

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

KONSTRUKČNÍ DETAILY Z DRUHOTNÝCH SUROVIN PRO OPLÁŠTĚNÍ BUDOV

CONSTRUCTION DETAILS FROM SECONDARY RAW MATERIALS USED FOR BUILDING
ENVELOPE

TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. RADIM SMOLKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LIBOR MATĚJKA, CSc., Ph.D., MBA.

BRNO 2013

Klíčová slova

Recyklace, tepelný most, opláštění budov, udržitelná výstavba

Key words

Recycling, thermal bridge, building envelope, sustainable construction

Rukopis disertační práce je uložen na Ústavu pozemního stavitelství, Fakultě stavební, VUT v Brně.

© Ing. Radim Smolka, 2013

OBSAH

1	ÚVOD.....	5
2	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE.....	5
3	ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....	6
3.1	Teoretický model.....	7
3.2	Teoretický koncept.....	7
3.2.1	Nejnižší vnitřní povrchová teplota	7
3.2.2	Tepelný most.....	8
3.2.3	Součinitel prostupu tepla.....	8
3.3	Zlepšení vlastnosti polymeru	9
4	VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY.....	9
4.1	Konstrukční prvek podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří	9
4.1.1	Druhotný plastový materiál.....	10
4.1.2	Výroba zkušebních vzorků	10
4.1.3	Teoretický návrh výrobku pro stavebnictví	13
4.1.4	Optimalizace návrhu výrobků pro eliminaci tepelných mostů	14
4.1.5	Analýza a komparace tepelně - technických vlastností konstrukce po teoretickém zabudování výrobku	17
4.2	Zavěšené fasádní desky	21
4.2.1	Návrh výrobku pro obvodové pláště budov	22
4.2.2	Optimalizace návrhu výrobků.....	22
4.2.3	Způsoby kotvení.....	23
4.2.4	Povrchové úpravy.....	24
4.2.5	Doplňkový sortiment.....	25
4.3	Aplikace plastu v plochých střeších	25
4.3.1	Výroba a zkoušení zkušebních vzorků	25
4.3.2	Návrh výrobku pro opláštění budov	28
4.3.3	Optimalizace návrhu výrobků.....	28
5	ZÁVĚR, PŘÍNOS PRO PRAXI A DALŠÍ ROZVOJ VĚDY	30
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	32
7	CURRICULUM VITAE	33
8	ABSTRACT	35

1 ÚVOD

Finanční situace, české normy, zákony a směrnice Evropské unie motivují stavebníky k realizaci nízkoenergetických a pasivních domů. Uvedené aspekty vedou ke zdokonalování materiálových charakteristik v současnosti používaných výrobků. Objevují se i nové technologie výstavby. Na budovy jsou kladeny vysoké nároky po stránce ekonomické, technicko - fyzikální, technologické, hygienické, požární ochrany, ekologické a v neposlední řadě i estetické. Při navrhování nízkoenergetických či pasivních domů je možno se setkat s mnoha limitujícími faktory, které odkrývají projektové a následně realizační vady. Velkou skupinu tvoří zamezení vzniku tepelných mostů a kvalita provedení kritických detailů. Při stavbě nízkoenergetických a pasivních domů dochází ve velké míře k problémům se zamezením vzniku tepelného mostu ve složitých konstrukčních detailech, které jsou u běžné výstavby mírně potlačovány. Je zvýšený požadavek na kvalitu návrhu a provedení (vlastní realizaci) budovy. Tím se paralelně zvyšuje pracnost a nárůst ceny.

Ve světě je dnes rychle rostoucí poptávka po jednorázových obalech, jejich spotřeba se již blíží k dvěma milionům tun za rok. V České republice se rychle zvyšuje i množství obalů určených k recyklaci, přispívá k tomu osvěta obyvatel a umístování speciálních vyčleněných kontejnerů na území s větším osídlením. I přes to končí na skládkách komunálního odpadu ročně několik desítek tisíc tun plastových druhotných surovin včetně plastových lahví. Plastem se polymer stává poté, co se smíchá a smísí s nezbytnými přísadami a převede se do formy vhodné k dalšímu technologickému zpracování, např. do formy granulí, prášků, tablet, apod. Obecný termín polymer představuje chemickou látku, zatímco plast je technický materiál, který musí mít vhodné užité vlastnosti.

Disertační práce se zabývá zejména využitím druhotných plastových surovin, jejich rozbořem a možnými aplikacemi v oblasti stavebnictví, zejména pak pozemního stavitelství. V současné době environmentální celosvětové politiky je snaha nejen využívat odpadní materiály, ale také šetřit energii (primární i sekundární). Spojením obou těchto směrů vznikla velice progresivní úvaha, která přispívá k šetření životního prostředí vícenásobně. Hlavním příspěvkem je cílený vývoj a plnohodnotná aplikace výrobků z odpadních surovin, přispívající ke snížení celkových nákladů na výstavbu úsporných domů a ke snižování potřeby energií v průběhu jejich užívání.

2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavní cíle disertační práce jsou zvoleny v návaznosti na současný stav energetické koncepce České republiky a Evropské unie, který směřuje ke snižování energetické náročnosti budov a řešení problematiky zvyšujícího se množství druhotných surovin. Důležitým aspektem disertační práce je

poukázat na další možnosti ve využívání druhotných surovin ve stavebnictví, a to převážně ve výstavbě nízkoenergetických a pasivních domů, při užití v konstrukčních detailech obvodových plášťů a tím odstranění oblastí, kde mohou vznikat tepelné mosty.

Stěžejním cílem práce je aplikace druhotných plastových surovin v současné výstavbě. Dále využití potenciálů těchto materiálů a navržení výrobků pro eliminaci tepelných mostů, odstraňování nevýhod současného stavu řešení a snižování nákladů na výstavbu.

Cílem disertační práce je zejména:

- stanovení součinitele prostupu tepla jako základní materiálové charakteristiky vybraných druhů plastových druhotných surovin,
- návrh výrobků z druhotných surovin pro stavebnictví,
- modelování teplotních polí nových výrobků a předběžné stanovení jejich chování ve zvoleném konstrukčním detailu,
- návrh variant výrobků pro umístění v obvodových pláštích budov a pro různé druhy navazujících konstrukcí,
- optimalizace výrobků ve vztahu ke zvoleným konstrukčním detailům.

Zvolené cíle disertační práce mají za úkol přispět k vyššímu využívání odpadních surovin a výrobků z nich pro stavebnictví a zvýšit zájem uživatelů.

3 ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

Při tvorbě disertační práce, bylo zvoleno více metod. Primárně byla zvolena metoda teoretická (komparace, dedukce, indukce, analýza), simulační (metoda konečných prvků) a experimentální (měření, zkoušky). Metody jsou sestaveny chronologicky a dále budou časově upřesněny.

Pro splnění cílů bylo využito především pracoviště Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně, Ústavu pozemního stavitelství a jeho přístrojového vybavení a softwaru.

Používané druhotné suroviny v disertační práci byly pořízeny v rámci schváleného vnitřního grantu kategorie A s názvem „Modifikovaný regranulát HDPE a ověření jeho vlastností“ (autor práce byl řešitelem) a dále v rámci specifického juniorského výzkumu IČ: 349, RČ: FAST-J-10-77 s názvem „Konstrukční prvek z druhotného polymerního regranulátu pro stavební otvory“ byly zakoupeny další druhy plastových druhotných surovin.

Pro vytvoření vzorků byla použita vypalovací keramická pec. Namíchaná suchá směs byla vložena do speciálně vyrobené silnostěnné formy, která se vložila do vypalovací pece. Vzhledem k termoplastickým vlastnostem

polymerů, byla teplota vždy nastavena na odpovídající index tavení použité plastové druhotné suroviny.

Postup zpracování disertační práce lze obsahově shrnout do následujících bodů s využitím vědeckých metod a výrobních postupů:

- analýza trhu – druhy druhotných surovin,
- výběr recyklátů s předpokladem vyhovujících materiálových charakteristik,
- výroba zkušebních vzorků,
- teoretický návrh výrobků pro stavebnictví,
- modelace konstrukčních detailů,
- optimalizace návrhu výrobků pro eliminaci tepelných mostů,
- výroba zkušebních vzorků,
- analýza fyzikálně mechanických vlastností konstrukce po modelovém zabudování výrobku.

3.1 Teoretický model

Počáteční úvahy jsou vedeny směrem k nízkoenergetické a pasivní výstavbě. Jsou vytipovány konstrukční detaily v opláštění budov, které jsou jak po stránce návrhu, tak po stránce realizace kritické. V rámci tohoto zkoumání je zvolen konstrukční detail spodní úrovně stavebního otvoru pro dveřní konstrukci, soklová část provětrávané fasády a podkladové plochy ve střešní konstrukci. Nejdůležitější požadavky, které jsou všeobecně kladeny na konstrukční prvky: tepelně izolační, vzduchotěsnost, parotěsnost, vodotěsnost, požární odolnost, pevnost a stabilita, zvukotěsnost [3], zdravotní nezávadnost.

3.2 Teoretický koncept

Následující kapitoly popisují nejdůležitější tepelně – technické parametry, které mají vliv na vyhodnocení konstrukčních prvků, při zabudování do teoretického modelu.

3.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota

Konstrukce a styky konstrukcí v prostorách s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60 \%$ musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-] splňoval podmínku

příslušné normy. Teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce f_{Rsi} [-] ověřuje riziko kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu konstrukce.

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (3.2.1.1)$$

V současné době se pro vyjádření povrchové teploty používá poměrná teplota, povrchová teplota v interiéru je vyjádřena jako teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} (bezrozměrné číslo) ze vztahu:

$$f_{Rsi} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad (3.2.1.2)$$

Tento požadavek na teplotní faktor vnitřního povrchu je často problematicky splňován u velkého počtu otvorových výplní. Díky nízkým vnitřním povrchovým teplotám dochází na tomto povrchu k nežádoucí kondenzaci a tím porušení zdravotní nezávadnosti vnitřního prostředí [2].

3.2.2 Tepelný most

Tepelný most je část dané stavební konstrukce (místo ve stavební konstrukci), kde se její tepelný odpor v místě významně mění. Jde o místo, kde uniká na jednotku plochy více tepelné energie než v okolních částech konstrukce při stejné ploše. Tepelné mosty mohou být systémové, nahodilé nebo jde tzv. tepelné vazby.

V místě tepelného mostu může teplo unikat rychleji. To se projevuje prochládáním konstrukce. Tepelná ztráta těmito místy může dosahovat i několika desítek procent celkové tepelné ztráty prostupem tepla. Proto je třeba věnovat velkou pozornost konstrukčnímu řešení detailů a zejména dbát na dodržování technologických postupů při výstavbě. Problematika vzniku tepelných mostů a ukončení hydroizolačních popřípadě zateplovacích prvků a prahových konstrukcí dveří je velice problematická a rozsáhlá. Jedná se o většinu výplní stavebních konstrukcí – balkonové dveře, vchodové dveře, francouzská okna [2][5].

