívá v tom, že kotvy, které uchycují tepelný izolant slouží zároveň i pro kotvení pláště z lícových cihel. Pokud je budova příliš vysoká, je nutné po určitých rozstupech konstrukci z lícových cihel podepřít úložnými prahy anebo zavěsit závěsnými konzolami. Tyto podpůrné konstrukce se kotví k nosnému zdivu anebo do stropů.

Na obrázku 12 je vidět obvodový provětrávaný plášť z lícových cihel. Jsou zde zobrazeny oba způsoby kotvení cihel do nosné konstrukce. [2]



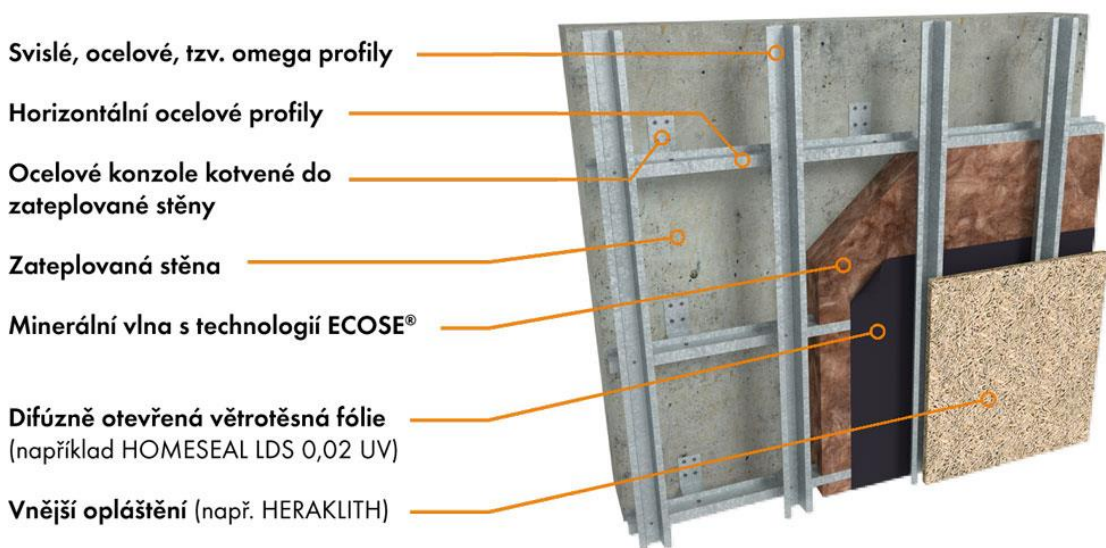
OBRÁZEK 12: OBVODOVÝ PROVĚTRÁVANÝ PLÁŠŤ Z LÍCOVÝCH CIHEL [23]

4.3.3.3 OBLOŽENÍ FASÁDNÍMI PRVKY

Způsob kotvení ochranné vrstvy je oproti předchozím mírně odlišný. Ke kotvení se většinou používá rošt, který bývá nejčastěji dřevěný. Tento rošt se klade ve dvou vrstvách. První vrstva se většinou klade vodorovně a vzniklé pole mezi latěmi je vyplněno tepelnou izolací. Druhá vrstva se připevňuje k první vrstvě a je montována v druhém směru. Vzniklá pole buď slouží jako provětrávaná mezera a nebo se ještě částečně zateplí, aby se překryl tepelný most vzniklý z první vrstvy latí a zbytek prostoru se opět nechá provětrávaný. Na druhou vrstvu roštu je pak upevňován krycí plášť, který může být vyhotoven z metalických fasádních desek, z plastových desek nebo z prvků na bázi dřeva. [2]

Možné provedení roštu je zobrazené na obrázku 13, kde jsou popsány jednotlivé materiály.

Provětrávaná fasáda Standard



OBRÁZEK 13: ROŠTOVÝ SYSTÉM PROVĚTRÁVANÉ FASÁDY [13]

5. TEPELNÁ OCHRANA BUDOV

Stěny mají veliký podíl na úniku tepla z celé budovy, je proto dobré seznámit se se všemi možnými problémy, které v konstrukci mohou nastat a najít vhodné způsoby řešení těchto problémů.

K určování vlastností jednotlivých materiálů byly zavedeny normou ČSN 73 0540-2 limity, které danou konstrukci mají zařadit pomocí několika kritérií:

- požadavek na teplotní faktor
- požadavek na součinitel prostupu tepla
- požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí

5.1 TEPLTNÍ FAKTOR

Pro hodnocení požadavků na vnitřní povrchovou teplotu používá norma ČSN 730540-2 teplotní faktor vnitřního povrchu. Je to poměrná veličina, která je na rozdíl od vnitřní povrchové teploty vlastností konstrukce a nezávisí na teplotách okolního prostředí.

Za hranici vyloučení vzniku plísní je pokládána relativní vlhkost vnitřního povrchu 80 %.

Pro splnění této hranice je nutné, aby platil vztah: $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$ (2)

kde: f_{Rsi} – vypočtený nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce [-], $f_{Rsi,N}$ – kritický teplotní faktor vnitřního povrchu

V této práci je místo f_{Rsi} uvedeno označení $f_{Rsi,m}$, které má stejný význam, ale nezahrnuje tepelné mosty a vazby.

Ve přílohách je vypočítán nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce a porovnán s kritickým teplotní faktor vnitřního povrchu.

5.2 SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA – U

Součinitel prostupu tepla je jedním z hlavních parametrů, které se u výsledné skladby konstrukce hodnotí. Součinitel prostupu tepla udává, kolik tepla pronikne konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K.

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad (3)$$

kde: U – součinitel prostupu tepla [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$], R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru, R – součet tepelných odporů všech prvků pláště, R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru

Maximální přípustné hodnoty součinitele prostupu tepla U ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) pro daný typ pláště určen podle normy ČSN 73 0540-2: [4]

- Požadované hodnoty
 - Lehké pláště – $U_{\text{N},20} = 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
 - Těžké pláště – $U_{\text{N},20} = 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- Doporučené hodnoty
 - Lehké pláště – $U_{\text{REC},20} = 0,20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
 - Těžké pláště – $U_{\text{N},20} = 0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
 - Lehké pláště – $U_{\text{REC},20} = 0,18 - 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
 - Těžké pláště – $U_{\text{N},20} = 0,18 - 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ [14]

V přílohách je porovnání vypočteného součinitele prostupu tepla s požadovanou hodnotou.

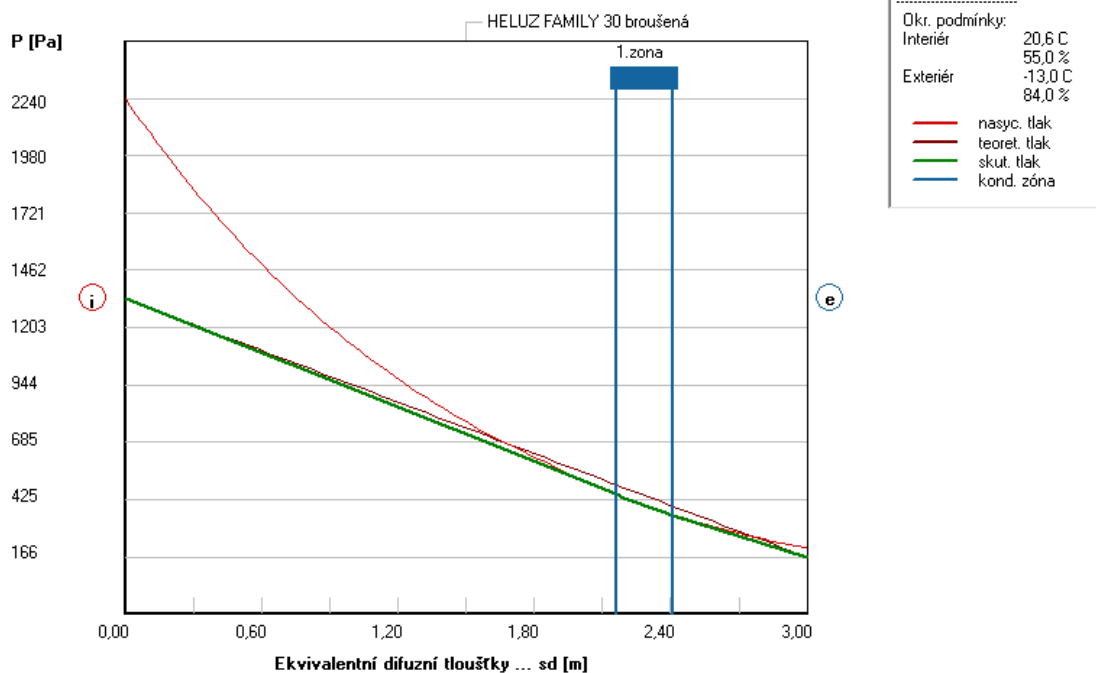
5.3 ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ

Při navrhování konstrukce je vždy nutné ověřit, kde ke kondenzaci dochází a ověřit, že je splněna norma ČSN 73 0540-2, která říká, že vodní pára může kondenzovat v konstrukci jen v případě, že nebude ohrožena její funkce, vypařitelné množství vodní páry $M_{\text{ev},a}$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) bude vyšší než množství zkondenzované vodní páry $M_{\text{c},a}$ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$), které může být pro jednoplášťové konstrukce maximálně $0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ nebo 3 % plošné hmotnosti konstrukce a pro dvouplášťové konstrukce maximálně $0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ nebo 5% plošné hmotnosti konstrukce. Tyto požadavky se u dvouplášťových konstrukcí vztahují vždy pouze na vnitřní plášť. [4]

V příloze 1 je vidět, kde vzniká kondenzace vody u jednoplášťové stěny HELUZ Family 30 a na obrázku 12 je vypočítáno množství zkondenzované páry za rok $M_{\text{c},a}$ a jaké je vypařitelné množství vodní páry za rok $M_{\text{ev},a}$. [15]

Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení venkovní návrhovou teplotou a vlhkostí podle ČSN 730540



OBRÁZEK 14: OBLAST VZNIKU KONDENZACE VODNÍ PÁRY, VYPOČTENO V PROGRAMU TEPLA [28]

5.4 ZDROJE VODNÍ PÁRY

Vodní pára v budovách způsobuje zvýšení vlhkosti a ta má za následek tvorbu plísní.

Vodní pára vzniká ze spousty zdrojů. Mezi hlavní zdroje patří dýchání živých organismů, odpařování z rostlin, z mokřých povrchů nebo třeba pára od vaření nebo sprchování. Všechny tyto zdroje navyšují vlhkost v interiéru. Když relativní vlhkost dosáhne 80 %, vytvoří se ideální podmínky pro růst plísní.

Relativní vlhkost vzduchu závisí na teplotě a na tom, kolik obsahuje vodní páry. Čím je vyšší teplota, tím pojme více vodní páry. Proto po náhlém ochlazení vzduch už nemůže pojmout více vodní páry a ta kondenzuje na vodu.

Na obrázku 15 je zobrazena závislost tvorby plísní na relativní vlhkosti vzduchu. Tato tabulka je sestavena pro normovou teplotu a vlhkost vzduchu exteriéru (-15 °C a 84 %).

