

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

DISERTAČNÍ PRÁCE
DISSERTATION THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. RADIM SMOLKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

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

BRNO 2013

Bibliografická citace

SMOLKA, Radim. *Konstrukční detaily z druhotných surovin pro opláštění budov*. Brno, 2013. 123s., 29 s. příl., příl. CD. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce doc. Ing. Libor Matějka, CSc., Ph.D., MBA.

Abstrakt v českém jazyce

Jedním z důležitých důvodů pro volbu tématu disertační práce je vzrůstající požadavek ze strany zájemců o nízkoenergetické, pasivní či dokonce domy s téměř nulovou spotřebou energie. Při snižování energetické náročnosti budov je v rámci myšlenky udržitelné výstavby nejen nutné snižovat celkovou energetickou náročnost staveb, vyhledat a řešit kritická místa v opláštění budov, ale také využívat druhotné suroviny, jako plnohodnotné zástupce místo běžně využívaných produktů z čistých surovin.

Disertační práce se snaží přispět k možnému využití plastových odpadů ve stavebnictví. V počáteční fázi disertační práce bylo stanovení hlavních a dílčích cílů a postupných kroků k jejich splnění. Byla provedena selekce vhodných druhotných surovin, diskuze s odborníky, prvotní míchání vzorků, zjišťování jejich tepelně - technických charakteristik, pořízení lisovací formy a vypalovací pece.

Další fáze je zaměřena na aplikaci výrobků z druhotných surovin v obvodových pláštích budov. Výrobky jsou modelovány po stránce tepelně – technických vlastností. Provedené modelování prokázalo, že výrobky jsou plně funkční a po docílení požadované hodnoty součinitele tepelné vodivosti odstraňují nedostatky v současnosti používaných řešení. Výrobek podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří je zaevidován na Úřadu průmyslového vlastnictví České republiky a zároveň u Evropského patentového úřadu.

Recyklované materiály uvedené do výroby představují možnost, jak snížit množství získaných panenských materiálů, potřebu primární energie a snížit rizika spojená s ukládáním odpadů. Společnost začíná pozitivně přistupovat k výrobkům z částečně, nebo plně vyrobených z druhotných surovin. Než se ovšem produkty z recyklátu dostanou plně do povědomí lidí, musí se ještě zlepšit postup třídění odpadů, zlepšit a zefektivnit třídící linky, zlepšit či stabilizovat materiálové charakteristiky a vlastnosti výrobků, splnit hygienická kritéria pro využití v interiéru obytných staveb a prolomit mnoho dalších milníků.

Abstract in English

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.

Klíčová slova

Recyklace, tepelný most, opláštění budov, udržitelná výstavba

Key words

Recycling, thermal bridge, building envelope, sustainable construction

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji disertační práci na téma „Konstrukční detaily z druhotných surovin pro opláštění budov“ zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje, ze kterých jsem čerpal.

V Brně, dne 21. 8. 2013

.....

Ing. Radim Smolka

Poděkování

Děkuji svému školiteli panu doc. Ing. Liborovi Matějkovi CSc., Ph.D., MBA za odbornou a lidskou pomoc, za cenné rady, podnětné připomínky a náměty, které mi poskytl při zpracování disertační práce.

V Brně, dne 21. 8. 2013

.....

Ing. Radim Smolka

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	SOUČASNÝ STAV	11
2.1	Základní pojmy	12
2.2	Současný stav řešení – podprahová konstrukce	17
2.2.1	<i>Varianta řešení A – nakaširovaná hydroizolace</i>	21
2.2.2	<i>Varianta řešení B – vložený prvek</i>	21
2.2.3	<i>Varianta řešení C – bloková výroba</i>	22
2.3	Současný stav řešení – provětrávané fasády	24
2.3.1	<i>Varianta řešení A</i>	25
2.3.2	<i>Varianta řešení B</i>	26
2.4	Současný stav řešení – ploché střechy	28
2.4.1	<i>Varianta řešení A</i>	28
2.4.2	<i>Varianta řešení B</i>	30
2.4.3	<i>Varianta řešení C</i>	31
3	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	32
4	METODY ZPRACOVÁNÍ	33
4.1	Teoretický model.....	34
4.2	Teoretický koncept.....	34
4.2.1	<i>Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce</i>	34
4.2.2	<i>Tepelný most</i>	35
4.2.3	<i>Lineární a bodový činitel prostupu tepla</i>	37
4.2.4	<i>Součinitel prostupu tepla</i>	38
4.2.5	<i>Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce</i>	39
4.3	Zlepšení vlastnosti polymeru	40
4.4	Modelace konstrukčních detailů.....	40
5	VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY	42
5.1	Konstrukční prvek podkladní konstrukce pro prahovou spojkou dveří	42
5.1.1	<i>Druhotný plastový materiál</i>	42
5.1.1.1	<i>Vybrané suroviny a jejich charakteristické vlastnosti</i>	42
5.1.1.2	<i>Charakteristické vlastnosti plastových surovin</i>	44
5.1.2	<i>Výroba zkušebních vzorků</i>	47
5.1.2.1	<i>Měření náchylnosti k tečení stlačením</i>	49
5.1.2.2	<i>Měření součinitele tepelné vodivosti</i>	60
5.1.3	<i>Teoretický návrh výrobku pro stavebnictví</i>	64
5.1.4	<i>Optimalizace návrhu výrobků pro eliminaci tepelných mostů</i>	65
5.1.5	<i>Analýza a komparace tepelně - technických vlastností konstrukce po zabudování výrobku pro varianty provozního využití</i>	72
5.1.5.1	<i>Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 1</i>	72
5.1.5.2	<i>Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 2</i>	74
5.1.5.3	<i>Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 3</i>	75
5.1.5.4	<i>Schéma konstrukčního detailu č. 4</i>	77

5.1.6	<i>Statické posouzení konstrukce po modelovém zabudování výrobku</i>	79
5.1.7	<i>Další využití desek</i>	80
5.2	<i>Zavěšené fasádní desky</i>	82
5.2.1	<i>Návrh výrobku pro obvodové pláště budov</i>	82
5.2.2	<i>Optimalizace návrhu výrobků</i>	83
5.2.2.1	<i>Způsoby kotvení</i>	83
5.2.2.2	<i>Povrchové úpravy</i>	85
5.2.2.3	<i>Doplňkový sortiment</i>	87
5.3	<i>Aplikace plastu v plochých střeších</i>	88
5.3.1	<i>Výroba a zkoušení zkušebních vzorků</i>	88
5.3.1.1	<i>Odolnost proti odlupování ve spojích</i>	89
5.3.2	<i>Návrh výrobku pro opláštění budov</i>	106
5.3.3	<i>Optimalizace návrhu výrobků</i>	106
6	ZÁVĚR, PŘÍNOS PRO PRAXI A DALŠÍ ROZVOJ VĚDY	108
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	110
7.1	<i>Seznam použitých podkladů</i>	110
7.1.1	<i>Použitá literatura</i>	110
7.1.2	<i>Použité normy, zákony a vyhlášky</i>	111
7.1.3	<i>Použité podklady dostupné na internetu</i>	111
7.1.4	<i>Použité patenty a užité vzory</i>	113
7.2	<i>Seznam autorem publikovaných prací</i>	115
8	SEZNAMY OBRÁZKŮ, TABULEK A POUŽITÉHO ZNAČENÍ	118
8.1	<i>Seznam obrázků</i>	118
8.2	<i>Seznam tabulek</i>	121
8.3	<i>Seznam použitých symbolů a zkratk</i>	121
9	PŘÍLOHA	124
9.1	<i>Odpad - definice</i>	124
9.2	<i>Produkce odpadů v České republice</i>	129
9.3	<i>Analýza tuzemského trhu</i>	136
9.4	<i>Druhy recyklace</i>	138
9.5	<i>Druhy plastů</i>	141
9.6	<i>Zpracování plastů</i>	144
9.7	<i>Technické listy</i>	149

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 výrobců. 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 možné 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 umísťování speciálních vyčleněných kontejnerů na území s větším počtem obyvatel. I přes to končí na skládkách komunálního odpadu ročně několik desítek tisíc tun plastových druhotných surovin včetně plastových lahví.

Disertační práce se zabývá zejména využitím druhotných polymerních surovin, jeho rozbořem a možnými aplikacemi v oblasti stavebnictví, zejména pak v pozemním 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 SOUČASNÝ STAV

Z platných zákonů, nařízení České republiky a členství v EU vyplývají požadavky na snižování spotřebované energie. Tímto je stavebnictví nuceno k určitému rychlému vývoji nových konstrukčních prvků a technologií staveb. V průběhu projektování a realizace nízkoenergetických domů, pasivních domů a domů s téměř nulovou spotřebou energie, tak dochází k mnoha sporným hlediskům, které je třeba řešit in situ. Přebírání již odzkoušených detailů a prvků z jiných států není příliš vhodné vzhledem k jiným klimatickým podmínkám v České republice. Zároveň je nutné řešit problematiku vzniku komunálního a podnikového odpadu. Spojit stavebnictví s možností zabudovat odpadní druhotné suroviny se tedy přímo nabízí a má velký potenciál. Nejvíce používané jsou odpady z demoličních prací (např. sutě), asfaltové odpady z oprav silnic a plastové suroviny.