3.2.3 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla se podle normy hodnotí dvěma způsoby a to pro jednotlivé konstrukce a pro budovu jako celek. Oba požadavky musí být v rámci návrhu objektu splněny. V rámci disertační práce je ovšem zkoumání podroben pouze konstrukční detail a nebylo tedy možné stanovit komplexní průměrný součinitel prostupu tepla pro celou budovu.

Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60 \%$ součinitel prostupu tepla U [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$], takový, aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N, \text{ popř. } (U \leq U_{pass,20}). \quad (3.2.3.1)$$

Součinitel prostupu tepla je veličina, pomocí které lze stanovit, jak odolná je konkrétní konstrukční skladba proti pronikání tepla touto konstrukcí. Hodnota součinitele prostupu tepla závisí na:

- součiniteli tepelné vodivosti materiálu λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$],
- tloušťce materiálu d [m],
- hodnotě odporu proti přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si} [$\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$] a na vnější straně konstrukce R_{se} [$\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$].

3.3 Zlepšení vlastností polymeru

Zlepšení polymerních vlastností antidegradanty je nedílnou součástí výrobků, které se používají ve stavebnictví. Tyto přísady dlouhodobě chrání výrobky před vnějšími vlivy během jejich používání. K vnějším vlivům patří především účinek slunečního světla, atmosférického kyslíku a ozonu a tepelné energie.

Dalšími přísadami, které ovlivňují vlastnosti polymerních směsí, jsou plniva, vyztužovadla, nadouvadla, pigmenty, opticky zjasňující látky, antistatické přísady, faktisy, adhezni prostředky, prostředky snižující hořlavost – retardéry, zhášedla [1]. Tyto nejčastěji používané přísady jsou běžně užívány v sekundárních materiálech – plotovky, zatravňovací tvárnice, nášlapné prvky apod.

4 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY

Uvedená kapitola obsahuje popis výsledků práce a popis řešení jednotlivých úkolů, které vedly k dosažení výsledků. Jsou zde uvedeny zejména výsledky měření materiálových charakteristik druhotných plastových materiálů, popis modelové a experimentální části, která je na každém z výrobků provedena a návrh finálních výrobků pro oblast pozemního stavitelství.

4.1 Konstrukční prvek podkladní konstrukce pro prahovou spojkou dveří

Konstrukční detail u dveřních výplní stavebních konstrukcí je nutno řešit jak z pohledu užívání, tak z pohledu tepelně - technických, mechanických a chemických. Je nutné eliminovat tepelný tok pod rámovou konstrukcí dveří a bezpečně napojit a ukončit hydroizolační a tepelně izolační prvky.

4.1.1 Druhotný plastový materiál

V rámci podaných grantů byly pořízeny druhotné plastové suroviny a drtě: PA, PC, PS, PVC, HDPE, ABS, ASA, PC 350 čirý, PA6, PBT, PEI a TPU, aglomerát: A1005, A1006 a A1007. Tyto materiály jsou dále posuzovány.

4.1.2 Výroba zkušebních vzorků

Některé druhy druhotných plastů jsou určeny jako nevhodné pro tavení, respektive jako nevhodné pro tvorbu prvků konstrukčního detailu. Není možné je v peci roztavit do homogenní plastické hmoty. S těmito vzorky není dále uvažováno, předpokladem pro návrh prvků je i využívání co nejnižší možné hodnoty spotřebované tzv. šedé energie na znovuvyužití hmoty. Vzorky, které jsou schopny změnit skupenství z pevného na kapalné (plastické), vlivem vysokých teplot, jsou dále podrobeny měření tepelně - technických vlastností. Se vzorky, jejichž parametry vykazovaly nejlepší hodnoty, je dále pracováno.

V rámci výzkumu byly vyrobeny tepelně izolační kompozity z recyklovaných materiálů, kdy funkci plniva (pojiva) tvoří plasty a přísady bylo zastoupeny doplňkovým materiálem – piliny, stavební sklo, zeolit, práškový polyuretan a další.

4.1.2.1 Měření náchylnosti k tečení stlačením

Ve spolupráci s firmou Polymer Institute Brno s.r.o. byly vytvořeny zkušební desky 130 x 130 x 12 mm z odpadního HDPE. Pro zlepšení tepelně - technických a mechanických vlastností byly vyrobeny rovněž desky s příměsí pilin a nadouvadel. Po změření součinitele prostupu tepla byly desky upraveny na zkušební tělesa válcového tvaru s průměrem 50 mm. Vzorky se dlouhodobě měřily při zatížení tlakem na zatěžovacích stolicích (Obr. 1 a Obr. 2). Ze zjištěných údajů je možno posoudit náchylnost vyrobených vzorků k tečení stlačením (creepu).



Obr. 1 Zatěžovací stolička č. 1



Obr. 2 Zatěžovací stolička č. 2

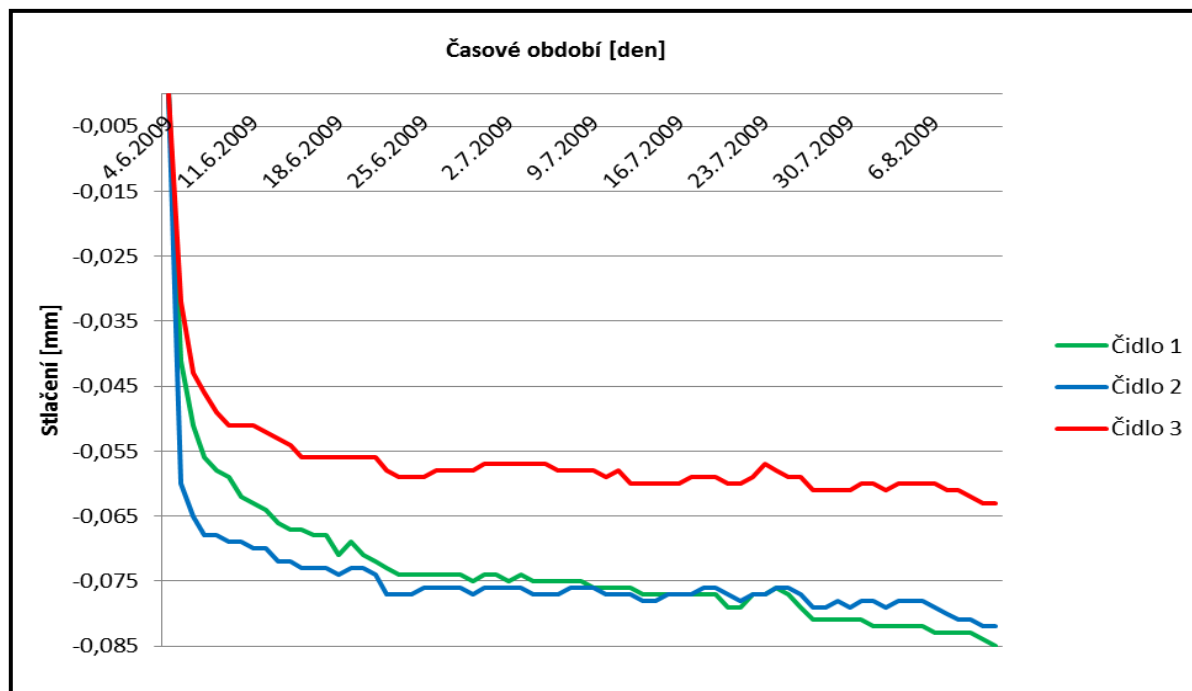
Krípem (tečením za studena) se rozumí změna rozměrů tělesa při dlouhodobém statickém zatěžování (v tahu, tlaku, ohybu) konstantní silou při konstantní teplotě. Kríkové chování udává životnost konstrukční součásti. Teplota se pohybovala v předpokládaných hodnotách po zabudování výrobků do stavby – tzn. 15 – 21°C, při 55 % vlhkosti vzduchu.

Zkušební tělesa byly použity pro dlouhodobé měření tlakem 4 MPa, 3 MPa a 2 MPa. Na zatěžovací stolici č. 1 (Obr. 1) se měřilo stlačení předepsaným tlakem, byla použita tři měřicí čidla – snímače dráhy FWA025T (měřící rozsah 0 – 25 mm / rozlišení 0,001 mm) a data byla zaznamenávána do měřicí ústředny Ahlborn ALMEMO 2890-9. Na zatěžovací stolici č.2 (Obr. 2) se měřilo stlačení předepsaným tlakem, bylo použito jedno čidlo – snímač dráhy FWA025T a data byla zaznamenávána do měřicí ústředny Ahlborn ALMEMO 2470-2SKN.

Zatěžovací stolice - zkušební zařízení pro dlouhodobé sledování deformačních vlastností materiálů s konstantním nadefinovaným přitlakem (Obr. 1 a Obr. 2) [6].

Předvolený časový cyklus byl u obou ústředěn stanoven na 5 minut. Při dlouhodobém měření se jednalo až o 15 000 naměřených hodnot na jednom čidle.

Vybraný graf znázorňuje průběh stlačení vybraného vzorku při zatížení. Vzorek byl umístěn do zatěžovací stolice a při předepsaném tlaku zatěžován. Vodorovná osa charakterizuje délku časového úseku (69 dní). Svislá osa označuje stlačení vzorku v milimetrech.



Obr. 3 Vzorek č.2.d) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 2MPa

Z výsledných grafů jsou stanovené minimální a maximální hodnoty stlačení. V Tab. 1 je uvedeno maximální stlačení na jednom snímači dráhy, který vykazoval největší hodnotu a dále je uveden průměr ze všech měřících čidel.

Tab. 1 Výsledky minimálního a maximálního stlačení

č. vzorku	zatížení [Mpa]	stlačení [mm]	
		maximální stlačení	průměr max. stlačení
č.2.b	3	0,310	0,220 (maximální hodnota)
č.1.a	3	0,046	0,035 (minimální hodnota)

Naměřená data jsou vyhodnocena vždy po určitém časovém období. Z uvedených hodnot lze stanovit závěr, že se maximální míra stlačení jednotlivých vzorků z druhotných plastů s přidanou příměsí pohybuje v maximálním rozmezí 1 % výšky vzorku.

Výsledky potvrzují možnost využívat druhotné plastové materiály i do konstrukcí, které jsou vystaveny dlouhodobým účinkům při provozu. Hodnoty stlačení jsou v řádech desítek či setin milimetrů a nemají žádný vliv na funkčnost výplně stavebního otvoru.

4.1.2.2 Měření součinitele tepelné vodivosti

Z primárního cíle je při výrobě vzorků soustředěna pozornost především na hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$].

Součinitel tepelné vodivosti λ je velmi důležitá charakteristika materiálu pro tepelně - technické výpočty. Součinitel tepelné vodivosti λ je stanoven dle normy ČSN 64 0526 Zkoušení plastů - Stanovení součinitele tepelné vodivosti, pomocí přístroje pro přímé měření termo - fyzikálních vlastností pevných materiálů měřicí ústřednou ISOMET 2104 firmy Applied Precision.