Teplota vzduchu	Relativní vlhkost vzduchu	Tlak vodní páry	Obsah vodní páry	Teplota vzduchu, při které dochází ke kondenzaci	Teplota vzduchu, při které dochází k riziku vzniku plísní
[°C]	[%]	[Pa]	[g/m ³]	[°C]	[°C]
-15	84	139	0,87	-16,9	
20	25	584	4,33	-0,5	2,5
20	30	701	5,19	1,9	5,1
20	35	818	6,06	4,1	8,6
20	40	935	6,92	6,0	7,9
20	45	1052	7,79	7,7	11,0
20	50	1169	8,65	9,3	12,6
20	55	1285	9,52	10,7	14,1
20	60	1402	10,38	12,0	15,4
20	65	1519	11,25	13,2	16,7
20	70	1636	12,11	14,4	17,9
20	75	1753	12,98	15,4	19,0
20	80	1870	13,84	16,5	20,0
20	85	1986	14,71	17,4	
20	90	2103	15,57	18,3	
20	95	2220	16,44	19,2	
20	100	2337	17,30	20,0	

OBRÁZEK 15: ZÁVISLOST RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU NA VZNIKU PLÍSNÍ [24]

Plísně mají negativní vliv nejen na člověka, ale i na konstrukci, které zhoršují její vlastnosti. Ochranou proti vysoké vlhkosti vzduchu a s ní spojenou plísní je větrání a správně vyřešená skladba obvodové stěny. [16]

5.5 ROSNÝ BOD

Rosný bod je místo v konstrukci, kde dochází ke kondenzaci vody. Označení rosný bod není zcela přesné, protože se většinou jedná o dvou nebo tří rozměrnou oblast v konstrukci, kde ke kondenzaci dochází. Výpočet této oblasti, kde začne voda kondenzovat je poměrně složitý a záleží na mnoha faktorech. Mezi nejvýznamnější faktory patří teplota a vlhkost vzduchu v interiéru a exteriéru a na typu a šířce materiálů, které konstrukci tvoří. Mezi další faktory patří například oblast, kde se stavba nachází.

5.6 TEPELNÉ MOSTY

Tepelný most je místo, kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Existují dva typy tepelných mostů. V prvním případě, kde se jedná o tepelné mosty zapříčiněné netěsnostmi v plášti dělicí konstrukce, kdy je tepelný únik způsoben přímo prouděním vnitřního vzduchu do exteriéru, hovoříme o tepelných ztrátách prouděním. Druhý typ je způsoben vedením, kdy se v podstatě jedná o to, že když jsou dvě místnosti odděleny stěnou a každá z těchto místností je vytápěná na jinou teplotu, tak k udržení požadované teploty v každé místnosti je zapotřebí, aby konstrukcí mezi místnostmi neprocházelo žádné teplo. To znamená, že tepelný odpor konstrukce by měl být co nejvyšší. V případě, že tato konstrukce není v některých místech technologicky správně udělaná, tepelný odpor v tomto místě výrazně klesne a mezi konstrukcemi se začne vyměňovat vzduch. To postupem času způsobí vyrovnání teplot v jednotlivých konstrukcích. Z tohoto důvodu je dobré veškeré konstrukční detaily a styky různých prvků provádět technologicky správně a tím se tepelným mostům v konstrukci vyvarovat.

Tepelné mosty se také dělí podle toho, jak jsou tvarovány:

- bodové (kotvy ve fasádě)
- liniové (styky zdících prvků)
- plošné (okna, dveře)

5.6.1 VZNIK PLÍSNÍ

Další důvod, proč se vyvarovat tepelným mostům, je vznik plísní. Při prostupu tepla konstrukcí dochází k tomu, že povrch vnitřní obvodové zdi je chladnější než teplota v místnosti. To může způsobit vznik vodní páry právě na tomto povrchu konstrukce. A vznik vodní páry na povrchu konstrukce už je jen malý krok ke vzniku plísní, které začnou růst v případě, kdy je vlhkost okolního prostředí větší než 80 %. [16]

V dřívějších dobách neměly tepelné mosty takový vliv na růst plísní, protože při topení v lokálních kamnech pevnými palivy bylo zapotřebí intenzivní větrání místnosti. Díky tomu byl vnitřní vzduch v zimě suchý, a proto na studených površích nekondenzovala vodní pára.

V dnešní době, kdy se snažíme o maximální úspory energií, omezujeme i větrání na pouhou hygienickou výměnu vzduchu, často i méně. Z tohoto důvodu je vzduch

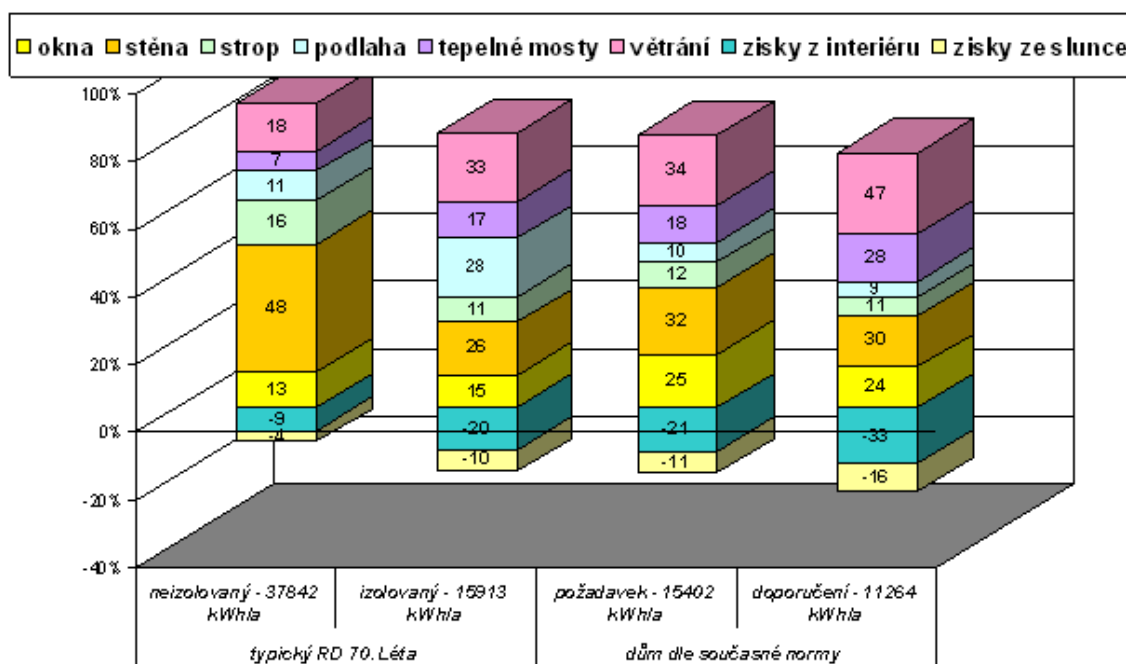
v interiéru vlhčí a dochází ke kondenzaci vodní páry na studených površích konstrukcí, tedy v místech tepelných mostů. Výsledkem je pak již zmíněný růst plísní.

5.6.2 VLIV TEPELNÝCH MOSTŮ NA NOSNÝ SYSTÉM STAVBY

Tepelné mosty také způsobují kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. To může vést u dřevěných částí staveb k hnilobě, u kovových ke korozi a u ostatních k porušení mrazem.

5.6.3 VLIV TEPELNÝCH MOSTŮ NA TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Obrázek 16 vyjadřuje procentuální úniky tepla jednotlivými konstrukcemi. První sloupec představuje dům ze 70. let 20. století bez zateplení, druhý sloupec zobrazuje tentýž dům se zateplením, třetí sloupec charakterizuje rozměrově stejný dům, který je ale postaven podle nynějších norem ČSN 73 0540-2 a poslední sloupec je opět stejný dům postavený podle doporučených norem ČSN 73 0540-2.



OBRÁZEK 16: VLIV TEPELNÝCH MOSTŮ NA TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU [25]

Z tohoto grafu je možné vyčíst, že dříve tepelné mosty zaplňovaly pouze 7 % celkového úniku tepla a podle současných norem je to 28 %.

5.6.4 NEJČASTĚJŠÍ MÍSTA TEPELNÝCH MOSTŮ V KONSTRUKCI

V konstrukci je spousta detailů, které vyžadují speciální pozornost a hlavně kvalitní provedení. Níže jsem uvedl ty z nich, které si zaslouží největší pozornost.

5.6.4.1 STYK ZDÍČÍCH PRVKŮ

Svislé spáry jsou řešeny již přímo při výrobě, kdy je forma tvárnic tvarována tak, že boky vytvářejí systém pero + drážka, který dokáže přerušit tepelný most mezi tvárnicemi. Aby se dokázal přerušit tepelný most ve vodorovné spáře, vyrábí se broušené cihly, které jako spojovací materiál nepotřebují vrstvu malty, ale stačí tenkovrstvé lepidlo nebo pěna, jejichž celková tloušťka je v rozmezí 0-2 mm.

Na obrázku 17 je vidět zmíněný systém pero + drážka (P+D) a způsob nanášení tenkovrstvého spojovacího materiálu.



OBRÁZEK 17: SYSTÉM P+D, NANÁŠENÍ MONTÁŽNÍ PĚNY [26]

5.6.4.2 VNITŘNÍ ROHY MÍSTNOSTI

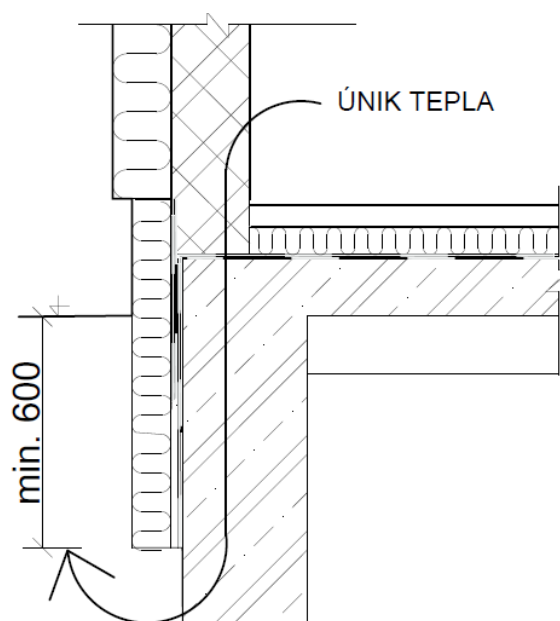
Tepelná energie si vždy hledá cestu nejmenšího odporu a množství energie, které projde skrz konstrukci, je úměrné teplotnímu spádu. V zásadě rozlišujeme tři typy vedení podle směru prostupu tepla. Jednorozměrné vedení se týká prostupu tepla v ploše, např. obvodové zdi. Dále vedení dvourozměrné, ke kterému dochází v místě styku dvou dělicích konstrukcí. A poslední třírozměrné vedení, které vzniká v rozích, tedy ve styku tří dělicích konstrukcí. [16]

V posledním zmíněném typu je očividné, že teplo v tomto místě u povrchu tří konstrukcí, může unikat třemi různými směry, a proto je toto místo nejvíce rizikové na vznik plísní.