Komunální odpad je možno rozdělit na netříděný a tříděný (v současnosti jde hlavně o dva druhy skla, plasty - většinou netříděné, ale v několika případech i úzce (tzv. ostře) tříděné, např. PET láhve a papír. Začíná se vyskytovat i kontejner na elektroodpad a na textilní sortiment. Plastový druhotný materiál je technologicky pracnější a ekonomicky nevhodný recyklovat a využívat opět v potravinářském průmyslu.

Největší rozmach v úpravárenství plastů a zvláště PET lahví započal ve světě v devadesátých letech, kdy se dospělo k názoru, že vytrřid'ovat plasty (ještě k tomu směsné) z komunálního tuhého odpadu je značně nákladné, neefektivní a technologicky náročné v rámci udržitelného rozvoje. V souvislosti s tím došlo i k změnám v systémech sběru druhotných surovin, jejich ostrému třídění a následně rovněž ke změnám v jejich úpravárenských postupech. Tento odpad byl v minulosti vykupován a upravován v podnicích Sběrných surovin a většinou vyvážen, asi třetina byla zpracována v podnicích jako Fatra, Granitol, Svit, Technoplast, Slovnaft a DK Dražice [22].

Druhotné plastové suroviny představují ve stavebnictví možnost, jak efektivně využívat odpadní materiál. Jejich zpracovatelnost umožňuje vytvářet konstrukčně složitější prvky a velkou přesností. Vlastnostmi se dají srovnat s některými běžně používanými materiály, které se v konstrukčních detailech užívají, ale prioritně nebyly k tomuto účelu navrženy.

Z problematiky výše uvedené kapitoly je nutné vyjasnit některé uvedené termíny a navazující pojmy.

2.1 Základní pojmy

V této kapitole jsou uvedeny související pojmy, procesy, označení budov, surovin a vlastností používaných materiálů.

Udržitelný rozvoj

Klasická definice ze zprávy Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj (tzv. Zpráva Brundtlandové) z r. 1987 zní takto: „*Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů.*“

Právo člověka na příznivé životní prostředí je obsaženo v zákoně o životním prostředí z 5. 12. 1991 (č. 17/1992 Sb.). Zákon definuje v § 6 trvale udržitelný rozvoj jako rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.

Vývoj stavebnictví směrem k dosažení udržitelného rozvoje společnosti z hlediska ekologického, sociálně - ekonomického a kulturního charakterizuje udržitelné budovy takto:

- spotřebuje minimální množství energie a vody během exploatace,
- využívá efektivně suroviny,
- vytváří co nejmenší množství odpadu a znečištění,
- vytváří zdravé životní prostředí interiéru,
- uspokojuje potřeby uživatele nyní i v budoucnu [1].

Opláštění budovy

Plášť budovy se dá charakterizovat jako konstrukce, která odděluje vnitřní prostředí od exteriérového prostředí. Plášť se dá rozdělit na opláštění spodní stavby a horní stavby. Dílčí členění může být na vodorovné a svislé. Objekt je převážně složen ze střešního pláště, svislého (stěnového) pláště nadzemní a podzemní části, výplní stavebních otvorů svislého pláště a podlahové konstrukce.

Recyklace

Recyklací (z anglického slova recycling) plastů se rozumí opětovné využití (nebo navrácení do cyklu) plastů jednak odpadajících při výrobě, jednak zbývajících po ukončení životnosti výrobků z plastů. Světovou strategií je

snížování získaných primárních surovin, tomu pomáhá recyklace, která opětovným využíváním odpadů šetří přírodní zdroje a současně omezuje zatěžování životního prostředí škodlivinami. Recyklace umožňuje zajištění surovin v případě jejich nedostatku, snížení nákladů při stoupajících cenách primárních surovin a snížení ekologické zátěže životního prostředí produkovanými druhotnými surovinami. Při recyklaci plastů se využívá buď samotný druhotný materiál, nebo energie, v něm obsažená.

Vstupní materiál určený k recyklaci je nejprve ručně tříděn, kdy se odstraní pevné nečistoty. Na trhu se již objevují i automatické třídičky. První automatický recyklátor je v Japonsku - tato technologie používá laser k identifikaci šesti druhů plastů. Při třídění na recyklátoru jsou odděleny barevné materiály od čirých. Zároveň je materiál roztríděn do stanovených plastových frakcí podle typu výrobku. Vytríděné frakce se dále zpracovávají drcením, mytím, sušením a tepelnou granulací do formy granulí.

V nejbližších letech se dá očekávat nárůst spotřeby obalových materiálů. Tento předpoklad vychází z již zřetelného společenského trendu přechodu ze skleněných obalů na plastové obaly. S ohledem na nejistou situaci na trhu s ropou a její kolísavé ceny lze očekávat zvýšenou potřebu recyklace jednorázových lahví a dalších plastových obalů.

Z aktuálních vědecko - výzkumných úloh disertačních prací je možné uvést například [7][8][9].

Pasivní a nízkoenergetický dům

Správně navržený a realizovaný pasivní a nízkoenergetický dům má splňovat požadavky na budovu s komfortním vnitřním prostředím v jakémkoli ročním období. Tepelné ztráty jsou v důsledku kvalitní izolace a vyřešených konstrukčních detailů sníženy tak, že k udržení potřebné teploty v místnosti postačí minimální množství dodaného tepla.

Pasivní budovy jsou charakterizovány minimální spotřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz, a to díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením.

Požadavek na roční měrnou potřebu tepla je do 15 kWh (m⁻² a⁻¹) obytné plochy. Konečná spotřeba všech energií nepřesahuje 42 kWh (m⁻² a⁻¹) a celková spotřeba primární energie nesmí překročit 60 (120) kWh (m⁻² a⁻¹). Obecně je udáváno a doporučováno, aby všechny obvodové konstrukce byly izolovány tak, aby průměrný součinitel prostupu tepla byl $U \leq 0,20 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.

Podobným tématem se zabývali například autoři [2][3][4].

V neposlední řadě je velice důležitá průvzdušnost obálky budovy - z důvodu technologických, konstrukčních i jiných spár by měla být výměna vzduchu stanovená měřením při rozdílu barometrického tlaku nejvýše 50 Pa - $n_{50} < 0,6h^{-1}$.

Pojem nízkoenergetický dům popisuje stavbu s nízkou potřebou energie na vytápění, která je oproti běžným novostavbám splňujícím české stavebně - energetické předpisy poloviční nebo i menší. V porovnání se staršími stavbami lze u nízkoenergetických domů dosáhnout úspor na vytápění 75 % i více. Měrná potřeba tepla na vytápění je do 50 kWh ($m^{-2} a^{-1}$)

Následující tabulka přehledně rozděluje jednotlivé požadavky kladené na kategorie domů.

Tab. 1 Základní rozdělení požadavků na jednotlivé kategorie domů [14]

současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům
charakteristika			
klasické vytápění, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, velmi dobré parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaiických panelů
potřeba tepla na vytápění [kWh ($m^{-2} a^{-1}$)]			
140 - 80	méně než 50	méně než 15	méně než 5
požadavky na stěny vnější [$W m^{-2} K^{-1}$]			
$U_{N,20} = 0,30$ $U_{rec,20} = 0,25 (0,20)$		$U_{pas,20} = 0,12 - 0,18$	
požadavky na prosklené výplně [$W m^{-2} K^{-1}$]			
$U_{N,20} = 1,5 (1,7)$ $U_{rec,20} = 1,2$ $i_{LV} =$ zajišťuje doporučenou n_{min}		$U_{pas,20} = 0,8 - 0,6$ $U_{pas,20} = 0,9$ (dveře)	
požadavky na střechu plochou a šikmou se sklonem do 45° včetně [$W m^{-2} K^{-1}$]			
$U_{N,20} = 0,24$ $U_{rec,20} = 0,16$		$U_{pas,20} = 0,10 - 0,15$	
požadavky na podlahu a stěnu vytápěného prostoru k zemině [$W m^{-2} K^{-1}$]			
$U_{N,20} = 0,45$ $U_{rec,20} = 0,30$		$U_{pas,20} = 0,15 - 0,22$	

Doporučené či požadované hodnoty pro stavbu nového objektu dle platných norem ČSN jsou minimálně dvakrát nadhodnoceny, oproti požadavkům kladeným na nízkoenergetický případně pasivní dům. Tím je dán požadavek na správný návrh konstrukčních detailů a řádného provedení při realizaci [5][14].

Pro budovy s převažující návrhovou teplotou mimo interval 18 °C až 22 °C nejsou požadavky dosud stanoveny [14].

Druhotné suroviny

Hlavním negativem plastového obalového materiálu, který má největší zastoupení v množství komunálního a průmyslového odpadu, je jeho jednorázové použití. Recyklování plastů je problematické, vzhledem k tomu, že se již nemůže použít například jako obal potravin. To znamená, že na výrobu plastových potravinových obalů je potřebné těžit stále z nových surovin z neobnovitelného zdroje. Základní surovinou pro výrobu plastů je ropa, dále se používají některé nebezpečné zdraví škodlivé látky. Každý plast obsahuje základní polymer a další různé stabilizátory, barviva a změkčovadla [40].

Synteticky připravované makromolekulární látky vznikají polyreakcí (polymerace, polykondenzace a polyadice). Jedná se v podstatě o velmi jednoduché chemické reakce, které se mnohokrát opakují, takže původní nízkomolekulární sloučenina monomer přechází ve vysokomolekulární látku zvanou polymer. 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 užitné vlastnosti.