Fyzikální podstata měření je založená na analýze průběhu časové závislosti teplotní odezvy na impulsy tepelného toku do analyzovaného materiálu. Tepelný tok se vytváří rozptýleným elektrickým výkonem v rezistoru sondy, která je tepelně vodivě spojená s analyzovaným materiálem. Rozsah měřených hodnot použitého přístroje je $0,015 \div 5$ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$].

Tab. 2 Přehled minimální a maximální naměřené hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$] vybraných druhů plastů

č. plastu	materiál	označení	druh	λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]
3.D.a)	polystyren	PS	houževnatý	0,345 (max. hodnota)
1.A)	aglomerát	A1005		0,103 (min. hodnota)

Z uvedených výsledků vyplývají horší parametry součinitele tepelné vodivosti oproti v současné době užívaným materiálům. Poměrové jsou uvedené vzorky třikrát až devětkrát horší než běžně užívaný tepelný izolant při srovnání součinitele tepelné vodivosti.

4.1.3 Teoretický návrh výrobku pro stavebnictví

Jsou stanoveny požadavky na výrobek pro stavebnictví, který by měl eliminovat tepelný most. Rovněž by jeho aplikace měla být možná do novostaveb (pasivní a nízkoenergetické stavby), tak i do stávajících objektů při rekonstrukcích či stavebních úpravách.

Jsou vytipovány konstrukční detaily u novostaveb v převážně nízkoenergetickém a pasivním standardu: detaily koutů, detaily vodorovných konstrukcí, detaily kolem výplní stavebních konstrukcí, detail v patě zdiva, detail prahu výplní stavebních otvorů.

Poslední uvedený detail je dále podrobně rozveden. Nejběžnější prahové úpravy vchodových dveří u moderních staveb jsou: hliníkový prahový profil s přerušeným tepelným mostem, bezbariérové řešení s dotěsněním pohyblivým profilem na podlahu, bezbariérové řešení s dotěsněním pohyblivým těsněním na speciální profil osazený do konstrukce podlahy.

Z výše uvedených detailů je vybrán detail výplně stavebních otvorů, se zaměřením na prahovou část dveří – podkladní konstrukce pro prahovou spojkou dveří.

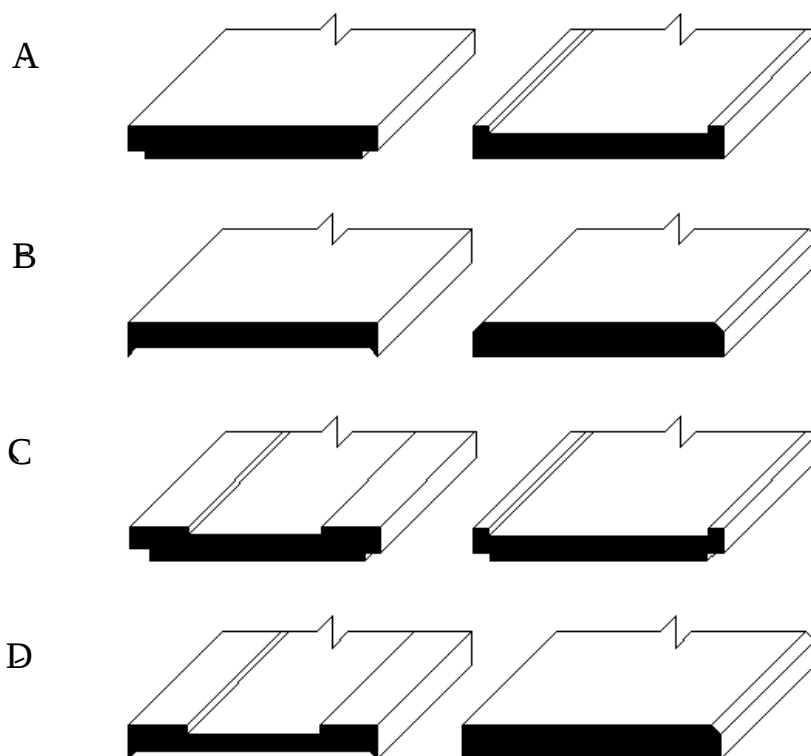
Podkladní konstrukce pro prahovou spojkou dveří by měla pomáhat odstranit stávající nebo v současné době využívané podkladní konstrukce v konstrukci podlahy. Podkladní konstrukce by se měla skládat minimálně ze dvou desek z recyklovaného plastu a měla by umožnit variabilní napojení vodotěsníci konstrukce a zároveň variabilní výškové uspořádání pro rozdílné výšky detailu, vycházející z různých tloušťek navrhovaných konstrukcí podlah a dalších místních vlivů. Desky podkladní konstrukce by měly být tvarově řešeny tak, aby do sebe zapadaly, popřípadě na sebe plošně dosedaly a ulehčovaly technologický postup práce. Měly by se dát snadno upravovat řezáním a vytvořit tak přesně požadované rozměry v konstrukčním detailu. Konstrukce desek a jejich materiálové charakteristiky musí roznášet dynamické zatížení

způsobené provozem do podkladních vrstev. Desky musí být nenasákavé a difúzně uzavřené.

Problém s ukončením hydroizolace by měl řešit tento systém zatažením hydroizolace pod horní desku a překrytím poslední desky. Společným spojením desek by došlo k pevnému a vodě nepropustnému zakončení izolace. Hydroizolaci je nutno opět variabilně zatáhnout a ukotvit do libovolné výšky. Pomocí speciálních náběhových desek by bylo možné plynule přejít ze svislé hydroizolace na vodorovnou a naopak.

4.1.4 Optimalizace návrhu výrobků pro eliminaci tepelných mostů

Dle požadavků kapitoly 4.1.3, je navržen níže popsáný systém [7][8][9], který se skládá z několika druhů deskových konstrukcí pro jednotlivé výškové umístění a dle použité hydroizolační vrstvy. Typy podkladních tepelně izolačních desek jsou znázorněny na Obr. 4.



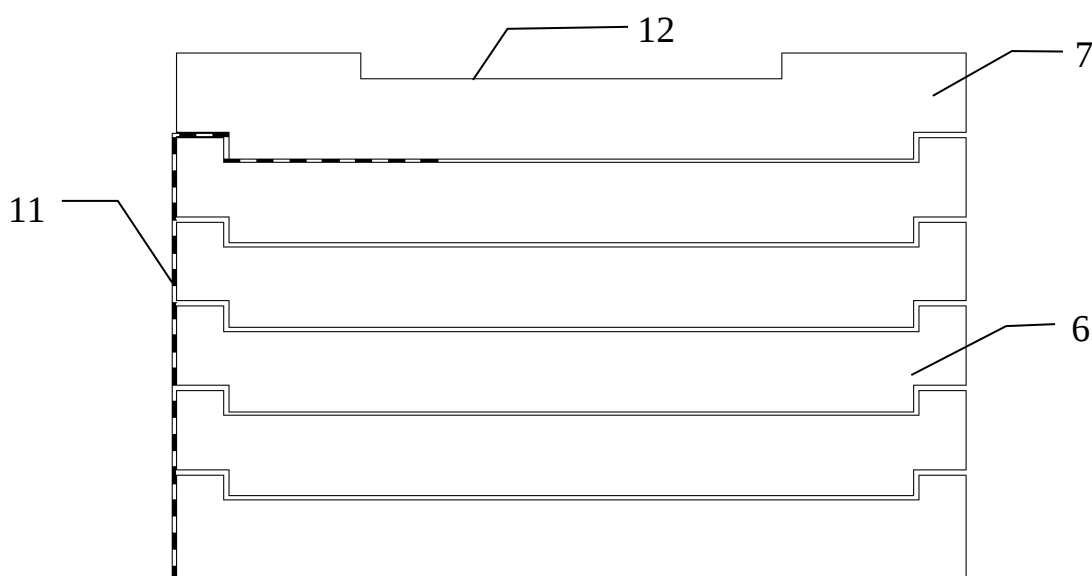
Obr. 4 Typy podkladních tepelně izolačních desek [7][8][9] A – desky s ozubem pro uchycení hydroizolace foliového typu, B – desky se skosením pro uchycení hydroizolace asphaltového typu, C – desky s osazovacím lůžkem a ozuby, D – deska s osazovacím lůžkem pro hydroizolaci asphaltového typu s úkopy a deska s rozšířenou ložnou plochou.

Výhodný systém zejména pro fóliové hydroizolace z důvodu kolmých spojovacích výlisků je uveden na Obr. 4 A. Fóliová hydroizolace se zatáhne na předposlední a pod poslední horní desku. Uzavřením mezi dvě desky vznikne spoj odolný proti pronikání vlhkosti do konstrukce.

Využití pro hydroizolace z asfaltových pásů znázorňuje Obr. 4 B. Skosením hran desek pod úhlem 45° nebude docházet k lámání vložek v asfaltových pásech. Poslední horní deska má okraje do špic a předposlední deska má hrany seříznuté. Následným spojením desek dojde k těsnému spoji mezi deskou a izolací.

Horní poslední deska Obr. 4 C, D – vlevo) je s tzv. osazovacím lůžkem (otvorem) pro ukotvení a stabilizaci dveřní spojky popř. rámu dveří na pevném místě. Konstrukce dveří se vloží do vytvořeného otvoru typizované velikosti a ukotví se. Případná vzduchová mezera se vyplní polyuretanovou pěnou.

Na Obr. 5 jsou v detailu desky pro sevření hydroizolace fóliového typu.



Obr. 5 Desky pro hydroizolační vrstvu fóliového typu [7][8][9]

Legenda:

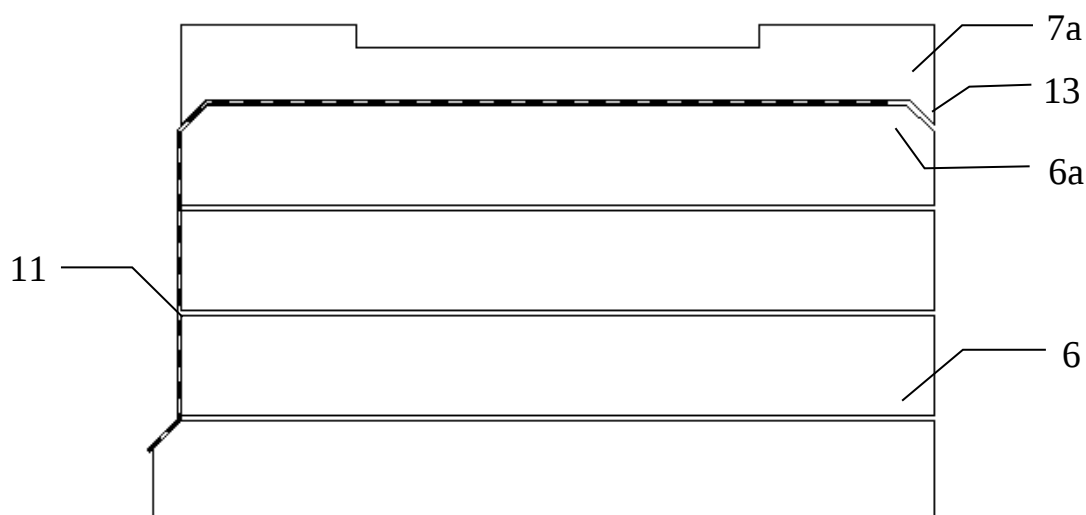
6. Skladba desek

11. Foliová hydroizolace

7. Horní deska s osazovacím lůžkem

12. Osazovací lůžko

Na Obr. 6 je znázorněna deska pro přechod svislé asfaltové hydroizolace na vodorovnou (spodní deska). Tento případ je vhodný například u návaznosti na předložené konstrukce (balkóny, terasy, apod.). Jde o desku o větší šířce než ostatní se skosenou hranou pro lepší vedení asfaltové hydroizolace. Deska se může vkládat v libovolném pořadí v závislosti na výšce potřebné k zahnutí hydroizolace.