V případě, že je konstrukce provedena špatně a plísně vznikají, je nejjednodušším řešením tohoto problému větrání, které jejich vznik omezí.

5.6.4.3 SOKL

Sokl budovy je zpravidla tvořen betonem, který má velmi malý tepelný odpor a je tedy ideálním místem pro únik tepla z budovy. Aby k tomu nedocházelo, je zapotřebí celý sokl zateplit tepelnou izolací. Je velmi výhodné provést zateplení soklu alespoň 60 centimetrů pod výslednou úroveň okolního terénu. Jak je vidět na obrázku 18, teplo se v tomto případě dost podobá chování vody, tudíž čím větší vzdálenost bude muset urazit, tím bude menší pravděpodobnost jeho ztráty. Dále je u soklu velmi důležité správné provedení napojení na zateplení obvodových stěn.



OBRÁZEK 18: PROSTUP TEPLA ZÁKLADY

5.6.4.4 PRVNÍ ŘADA TVÁRNIC

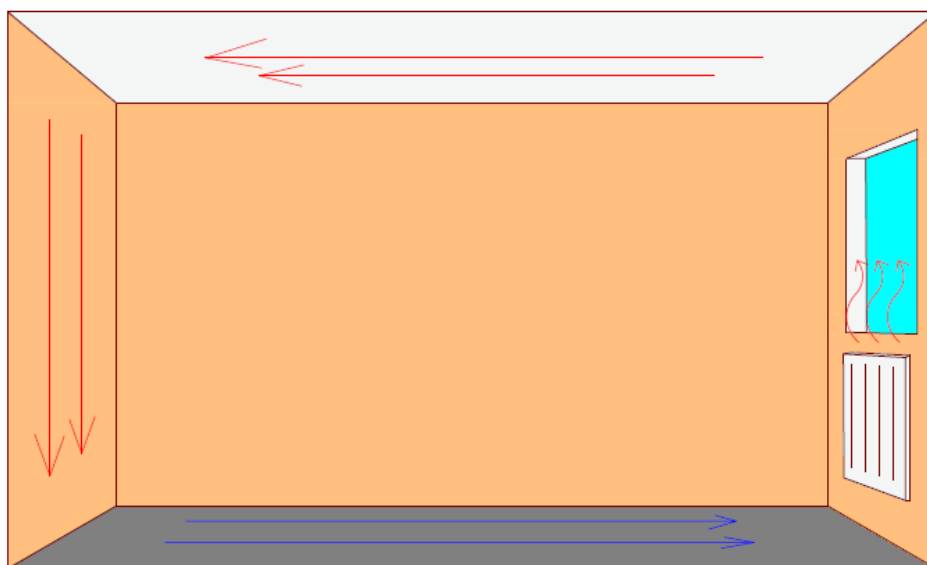
Podlahy, které jsou v kontaktu se zemí, by měly být zaopatřeny tepelnou izolací. Tato izolace se ovšem může položit jen v těch místech, kde již nestojí obvodová zeď nebo dělicí příčka. Proto prvních 20-25 centimetrů zdi nahoru od základové desky představuje hrozbu pro únik tepla. V současné době, kdy se používají dutinové keramické tvárnice, je možné tento problém minimalizovat zakoupením již zateplené první řady cihel. Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.3.1, zateplení probíhá tak, že je do dutin v tvárnících už při výrobě pod tlakem umístěn izolant (většinou polystyren nebo vata), který zvýší tepelný odpor konstrukce.

5.6.4.5 OKNA, DVEŘE

Okna a dveře mají mnohem menší tloušťku než obvodové konstrukce, proto je nutné počítat s tím, že plochou oken i dveří bude unikat více tepla než samotnou plnou stěnou. Běžná okna mají součinitel prostupu tepla přibližně $1,3 - 1,4 \text{ W.m}^2.\text{K}^{-1}$. Běžná obvodová konstrukce má součinitel prostupu tepla mezi $0,15 - 0,20 \text{ W.m}^2.\text{K}^{-1}$. Z toho je zřejmé, že oknem uniká poměrně velké množství tepla. [14]

Tento problém ovšem ve většině budov řeší systém vytápění, kdy jsou radiátory nebo podlahové konvektory umístěny pod okna, kterými by mohlo unikat teplo. Princip spočívá v tom, že chladný vzduch, který přichází skrz okno, je hned zahříván, hnán ke stropu a dále k protější stěně, kde je chlazen a díky cirkulaci je zase veden zpět k topení, kde se tento proces začne znovu opakovat. Díky takto umístěným radiátorům navíc nedochází k rosení oken.

Na obrázku 19 je zobrazeno proudění vzduchu v místnosti v závislosti na jeho ohřívání a chlazení.



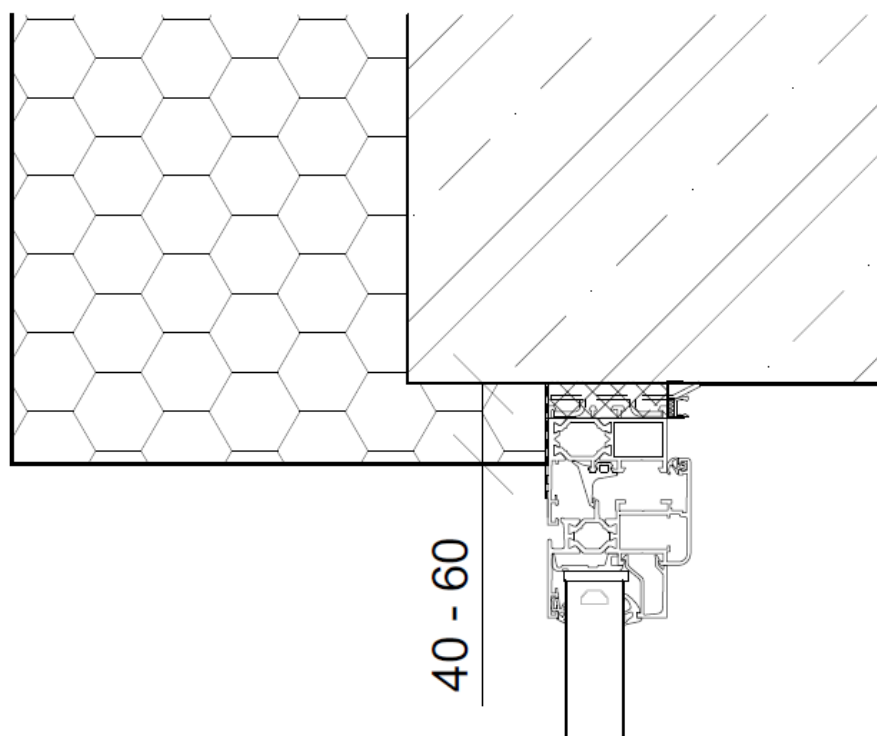
OBRÁZEK 19: CÍRKULACE VZDUCHU V MÍSTNOSTI

5.6.4.6 NADPRAŽÍ, OSTĚNÍ, PARAPET

Existuje spousta možností, do jaké hloubky osadit okno a většinou záleží na požadavcích investora. Musí se ale vždy dodržet správné provedení napojení okna na obvodové stěny.

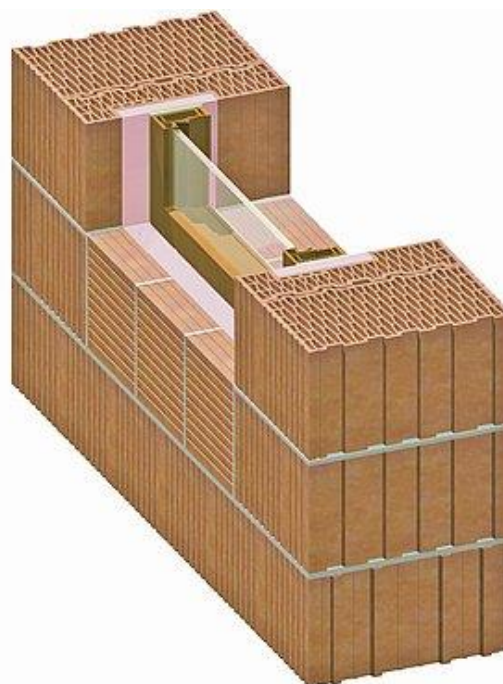
V případě kontaktního zateplovacího systému se ostění a nadpraží většinou řeší přidáním $40 \sim 60$ milimetrů tepelné izolace z boků ostění a zespoda nadpraží. Jak je vidět na obrázku 20 tato izolace oddělí kontakt vnějšího prostředí se stykem okna se stěnou

a zároveň tento spoj více tepelně ochrání. Tím je tepelný most přerušen. Prostup tepla kolem parapetu se může řešit více způsoby, ale podle mého názoru je neoptimálnější pod vnější parapet umístit extrudovaný polystyren, do kterého se pak parapet uloží.



OBRÁZEK 20: ŘEŠENÍ OSTĚNÍ A NADPRAŽÍ PŘI POUŽITÍ KONTAKTNÍHO ZATEPLOVACÍHO SYSTÉMU

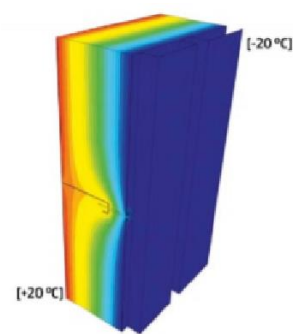
V případě jednovrstvé skladby stěny je v místě uložení okna vytvořena kapsa do obvodového zdiva, která je vyhotovena buď přímo od výrobce cihel v podobě doplňkové tvárnice nebo je vyrobena na stavbě výřezem v tvárnici. Tato kapsa by měla mít hloubku alespoň 30 milimetrů a šířku 150 milimetrů. Na obrázku 19 je tato kapsa vytvořena v místě ostění i v místě parapetu a je do ní umístěn izolant, který přeruší tepelný most.