Obalové materiály se vyrábějí z různých druhů plastů. Nejčastěji to je PET - polyetylén tereftalát, ale také PE - polyetylén, PP -polypropylén, PS - polystyrén, PVC – polyvinylchlorid, apod.

Plastové profily a tvarovky z druhotných surovin svými vlastnostmi velmi dobře substituují dřevěné prvky a mnohdy i tepelnou izolaci. Výhody a nevýhody plastů lze shrnout do následující tabulky:

Tab. 2 Výhody a nevýhody plastových prvků

výhody	nevýhody
odolnost proti povětrnostním vlivům	větší objemové změny
odolnost proti vlhkosti	absence atestu na zdravotní nezávadnost
nižší součinitel tepelné vodivosti	ověření časem
odolnost proti hnilobě, plísním a houbám, korozi	malé zastoupení na trhu
dobrá odolnost proti běžným chemikáliím, kyselinám a zásadám	ekologická zátěž
nenasákavost	nižší odolnost proti UV záření
snadná zpracovatelnost	nižší požární odolnost
elektrický izolant	
výroba prvků na míru	
nízká hmotnost	
dlouhá životnost	
estetický vzhled	
lehce čistitelný povrch	

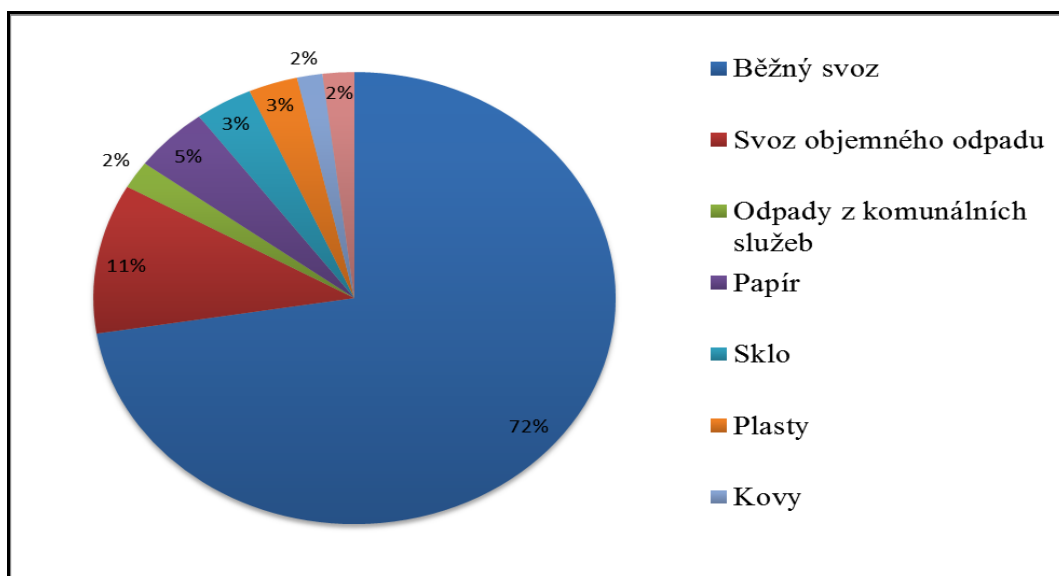
Při volbě materiálu je třeba vedle vlastností a ceny hmoty vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost, která výrazně ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti konečného výrobku, ale i technologické podmínky. Vlastnosti a odolnosti polymerů jsou v podstatě dány jejich chemickou a fyzikální strukturou, ale mohou být do značné míry ovlivněny i zpracovatelským procesem [10][11][12][39].

Tab. 3 Běžné plasty vhodné k recyklaci

pořadí	označení	název
01	PET	polyethylen-tereftalát
02	PE-HD	polyethylen vysoké hustoty
03	PVC	polyvinylchlorid
04	PE-LD	polyethylen nízké hustoty
05	PP	polypropylen
06	PS	polystyren
07	PBT	polybutylen-tereftalát
08	PC	polykarbonát

Výše uvedená tabulka ukazuje zastoupení a pořadí nejběžněji recyklovaných druhotných plastových surovin v České republice. Velmi dobré výsledky

materiálových charakteristik pro použití v konstrukčních detailech vykazují například PET, PE-HD a PP.



Obr. 1 Komunální odpad dle způsobu svozu v roce 2011

Druhotné suroviny (Obr. 1) tvoří velká část obalových plastových materiálů od stavebních, průmyslových, zemědělských a obchodních velkoodběratelů.

2.2 Současný stav řešení – podprahová konstrukce

Pojem prahová spojka v současné terminologii představuje konstrukční prvek, kterým se záručně v jejich spodní části stabilizují při montáži proti deformaci. Tento prvek se může po ukončení aplikace zachovat, nebo se po stabilizaci a technologické přestávce vyjme. V současné době může prahová spojka plnit funkci přerušení tepelného mostu, podkladní profil pro práh, nebo slouží jako přechodová lišta.

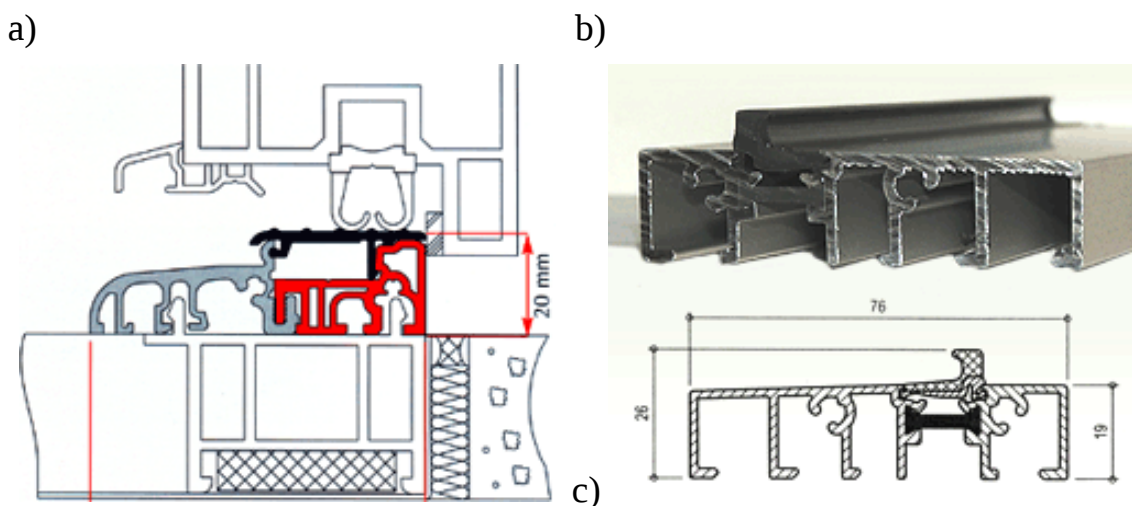
Konstrukce výplní otvorů, musí mít dostatečnou tuhost, při níž za běžného provozu nenastane zborcení, svěšení nebo jiná deformace a musí odolávat zatížení včetně vlastní hmotnosti a zatížení větrem i při otevřené poloze křídla, aniž by došlo k poškození, posunutí, deformaci nebo ke zhoršení funkce. Výplně otvorů musí splňovat požadavky na tepelně - technické vlastnosti v ustáleném teplotním stavu v souladu s normovými hodnotami. Dále musí splňovat požadavky na akustické vlastnosti v souladu s normovými hodnotami pro zajištění dostatečné ochrany před hlukem ve všech chráněných vnitřních prostorách stavby [19].

Některé výše uvedené požadavky jsou přenášeny i do podkladových konstrukcí dveří – prahu, prahové spojky a podprahových konstrukcí.

V současné době se ve stavebnictví využívají materiály a konstrukce, které nebyly primárně určeny k využívání v konstrukčním detailu u prahu vchodových dveří. Používají se výrobky, které se musí upravovat a svými technickými a materiálovými vlastnostmi nejsou schopny reagovat na požadavky stavby. Výrobci dveří řeší komplexní návaznost mezi dvevní výplní, dvevní zárubní a prahovou spojkou. Výrobci a dodavatelé řeší eliminaci tepelných mostů v konstrukčních detailech. Přímá návaznost ovšem chybí a je nutné vyřešit přechodový a funkčně spojující profil mezi izolací a výplní stavebních otvorů.

V místě prahu se pro přerušení tepelného mostu a případné kotvení výplně otvoru používají prahové spojky s vložením pryžového pásu již ve výrobě (Obr. 2b).

Na Obr. 2a je znázorněna standardně používaná konstrukce pod práh, kde dochází k vedení tepla nepřerušenou podprahovou spojkou. Tepelný most v tomto případě ovlivňuje vnitřní prostředí více než ve verzi 2b a 2c.