Obr. 6 Desky pro hydroizolační vrstvu asfaltového typu [7][8][9]

Legenda:

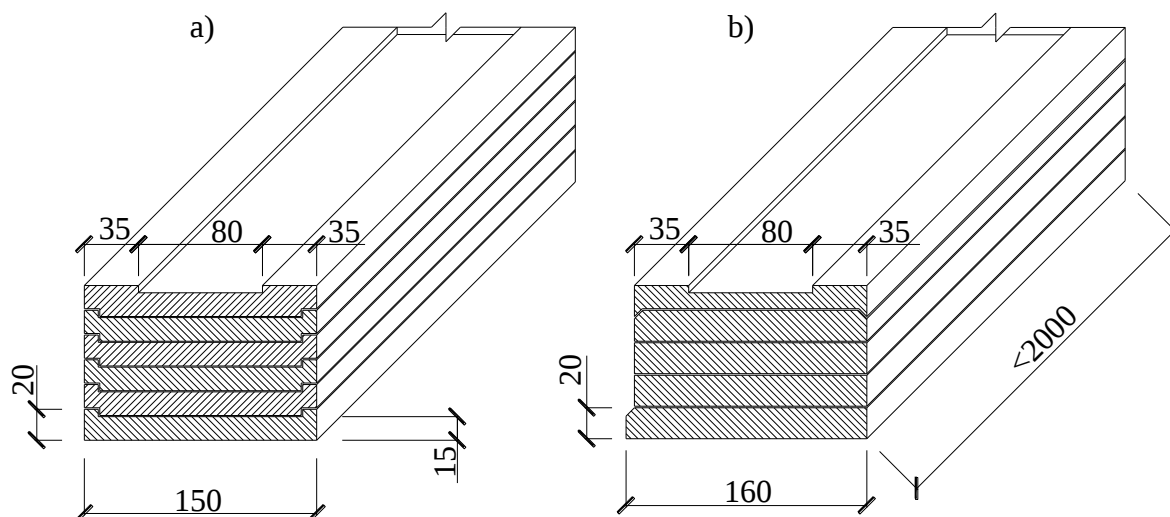
7a. Horní deska s osazovacím lůžkem

11. Asfaltová hydroizolace

13. Zobáček na desce

14. Zkosení na desce

Na Obr. 6 jsou znázorněny v detailu desky s vyznačením přechodu svislé části asfaltové hydroizolace na vodorovnou. Toto provedení je vhodné například u návaznosti na předložené konstrukce, jako jsou balkóny, terasy apod. Horní deska je opatřena dolů vyčnívajícím zobáčkem u druhé desky je potom vytvořeno odpovídající zkosení pro lepší vedení asfaltové hydroizolace. Pod horní desku se mohou vkládat desky rovné v libovolném pořadí v závislosti na výšce potřebné k zahnutí hydroizolace.



Obr. 7 Podkladní konstrukce pro prahovou spojkou dveří – a) hydroizolace foliového typu, b) hydroizolace asfaltového typu

Axonometrický pohled včetně základní rozměrové charakteristiky znázorňuje Obr. 7. Základní šířka desek je stanovena na 150 mm, vzhledem k

převládajícím úzkým nosným konstrukcím (převážně zdivo tl. 250 mm – 300 mm se zateplením; konstrukce dřevostaveb). V případě využití do širších svislých nosných konstrukcí je možné základní řadu desek výrobně rozšířit. Tloušťka základní desky je z technologických požadavků stanovena na 20 mm, dalším parametrem je variabilita vyskládání jednotlivých desek podkladní konstrukce do jakékoliv výšky. Rozměr zámků (ozubů) v deskách je výšky 5 mm a šířky 10 mm. Veškeré zkosené hrany jsou pod úhlem 45°. Délka desky je omezena pouze technologií výrobního procesu a následné manipulace. Standardní délka je stanovena na maximální délku 2000 mm, v případě potřeby stavby, je možné desky délkově napojovat přeložením přes sebe v minimálním přesahu 300 mm. Šířka osazovacího lůžka vrchní desky je stanovena na 80 mm v závislosti na sortimentu stavebních výplní, kdy standardní šířka rámu se pohybuje v rozmezí 68 – 86 mm (nejedná se o standardní osazovací šířku rámu).

Spojování a kotvení desek může být provedeno pomocí modifikování pro zesílení struktury např. kaučukem, plnidly atd., svaření nebo vzájemným sešroubováním. Další možností je ukotvit desky vzájemně k sobě skrz celou vytvořenou tloušťku do podkladní konstrukce. Desky budou proti vybočení jištěny plastovým klínem do předem vyvrtaných otvorů. Klín se dá libovolně zkracovat dle skutečné tloušťky vytvořené sestavy desek a celkového uspořádání prvků. Plastový klín bude konstantního průměru.

4.1.5 Analýza a komparace tepelně - technických vlastností konstrukce po teoretickém zabudování výrobku

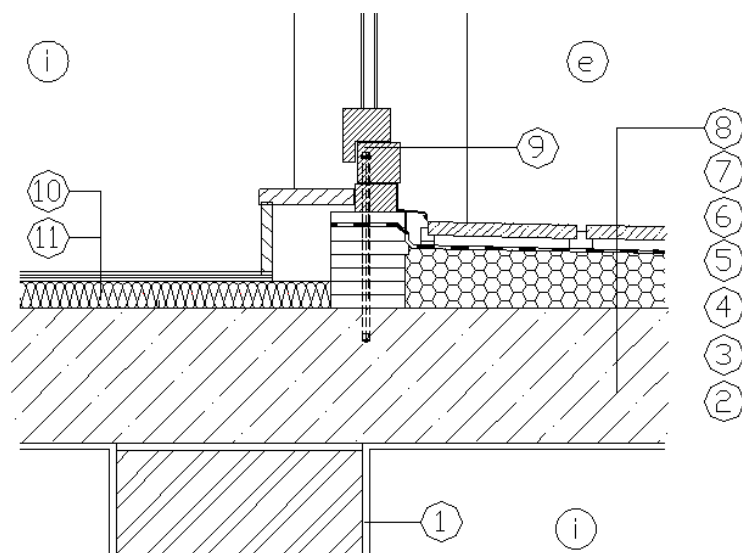
V následující kapitole jsou znázorněny konstrukční detaily vybraných variantních řešení.

Tepelný izolant, který se běžně užívá při realizaci, je v analýze nahrazen podkladní konstrukcí pro prahovou spojku dveří z druhotných plastových surovin se stanoveným součinitelem tepelné vodivosti v hodnotě $\lambda=0,103$ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] (hodnota byla převzata jako minimální z naměřených hodnot).

Tepelně - technické chování izolačního bloku z recyklovaného plastu je modelováno výpočtovým systémem ANSYS. Výrobek z recyklovaného plastu je při tepelně - technických analýzách osazen ve stěně vyhovující požadavkům na pasivní domy.

Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 1

Je provedena analýza teplotního pole konstrukčního detailu č. 1. Jedná se o místo výstupu z obytné části na terasu domu nad vytápěným prostorem.

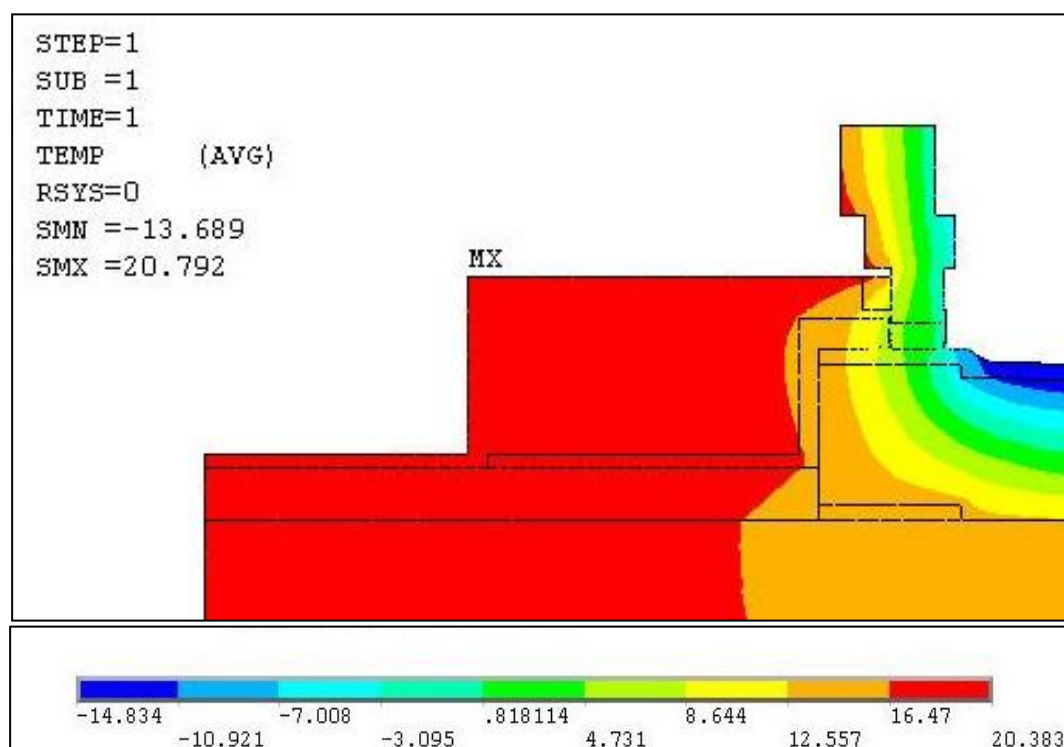


Obr. 8: Schéma konstrukčního detailu v místě výstupu balkonovými dveřmi na terasu

Legenda:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Vnitřní omítka | 7. Hydroizolační ochrana |
| 2. Železobetonová deska | 8. Dlažba na podložkách |
| 3. Asfaltový penetrační nátěr | 9. Balkonové dveře |
| 4. Horký asfalt | 10. Podlaha interiéru |
| 5. Tepelná izolace – pěnové sklo | 11. Tepelná izolace |
| 6. Horký asfalt | |

Legenda je uvedena pouze jako možný příklad, nejedná se o bližší specifikaci jednotlivých prvků.