OBRÁZEK 21: ŘEŠENÍ OSTĚNÍ A PARAPETU OKNA U STĚNY BEZ KONTAKTNÍHO ZATEPLENÍ [27]

5.6.4.7 KOTVY VE FASÁDĚ

Umístování kotev do fasády má více důvodů, většinou se však jedná o kotvení zateplovacího systému. Kotvy jsou do zateplovacího systému umísťovány poměrně hustě (cca 6-8 kotev na m²), proto je dobré pokusit se tento vliv co nejvíce redukovat a počítat s ním při návrhu kontaktního zateplovacího systému. Kotvy se umísťují do plastového montážního přípravku, který redukuje její tepelnou vodivost. Z obrázku 22 je jasně vidět, že kotvy vedou teplo a že je nutné s nimi počítat. [17]

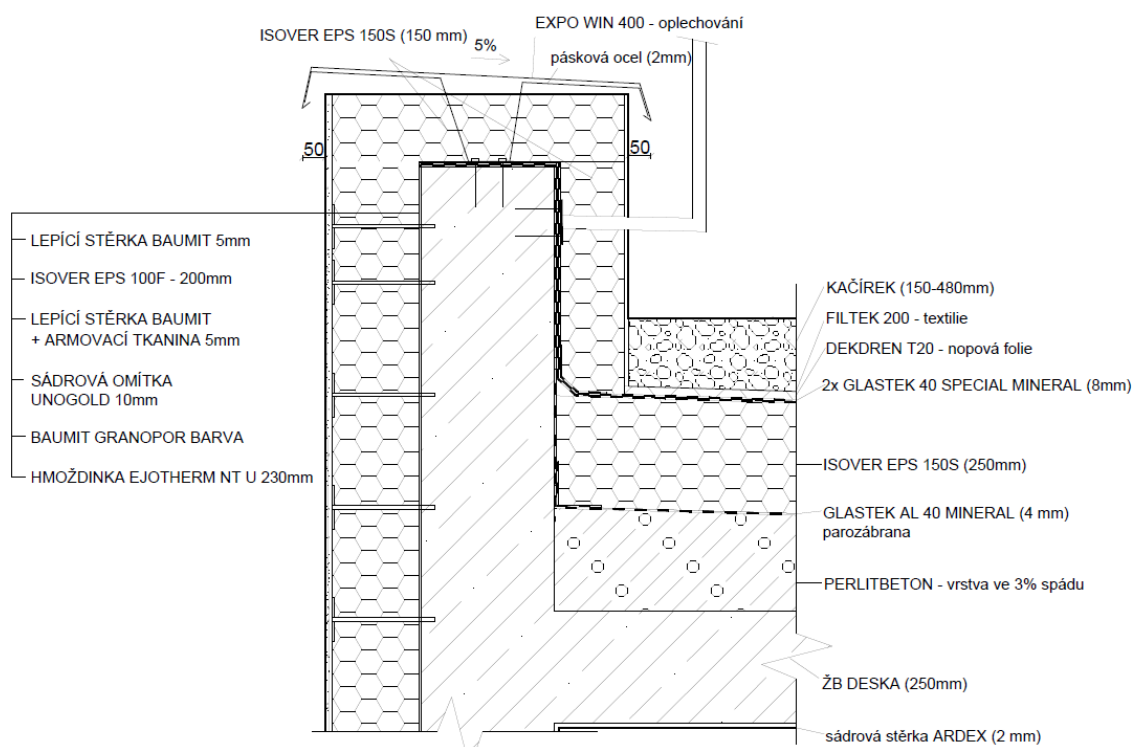


OBRÁZEK 22: ZMĚNA PRŮBĚHU PROUDĚNÍ TĚPLOT VE STĚNĚ VLIVEM KOTVY [17]

Dalším důvodem vzniku tepelných mostů je narušení povrchu stěny klempířskými pracemi, které vyžadují uchycení jednotlivých klempířských prvků. Jedná se například o uchycení svodů dešťové vody, upevnění parapetu, ukotvení plechové střechy apod.

5.6.4.8 UKONČENÍ KONTAKTNÍHO ZATEPLOVACÍHO SYSTÉMU

Při ukončování zateplovacího systému u atiky nesmíme zapomenout, že teplo do konstrukce může vniknout jak z vrchní strany atiky, tak i z její vnitřní strany. Proto je nezbytné izolant umístit ze všech stran, jak je patrné z obrázku 23.



OBRÁZEK 23: SPRÁVNÉ ŘEŠENÍ IZOLACE A OPLECHOVÁNÍ ATIKY

Z vrchní části atiky by se navíc mohla do izolantu při dešti dostat voda, která by izolant znehodnotila, proto je nutné ho v tomto místě ochránit oplechováním, které bude mít z obou stran minimálně 5 centimetrů přesah a bude opatřeno okapovými nosy, které zamezí stékání vody po fasádě. Oplechování musí mít minimálně 5 % spád směrem na střechu, kde je voda odváděna do dešťových svodů.

5.6.4.9 TRÁMY/PRŮVLAKY ZASAHOJÍCÍ DO OBVODOVÉHO ZDIVA

Dříve se trámy usazovaly pouze do kapes ve zděné stěně a oslabení této stěny se nijak neřešilo. Později se zjistilo, že kvůli oslabení stěny začaly trámy hnít a docházelo ke zřícení celého stropu.

Dnes existuje více možností, jak se tomuto problému vyhnout. Buď je možné celou budovu zateplit izolantem tak, že oslabení stěny nebude mít v průběhu let vliv na kvalitu trámů nebo se v úrovni osazení trámů místo cihel přidá izolant, který nahradí tepelné vlastnosti stěny. Mezi trámy lze dozdít cihly nebo tuto řadu využít jako výztužný věnec, vložit armaturu mezi trámy, vložit izolant a zabetonovat.

5.6.4.10 BALKÓN

Řešení balkónů je vždy složité a existuje více možností, jak se vypořádat s tím, aby z konstrukce neunikalo teplo.

Dříve se balkony konstruovaly tak, že se nosná konstrukce stropu vykonzolovala ven z budovy a provedla jako pokračování vnitřního stropu. Tento způsob má tu nevýhodu, že strop a tím i balkón je zkonstruován z velmi vodivého materiálu (obvykle železobeton) bez jakéhokoliv přerušení. Konstrukce stropu velmi intenzivně odvádí teplo z vnitřního prostředí ven. Proto je nutné, pokud je to možné, balkón tepelně zaizolovat ze všech stran. Zespodu a z čela se balkón obvykle zateplí klasickým kontaktním zateplovacím systémem, podlaha se pak řeší stejně jako u teras. Je důležité, aby hrana balkónu byla vybavena okapničkou pro odkapávání srážkové vody, aby nedocházelo k jejímu stékání po povrchu fasády, kde by mohla namrznat.

V současných stavbách je možné pro izolaci balkónu použít isonosníky, tedy nosnou vložku pro přerušení tepelného mostu. Je to poměrně drahý prvek, ale při jeho použití už dále není potřeba balkón izolovat z žádné strany.

5.6.4.11 NADOKENNÍ PŘEKLADY

U jednoplášťové konstrukce je velké riziko vzniku tepelného mostu právě skrz překlady, které jsou ve většině případů vyhotovené z železobetonu, který je velmi vodivý.

Jelikož jednoplášťová budova musí mít dostatečně širokou zeď, aby vyhovovala normám na součinitel prostupu tepla, může být překlad oslaben a vyplněn v místě usazení okna izolantem, který zabrání úniku tepla. Pro tento krok je nutný statický výpočet nebo znalost technologických postupů od firmy, která tento postup dovoluje.

5.6.4.12 PŘERUŠENÍ ZATEPLENÍ KONSTRUKČNÍMI PRVKY

Z obrázku 13 v kapitole 5.3.3 je vidět, že u sendvičového pláště se izolant vkládá mezi latě, které jsou připevněné na nosnou konstrukci. Na tyto latě se pak dále přišroubovávají další latě, které jsou v opačném směru a ty se pak už jen zaklopí například prkenným pláštěm. Problém ale spočívá v tom, že izolační vrstva není v celé ploše stěny. Proto je nutné při výpočtu součinitele prostupu tepla zahrnout tepelně izolační vlastnosti jak izolace, tak i latí a vypočítat jejich poměr zastoupení v ploše pláště. Poté se pomocí váženého průměru dopočítá jejich výsledný součinitel prostupu tepla.

Je také možné umístit latě v obou směrech, vyplnit je izolantem a plocha tepelného mostu se tím značně zmenší. Další možností je upevnit celý záklop pláště na kotvy, které jsou zavrtány do nosné konstrukce.

6. KATALOG MATERIÁLŮ

V tomto katalogu ukazují, který materiál je vhodné použít pro daný typ budovy v závislosti na okrajových podmínkách jako jsou součinitel prostupu tepla, vznik srážek uvnitř konstrukce, šíření vlhkosti, prodyšnost apod.

V kapitole 3 jsem charakterizoval jednotlivé materiály podle jejich vlastností. V této kapitole se budu odkazovat na materiály uvedené v úvodní části práce, vytvářet jejich skladby a vyhodnocovat, které kombinace jsou pro daný typ budovy vhodné a které ne.

V tomto katalogu se zaměřím na těžké pláště jedno a více podlažních budov postavené z nejpoužívanějších materiálů, jako jsou keramické a betonové materiály.

6.1 JEDNO A VÍCE PODLAŽNÍ KONSTRUKCE

Tyto budovy jsou charakterizovány především svislými nosnými konstrukcemi, které mají za úkol zajistit prostorovou tuhost celého objektu. Většinou se jedná o stěnový, sloupový nebo kombinovaný systém.

6.1.1 RODINNÉ DOMY

U těchto konstrukcí nevzniká příliš velké zatížení na nosné stěny, tudíž se mohou využívat materiály s nižší pevností v tlaku jako jsou například keramické tvárnice, pórobetonové tvárnice apod.

6.1.2 BYTOVÉ DOMY

V případě bytových domů vzniká na konstrukci už poměrně velký tlak, proto je nutné s tím počítat při navrhování systému a zvolit vhodný materiál.

6.2 NOSNÁ KONSTRUKCE

Jak jsem uvedl v kapitole 4.1, je několik variant, jak je možné konstrukce rozdělit podle jejich statického řešení. V této práci se zaměřím pouze na nosné obvodové konstrukce a na jejich vlastnosti. V následujícím katalogu uvedu několik materiálů, které se nejčastěji používají pro obvodový plášť. Dále uvedu, který nosný prvek je vhodný pro danou budovu.

Nosná konstrukce

Materiál	Typ výrobku	Tloušťka stěny d [mm]	Pevnost v tlaku ¹ f [MPa]	Součinitel prostupu tepla ² U [W/(m ² .K)]	Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla ³ U [W/(m ² .K)]	Rodinný dům (1-2 patra)			Vícepodlažní konstrukce		
						Bez klasického zateplení	Kontaktní zateplovací systém	Sendvičový (provětrávaný systém)	Bez klasického zateplení	Kontaktní zateplovací systém	Sendvičový (provětrávaný) systém
Keramická pálená tvárnice	HELUZ FAMILY 25 broušená	250	10	0,341	0		●	○			
	HELUZ FAMILY 25 2in1 broušená	250	10	0,307	0		●	○			
	HELUZ FAMILY 30 broušená	300	10	0,288	1		●	○		○	
	HELUZ FAMILY 30 2in1 broušená			0,242	2		●	○		○	
	HELUZ FAMILY 38 broušená	380	10	0,222	2	○	●	○		○	○
	HELUZ FAMILY 38 2in1 broušená			0,167	3	●	○	●		○	○
	HELUZ FAMILY 44 broušená	440	10	0,189	2	●	○	○	○		
	HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená			0,134	3	●		○			
	HELUZ FAMILY 50 broušená	500	8	0,156	3	●			○		
	HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená			0,113	3	●		○			
	Porotherm 25 Profi Dryfix	250	8/10	0,384	0		●	○			
	Porotherm 30 Profi Dryfix	300	10/15	0,511	0		●	○		●	
	Porotherm 30 T Profi Dryfix		8	0,236	2		●	○		○	
	Porotherm 38 Profi Dryfix	380	8/10/15	0,264	1		●	○		●	○
	Porotherm 38 T Profi Dryfix		8	0,193	2	●	●	●		○	○
	Porotherm 44 EKO+ Profi Dryfix	440	6/8	0,217	2	●	○	○	○		
	Porotherm 44 T Profi Dryfix		8	0,168	3	●			○		
	Porotherm 50 EKO+ Profi Dryfix	500	6/8	0,191	2	●			○		
	Porotherm 50 T Profi Dryfix		8	0,148	3	●		○			
	KERATHERM 25 B	250	10/15	0,725	0		○			○	
KERATHERM 30 B	300	10/15	0,433	0		●			●		
KERATHERM 38 B	380	10	0,327	0		●	○		○	○	
KERATHERM 44 B Thermo	440	10	0,286	1		●	○		○	○	
Tvárnice z pórobetonu	YTONG P2-400	300	2,6	0,311	0		●	○			
	YTONG Lambda YQ P2-300 PDK	375	2,2	0,210	2	○	●	○			
	YTONG Lambda YQ P2-300 PDK	450	2,2	0,180	3	●	○				
	YTONG Lambda YQ P2-300	500	2,2	0,160	3	●					
	Tvárnice Hebel P2-450	300	2,6	0,446	0		●	○			
		375		0,365	0	○	●	○			
	PORFIX PREMIUM P2 - 400	300	2	0,259	1		●	○			
		375		0,210	2	○	●	○			
500		0,160		3	●						
Vápenopískové tvárnice	SENDWIX 8LD - DF	240	4,15	1,121	0		○	●		●	○
		300		0,949	0		○	●		●	
Betonové tvárnice	BEST - UNIKA 20	200	6	2,520	0		●	●			
	KB BLOK 1-21 B	200	10	2,556	0		●	●			
Železobeton	C20/25, C25/30, C30/37, C35/45	150	13,3/16,7/20/23,3	2,959	0		●	●		●	●
		200		2,706	0		●	●		●	●
		250		2,492	0		●	●		●	●