Obr. 2 Detail prahové spojky s vloženým prvkem pro přerušení tepelného mostu [23]

V sortimentu se již vyskytují pěti, šesti a více komorové uzavřené prahové profily. Obdobné profily s ohraničenými komorami se vyrábějí v hliníkovém provedení s přerušením tepelného mostu. Tyto profily řeší pouze okrajově problematiku tepelných mostů, ale neuvažují s ukončením hydroizolační ochrany. Hydroizolace je standardně ukončena pod nosným rámem dveří a nezaručuje dokonalou hydroizolační ochranu. Popřípadě je hydroizolace vytažena k horní hraně prahového profilu bez krycích a ochranných vrstev. Podobně je tomu i u tepelné izolace, kdy je doporučeno používat tepelnou izolaci se zvýšenou pevností v tlaku a opatřit jí krycím prvkem proti mechanickému poškození. Tato tepelná izolace je ovšem vystavena jak povětrnostním vlivům, tak vlivům zeminy. K opotřebení dochází také vlivem používání dveřních otvorů, kdy dochází k tlakovému namáhání tepelné izolace [13]. V některých případech je

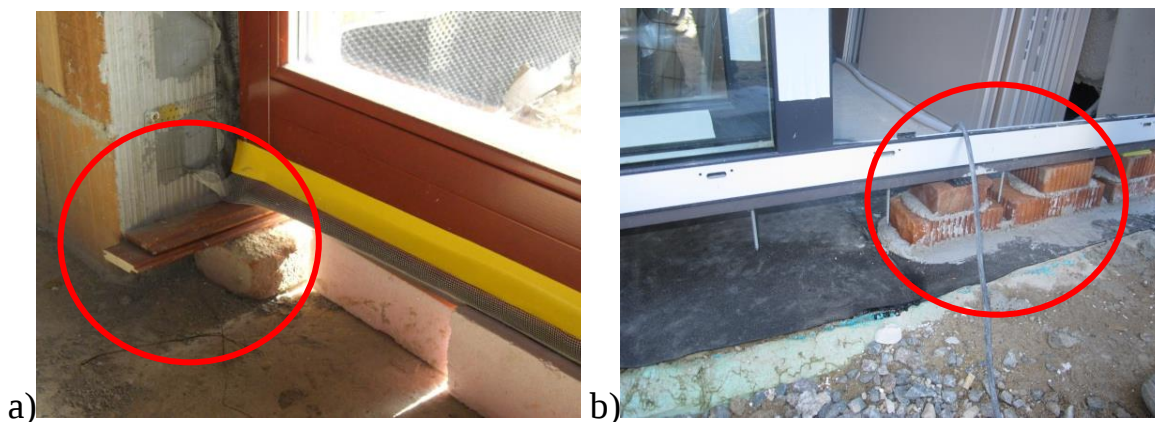
rovněž důležité dodržet bezbariérovost objektu (požadavek Vyhlášky 398/2009 Sb. v aktuálním znění) a proto není žádoucí zvyšování prahu chránícími prvky.

Podkladním prvkem je ve většině případů extrudovaný polystyren, popřípadě pěnové sklo.

V případě extrudovaného polystyrenu se jedná o materiál s nedostatečnou pevností z důvodu zúžení originální desky, rovněž dodatečné vkládání polystyrenu sebou nese riziko nedokonalého utěsnění volného prostoru. Prahová spojka je namáhána dynamickým namáháním, které je přenášeno do podkladu a může nastat stlačení tepelné izolace právě z důvodů její nekompaktnosti.

Druhým případem je použití pěnového skla. Sortiment na trhu plně nereflektuje možnosti běžného využití při stavebním procesu, ve kterém je nutno desky upravovat do požadovaných rozměrů. Tím dochází ke snižování tepelně - technických vlastností a pevnosti v tlaku z důvodu porušení celistvosti materiálu. Rozměrovou úpravou dochází k narušení izolačních pórů v prvku, přičemž je nutné provádět náročnou technologii pokládání a zalévání pěnoskla horkým asfaltem. Při neprovedení tohoto kroku, dochází ke vnikání vodní páry, případně vody v kapalném stavu do narušených pórů a vlivem mrazu dojde ke snižování tepelně - technických vlastností. Rovněž dochází ke snížení pevnosti materiálů v tlaku. Pěnosklo není rovněž vhodné pro ukotvení výplně otvoru skrz pěnosklo do navazující konstrukce. Provrtáním může dojít k prasknutí tepelné izolace z pěnového skla a k pozvolné destrukci provázenou snižujícími se schopnostmi eliminovat tepelný most a přenášet dynamické namáhání.

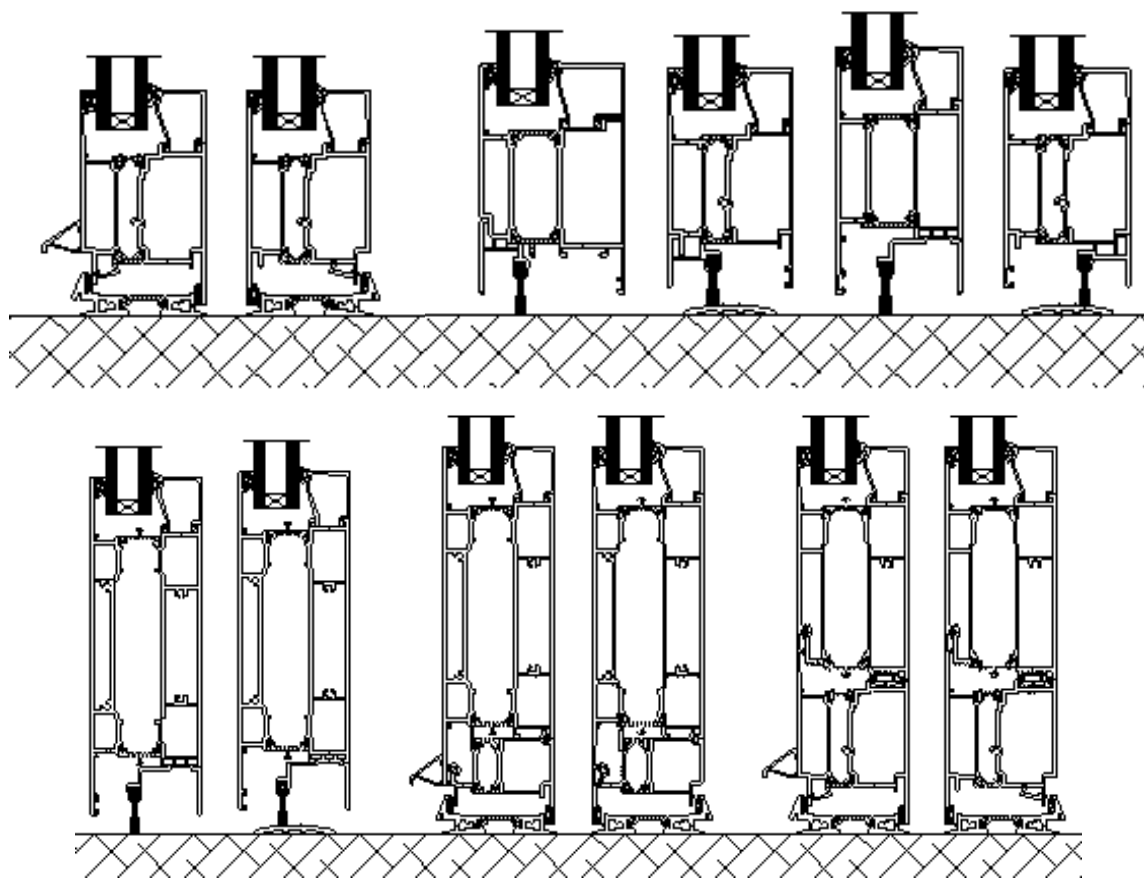
Další běžnou variantou při realizaci je zabudování výplně stavebních otvorů (Obr. 3), podepření cihlou (Obr. 3a), nebo dřevěnými špalíky (Obr. 3b) a následné doplnění tepelné izolace v průběhu realizace vrstev skladby podlahy. Při použití této varianty v nízkoenergetické či pasivní výstavbě dochází k degradaci celého konceptu konstrukčního detailu.



Obr. 3 Nevhodné řešení pod konstrukcí dveří

U všech zmíněných řešení je problém s ukončením hlavně hydroizolačních prvků. Provádí se buď nedostatečným vytažením a založením podél spodní hrany vkládaného prvku nebo za pomoci krycí lišty, která může konstrukční detail narušovat esteticky, technicky nebo vytvářet bariéry.

Problematika vzniku tepelných mostů a ukončení hydroizolačních, popřípadě zateplovacích prvků u prahových konstrukcí dveří je velice problematická a rozsáhlá. Jedná se o většinu dveřních konstrukcí – balkonových, vchodových, francouzských oken, apod. (Obr. 4).

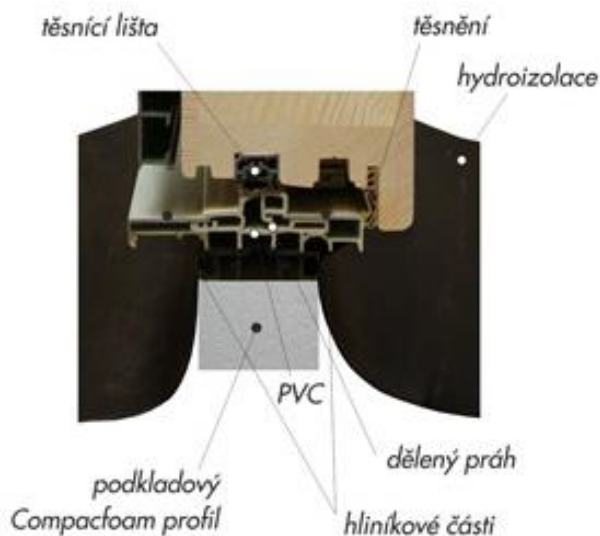


Obr. 4 Nejpoužívanější druhy prahové konstrukce

Vyskytují se výrobky, které dle výrobců eliminují tepelný most, jedná se o standardní hliníkový práh s přerušením tepelného mostu pomocí komor a zapuštěné lišty do podkladní konstrukce dveří. Toto řešení dostatečně nepočítá a nerespektuje nutnost ukončení hydroizolační ochrany a její těsné napojení na dveřní konstrukci [23].