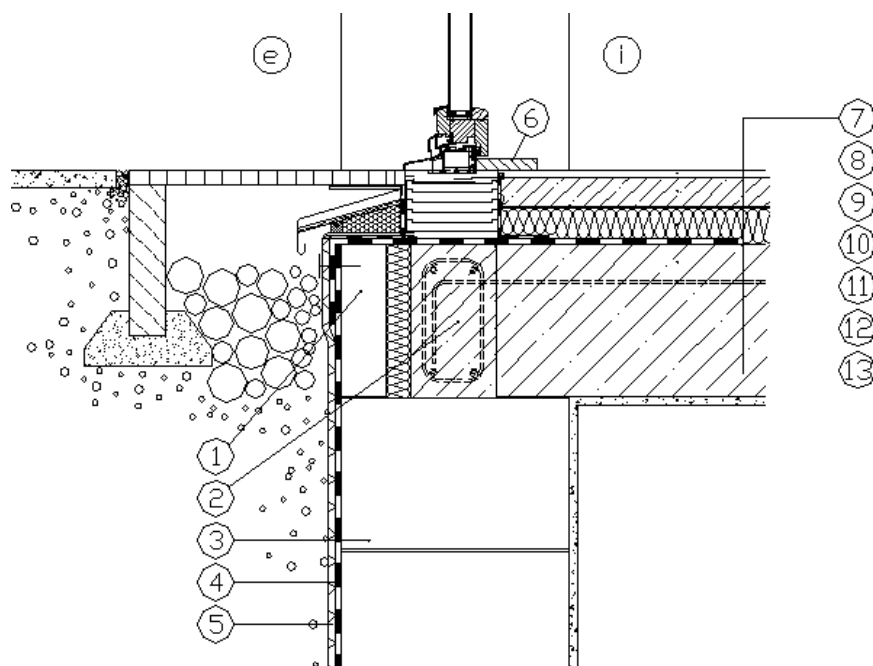


Obr. 9: Detail rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 1

Obr. 9 znázorňuje průběh teplot v prahové části, nejnižší vnitřní povrchová teplota v místě spodní hrany prahu vyhovuje požadavku normy pro nízkoenergetické stavby. Nejsou ovšem splněny požadavky pro pasivní výstavbu. Bylo by nutné doplnit tepelnou izolaci z exteriérové strany podkladní konstrukce a po té by byly splněny i požadavky na pasivní výstavbu.

Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 2

Je provedena analýza teplotního pole konstrukčního detailu č. 2. Schéma vykresluje variantu vchodových dveří s možností bezbariérového užívání. Sníženého prahu je umožněno umístěním odtokové mřížky (roštu) před objektem. Znázorněný dvevní práh je tzv. padací konstrukce a při otevření dveří se sklopí zároveň s dvevním křídlem.

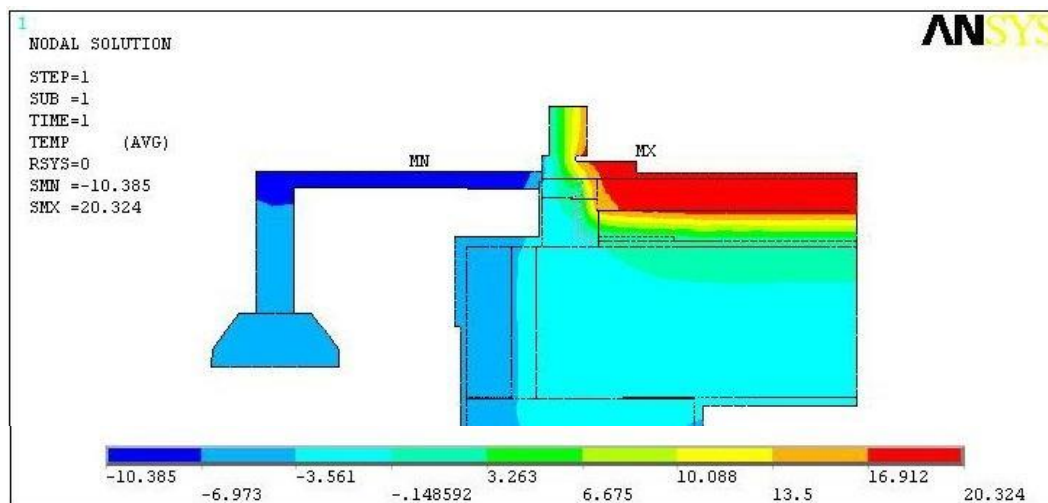


Obr. 10: Schéma konstrukčního detailu prahu podsklepeného objektu

Legenda:

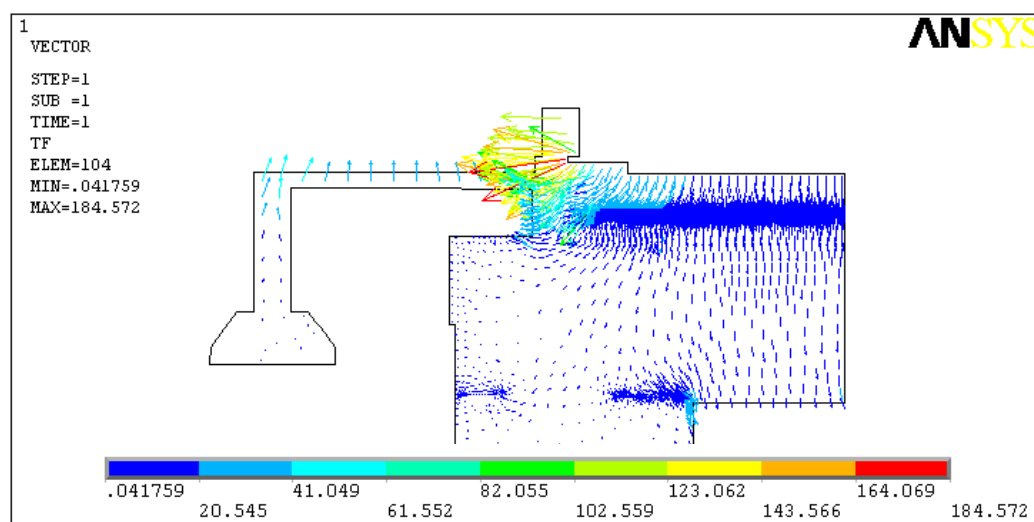
- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Věncovka | 8. Roznášecí vrstva |
| 2. Ztužující věnec | 9. Zvuková/tepelná izolace |
| 3. Zdicí tvarovka | 10. Separční vrstva |
| 4. Hydroizolace | 11. Stropní konstrukce |
| 5. Ochranná fólie | 12. Vnitřní omítka |
| 6. Dvevní práh | 13. Nevytápěný prostor |
| 7. Podlahová krytina | |

Legenda je uvedena pouze jako možný příklad, nejedná se o bližší specifikaci jednotlivých prvků.



Obr. 11: Rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 3

Obr. 11 znázorňuje průběh teplot (bez vlivu zeminy) v prahové části, nejnižší vnitřní povrchová teplota v místě spodní hrany prahu vyhovuje požadavku normy. Tato běžně užívaná metoda je funkční pouze při stavbě objektu s požadovanými hodnotami tepelně - technické normy.



Obr. 12: Znázornění tepelného toku ve schématu konstrukčního detailu č. 3

Směr tepelného toku v konstrukci (Obr. 12) poukazuje na nejslabší místo z pohledu tepelného toku v prahové části vstupních dveří. Kritický detail splní požadavky normy na hranici požadovaných hodnot.

Z vybraných a uvedených příkladů je patrné, že v současné době je nutné podpořit podkladní konstrukci pro prahovou spojku dveří přidavnou tepelnou izolací. Ta ovšem nemusí být pod konstrukcí dveří, ale může být součástí zateplení soklové, případně podzemní části objektu. Po dosažení součinitele tepelné vodivosti v hodnotě blízké se standardním tepelným izolacím (cca $\lambda = 0,035 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$), bude možné podkladní konstrukci vysunout směrem do exteriéru.

4.2.1 Návrh výrobku pro obvodové pláště budov

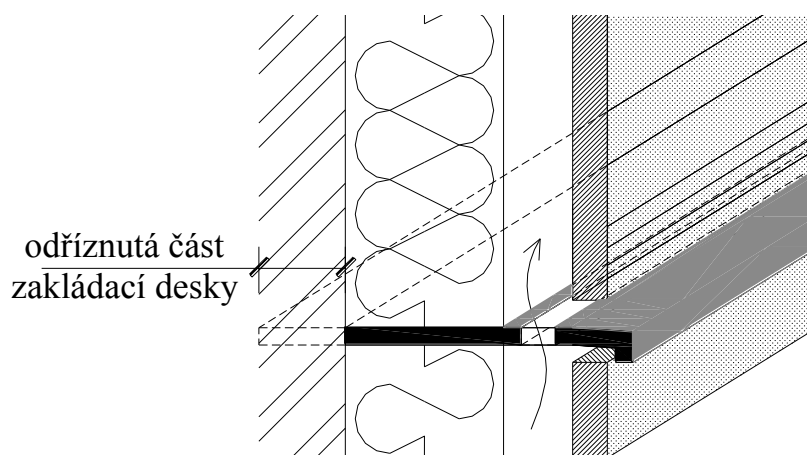
Dle zmíněných požadavků jsou stanoveny hlavní body nového výrobku pro stavebnictví, který by měl chránit tepelný izolant na vnějším líci svislé nosné konstrukce. Aplikace tohoto výrobku by měla být možná jak do novostaveb (standardní, pasivní a nízkoenergetické stavby), tak i do stávajících objektů při rekonstrukcích či stavebních úpravách, převážně při sanačních pracích.

Jsou vytipovány základní vlastnosti, které má prvek splňovat: dlouhá životnost, snadná údržba, pevnost – odolnost proti nárazům, hmotnost, odolnost proti chemikáliím, odolnost proti UV záření, odolnost proti povětrnostním podmínkám, rychlá a celoroční montáž, snadno demontovatelné, dekorativní a estetický, splnění požadavků na požární odolnost dle příslušné ČSN, zdravotní nezávadnost, zvuková izolace.

4.2.2 Optimalizace návrhu výrobků

Soklové desky kryjí vytažení hydroizolace spodní stavby a případné ukončení nopové folie před mechanickým poškozením. Důležitá je i pevnost fasádního systému, aby vlivem okolního provozu nebylo nutné neustále povrch opravovat, popř. dávat kolem zábrany. Ukončení soklu je provedeno speciální krycí zakládací deskou s ozubem, která odvádí tekoucí vodu z vyšších částí obvodového pláště budovy mimo desky spodního pláště. Sešikmená část zajišťuje odvod vody před desky a v zimních měsících přispívá k zabránění zachycení a trvalejšímu setrvání sněhové pokrývky na desce. Deska se kotví k zakládací liště tepelného izolantu, popř. jiné vodorovné konstrukci, která tvoří rozhraní ploch fasády a soklu.

Doplňkový vnitřní provětrávací otvor umožňuje propojení vzduchových mezer soklové a vyšší fasádní části objektu.