¹Pevnost v tlaku je udávána podle katalogu jednotlivých výrobců

²Výpočet proveden v programu Teplo [28]

³Mezní hodnoty součinitele prostupu tepla, povolené množství zkondenzované vodní páry v konstrukci a mezní hodnoty teplotního faktoru byly stanovené podle ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [14]

Zadané okrajové podmínky v programu Teplo:

Návrhové hodnoty pro interiér: teplota T_i = 20,6 °C; vlhkost f_i = 50 %
 Návrhové hodnoty pro exteriér: teplota T_e = -13,0 °C; vlhkost f_e = 84 %
 Měsíční průměrné teploty a vlhkosti jsou určeny pro lokalitu: Praha

Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla:

- 1 – požadované hodnoty U_{N,20} = 0,30 W/m².K
- 2 – doporučeného hodnoty U_{REC,20} = 0,25 W/m².K
- 3 – doporučené hodnoty pro pasivní dům U_{PAS,20} = 0,18 – 0,12 W/m².K

- skladba pláště uvedena v přílohách

- - možná varianta
- - doporučená varianta

6.3 TEPELNÁ IZOLACE

V kapitole 3 jsem uvedl rozdělení tepelné izolace podle materiálu, ze kterého je izolant vyrobený. V následujícím katalogu se budu zabývat dvěma jejich nejčastějšími typy. Jedná se o expandovaný polystyren a o minerální vlnu.

Tepelná izolace

Materiál	Výrobce	Označení výrobku	Tloušťka izolantu <i>d</i> [mm]	Třída reakce na oheň ¹	Součinitel tepelné vodivosti ¹ λ [W/(m.K)]	Difúzní odpor ¹ μ [-]	Objemová hmotnost ¹ ρ [kg/m ³]	Měrná tepelná kapacita ¹ c [J/(kg.K)]	Hlavní použití ¹
Minerální vlna	Isover	Isover MULTIMAX 30	30/50/100/150	A1	0,030	1	40	840	provětrávané fasády
		Isover MULTIPLAT 35	40/60/80/100/120/140/160	A1	0,035	1	17	840	provětrávané fasády
		Isover FASSIL	50/60/80/100/120/140/160/180/200	A1	0,035	1	50	800	KZS, provětrávané fasády
		Isover FASSIL NT	50/60/80/100/120/140/160/200	A1	0,035	1	50	800	provětrávané fasády
		Isover TOPSIL	50/60/80/100/120/140/160	A1	0,033	1	60	800	KZS, provětrávané fasády
	Knauf	SMARTwall N C2	50/60/80/100/120/140/160/180/200/220/240	A1	0,034	1	120	840	KZS
		SMARTwall S C2	50/60/80/100/120/140/150/160/180/200/220/240	A1	0,035	1	120	840	KZS
		Naturboard 032	40/50/60/80/100/120/140/160	A1	0,032	1	30	840	provětrávané fasády
		MINERAL PLUS EXT 035	40/60/80/100/120/140/160/200	A1	0,035	1	20	840	provětrávané fasády
	Rockwool	FRONTROCK MAX E	50/60/80/100/120/140/150/160/180/200/220/240/250/280	A1	0,036	1	25	840	KZS
		FASROCK	20/30/40/50/60/100/120/140/160/200	A1	0,041-0,039	1	162	840	KZS
		FASROCK LL	50/60/80/100/120/140/160/180/200/220/240/250/300	A1	0,041	1	77	840	KZS
		SUPERROCK	50/60/80/100/120/140/150/160/180/200	A1	0,035	1	37	840	provětrávané fasády
		AIRROCK HD FB1	40/50/60/80/100/120/140/160	A1	0,035	1	69	840	provětrávané fasády
	Pěnový polystyren	Isover	Isover EPS 100F	30/50/60/80/100/120/140/160/180/200	E	0,037	50	21	1270
Isover EPS GreyWall Plus			20/30/40/50/60/80/100/120/140/150/160/180/200/220/240/260/280/300	E	0,032	30	16	1550	KZS
JUBIZOL		EPS F Graphite - G0	10/20/30/40/50/60/70/80/90/100/110/120/130/140/150/160/180/200/220/240/250/260/280/300	E	0,032	30	16	1270	KZS
		JUBIZOL EPS F - W0	10/20/30/40/50/60/70/80/90/100/110/120/130/140/150/160/180/200/220/240/250/260/280/300	E	0,039	30	15	1270	KZS
		EUROTHERM Strong - S0 Premium	20/30/40/50/60/70/80/90/100/110/120/130/140/150/160/180/200/220/240/250	E	0,037	35	20	1260	KZS
		EUROTHERM Strong - S0 Graphite	20/30/40/50/60/70/80/90/100/110/120/130/140/150/160/180/200/220/240/250	E	0,032	35	20	1260	KZS
Baumit		Baumit open reflectair	60/80/100/120/140/160/180/200	E	0,031	7	17	1270	KZS
		Baumit open plus	60/80/100/120/140/160/180/200	E	0,032	7	17	1270	KZS
		Baumit StarTherm	20/30/40/50/60/70/80/90/100/120/140/160	E	0,032	30	17	1270	KZS
		Baumit EPS-F	20/30/40/50/60/70/80/90/100/120/140/160	E	0,039	30	15	1270	KZS
Kombinace Minerální vlny a polystyrenu	Isover	Isover TWINNER	120/140/150/160/180/200/220/240/260/280/300	B	0,033-0,032	30	37	1200	KZS

¹Vlastnosti materiálů jsou udávány podle katalogu jednotlivých výrobců

6.4 PROVĚTRÁVANÝ PLÁŠŤ

V kapitole 4.3.3 jsem popsal, jaké existují druhy plášťů, jejich výhody a nevýhody. Následující katalog se bude zaměřovat pouze na provětrávané pláště určené převážně pro těžké obvodové pláště.

Typ provětrávaného pláště

Typ provětrávaného pláště	Materiál pláště	Výrobce	Označení výrobku	Tloušťka pláště <i>d</i> [mm]	Způsob kotvení pláště	Způsob kotvení izolace
Lícové cihly	vápenopískový	KM BETA	Lícová cihla 5DF štípaná	71	ocelové kotvy do nosné kce, u vyšších budov přidat úložné prahy nebo závěsné konzoly	lepení a ocelové kotvy
			Lícová cihla VF	140		
	keramický	KLINKER	W - TERCA	140		
			R - RÖBEN	115		
	betonový	PRESBETON	Cihly lícové BCL	115		
Roštové konstrukce	plastový	THERMOSPOR	DecoSIDING	12	nerezové vruty do dřevěného roštu	skládání do roštu
			Palubky	15		
			Solid Brick	18		
	dřevěný	Knaufinsulation	Palubky	15	nerezové vruty do ocelových svislých profilů	
			Heraklith	25	nerezové vruty do ocelového roštu	
	dřevěno-cementový	DEKMETAL	Cetris	12	nerezové vruty do ocelového roštu	

6.5 SKLADBY OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ BEZ KLASICKÉHO ZATEPLENÍ

V kapitole 6.2 jsem vypsál typy nosných prvků a určil, který je vhodný pro danou stavbu. V tomto katalogu se zaměřuji spíše na určení, zda by daný nosný prvek vyhověl normám pro obvodové pláště.

Skladba stěny:

- vápenocementová omítka (18 mm)
- nosný materiál (250-500 mm)
- Cemix jádrová omítka lehčená (20 mm)
- Cemix silikonová zatíraná omítka (1,5 mm)