2.2.1 Varianta řešení A – nakaširovaná hydroizolace

Jedním z nových konstrukčních prvků na trhu je níže uvedený výrobek (Obr. 5) podprahové konstrukce.



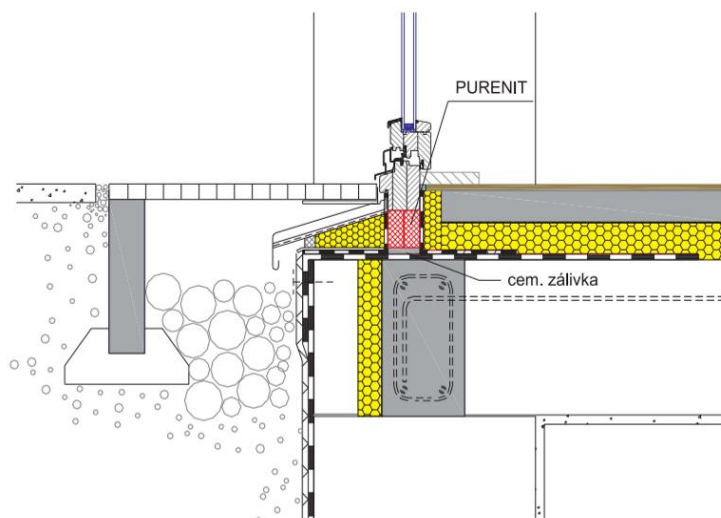
Obr. 5 Nový podkladní prvek¹ s aplikovanou hydroizolací [23]

Jedná se o vložený prvek s nakaširovanou hydroizolací. U prvku není možné změnit rozměr podkladového profilu, hydroizolace je pouze jedno druhová a opět nereflexuje možnost výškové korekce.

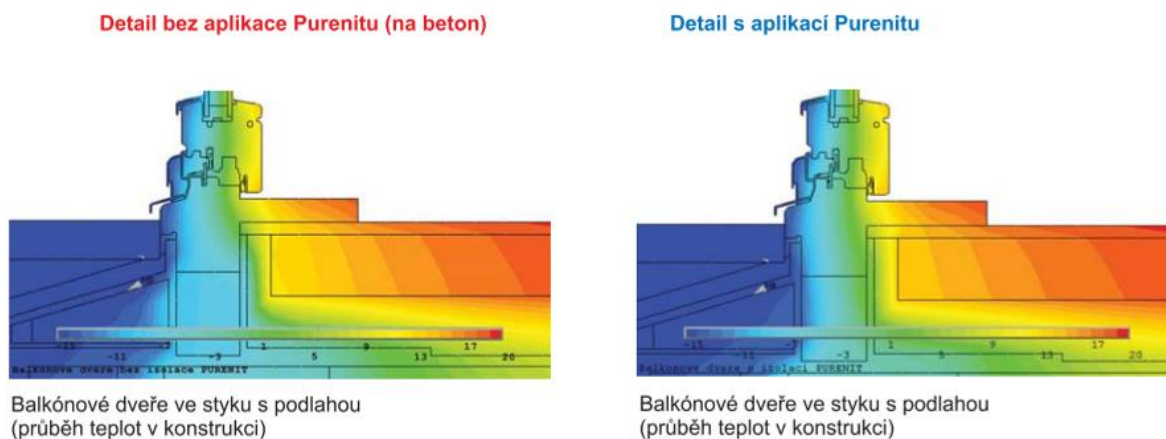
2.2.2 Varianta řešení B – vložený prvek

Další možnou novou alternativou je produkt na polyuretanové bázi z tvrdé pěny, jedná se o výrobek, jehož deklarovaný součinitel tepelné vodivosti je $0,08 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, v porovnání s druhotným plastem je teda cca od 20 % lepší. Pevnost v tlaku je v rozmezí 5,5 – 7,5 MPa [42].

¹ Dělený práh se zdokonaleným přerušením tepelného mostu. Těsnění ve dvou úrovních jsou doplněny podkladními profily s napojením na hydroizolaci, podkladový profil tvoří termoplastická pěna bázi polymeru polystyrenu [23].



Obr. 6 Konstrukční detail – vložen prvek PURENIT (PIR) [42]



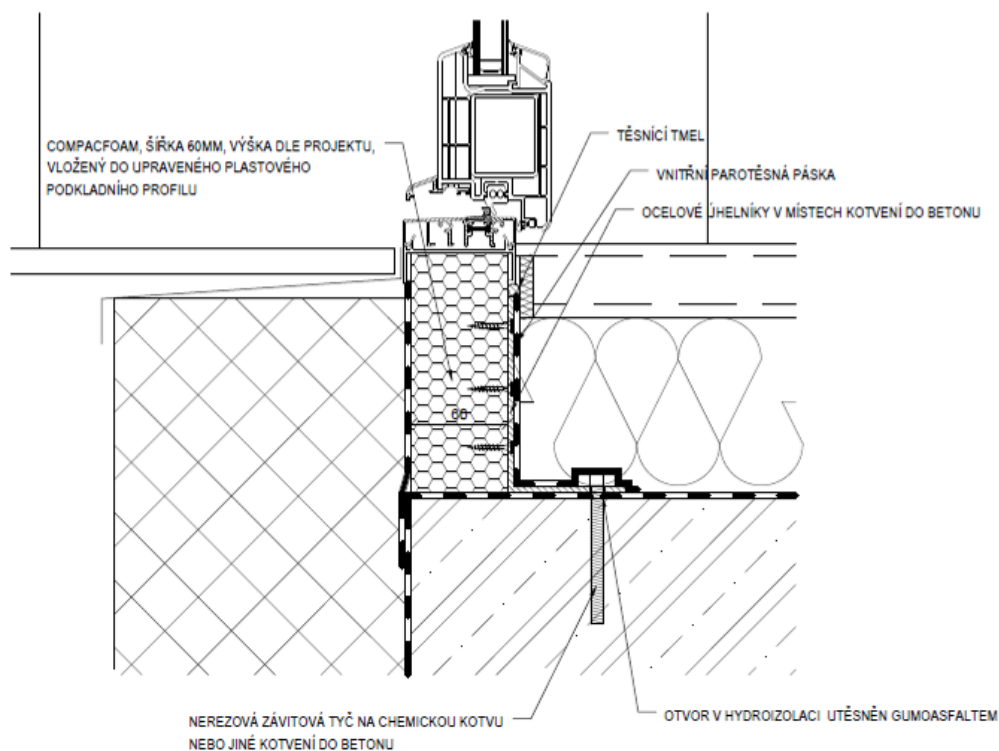
Obr. 7 Tepelně technické posouzení prvku PURENIT [42]

Výše uvedený produkt je ve své podstatě pouze výměna materiálu, velmi dobrá je pevnost v tlaku, která ovšem pod prvek dveří není nejdůležitějším kritériem. Dále je zde poměrně horší součinitel tepelné vodivosti, než u polystyrenu a pěnoskla. Nový produkt tedy neřeší výše zmíněné nedostatky zvoleného konstrukčního detailu.

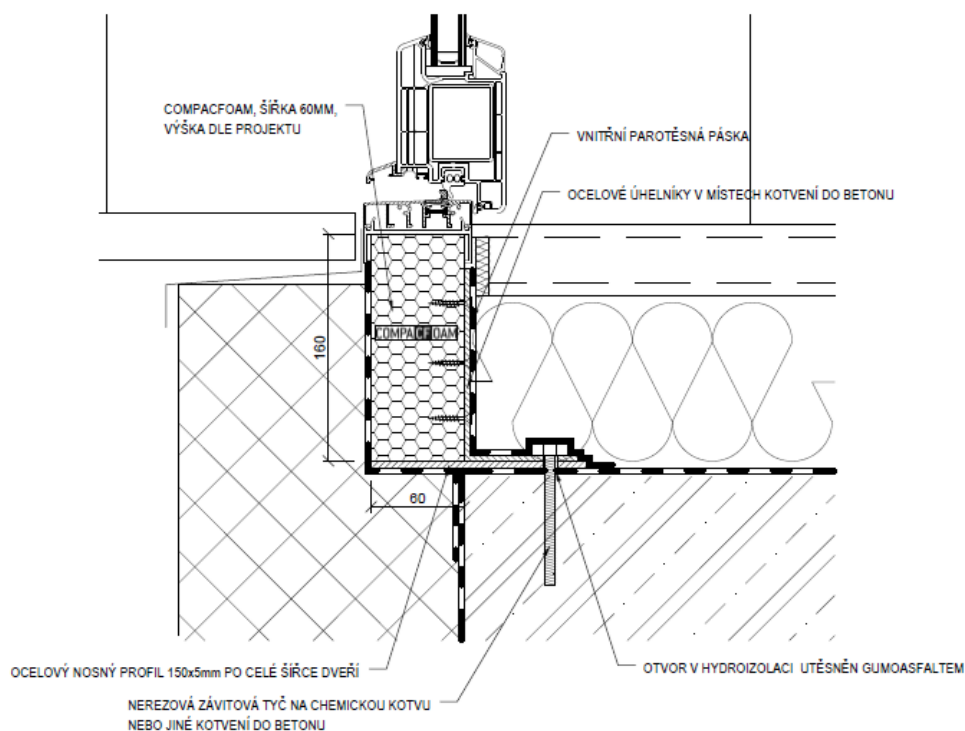
2.2.3 Varianta řešení C – bloková výroba

Firma Compacfoam nabízí řešení v patentované výrobě plastické hmoty na bázi polystyrenu (EPS) [24]. Jedná se o obdobný materiál jako XPS, ale s vyšší pevností v tlaku. Materiál se dá kotvit. Součinitel tepelné vodivosti je udáván $0,039 - 0,07 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, dle pevnosti v tlaku. Produkt se vyrábí v dlouhých

blocích, které se řezou na požadovaný rozměr dle projektové dokumentace. Následující obrázky znázorňují možnost použití výrobků v praxi.