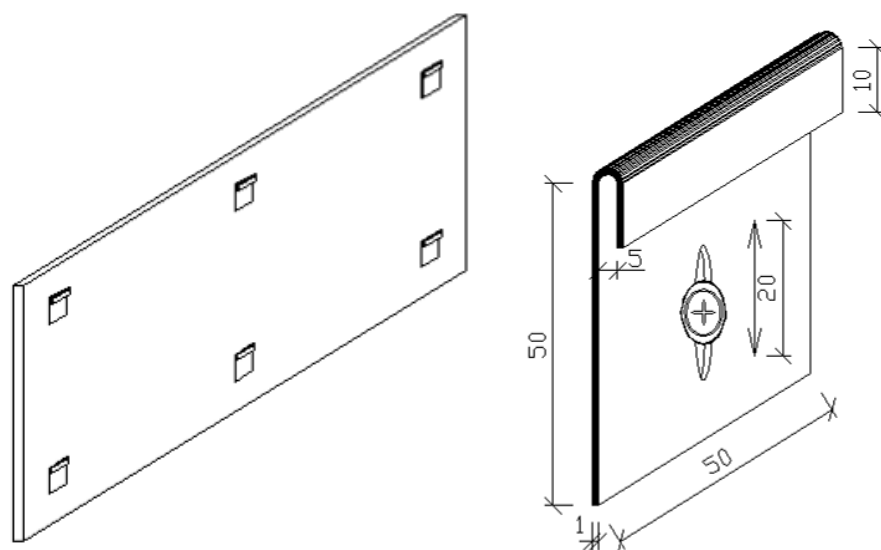
Obr. 14 Zakládací krycí deska se sešikmenou hranou a provětrávacím otvorem

Desku je možné dle tloušťky tepelného izolantu a vzduchové mezery libovolně řezat ve své zadní části. Boční část soklu se ukončuje stejnou krycí deskou, ale bez provětrávacího otvoru.

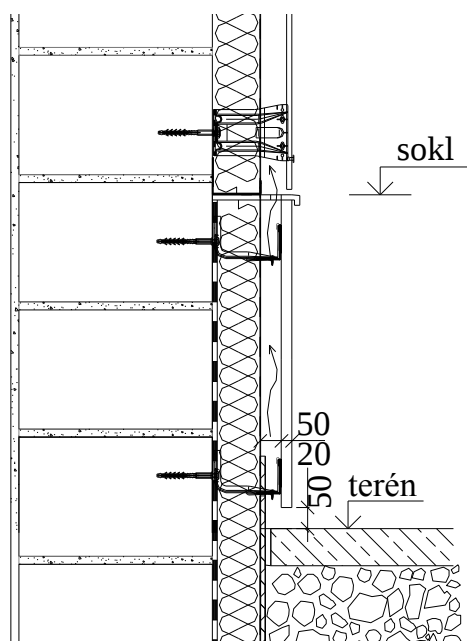
4.2.3 Způsoby kotvení

Poloha soklových desek musí umožnit variabilitu dle návrhu a zároveň by nemělo dojít k nutnosti využívat speciální kotvicí systémy. Návrh uvažuje s běžným systémem zavěšování jednotlivých desek na přídatné ocelové sponky, které se dle potřeb připevní k zadní straně desky vruty. Sponky mají navržený elipsovitý tvar pro přesnou rektifikaci a korekci desek do potřebné roviny.

Zadní závěs je prioritně navržen pro běžně užívané lehké bodové kotvy z hliníkových či ocelových slitin.



Obr. 15: Umístění kotevních prvků na desce; detail kotevního prvku – zadní závěs



Obr. 16 Schéma konstrukčního detailu u soklu objektu

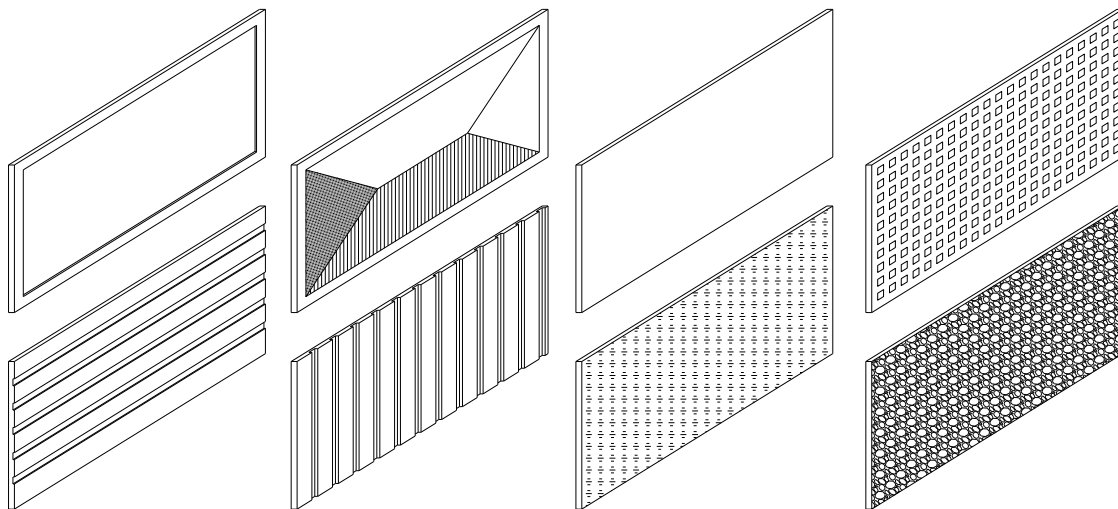
Na Obr. 16 je znázorněn konstrukční detail části provětrávané fasády přecházející do kontaktního zateplení pod úroveň terénu. Zde je tepelný izolant

ochráněn nopovou fólií s nakaširovanou filtrační vrstvou, která zabraňuje zanášení jednotlivých nopů. Hydroizolace stavby musí být vytažena minimálně 300 mm nad budoucí kótu terénu. Tepelný izolant ve výšce nad terénem je dobré ochránit difuzně otevřenou folií.

4.2.4 Povrchové úpravy

Variabilita povrchu soklových desek z druhotných plastových materiálů je omezena pouze nutností vytvoření profilovaných forem. Nejběžnější způsob výroby desek je vstřikování, vytlačování nebo lisování do forem. Vytvořit je možné rovné desky, desky s ozuby, s drážkami, s geometrickými opakujícími se motivy a podobně. Na desky je možné nanést i vrstvu kameniva, která se buď vkládá rovnou do forem, nebo se dodatečně aplikuje nástřikem. Kamenivo je obaleno stejným druhem plastu jako deska a mechanickým začištěním se zajistí přídržnost k podkladu, jednotlost a odstranění přebytečného pohledového materiálu.

Další možností je provést kolem základní desky krycí vrstvu, kdy se přísady na zlepšení vlastností aplikují pouze do této vrstvy. Možnou výhodou je široká škála barevnosti, kdy se přidá pigment do nanášené vrstvy a jádrová vrstva bude mít parametry základního plastu. Odpadá tedy nutnost probarvovat celou mocnost desky.



Obr. 17 Varianty povrchových úprav

Do směsi se mohou přimíchat i různé metalické materiály – měď, kobalt, zinek, slída a podobně.

Velká škála barevných a designových prolisů na plastových deskách, předurčují výrobek k širokému využití u stávajících budov i u novostaveb. Možností je vytvořit formu a design na přání zákazníka.

4.2.5 Doplnkový sortiment

V posledních letech se zkoumá vliv kotvícího zařízení na plášť budovy z pohledu tepelné techniky. Mnohdy hustá síť kotvících bodů, představuje na fasádě bodové tepelné mosty, které nejsou zanedbatelné. Z tohoto důvodu se pod kotvící materiál doporučuje vložit tepelný izolant potřebné pevnosti. Je tedy vhodné používat pod kotvící materiál podkladní podložky, které jsou rovněž vyrobené z druhotného plastového materiálu. Podložky jsou pevné a je možné použít již předvrtané podložky, nebo je na stavbě navrtat v potřebném průměru. Profilování umožní neprotáčení podložky při dotahování kotvícího prvku.

4.3 Aplikace plastu v plochých střeších

Následující kapitola popisuje a ověřuje možnost aplikace druhotných materiálů z plastů do konstrukčních detailů například v místě plochých střech. Prvek je umístěním uvažován jak v ploše, tak u ukončujících detailů, např. u atiky. Bezpečné spojení vloženého prvku s hydroizolační vrstvou je nedílnou součástí funkčnosti detailu.

4.3.1 Výroba a zkoušení zkušebních vzorků

Ve spolupráci s firmou Polymer Institute Brno s.r.o. byly dále vytvořeny zkušební desky 150 x 150 x 15 mm z odpadního HDPE. Pro zlepšení tepelně - technických a mechanických vlastností byly vyrobeny další desky s příměsí pilin a nadouvadel. Po změření součinitele prostupu tepla byly desky použity na zkoušku proti odlupování ve spojích [4].

Odlupování ve spojih

Zkušební metoda je určena pro zkoušení spojů v mechanicky upevněných jednovrstvých asfaltových střešních krytinách. Odolnost proti odlupování je tahová síla potřebná k úplnému oddělení připravených spojů. Při zkoušení je zkušební těleso taženo konstantní rychlostí až do úplného oddělení.

Zkušební vzorky pro spoje byly temperovány po dobu 48 hodin při teplotě 22°C – 24°C při relativní vlhkosti 60%. Podmínky temperování tedy vyhovovaly požadavkům normy [4], a to 20 hodin při teplotě $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50 \pm 20) \%$.

Použité vzorky asfaltového pásu:

- a) modifikovaný pás – SBS – Skloelast extra, tl. 4mm, vložka – sklotkanina, ohebnost při nízké teplotě -25 °C,
- b) oxidovaný pás – Extrasklobit PE, tl. 4mm, vložka – sklotkanina, ohebnost při nízké teplotě 0 °C.

Pro experiment bylo připraveno 12 zkušebních hydroizolačních pásků ze dvou různých asfaltových pásů. Z asfaltových pásů byly nařezány zkušební pásy příslušných délek, dle typu zkoušky a předepsané šířky 50 mm $\pm$ 1 mm. Každý pásek byl před zkouškou změřen digitálním posuvným měřidlem. Aplikace asfaltových pásků probíhala natavením plamenem dle technického listu výrobce, následně byl vzorek upraven zaválečkováním až do vzniku výlitků. Zkušební plastová tělesa nebyla upravována žádným typem nátěru pro zlepšení přídržnosti.

Délky jednotlivých asfaltových pásků byly dle typu zkoušky zvoleny v délkách 210 mm ($\pm$ 1 mm) a 270 mm ($\pm$ 1 mm), délky vychází z požadavku norem na danou zkoušku, tzn. 50 mm pásku je upnuto v trhacích čelistech trhacího stroje, 100 mm je výchozí vzdálenost trhacích čelistí od zkušebního vzorku (spoje), zbývající délky (60 mm a 120 mm) je nataveno na zkušebním tělese.