Skladby obvodových pláštů bez klasického zateplení

Materiál	Typ výrobku	Tloušťka stěny bez omítek d [mm]	Pevnost v tlaku ¹ f [MPa]	Součinitel prostupu tepla ² U [W/(m ² .K)]	Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla ³ U [W/(m ² .K)]	Množství zkondenzované vodní páry ve stěně ² M _{c,a} [kg/(m ² .rok)]	Množství vypařitelné vodní páry ze stěny ² M _{ev,a} [kg/(m ² .rok)]	Podmínky kondenzace ³ : 1, M _{c,a} < M _{ev,a} a zároveň 2, M _{c,a} < 0,1 kg/(m ² .rok)	Požadavek na teplotní faktor ² f;R _{si,cr} [-]	Vypočtená průměrná hodnota ² f;R _{si,m} [-]	Vyloučení vzniku plísni ³	Celá skladba obvodové konstrukce		
Keramická pálená tvárnice	HELUZ FAMILY 25 broušená	250	10	0,341	0	0,1490	3,5467	nesplněno	0,751	0,918	ANO	nevyhovuje		
	HELUZ FAMILY 25 2in1 broušená	250	10	0,307	0	0,1536	3,5211			0,926		nevyhovuje		
	HELUZ FAMILY 30 broušená	300	10	0,288	1	0,1157	3,5040			0,930		nevyhovuje		
	HELUZ FAMILY 30 2in1 broušená			0,242	2	0,1219	3,4700			0,941		nevyhovuje		
	HELUZ FAMILY 38 broušená	380	10	0,222	2	0,0797	3,4536	0,946		vyhovuje				
	HELUZ FAMILY 38 2in1 broušená			0,167	3	0,0867	3,4148	0,959		vyhovuje				
	HELUZ FAMILY 44 broušená	440	10	0,189	2	0,0601	3,4297	0,954		vyhovuje				
	HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená			0,134	3	0,0669	3,3919	0,967		vyhovuje				
	HELUZ FAMILY 50 broušená	500	8	0,156	3	0,0456	3,4067	0,962		vyhovuje				
	HELUZ FAMILY 50 2in1 broušená			0,113	3	0,0509	3,3773	0,972		vyhovuje				
	Porotherm 25 Profi Dryfix	250	8/10	0,384	0	0,1430	3,5793	nesplněno		0,751		0,908	ANO	nevyhovuje
	Porotherm 30 Profi Dryfix	300	10/15	0,511	0	0,0855	3,6683	splněno				0,880		nevyhovuje
	Porotherm 30 T Profi Dryfix		8	0,236	2	0,1227	3,4657	nesplněno	0,943		nevyhovuje			
	Porotherm 38 Profi Dryfix	380	8/10/15	0,264	1	0,0743	3,4833	splněno	0,936		vyhovuje			
	Porotherm 38 T Profi Dryfix		8	0,193	2	0,0833	3,4334		0,953		vyhovuje			
	Porotherm 44 EKO+ Profi Dryfix	440	6/8	0,217	2	0,0565	3,4497		0,947		vyhovuje			
	Porotherm 44 T Profi Dryfix		8	0,168	3	0,0627	3,4152		0,959		vyhovuje			
	Porotherm 50 EKO+ Profi Dryfix	500	6/8	0,191	2	0,0413	3,4306	0,953	vyhovuje					
	Porotherm 50 T Profi Dryfix		8	0,148	3	0,0465	3,4016	0,964	vyhovuje					
	KERATHERM 25 B	250	10/15	0,725	0	0,0941	3,8401	splněno	0,751		0,833	ANO		nevyhovuje
KERATHERM 30 B	300	10/15	0,433	0	0,0963	3,6101	0,897				nevyhovuje			
KERATHERM 38 B	380	10	0,327	0	0,0661	3,5284	0,921				nevyhovuje			
KERATHERM 44 B Thermo	440	10	0,286	1	0,0479	3,4972	0,931			vyhovuje				
Tvárnice z lehkého betonu	YTONG P2-400	300	2,6	0,311	0	0,2197	3,5502	nesplněno	0,751	0,925	ANO	nevyhovuje		
	YTONG Lambda YQ P2-300 PDK	375	2,2	0,210	2	0,1398	3,4475			0,949		nevyhovuje		
	YTONG Lambda YQ P2-300 PDK	450	2,2	0,180	3	0,1108	3,4250			0,956		nevyhovuje		
	YTONG Lambda YQ P2-300	500	2,2	0,160	3	0,0899	3,4098			0,961		vyhovuje		
	Tvárnice Hebel P2-450	300	2,6	0,446	0	0,1781	3,6322	nesplněno	0,751	0,894	ANO	nevyhovuje		
		375		0,365	0	0,1344	3,5631			0,913		nevyhovuje		
	PORFIX PREMIUM P2 - 400	300	2	0,259	1	0,2378	3,5210	nesplněno	0,751	0,937	ANO	nevyhovuje		
		375		0,210	2	0,1553	3,4181			0,949		nevyhovuje		
500		0,160		3	0,1023	3,4100	0,961			nevyhovuje				
Vápenopískové tvárnice	SENDWIX 8LD - DF	240	4,15	1,121	0	0,0495	3,5529	splněno	0,751	0,753	ANO	nevyhovuje		
		300		0,949	0	0,0381	3,2056			0,787		nevyhovuje		
Betonové tvárnice	BEST - UNIKA 20	200	6	2,520	0	3,7297	3,6204	nesplněno	0,751	0,516	NE	nevyhovuje		
	KB BLOK 1-21 B	200	10	2,556	0	3,4388	4,8451			0,511		nevyhovuje		
Železobeton	C20/25, C25/30, C30/37, C35/45	150	13,3/16,7/20/23,3	2,959	0	8,4483	16,6972	nesplněno	0,751	0,454	NE	nevyhovuje		
		200		2,706	0	2,3834	8,8137			0,489		nevyhovuje		
		250		2,492	0	3,9832	3,372			0,52		nevyhovuje		

¹Pevnost v tlaku je udávána podle katalogu jednotlivých výrobců

²Výpočet proveden v programu Teplo [28]

³Mezní hodnoty součinitele prostupu tepla, povolené množství zkondenzované vodní páry v konstrukci a mezní hodnoty teplotního faktoru byly stanovené podle ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [14]

<p>Zadané okrajové podmínky v programu Teplo: Návrhové hodnoty pro interiér: teplota T_i = 20,6 °C; vlhkost fi = 50 % Návrhové hodnoty pro exteriér: teplota T_e = -13,0 °C; vlhkost fi = 84 % Měsíční průměrné teploty a vlhkosti jsou určeny pro lokalitu: Praha</p>	<p>Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla: 1 – požadované hodnoty U_{N,20} = 0,30 W/m².K 2 – doporučeného hodnoty U_{REC,20} = 0,25 W/m².K 3 – doporučené hodnoty pro pasivní dům U_{PAS,20} = 0,18 – 0,12 W/m².K</p>	<p>- kritický teplotní faktor f;R_{si,cr} byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80 % (kritérium vyloučení vzniku plísni) - průměrná hodnota fR_{si,m} (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) - skladba pláště uvedena v přílohách</p>
--	---	---

6.6 SKLADBY OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ S KONTAKTNÍM ZATEPLENÍM

Abych u konstrukcí s kontaktním zateplením dokázal porovnat vlastnosti jednotlivých izolantů, navrhl jsem jednotnou tloušťku nosného prvku– 250 mm. Snažil jsem se ukázat rozdíly mezi pěnovým polystyrenem a minerální vlnou, proto jsem ke každému nosnému prvku přiřadil dva izolanty z pěnového polystyrenu a dva izolanty z minerální vlny a porovnával vždy stejné tloušťky izolantu.

Skladba stěny:

- vápenocementová omítka (18 mm)
- nosný materiál (250 mm)
- Cemix 135 - lepicí a stěrkovácí hmota COMFORT (10 mm)
- izolant (60-250 mm) + kotvy (EJOT)
- Cemix 135 - lepicí a stěrkovácí hmota COMFORT (5 mm)
- Cemix silikonová zatíraná omítka (1,5 mm)

Skladby obvodových pláště s kontaktním zateplením

Materiál nosné konstrukce	Nosná konstrukce	Tloušťka nosné části d_1 [mm]	Materiál izolantu	Tepelný izolant	Tloušťka izolantu d_2 [mm]	Tloušťka stěny bez omítek d [mm]	Pevnost v tlaku ¹ f [MPa]	Součinitel prostupu tepla ² U [W/(m ² .K)]	Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla ³ U [W/(m ² .K)]	Množství zkondenzované vodní páry ve stěně ² $M_{e,a}$ [kg/(m ² .rok)]	Množství vypařitelné vodní páry ze stěny ² $M_{ev,a}$ [kg/(m ² .rok)]	Podmínky kondenzace ³ : 1, $M_{e,a} < M_{ev,a}$ a zároveň 2, $M_{e,a} < 0,1$ kg/(m ² .rok)	Požadavek na teplotní faktor ² $f_{Rsi,cr}$ [-]	Vypočtená průměrná hodnota ² $f_{Rsi,m}$ [-]	Vyloučení vzniku plísní ³	Celá skladba obvodové konstrukce						
Vápenopísková tvárnice	SENDWIX 16DF-LD	240	Minerální vlna	Rockwool FASROCK LL	60	300	4,15	0,438	0	0,0411	7,5404	splněno	0,751	0,896	ANO	nevyhovuje						
					140	380		0,259	1	0,0464	7,3889			0,937								
					200	440		0,191	2	0,0475	7,3335			0,953								
					250	490		0,155	3	0,0475	7,3051			0,962								
				60	300	4,15	Isover FASSIL	0,398	0	0,0429	7,5061			0,905								
				140	380			0,209	2	0,0486	7,3466			0,949								
			200	440	0,155	3	0,0490	7,3029	0,962													
			Expandovaný polystyren	Isover EPS 100F	60	300	4,15	0,416	0	0,0035	3,4598	splněno	0,751	0,901	ANO	nevyhovuje						
					140	380		0,220	2	0,0021	1,7086			0,946								
					200	440		0,163	3	0,0018	1,2444			0,96								
				JUBIZOL EPS F Graphite - G0	60	300	4,15	0,381	0	0,0076	7,5383	splněno	0,751	0,909	ANO	nevyhovuje						
					140	380		0,196	2	0,0022	3,5755			0,952								
200	440	0,141			3	0,0017		2,4008	0,965													
250	490	0,115	3	0,0015	1,8789	0,972																
Keramická tvárnice	HELUZ FAMILY 25 broušená	250	Minerální vlna	Rockwool FASROCK LL	60	310	10	0,234	2	0,0502	7,3645	splněno	0,751	0,943	ANO	vyhovuje						
					140	390		0,160	3	0,0507	7,3047			0,961								
					200	450		0,130	3	0,0501	7,2818			0,968								
					250	500		0,118	3	0,0491	7,2736			0,971								
				Isover FASSIL	60	310	10	0,229	2	0,0504	7,3599			splněno		0,751	0,944	ANO	vyhovuje			
					140	390		0,150	3	0,0512	7,2954						0,963					
					200	450		0,120	3	0,0505	7,2732						0,970					
					250	500		0,104	3	0,0505	7,2732						0,970					
				Expandovaný polystyren	Isover EPS 100F	60	310	10	0,233	2	0,0731			1,4253		splněno	0,751	0,943	ANO	vyhovuje		
						140	390		0,154	3	0,0153			0,9753				0,962				
						200	450		0,125	3	0,0092			0,8292				0,969				
					JUBIZOL EPS F Graphite - G0	60	310	10	0,221	2	0,0240			2,2414		splněno	0,751	0,946	ANO	vyhovuje		
			140			390	0,142		3	0,0099	1,9871	0,965										
			200			450	0,112		3	0,0066	1,6272	0,972										
			250			500	0,095		3	0,0052	1,3810	0,976										
			250			500	0,095		3	0,0052	1,3810	0,976										
			Lehký beton	YTONG P4 - 500	250	Minerální vlna	Rockwool FASROCK LL	60	310	4	0,297	1	0,1083	7,4002	nesplněno	0,751	0,928	ANO	nevyhovuje			
								140	390		0,189	2	0,1125	7,3156			0,954					
								200	450		0,147	3	0,1106	7,2831			0,964					
								250	500		0,125	3	0,1075	7,2672			0,969					
							Isover FASSIL	60	310	4	0,280	1	0,1107	7,3868			nesplněno		0,751	0,932	ANO	nevyhovuje
								140	390		0,169	3	0,1153	7,2998						0,959		
						200	450	0,132	3	0,1127	7,2711	0,968										
						Expandovaný polystyren	Isover EPS 100F	60	310	4	0,286	1	0,0491	1,7525			splněno		0,751	0,931	ANO	vyhovuje
140	390	0,178						3	0,0126		1,1828	0,975										
200	450	0,137						3	0,0077		0,9303	0,966										
JUBIZOL EPS F Graphite - G0	60	310					4	0,266	1	0,0271	3,7046	splněno	0,751	0,935			ANO		vyhovuje			
	140	390						0,159	3	0,0107	2,3533			0,961								
	200	450	0,123	3	0,0071			1,8030	0,970													
250	500	0,104	3	0,0054	1,5285	0,974																
Železobeton	C 30/37	250	Minerální vlna	Rockwool FASROCK LL	60	310	20	0,555	0	nedochází ke kondenzaci vodní páry		splněno	0,751	0,870	ANO	nevyhovuje						
					140	390		0,264	1					0,936								
					200	450		0,190	2					0,953								
					250	500		0,155	3					0,962								
				Isover FASSIL	60	310	20	0,490	0	nedochází ke kondenzaci vodní páry				splněno		0,751	0,884	ANO	nevyhovuje			
					140	390		0,229	2								0,944					
			200	450	0,164	3	0,960															
			Expandovaný polystyren	Isover EPS 100F	60	310	20	0,512	0	nedochází ke kondenzaci vodní páry		splněno	0,751	0,879	ANO	nevyhovuje						
					140	390		0,241	2					0,942								
					200	450		0,173	3					0,958								
				JUBIZOL EPS F Graphite - G0	60	310	20	0,457	0	nedochází ke kondenzaci vodní páry		splněno	0,751	0,892	ANO	nevyhovuje						
					140	390		0,211	2					0,949								
200	450	0,151			3	0,963																
250	500	0,122	3	0,970																		