Obr. 8 Detail prahu vchodových dveří [24]



Obr. 9 Detail prahu předsazených vchodových dveří [24]

Na Obr. 8 je znázorněn izolant vložený do upraveného plastového profilu. Celá konstrukce je přišroubována k ocelovému profilu na výšku podkladního prvku. Ocelový úhelník musí být kotven skrz hydroizolaci a následně musí být provedeny úpravy, zajišťující vodotěsnost perforované vrstvy. Podkladní prvek je výhodný ve variabilitě tvarové úpravy, bez vlivu na jeho únosnost. Obr. 9 je systémově obdobný, je zde pouze znázorněna možnost předsunutí dveřní konstrukce, tato možnost je přínosným aspektem. Opět jsou zde ale negativní prvky: nutnost kotvení ocelového prvku, zatažení hydroizolace a její ukončení pouze k části plastového podkladního profilu, materiál vnější hydroizolace vzhledem k velkému množství ostrých přechodů je eliminován pouze na hydroizolaci foliového typu, nutnost klempířského prvku na krytí hydroizolace.

2.3 Současný stav řešení – provětrávané fasády

Provětrávané fasády jsou dvouplášťové stavební konstrukce. Tvoří ji nosná svislá část objektu s tepelným izolantem a zavěšená pohledová fasádní deska. Mezi konstrukcemi je větraná vzduchová mezera. Šířka vzduchové mezery se pohybuje mezi 25 mm až 40 (60) mm dle výšky objektu. Větraná vzduchová mezera zajišťuje proudění vzduchu, tím dochází v letních měsících ke snižování tepelného zisku a v zimních měsících ke snižování výše kondenzace vodní páry.

Požadavky kladené na pohledové prvky:

- dlouhá životnost,
- otěruvzdornost,
- mrazuvzdornost,
- minimální nasákavost,
- odolnost vůči kyselému prostředí a agresivním solím,
- barevná a rozměrová stálost,
- jednoduchá a minimální údržba. [25][26]

Nejexponovanějším místem při zateplování objektů je soklová část, respektive část objektu, kde může dojít k mechanickému, biologickému nebo chemickému znehodnocení vlivem okolního provozu. Z těchto důvodů by měla být soklová část odolnější, než výše aplikované prvky fasády.

2.3.1 Varianta řešení A

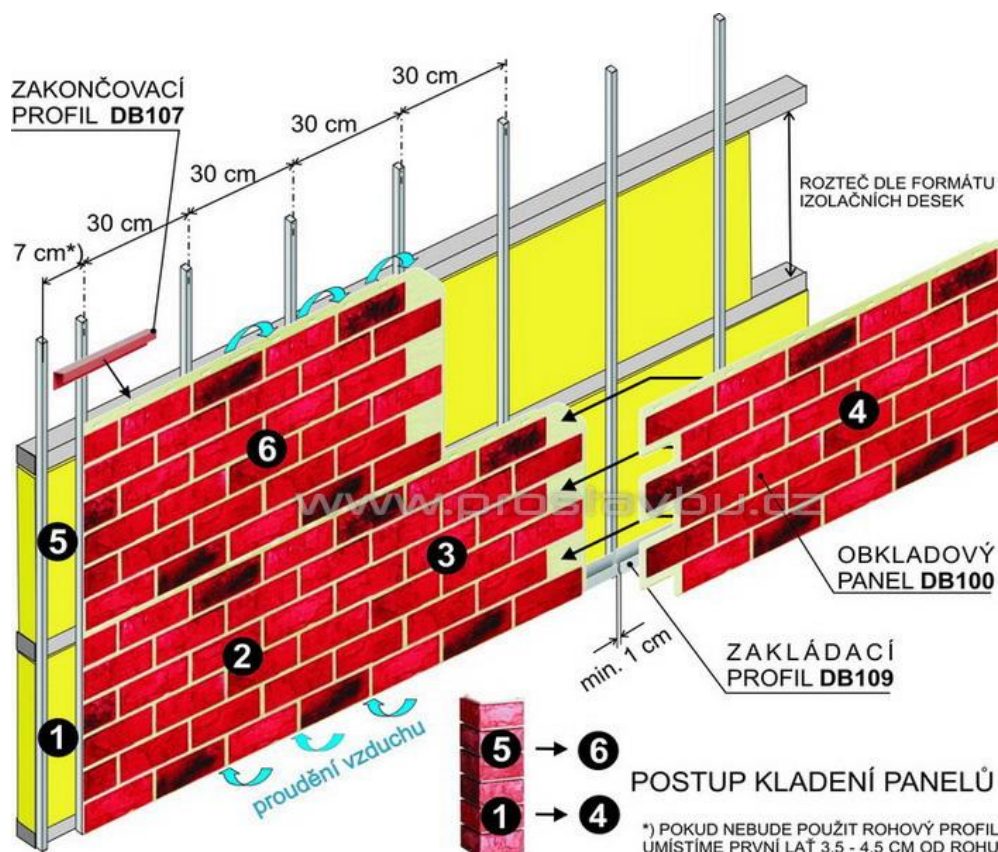
Ucelenou řadu níže uvedeného systému tvoří plastové obkladové panely, vnější a vnitřní rohové profily, ukončovací profily a zakládací lišty. Obklady lze montovat na podkladní rošt nebo přímo na obkládanou konstrukci, systém lze dle potřeby ještě doplnit o tepelnou izolaci.

Výhody panelů:

- vzhled přírodního kamenného obkladu,
- ucelený systém s příslušenstvím pro všechny stavební detaily,
- mrazuvzdorné,
- odolné proti vlhkosti a nepříznivým klimatickým vlivům,
- snadno čistitelné,
- bez nároků na údržbu,
- jednoduchá a rychlá montáž. [27]



Obr. 10 Obkladové panely a sortiment [27][24]



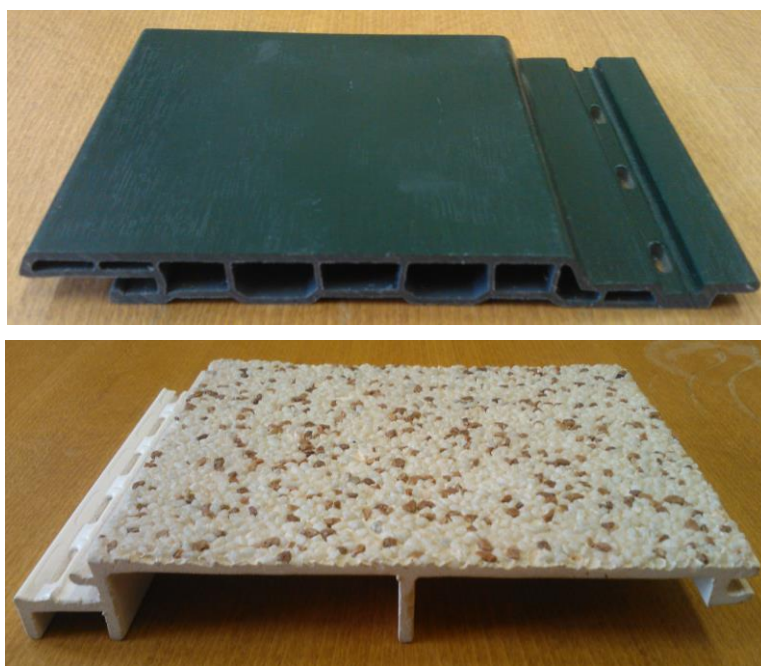
Obr. 11 Systém kladení obkladových panelů [27][24]

Výše uvedená varianta není vhodná pro členitější fasády, kdy se jednotlivé panely nedají jednoduše upravovat na požadované rozměry. Opakující se motiv a patrné místo napojení je nevýhodou tohoto řešení. Panely jsou ve většině případů tenké s profilováním a neposkytují dostatečnou ochranu proti mechanickému narušení.