Následující tabulka popisuje jednotlivé zkušební vzorky a shrnuje výsledky zkoušky (maximální tahovou sílu).

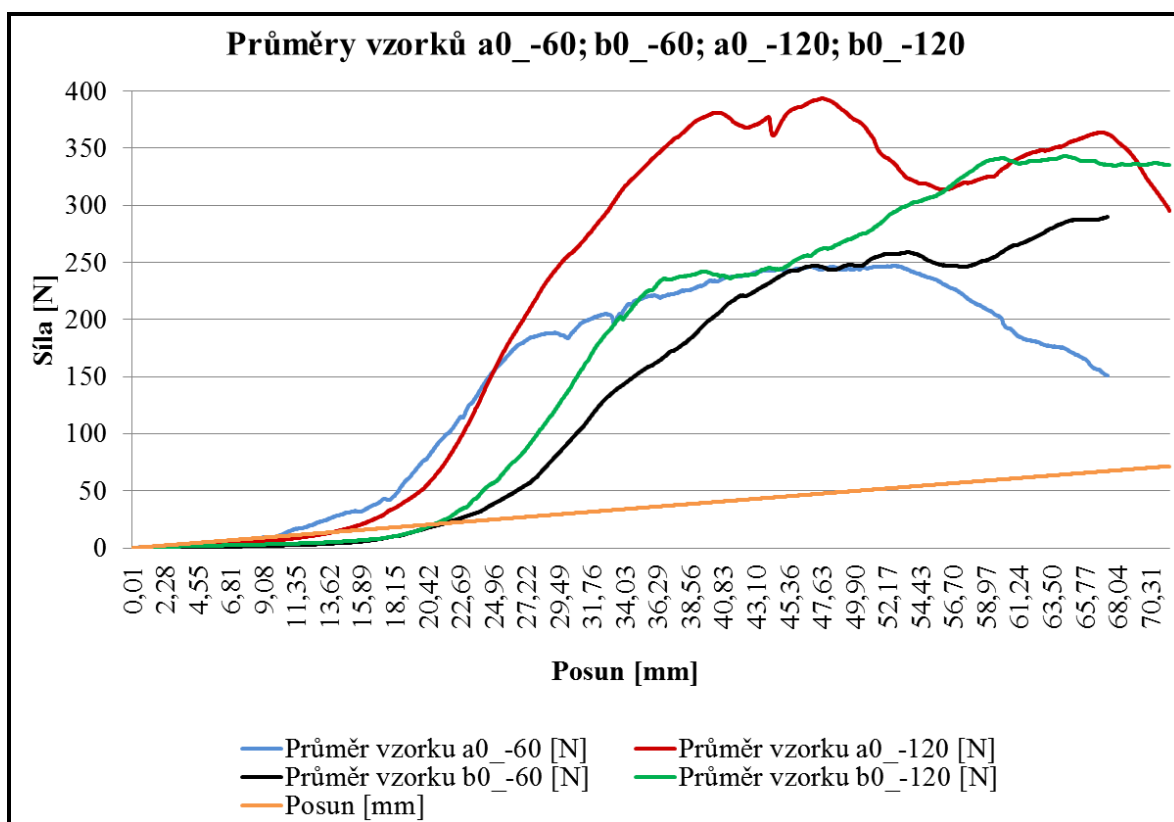
Tab. 3: Přehled zkoušených vzorků

vzorek	plast (typ)	druh pásu	způsob aplikace	délka natavení [mm]	max. síla [N]	vyhovuje
vzorek a01-60	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	60,00	152,509	NE*
vzorek a02-60	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	60,00	234,303	ANO
vzorek a03-60	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	60,00	376,710	ANO
vzorek b01-60	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	60,00	485,616	ANO
vzorek b02-60	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	60,00	367,259	ANO
vzorek b03-60	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	60,00	421,094	ANO
vzorek a01-120	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	120,00	398,282	ANO
vzorek a02-120	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	120,00	375,341	ANO
vzorek a03-120	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	120,00	482,553	ANO
vzorek b01-120	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	120,00	484,900	ANO
vzorek b02-120	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	120,00	405,908	ANO
vzorek b03-120	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	120,00	407,472	ANO

Nevyhovující vzorek v Tab. 3 označený NE* - Vzorek a01-60 nebyl před natavením asfaltového pásu aktivován horkým plamenem. Natavovaný pás byl pouze mechanicky přiložen a zaválečkován. Vlivem nedokonalé aplikace jsou na výše uvedeném vzorku patrné značné rozptyly hodnot.

Ke zkoušce byl použit zkušební trhací stroj LABORTECH 2,050 v laboratoři firmy Dehtochema bitumat-tn a.s. Přístroj je vybaven průběžným zaznamenáváním síly odpovídající vzdáleností čelistí a je schopen udržovat rovnoměrnou rychlost oddalování čelistí. Šířka čelistí nesmí být menší než 50 mm. Rychlost oddalování je definována jako $100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ za minutu. Zkušební těleso bylo zabezpečeno proti posunu zkušebního tělesa vloženou distanční zarážkou. Nedošlo tedy k posunu vzorku většímu než 2 mm.

V následujícím obrázku průběhu sil jsou vzorky podrobněji znázorněny.



Obr. 18 Průměr vzorků b01-120; b02-120; b03-120 – průběh síly

Přehledné zobrazení průměrné tahové síly ve zkoušce proti odlupování ve spojích je shrnuto v níže uvedené tabulce Tab. 4.

Tab. 4: Výsledky maximálních průměrných sil u jednotlivých vzorků

vzorek	plast (typ)	druh pásu	způsob aplikace	délka natavení [mm]	průměrná síla [N]
vzorek a0_-60	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	60,00	247,120
vzorek b0_-60	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	60,00	393,611
vzorek a0_-120	HDPE s pilinami	modifikovaný	natavení plamenem	120,00	289,984
vzorek b0_-120	HDPE s pilinami	oxidovaný	natavení plamenem	120,00	411,187

Běžně dosahované hodnoty u zkoušených hydroizolačních asfaltových pásů při zkoušce odlupování ve spojích se pohybují v rozmezí 150 – 400 N.

Při zkoušce docházelo k porušení pásu v oblasti vložky, nebo k oddělení spodní části asfaltového pásu od nosné vložky. Lze tedy konstatovat, že spoj asfaltového pásu s druhotným plastovým materiálem (HDPE) je pevnější, než samotná hmota asfaltového pásu.

Zkouška má za cíl dokázat správnost myšlenky aplikovat druhotné plastové suroviny do střešních konstrukcí pod hydroizolační souvrství při zachování požadované bezpečnosti. Je nutné zkoušku provést s finálním výrobkem. Zkouška je aplikována pouze na jeden druh druhotného plastového materiálu.

4.3.2 Návrh výrobku pro opláštění budov

Jsou stanoveny hlavní body nového výrobku pro stavebnictví, který by měl při zachování předepsaného spádu ploché střechy přenést rovnoměrně zatížení do podkladních (tepelně izolačních vrstev) nebo zároveň sloužit jako náhrada běžného tepelného izolantu. Zároveň by měl umožnit jednoduchou a bezpečnou pokládku hydroizolačních vrstev, bez změny technologického předpisu. Aplikace tohoto výrobku by měla být možná jak do novostaveb (standardní, pasivní a nízkoenergetické stavby), tak i do stávajících objektů při rekonstrukcích nebo stavebních úpravách, převážně při sanačních pracích.

Jsou vytipovány základní vlastnosti, které má prvek splňovat: dlouhá životnost, objemová stálost, snášenlivost s dalšími materiály (materiálová koroze), pevnost – odolnost proti nárazům a stálému zatížení, rychlá a celoroční montáž bez změny technologie, splnění požadavků na požární odolnost, zdravotní nezávadnost, zvuková izolace.

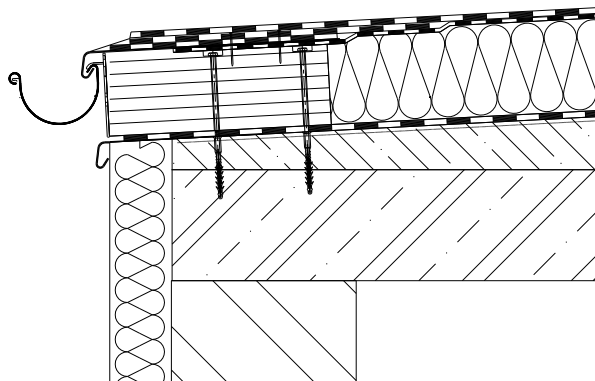
4.3.3 Optimalizace návrhu výrobků

Je navržen níže popsany konstrukční detail střešního pláště s možností aplikace na další detaily nacházející se ve střešním plášti.

Výše uvedená zkouška odlupování ve spojih potvrdila možnost umístění plastových desek do konstrukčních detailů střešních konstrukcí.

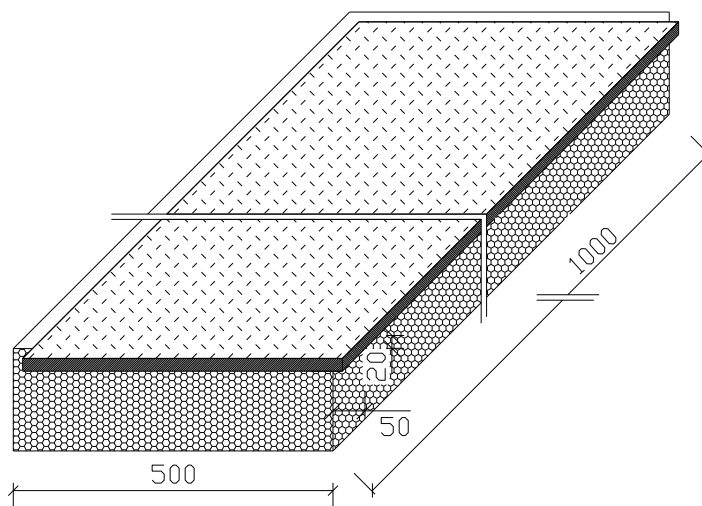
Ověření:

- a) možnost lokálního spojování,
- b) možnost plnoplošného natavení.



Obr. 19 Schéma konstrukčního detailu u okapu – lokální spojování

Lokální spojování (Obr. 19) na desky z druhotných materiálů je vhodné u konstrukčních detailů koncových prvků ve střešním plášti. Vhodnost využití je i v koutech a rozích u atiky, ukončení konstrukce u světlíku, výlezů na střechu a podobné. Vložená deska je pevná a její tepelně izolační vlastnosti dokáží nahradit standardní vkládané prvky jako extrudované polystyreny s krycí vrstvou z OSB desek.



Obr. 20 Návrh desky pro plnoplošné natavení

Pro plochy větších rozměrů je navržený tepelně izolační prvek s nakaširovanou vrstvou z plastové desky (Obr. 20). Deska je na tepelném izolantu aplikována s přeloženým osazením 50 mm mimo plochu tepelného izolantu. Dojde tím k pevnému osazení prvku a k rovnoměrnému roznesení zatížení do okolních prvků. Tento systém je vhodný pod technologická zařízení na střešním plášti.