¹Pevnost v tlaku je udávána podle katalogu jednotlivých výrobců

²Výpočet proveden v programu Teplo [28]

³Mezní hodnoty součinitele prostupu tepla, povolené množství zkondenzované vodní páry v konstrukci a mezní hodnoty teplotního faktoru byly stanovené podle ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [14]

Zadané okrajové podmínky v programu Teplo:

Návrhové hodnoty pro interiér: teplota $T_i = 20,6$ °C; vlhkost $f_i = 50$ %

Návrhové hodnoty pro exteriér: teplota $T_e = -13,0$ °C; vlhkost $f_e = 84$ %

Měsíční průměrné teploty a vlhkosti jsou určeny pro lokalitu: Praha

Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla:

1 – požadované hodnoty $U_{N,20} = 0,30$ W/m².K

2 – doporučeného hodnoty $U_{REC,20} = 0,25$ W/m².K

3 – doporučené hodnoty pro pasivní dům $U_{PAS,20} = 0,18 - 0,12$ W/m².K

- kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80 % (kritérium vyloučení vzniku plísní)

- průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby)

- izolant je k nosné části konstrukce kotven pomocí kotev EJOT

- skladba pláště uvedena v přílohách

6.7 SKLADBY OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ SE ZATEPLENÍM A PROVĚTRÁVANOU MEZEROU

Provětrávaná fasáda má dvě hlavní výhody, ochranu před klimatickými jevy a schopnost díky provětrávané mezeře lépe odpařit vodní páru z konstrukce. Díky této druhé vlastnosti jsem pro provětrávaný plášť zvolil pouze minerální vlnu, která díky nízkému difuznímu odporu dokáže vodní páru z konstrukce vypařit. Z tohoto důvodu jsem v tomto typu pláště posuzoval především rozdíl v ukotvení vnějšího pláště. Jedna z možností je plášť ukotvit pomocí ocelových kotev. Tento systém se používá například pro lícové cihly. V druhé možnosti je ke kotvení pláště zapotřebí rošt, který může být vyhotoven z více materiálů (dřevo, kov apod.), ale já jsem ve své práci využil pouze dřevěnou roštovou konstrukci.

Skladba stěny – lícové cihly:

- vápenocementová omítka (18 mm)
- nosný materiál (250 mm)
- Cemix 135 - lepicí a stěrková hmota COMFORT (10 mm)
- izolant (60-200 mm) + kotvy (EJOT)
- Lícové cihly (70-140 mm)

Skladba stěny – lícové cihly:

- vápenocementová omítka (18 mm)
- nosný materiál (250 mm)
- izolant (60-200 mm) + rošt (smrkové dřevo)
- záklop provětrávané mezery (10-25 mm)

Skladby obvodových pláštěů se zateplením a provětrávanou mezerou

Typ pláště	Materiál nosné konstrukce	Nosná konstrukce	Tloušťka nosné části d_1 [mm]	Materiál izolantu	Tepelný izolant	Tloušťka izolantu d_2 [mm]	Provětrávaná mezera d_3 [mm]	Záklop stěny d_4 [mm]	Tloušťka stěny bez omítek d [mm]	Pevnost v tlaku ¹ f [MPa]	Součinitel prostupu tepla ² U [W/(m ² .K)]	Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla ³ U [W/(m ² .K)]	Množství zkondenzované vodní páry ve stěně ² $M_{e,a}$ [kg/(m ² .rok)]	Množství vypařitelné vodní páry ze stěny ² $M_{ev,a}$ [kg/(m ² .rok)]	Podmínky kondenzace ³ : 1, $M_{e,a} < M_{ev,a}$ a zároveň 2, $M_{e,a} < 0,5$ kg/(m ² .rok)	Požadavek na teplotní faktor ² $f, R_{si,cr}$ [-]	Vypočtená průměrná hodnota ² $f, R_{si,m}$ [-]	Vyloučení vzniku plísní ³	Celá skladba obvodové konstrukce
Lícové cihly	Vápenopísková tvárnice	SENDWIX 16DF-LD	240	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	70 - 140	410 - 480	4,15	0,390	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,907	ANO	nevyhovuje	
						140			490 - 560		0,207	2				0,950		vyhovuje	
						200			550 - 620		0,154	3				0,962		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	70 - 140	410 - 480	4,15	0,390	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,907	ANO	nevyhovuje	
						140			490 - 560		0,207	2				0,950		vyhovuje	
						200			550 - 620		0,158	3				0,961		vyhovuje	
	Keramická tvárnice	HELUZ FAMILY 25 broušená	250	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	70 - 140	420 - 490	10	0,225	2	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,945	ANO	vyhovuje	
						140			500 - 570		0,148	3				0,964		vyhovuje	
						200			560 - 630		0,119	3				0,971		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	70 - 140	420 - 490	10	0,225	2	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,945	ANO	vyhovuje	
						140			500 - 570		0,148	3				0,964		vyhovuje	
						200			560 - 630		0,119	3				0,971		vyhovuje	
	Lehký beton	YTONG P4 - 500	250	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	70 - 140	420 - 490	4	0,273	1	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,934	ANO	vyhovuje	
						140			500 - 570		0,169	3				0,958		vyhovuje	
						200			560 - 630		0,130	3				0,968		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	70 - 140	420 - 490	4	0,273	1	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,934	ANO	vyhovuje	
						140			500 - 570		0,169	3				0,958		vyhovuje	
						200			560 - 630		0,130	3				0,968		vyhovuje	
	Železobeton	C20/25, C25/30, C30/37, C35/45	250	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	70 - 140	420 - 490	13,3/16,7/20/23,3	0,472	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,888	ANO	nevyhovuje	
						140			500 - 570		0,225	2				0,945		vyhovuje	
						200			560 - 630		0,162	3				0,960		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	70 - 140	420 - 490	13,3/16,7/20/23,3	0,472	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,888	ANO	nevyhovuje	
						140			500 - 570		0,225	2				0,945		vyhovuje	
						200			560 - 630		0,162	3				0,960		vyhovuje	
Roštová konstrukce se záklopem	Vápenopísková tvárnice	SENDWIX 16DF-LD	240	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	10 - 25	350 - 365	4,15	0,445	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,894	ANO	nevyhovuje	
						140			430 - 445		0,255	1				0,938		vyhovuje	
						200			490 - 505		0,192	2				0,953		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	10 - 25	350 - 365	4,15	0,440	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,896	ANO	nevyhovuje	
						140			430 - 445		0,253	1				0,939		vyhovuje	
						200			490 - 505		0,192	2				0,953		vyhovuje	
	Keramická tvárnice	HELUZ FAMILY 25 broušená	250	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	10 - 25	360 - 375	10	0,233	2	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,943	ANO	vyhovuje	
						140			440 - 455		0,168	3				0,959		vyhovuje	
						200			500 - 515		0,138	3				0,966		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	10 - 25	360 - 375	10	0,233	2	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,943	ANO	vyhovuje	
						140			440 - 455		0,168	3				0,959		vyhovuje	
						200			500 - 515		0,138	3				0,966		vyhovuje	
	Lehký beton	YTONG P4 - 500	250	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	10 - 25	360 - 375	4	0,292	1	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,929	ANO	vyhovuje	
						140			440 - 455		0,196	2				0,952		vyhovuje	
						200			500 - 515		0,157	3				0,962		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	10 - 25	360 - 375	4	0,292	1	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,929	ANO	vyhovuje	
						140			440 - 455		0,196	2				0,952		vyhovuje	
						200			500 - 515		0,157	3				0,962		vyhovuje	
	Železobeton	C20/25, C25/30, C30/37, C35/45	250	Minerální vlna	KNAUF MINERAL PLUS EXT 035	60	40	10 - 25	360 - 375	13,3/16,7/20/23,3	0,569	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,867	ANO	nevyhovuje	
						140			440 - 455		0,291	1				0,930		vyhovuje	
						200			500 - 515		0,212	2				0,948		vyhovuje	
					Rockwool SUPEROCK	60	40	10 - 25	360 - 375	13,3/16,7/20/23,3	0,569	0	vodní pára nekondenzuje	splněno	0,751	0,867	ANO	nevyhovuje	
						140			440 - 455		0,291	1				0,930		vyhovuje	
						200			500 - 515		0,212	2				0,948		vyhovuje	

¹Pevnost v tlaku je udávána podle katalogu jednotlivých výrobců

²Výpočet proveden v programu **Teplo** [28]

³Mezní hodnoty součinitele prostupu tepla, povolené množství zkondenzované vodní páry v konstrukci a mezní hodnoty teplotního faktoru byly stanovené podle ČSN 73 0540-2 **Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky** [14]

Zadané okrajové podmínky v programu Teplo:

Návrhové hodnoty pro interiér: teplota $T_i = 20,6$ °C; vlhkost $f_i = 50$ %

Návrhové hodnoty pro exteriér: teplota $T_e = -13,0$ °C; vlhkost $f_e = 84$ %

Měsíční průměrné teploty a vlhkosti jsou určeny pro lokalitu: Praha

Zatřídění pláště podle součinitele prostupu tepla:

1 – požadované hodnoty $U_{N,20} = 0,30$ W/m².K

2 – doporučeného hodnoty $U_{REC,20} = 0,25$ W/m².K

3 – doporučené hodnoty pro pasivní dům $U_{PAS,20} = 0,18 - 0,12$ W/m².K

- kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80 % (kritérium vyloučení vzniku plísní)

- průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby)

- izolant je v případě lícových cihel k nosné části konstrukce kotven pomocí kotev EJOT []

- skladba pláště uvedena v přílohách

ZÁVĚR

Tato práce ukazuje, že v dnešní době již existuje mnoho variant řešení obvodových pláštů a že ke každé variantě řešení lze nalézt několik výrobců, kteří nabízejí požadovaný produkt. Také jsem ukázal, že je velmi složité vybrat si jednoznačně prvek od jednoho výrobce, jelikož konkurence je velká a většinou se vlastnosti materiálů jednotlivých firem od sebe liší pouze minimálně. V případě, že jeden výrobce nabízí lepší vlastnosti jeho produktu v jednom směru, druhý výrobce to zase vynahradí výhodami v jiném směru. Proto se velmi těžko dělají obecné jednoznačné závěry pro každou budovu, když faktorů ovlivňujících výběr materiálu je nespočet.