2.3.2 Varianta řešení B

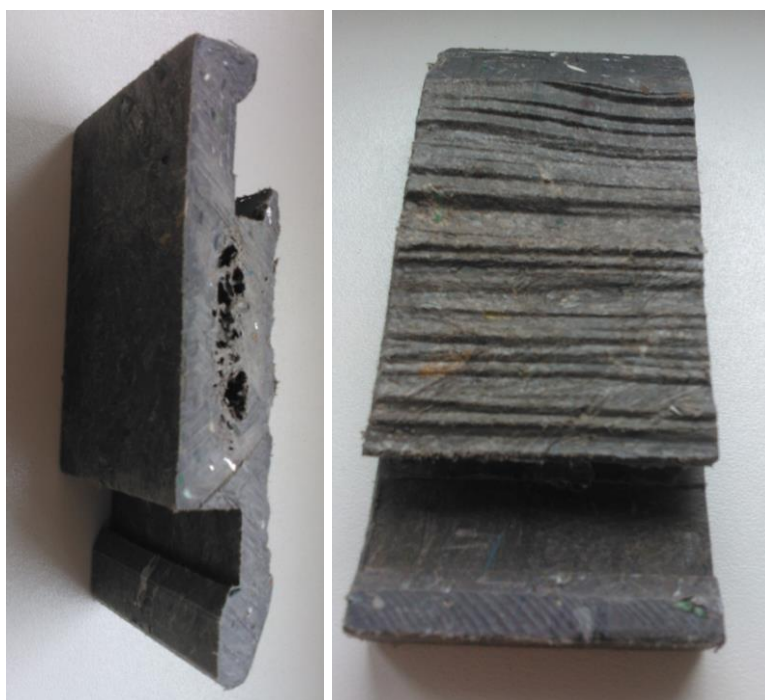
Plastové komůrkové obklady z PVC jsou opatřeny perem a drážkou pro rychlou a snadnou montáž. Systém má ucelenou řadu včetně rohů, ukončovacích profilů, přechodů atd. Lamely jsou vyrobeny ze stabilizovaného tvrzeného PVC a je možné si vybrat v různých dekorech [28].

Systém působí velmi uměle a na starších objektech je patrná i porucha komůrek, kdy dochází k popraskání lamely a následnému zatékání do dutin a postupné degradaci obkladů.



Obr. 12 Základní provedení obkladových systémů [28]

Nevýhodou těchto panelů je jejich opakující se motiv, který ve větší ploše může způsobit optické znehodnocení objektu.



Obr. 13 Obkladový systém z druhotných surovin s patrnými výrobními defekty

Na trhu existuje více výrobců a dodavatelů plastových fasádních panelů, systém aplikace je ovšem pořád stejný.

2.4 Současný stav řešení – ploché střechy

Na plochých střechách se začínají ve velké míře umisťovat technologická zařízení, která z prostorových, finančních a provozních důvodů nelze umístit do dispozice objektu. Tímto krokem dochází k nutnosti vyřešit další požadavek kladený na skladbu střešního pláště. Technologie má ve většině případů větší hmotnost a je nutné vyřešit údržbu technologie a tím větší frekvenci pohybu na střešní konstrukci.

Požadavky kladené na prvky:

- dlouhá životnost,
- mrazuvzdornost,
- 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.

Výše uvedené vlastnosti jsou požadovány pro správnou funkčnost a dlouhodobou životnost navrhovaného výrobku.

2.4.1 Varianta řešení A

Doposud využívanou technologií je vytvoření roznášecí vrstvy přímo na vodotěsnící konstrukci střešního pláště. Betonový blok poměrně kvalitně slouží jako roznášecí prvek, ale tvoří značnou překážku odtékající vodě. Dodatečně je velmi obtížné vytvářet náběhové klíny a odklánět vodu mimo exponovaná místa.

Pokud je použit i tepelný izolant, který nemá dostatečnou únosnost v tlaku, dochází k lokálnímu stlačení tepelného izolantu a vytvoření prohlubně, kde se voda zdržuje. Rizikem je poškození roznášecí vrstvy, ale i větší možnost poškození hydroizolační vrstvy a k následnému zatékání.



Obr. 14 Vtlačení roznášecí betonové konstrukce do střešního pláště [60]



Obr. 15 Vtlačení roznášecí betonové konstrukce – vpust' [60]

Na Obr. 15 je patrný vliv nevhodně zvolené roznášecí konstrukce pod technologické zařízení. Voda se drží v místě vtlačení a střešní vpust', umístěná mezi deskami, není schopná odvádět zdržující se vodu.

2.4.2 Varianta řešení B

Další možností je využití bodové podpory technologických zařízení. Dochází k většímu požadavku na únosnost podkladních vrstev, ale je zajištěn odvod vody ze střešní konstrukce. I zde ovšem může dojít k lokálnímu poklesu a vzhledem k bodovému zatížení a i většímu riziku lokálního porušení vodotěsníci vrstvy.



Obr. 16 Celkový pohled na technologické zařízení na pásových podporách [60]



Obr. 17 Detail - dodatečné opravy vodotěsníci vrstvy při lokálním poškození [60]

Podobné situace je dosaženo po případném dodatečném osazení technologie na střešní konstrukci.



Obr. 18 Dodatečné osazení vzduchotechnických jednotek na střešní plochu [60]

U starších objektů nebylo ovšem možné uvažovat dopředu s například jiným využitím, kdy bude potřeba aplikovat vzduchotechnické nebo klimatizační jednotky.

2.4.3 Varianta řešení C

V poslední době se v místě budoucí polohy technologického zařízení umístěného na střešní ploše aplikují ve skladbě střešního pláště tepelně izolační materiály s větší pevností v tlaku. V případě využití uceleného sortimentu výrobce je pouze otázkou technologické kázně správně umístit roznášecí tepelně izolační desky.

V případě potřeby větší pevnosti v tlaku, kdy všeobecně chybí roznášecí konstrukce, dochází ke kombinaci materiálů z důvodů finanční úspory. V těchto případech tedy dochází k využití více materiálů s různou technologickou koncepcí a provádí se složité opatření.

Možností je uložení menší tloušťky tepelného izolantu a následná aplikace roznášecí vrstvy (betonová konstrukce). Limitní je zde lokální snížení součinitele tepelné vodivosti ve střešním souvrství. Aby při minimální vyhovující tloušťce tepelného izolantu bylo docíleno spádování střešní plochy bez vložených bariér, dochází k celkovému navýšení střešní konstrukce,

3 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 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.

V průběhu řešení a vzniklo několik dílčích úkolů, které bylo třeba vyřešit.

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

4 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 v další kapitole 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 pořízeny 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 použitého plastu.

Disertační práce vznikla rovněž s pomocí výzkumného záměru MSM0021630511 “Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí” na Fakultě stavební VUT v Brně.

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,
- analýza fyzikálně mechanických vlastností konstrukce po modelovém zabudování výrobku.

Disertační práce je doplněna fotografiemi a dalšími grafickými podklady. Pokud není uvedeno jinak, je autor fotografií shodný s autorem disertační práce.

4.1 Teoretický model

Počáteční úvahy jsou vedeny směrem nízkoenergetické a pasivní výstavby. Jsou vytipovány konstrukční detaily v opláštění budov, které jsou jak po stránce návrhu, tak po stránce realizace kritické. V rámci tohoto zkoumání je vybrán konstrukční detail spodní úrovně stavebního otvoru pro dveřní konstrukci, soklová část provětrávané fasády a podkladové plochy ve střešní konstrukci. Nejdůležitější parametry a požadavky, které jsou všeobecně kladeny na konstrukční prvky:

- tepelně izolační,
- vzduchotěsnost,
- parotěsnost,
- vodotěsnost,
- požární odolnost,
- pevnost a stabilita,
- zvukotěsnost [20],
- zdravotní nezávadnost.

Všechny tyto parametry a požadavky splňují druhotné plastové suroviny s nutnými přísadami, které upraví jejich základní vlastnosti.

4.2 Teoretický koncept

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

4.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

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:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (4.2.1.1)$$

stanoven ze vztahu:

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} \quad (4.2.1.2)$$

kde:

$f_{Rsi,N}$ požadovaná teplota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [–],
 $f_{Rsi,cr}$ kritický teplotní faktor vnitřního povrchu [–].

Teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce f_{Rsi} tedy ověřuje riziko kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu konstrukce.

Výše zmíněný 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 [14].

4.2.2 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 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. Důležité je například správné napojení tepelné izolace a okenních rámců, dveřních rámců, izolace pásu zdi nad terénem a napojení izolace svislých stěn.

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, apod.

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:

$$f_{Rsi} = 1 - \frac{\theta_{ai} - \theta_{si}}{\theta_{ai} - \theta_e} \quad (4.2.2.1)$$

Následně pak lze spočítat povrchovou teplotu pro libovolnou teplotu interiéru a exteriéru dosazením hodnot do následující rovnice:

$$\theta_{si} = \theta_{ai} - (1 - f_{Rsi}) \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (4.2.2.2)$$

kde:

- f_{Rsi} teplotní faktor vnitřního povrchu [-],
- θ_{si} vnitřní povrchová teplota konstrukce [°C],
- θ_{ai} návrhová teplota vnitřního vzduchu [°C],
- θ_e návrhová teplota venkovního vzduchu [°C].

Význam řešení tepelných mostů vzrůstá i snižováním výměny vzduchu v objektech, neboť tím vzrůstá relativní vlhkost vzduchu v místnostech a tedy i riziko povrchové kondenzace na chladném povrchu konstrukce. V důsledku toho pak dochází k růstům plísní, zvyšování množství sporů ve vzduchu, který je dýchán obyvateli, a tím i k zvyšování rizik vzniku alergií.

Systémové tepelné mosty jsou ty, které se pravidelně opakují a jejichž vliv musí být při výpočtech vždy zahrnut již do součinitele prostupu tepla konstrukcí. Jde například o krokve, mezi kterými je tepelná izolace v podkroví, o maltové lože u zděných staveb nebo o různé příčky u tepelně izolačních tvarovek, které jsou určeny pro prolití betonem.