5 ZÁVĚR, PŘÍNOS PRO PRAXI A DALŠÍ ROZVOJ VĚDY

Následující kapitola stručně shrnuje podstatné závěry výzkumu, dále pak přínosy pro vědní obor, ale i praxi a v závěru kapitoly také doporučení pro případný další postup výzkumu.

V teoretickém úvodu disertační práce jsou shrnuty poznatky o vývoji odpadů v České republice, je prezentována nutnost začít globálně řešit otázku odpadu, převážně biologicky neodstranitelného. Dále je proveden výběr uvažovaných vhodných materiálů pro další zkoumání technicko - fyzikálních a mechanických vlastností. Hlavním přínosem disertační práce je návrh **podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří** do konstrukčního detailu stavebních otvorů provozně propojujících interiér stavby s exteriérem.

Výrobek byl vytvořen a optimalizován s podporou vědecko-výzkumného záměru MSM 0021630511 pod vedením Prof. Ing. Rostislava Drochytky, CSc.

Následuje **návrh obkladového prvku obvodového pláště v oblasti soklu**. Dále je vytvořen **návrh roznášecího prvku pro umístění do plochých střešních pláštů** v místě lokálního zatížení a pro koncové detaily. Konstrukční detaily jsou podrobeny technicko - fyzikálnímu posouzení výrobků po teoretickém zabudování do konstrukce.

Hlavní výsledky disertační práce

Podrobné výsledky disertační práce jsou uvedeny vždy v rámci příslušných kapitol. Základní přínos práce pak lze shrnout do následujících bodů:

- potvrzení vhodnosti **použití druhotných plastových surovin** pod výplně stavebních otvorů,
- postupné **snížování součinitele tepelné vodivosti** navržených prvků vytvářením vhodných směsí,
- **návrh a vytvoření prvku podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří** v konstrukčním detailu,
- **přidělení evropského patentu** na prvek podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří,
- **návrh obkladového deskového prvku obvodového pláště v oblasti soklu**,
- **návrh podkladního roznášecího prvku pro umístění do plochých střešních pláštů** v místě lokálního zatížení a pro ukončující detaily.

Možnosti dalšího výzkumu v dané problematice

Materiály z recyklovaných plastů v sobě nesou vysoký potenciál pro uplatnění v širším okruhu stavebnictví. Jejich technicko - fyzikální, mechanické a chemické vlastnosti je předurčují do skladeb, kde se využívá tradičních tepelných izolací. Použitím výrobku z druhotných surovin se **dosáhne snížení tloušťky konstrukce** tím, že již není nutno používat například další hydroizolační, či roznášecí vrstvy a zároveň zůstanou splněny požadavky technických norem, vyhlášek a zákonů. Nespornou výhodou je i **snížení finančních nákladů při realizaci stavby**.

V průběhu řešení disertační práce se objevilo několik témat souvisejících s danou problematikou, jejichž řešení je nad rámec této disertační práce a nejsou proto řešeny. Hlavní možnosti v pokračování výzkumu, vývoje a inovace představují následující body:

- další snižování součinitele tepelné vodivosti u druhotných surovin kombinací vhodných příměsí,
- testování hygienické nezávadnosti při umístování do interiéru stavby,
- analýza reologických vlastností navržených výrobků zabudovaných ve stavbách,
- výzkum a vývoj dalších prvků z druhotných surovin pro konstrukční detaily se zaměřením na pasivní stavby,
- analýza požární odolnosti recyklovaných plastů s využitím retardérů hoření
- analýza a posouzení odolnosti plastových recyklátů proti UV záření.

Vývoj nových prvků z druhotných surovin je stále v počátcích a je nejen nutné umožnit legislativní průchod recyklovaným materiálům do občanské výstavby, ale také vyhledat kritické detaily v nízkoenergetické a pasivní výstavbě a cíleně navrhnout výrobky, které by tyto detaily vyřešily.

Cílů práce je dosaženo s podporou záměru MSM 0021630511 „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK V. *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. Str. 274. ISBN 80-7080-617-6
- [2] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 10/2011.
- [3] ČSN 01 1600. *Akustika - Terminologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 03/2003.
- [4] ČSN EN 12316-1 (727638). *Hydroizolační pásy a fólie - Část 1: Asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti odlupování ve spojích*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 11/2000.
- [5] Zateplení-fasad.eu [online]. Horní Újezd 2011. [cit. 15. srpna 2012]. Dostupný z www: <http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/tepelne-mosty-definice-tepelneho-mostu/>
- [6] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P. *Materialdeformationsprüfstand für die langfristige überwachung der deformationseigenschaften unter konstanten druck*. EP 2 078 948 B1, Wien, Rakousko
- [7] MATĚJKA, L.; SMOLKA, R.; Ústav pozemního stavitelství: *Podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří*. 19112, užitný vzor. Praha (2008)
- [8] MATĚJKA, L.; SMOLKA, R.; Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ: *Desky prahové spojky*. 34766, průmyslový vzor. Praha (2010)
- [9] MATĚJKA, L.; SMOLKA, R.; Brno University of Technology: *Support structures for a doors threshold*. EP 2159364 B1, patent. Munchen (2012)

Pozn.: další zdroje jsou uvedeny v disertační práci.

7 CURRICULUM VITAE

Osobní údaje:

Jméno a příjmení:	Radim Smolka, Ing.
Datum narození:	7. 1. 1982
Místo narození:	Opava
Státní občanství:	Česká republika
Rodinný stav:	Svobodný
Adresa:	B. Němcové 2, Opava 1, 746 01
e-mail:	RadimSmolka@seznam.cz

Školní vzdělání:

2001 – 2006	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, 602 00 Studijní program: M3607 Stavební inženýrství s prezenční formou studia. Studijní obor: Pozemní stavby – Navrhování pozemních staveb
2006 – dosud	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, 602 00 Doktorský studijní program. Studijní obor: Pozemní stavby

Praktické zkušenosti:

2008 - dosud	Projekční činnost ve výstavbě
2010 - 2012	Absolvování výuky pro znaleckou činnost obor ekonomika, odvětví ceny a odhady, se specializací oceňování nemovitostí.
2012	Autorizovaný inženýr pro pozemní stavby – IP00, autorizace č. 1005673
2012	Zapsán v seznamu MPO – Energetický expert, oprávnění - Energetická certifikace budov, číslo oprávnění 1060

Zaměstnavatelé:

2010 – dosud	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, Brno, pozice: akademický pracovník, asistent
--------------	--

Jazykové znalosti:

Anglický jazyk:	pokročilý
Německý jazyk:	pokročilý

Vybrané publikace autora:

1. MATĚJKA, L.; SMOLKA, R. Aplikace druhotných surovin v pasivních bytových domech. In *Lidé, stavby a příroda - sborník příspěvků. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST VUT v brně sešit 10*. Brno, Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o. Brno. 2006. p. 153 - 157. ISBN 80-7204-475-3.
2. MATĚJKA, L.; SMOLKA, R. Využití recyklovaných materiálů ve střešních pláštích. In *Konference Zastřešení budov 2007*. Brno, Akademické nakladatelství Cerm. 2007. p. 99 - 102. ISBN 978-80-214-3414-1.
3. MATĚJKA, L.; SMOLKA, R. Rodinný dům. In *Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou - Poruchy a rekonštrukcie obvodových plášťov a striech*. Dušan Katunský. Košice, Technická univerzita v Košiciach. 2007. p. 219 - 222. ISBN 978-80-232-0275-5.
4. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Problematika tepelného mostu v místě prahové spojky. In *Konference Podlahy 2008*. Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc. Praha 4, Betonconsult s.r.o. 2008. p. 261 - 265. ISBN 978-80-254-2560-2.
5. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Tepelný most v místě prahové spojky. In *Budovy a prostredie 2008*. Bratislava, STU Brnatislava. 2008. p. 129 - 132.
6. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Elimination of heat bridge in doorsill part. In *XII. Mezinárodní vědecká konference/XIIth international scientific conference*. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2009. p. 147 - 150. ISBN 978-80-7204-629-4.
7. SMOLKA, R. Aplikace druhotných surovin v pasivních objektech. In *Budovy a prostředí 2010*. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2010. p. 54 - 57. ISBN 978-80-214-4155-2.
8. SEDLÁK, J.; VLACH, F.; JELÍNEK, P.; PETŘÍČEK, T.; SMOLKA, R. *Zásady provádění tepelných izolací při realizaci budov dle principů trvale udržitelné výstavby*. Brno, Národní stavební centrum. 2012. p. 1 - 108. ISBN 978-80-87665-25-1.
9. SMOLKA, R.; MIZEROVÁ, L.; PETŘÍČEK, T.; PLACHÝ, J. Podkladní konstrukce pod prahovou spojkou dveří. *TZB-info*. 2013. 2013(6). p. 1 - 8. ISSN 1801-4399.
10. SMOLKA, R.; KALOUSEK, L.; MIZEROVÁ, L. Physico-mechanical Properties of the Threshold Coupling Made of Secondary Raw Materials for Use in the ehabilitation and Reconstruction of Buildings. *Advanced Materials Research*. 2013. 688(3). p. 193 - 198. ISSN 1022-6680.
11. MIZEROVÁ, L.; SMOLKA, R. Efficiency Analysis of Materials Used for Mechanical Methods for Damp Masonry Rehabilitation. *Advanced Materials Research*. 2013. 688(3). p. 87 - 92. ISSN 1022-6680.

8 ABSTRACT

One of the important reasons for the choice of the thesis topic are increasing requirements from the persons interested in low-energy, passive or even houses with almost zero energy consumption. During decreasing of the energy demand is within the framework of the idea of sustainable construction not only required to decrease the total energy demand of the buildings, search and solve the critical spots in the building jacketing, but also to use the secondary raw materials as full-value substitutions for commonly used products from the primary raw materials.

The thesis tries to contribute to the possible usage of polymeric wastes in building industry. In an early stage of the thesis the main and partial targets together with the consecutive steps leading to their fulfilment were set. Selection of the suitable secondary raw materials, discussion with the specialists, initial sample mixing, finding their thermally – technical characteristics, press mould and fire kiln acquisition was carried out during the stage.

The next phase is focused on the application of the products made from the secondary raw materials to the building envelope. The products are moulded according to the thermally – technical properties. Performed moulding approved that the products are fully functional and after reaching the required value of heat conductivity coefficient products eliminate imperfections of the solutions used at present. Strapping product for the threshold door joint is registered at Industrial Property Office of the Czech Republic and at European Patent Office at the same time.

Recycled materials put into production represent possibilities how to decrease number of acquired virgin materials, need of primary energy and how to decrease risks connected to the waste disposal. Society is starting positively approaching to the products that are partially or fully produced from the secondary raw materials. Nevertheless, before the products from the recycled materials enter the people's consciousness, it is necessary to improve the procedure of waste storing, improve and make the assorting lines more effective, improve or stabilize the material characteristics and products properties, meet the hygienic criteria for usage in the residence houses' interior and break many more milestones.