Z tohoto důvodu jsem se zaměřil pouze na určité druhy budov, nejčastější varianty řešení pláštů a vybrané druhy materiálů. Určil jsem si kritéria, podle kterých jsem se rozhodoval, který materiál je z mého pohledu lepší a který horší. Kritéria jsem si stanovil podle toho, aby konstrukce plnila co nejlépe požadavky na vybrané obvodové pláště. Z důvodu neustálých změn cen jednotlivých materiálů jsem se rozhodl finanční kritérium do porovnání nezahrnovat.

Stavební materiály se liší jejich vlastnostmi a použitím. Proto jsem v této práci vytvořil jednotlivé katalogy materiálů, kde jsem uvedl všechny jejich důležité vlastnosti a oblasti jejich použití. Tyto katalogy pak sloužily pro vytvoření celkových skladeb obvodových pláštů. V této práci jsem se zaměřil na obvodové pláště bez klasického zateplení, s kontaktním zateplením a na provětrávané pláště. U všech těchto pláštů jsem výslednou konstrukci hodnotil podle normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, která udává limity a doporučení pro součinitel prostupu tepla, množství zkondenzované vody v konstrukci a hodnotu teplotního faktoru na vnitřním povrchu stěny.

Ke každému typu obvodového pláště jsem vytvořil katalog skladeb, kde jsem jednotlivé skladby porovnával.

U konstrukcí bez klasického zateplení jsou podle mého názoru nejlepší volbou keramické tvárnice, kde je nejlepším zástupcem prvek od firmy HELUZ, která má označení Family 50 2in1 broušená, která ve všech zmíněných kritériích patří mezi nejlepší. Naopak konstrukce z betonů většinou nevyhovují na tepelné požadavky ani na množství zkondenzované vody v konstrukci. Proto bych tyto typy pláštů pro konstrukce bez

klasického zateplení nedoporučil. Pórobetonové tvárnice mají dobré tepelněizolační vlastnosti, ale jsou stejně jako betony velmi nasákové a nevyhovují proto v množství povolené zkondenzované vody. Poslední hodnocený materiál byly vápenopískové tvárnice, které nesplňují tepelněizolační vlastnosti, a proto bych je pro tento typ pláště také nedoporučil.

Při posuzování obvodových pláštů s kontaktním zateplovacím systémem jsem však nedosáhl jednoznačných závěrů, protože každý z izolačních materiálů nabízí přednosti v odlišných oblastech. Minerální vlna je nehořlavá a díky nízkému difúznímu odporu dokáže z konstrukce vypařit větší množství vodní páry. Naopak pěnový polystyren je velmi hořlavý. Zároveň má větší difúzní odpor, není tedy příliš prodyšný a nekondenzuje uvnitř téměř žádná vodní pára. Při posouzení těchto dvou druhů izolantu s nosnou konstrukcí se největší problém objevuje v kontaktu izolantů s pórobetonovými tvárnici, kde při všech tloušťkách minerální vlny dochází k větší kondenzaci vodní páry, než je povolený limit podle normy.

U konstrukcí s provětrávanou mezerou jsem se zaměřil zejména na rozdíl kotvení pláštů k nosné konstrukci. Po zavedení tepelných mostů v obou materiálech je z tepelněizolačního hlediska lepší varianta s ocelovými kotvami. Díky provětrávané mezeře ani v jednom typu konstrukce nevzniká riziko kondenzace vodní páry.

Doporučení typu obvodového pláště pro rodinný dům nebo vícepodlažní budovu je, jak jsem se již zmínil, velmi těžké jednoznačně určit. Kdybych měl vycházet pouze z faktorů a z podmínek, se kterými jsem v práci počítal, rozhodl bych se pro provětrávanou fasádu s minerální vlnou, která má nízký součinitel tepelné vodivosti. U rodinného domu bych pro nosnou konstrukci použil keramickou tvárnici se součinitelem prostupu tepla alespoň $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U vícepodlažní budovy bych musel zvážit zatížení, kterým celá konstrukce působí na nosný prvek pláště a v případě, že by keramické tvárnice nedosahovaly požadovaných statických vlastností, zvolil bych železobeton.

V praxi je ovšem vždy nutné při výběru pláště brát v úvahu všechny faktory a nelze se tedy rozhodnout jen na základě těchto hodnocených kritérií. Proto je například možné, že v závislosti na umístění stavby stavebník zjistí, že mnou vybraná konstrukce pro tuto lokalitu není přípustná.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Primární funkce jednotlivých konstrukcí [2]	12
Obrázek 2: Porovnání hostoty vybraných materiálů, vytvořeno podle [2].....	24
Obrázek 3: Porovnání pevností vybraných materiálů, vytvořeno podle [2]	24
Obrázek 4: Porovnání modulu pružnosti jednotlivých materiálů, vytvořeno podle [2] .	25
Obrázek 5: Porovnání součinitele tepelné vodivosti u vybraných materiálů, vytvořeno podle [2].....	26
Obrázek 6: Porovnání součinitele teplotní délkové roztažnosti u vybraných materiálů, vytvořeno podle [2].....	26
Obrázek 7: Statické působení jednotlivých konstrukcí, vytvořeno podle [18].....	32
Obrázek 8: HELUZ Family 2in1 [19].....	33
Obrázek 9: Porotherm 38 T Profi [20].....	33
Obrázek 10: Konstrukční zateplovací systém [21]	35
Obrázek 11: Kazetový systém provětrávaného pláště [22]	37
Obrázek 12: Obvodový provětrávaný plášť z lícových cihel [23].....	37
Obrázek 13: Roštový systém provětrávané fasády [13]	38
Obrázek 14: Oblast vzniku kondenzace vodní páry, vypočteno v programu Teplo [28]	41
Obrázek 15: Závislost relativní vlhkosti vzduchu na vzniku plísní [24]	42
Obrázek 16: Vliv tepelných mostů na tepelné ztráty objektu [25]	44
Obrázek 17: Systém P+D, nanášení montážní pěny [26]	45
Obrázek 18: Prostup tepla základy	46
Obrázek 19: Cirkulace vzduchu v místnosti	47
Obrázek 20: Řešení ostění a nadpraží při použití kontaktního zateplovacího systému ..	48
Obrázek 21: řešení ostění a parapetu okna u stěny bez kontaktního zateplení [27]	48
Obrázek 22: Změna průběhu proudění teplot ve stěně vlivem kotvy [17]	49
Obrázek 23: Správné řešení izolace a oplechování atiky	49

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN 73 4301 *Obytné budovy*. ČNI Praha, 2004.
- [2] HÁJEK, Petr. *Konstrukce pozemních staveb – komplexní přehled* [online]. Praha, 2011 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z:
https://www.IB.CVUT.CZ/sites/default/files/studijni_materialy/kpkp/Hajek_Fiala_kpkp_skripta.pdf
- [3] Cihelna Vysoké Mýto s.r.o. [*Cihla plná pálená*] [online]. b.r. [cit. 2017-05-18].
Dostupné z: <http://cihelna.hrabcuk.cz/cihla-palena.php>
- [4] ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. ČNI Praha, 2005.
- [5] *Základní fyzikální vlastnosti stavebních materiálů ve vazbě na izolační vlastnosti* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
http://tpm.fsv.cvut.cz/student/documents/files/IZMA/prednaskaII_IZMA.pdf
- [6] *Tepelné vlastnosti polymerů* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<https://publi.cz/books/180/13.html>
- [7] ČSN 73 0540-1 *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*. ČNI Praha, 2005.
- [8] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. Vyd. 2. doplněné. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 9788073001599.
- [9] *Tepelné izolace* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
- [10] MARŠÁL, Petr. *Technologie staveb I: Technologie provádění obvodových pláštů* [online]. Brno, 2005 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BW01-Technologie%20staveb%20I/M07-Technologie%20provedeni%20obvodovych%20plastu.pdf>

- [11] *Lehké betony* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
http://www.spsstavcb.cz/download2/633_2638_cs_15_lehke_betony.pdf
- [12] *Obvodové pláště budov* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/2.html>
- [13] *[Roštová plášťová konstrukce]* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.knaufinsulation.cz/sites/cz.knaufinsulation.net/files/Zatepleni/Fasady/provetravana-fasada-standard-skladba.jpg>
- [14] *ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. ÚNMZ Praha, 2011.
- [15] *ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. ČNI Praha, 2005.
- [16] *ČSN EN ISO 13 788 Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody*. ÚNMZ Praha, 2013.
- [17] *Provětrávané fasády* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://ke-stazeni.rockwool.cz/media/588559/provetravane-fasady.pdf>
- [18] *Tepelně technické požadavky na obvodové pláště* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/1.html>
- [19] *HELUZ Family 50 2in1* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://imaterialy.dumabyt.cz/obrazek/57ea7894977f0/heluz-1-57ea78c4d6014.jpg>
- [20] *Porotherm 38 T Profi* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
http://www.nazeleno.cz/Files/ResizedImages/obrazky2/perexy/perex_cihla_329x-1_1209141322.jpg
- [21] *Kontaktní zateplovací systém* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
[http://istavitel.cz/download.php?FNAME=1240332344.upl&ANAME=KontaktnC3%AD+izolace+2000x1113.jpg](http://istavitel.cz/download.php?FNAME=1240332344.upl&ANAME=Kontakt%C3%AD+izolace+2000x1113.jpg)

- [22] *[Kazetová stěna]* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
http://www.stavebnictvi3000.cz/obr/clanky2/2007/09_knauf_3.jpg
- [23] *[Licové cihly]* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://etanco.cz/apps/etanco/files/images/ostatni/Obr%C3%A1zek1.png>
- [24] *Vlhkost a kondenzace v konstrukcích* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://stavba.tzb-info.cz/vlhkost-a-kondenzace-v-konstrukcich/3285-vodni-para-a-jeji-kondenzace-v-konstrukcich>
- [25] *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích* [online]. b.r. [cit. 2017-05-18].
Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [26] *[Systém P+D]* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
<http://www.peknebydleni.cz/wp-content/uploads/2016/04/1112.jpeg>
- [27] *[Tepelné řešení ostění a nadpraží]* [online]. In: . b.r. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z:
http://www.stavebnictvi3000.cz/obr/clanky2/2010/04_heluz_5.jpg
- [28] doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Teplo 2014 EDU, Freeware [online] České vysoké učení v Praze, Fakulta stavební, katedra konstrukcí pozemních staveb:
<https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=369>
- [29] AutoCAD 2016, studentská verze, Autodesk, Inc

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Skladby obvodových plášťů bez klasického zateplení

Příloha č. 2: Skladby obvodových plášťů s kontaktním zateplovacím systémem

Příloha č. 3: Skladby obvodových plášťů se zateplením a provětrávanou mezerou