Nahodilé tepelné mosty jsou takové, které se v konstrukci pravidelně neopakují. Ty je nutné do výpočtu zahrnout buď zvýšením součinitele prostupu tepla (dříve se zvyšoval součinitel prostupu tepla o 10 %, nyní je vhodnější volit doporučenou přírážku $\Delta U = 0,02$ až $0,40$ [W m⁻² K⁻¹] anebo je nutné jej do výpočtu zahrnout přesně spočítáním lineárního součinitele prostupu tepla a jeho vynásobením příslušnou délkou tepelného mostu. Mimo lineárních tepelných mostů mohou být ještě tepelné mosty bodové. Ty se pak započítávají připočítáním bodového činitele prostupu tepla vynásobeného počtem prvků v konstrukci.

Mezi nahodilé tepelné mosty je možné počítat různé ztužující věnce a jiné nosné konstrukce, niky, průchody konstrukcemi, kdy jimi prochází tepelně vodivý materiál, jako nosné ocelové tyčové prvky, trubky, průchodky, kotvy atd.

Tepelné mosty je možné rozdělit podle mnoha hledisek na různé skupiny, například na tepelné mosty:

- stavební (napojení dvou konstrukcí, např. základ a stěna, stěna a okno či dveře, prostup potrubí),
- geometrické (geometrické změny konstrukce, např. roh stěn),

- systematické (v konstrukci se opakují místa s horšími tepelně izolačními vlastnostmi, např. spony, krokve mezi izolací ve střeše, maltové lože mezi cihlami),
- konvektivní (kde může docházet k přenosu energie přes tepelnou izolaci prouděním, např. v netěsných střešních konstrukcích) [14][37].

Pro tepelně - technické posouzení jsou uvedeny konstrukční detaily, které běžně používají projektanti při navrhování nízkoenergetických či pasivních domů. Takto navržený objekt se dle výpočtu může jevit jako vyhovující, ale jsou potlačeny ostatní požadavky a objekt po realizaci nesplňuje daná kritéria, popř. lokálně vznikají vady a poruchy. Špatné ukončení izolací může rovněž narušovat běžný provoz a stát se nebezpečným.

4.2.3 Lineární a bodový činitel prostupu tepla

Lineární i bodový činitel prostupu tepla ψ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$], a χ [W K^{-1}], tepelných vazeb mezi konstrukcemi musí splňovat podmínku:

$$\psi \leq \psi_N \quad (4.2.3.1)$$

$$\chi \leq \chi_N \quad (4.2.3.2)$$

kde:

ψ_N požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$],

χ_N požadovaná hodnota bodového činitele prostupu tepla [W K^{-1}].

Hodnota tepelné vodivosti a tepelné ztráty je závislá na uvažovaných rozměrech budovy, které se použijí při výpočtu jednorozměrného tepelného toku, tj. od výpočtu:

$$\sum U_i A_i \quad (4.2.3.3)$$

Vnější rozměry se měří vnějšími povrchy obvodových prvků budovy při výpočtu tepelné vodivosti, lineárního činitele prostupu tepla a tepelných ztrát. Při použití výpočtové metody se obvodový plášť rozdělí na elementární části. Rozměry elementárních částí se měří jedním ze třech typů rozměrů, vnitřním, celkovým vnitřním a vnějším. Rozeznávají se tedy tři hodnoty lineárního činitele prostupu tepla ψ :

- ψ_i při použití soustavy vnitřních rozměrů,
- ψ_{oi} při použití soustavy celkových vnitřních rozměrů,

- ψ_e při použití soustavy vnějších rozměrů.

Liší se podle způsobu, jak se plochy styků mezi prvky započítávají do ploch těchto styků navzájem. Hodnoty ψ_k jsou všeobecně menší při vnějších rozměrech a v některých případech mohou být dokonce záporné (např. vnější kouty).

Se snižováním součinitele prostupu tepla se zvyšuje lineární činitel prostupu tepla. Zvyšováním tepelných odporů stěn, střech a podlah se snižují tepelné ztráty přes tyto konstrukce. Započítání vlivu přídavných tepelných ztrát v důsledcích tepelných mostů (lineárních a bodových) je velice důležité zejména u budov se sníženou energetickou náročností. Je to důsledek toho, že kvantitativní vliv tepelných mostů se zvyšuje právě se snižováním součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Proto se tyto tepelné ztráty musí kvantifikovat a zahrnout do tepelné bilance budovy.

Vliv tepelných mostů na hodnotu součinitele prostupu tepla se určí ze vztahu:

$$\Delta U = \frac{\sum \psi \cdot l + \sum \chi}{\sum A_i} \quad (4.2.3.4)$$

kde:

ΔU zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tep. mostů [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$],
 $\sum A_i$ plocha konstrukcí určená vnějšími rozměry [m^2].

Z toho vyplývá, že pro výpočet přesné hodnoty součinitele prostupu tepla (nebo tepelné ztráty) je nutno spočítat všechny lineární a bodové tepelné mosty [14][37].

4.2.4 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla se dle normy hodnotí dvěma způsoby:

- pro jednotlivé konstrukce,
- pro budovu jako celek.

Oba požadavky musí být 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:

$$U \leq U_N, \text{ popř. } (U \leq U_{pass,20}) \quad (4.2.4.1)$$

kde:

U_N požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$].

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} [$\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$].

Tepelný odpor při přestupu tepla R_{si} a R_{se} je fyzikální jev, který působí proti vniknutí tepelného toku do konstrukce na straně s vyšší teplotou a proti opuštění tepelného toku konstrukci na straně s teplotou nižší [14].

4.2.5 Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce mohla ohrozit její požadovanou funkci, se kondenzace uvnitř konstrukce nepřipouští, tedy:

$$M_c = 0 \quad (4.2.5.1)$$

kde:

M_c je roční množství zkondenzované vodní páry [$\text{kg m}^{-2} \text{a}^{-1}$].

Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce tak, aby splňovalo podmínku:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad (4.2.5.2)$$

kde:

$M_{c,N}$ je limit pro maximální množství kondenzátu odvozený z minimální plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně [$\text{kg m}^{-2} \text{a}^{-1}$].

Rozhodnutí, kdy kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce ohrozí nebo neohrozí její požadovanou funkci, je ponecháno na projektantovi. Příslušná ČSN žádné přesnější postupy pro jeho kvalifikované rozhodnutí neuvádí [14].

4.3 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, atmosférickému kyslíku a ozonu a tepelné energie.

Antidegradanty rozdělujeme na:

- světelné stabilizátory – absorbují UV záření,
- antioxidanty – eliminují oxidační stárnutí,
- antiozonanty – eliminují vliv ozonu.

Dalšími přísadami, které ovlivňují vlastnosti polymerních látek, jsou:

- plniva,
- vyztužovadla – zpevnění hmoty,
- nadouvadla – lehčené hmoty,
- pigmenty – barevnost směsi,
- opticky zjasňující látky – absorpce UV světla,
- antistatické přísady,
- faktisy – zlepšení hladkosti povrchu,
- adhezní prostředky,
- prostředky snižující hořlavost – retardéry, zhášedla [6].

Tyto nejčastěji používané přísady jsou běžně užívány v sekundárních materiálech – plotovky, zatravňovací tvárnice, nášlapné prvky apod.

4.4 Modelace konstrukčních detailů

Ve stavební praxi je potřebné posoudit chování konstrukcí, nebo jejich částí, z hlediska vedení tepla, například pro nalezení tepelných mostů nebo pro posouzení jejich tepelně - izolačních schopností.

Řešení známých diferenciálních rovnic matematické fyziky je řešení pro převážnou část vědeckotechnických výpočtů a pro potřeby technického rozvoje. Metoda konečných prvků je jednou z nejvíce využívaných numerických metod.

Využívá se na statické výpočty i na řešení konstrukčních detailů, řešit je možné stacionární a i nestacionární pole.

Rovnice nestacionárního vedení tepla:

$$\frac{d}{dx} \left(\lambda_x \frac{dT}{dx} \right) + Q = \frac{c\rho dT}{dt} \quad (4.4.1)$$

Rovnice stacionárního vedení tepla:

$$\frac{d}{dx} \left(\lambda_x \frac{dT}{dx} \right) + Q = 0 \quad (4.4.2)$$

Modelace je provedena převážně ve výpočtovém programu Ansys a dále je použit software Area a Teplo.

5 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY

Uvedená část disertační práce 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.

5.1 Konstrukční prvek podkladní konstrukce pro prahovou spojku 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 konstrukci dveří a bezpečně napojit a ukončit hydroizolační a tepelně izolační prvky.

5.1.1 Druhotný plastový materiál

V této kapitole jsou specifikované materiály druhotných plastových surovin, které byly posuzovány a zkoušeny.

5.1.1.1 Vybrané suroviny a jejich charakteristické vlastnosti

V rámci vnitřního grantu kategorie A č. 143 s názvem „Modifikovaný regenerulát HDPE a ověření jeho vlastností“, byly pořízeny druhotné plastové aglomeráty a drtě.

Drtě:

1. D) PA – D3000PA – polyamid
2. D) PC – D3000PC – polykarbonát
3. D) PS – D3000PS – houževnatý a tříštivý – polystyren
4. D) PVC – D3000PVC – čirý a bílý – polyvinylchlorid
5. D) HDPE – černý – vysokohustotní polyetylen



Obr. 19 Vzorek drtě PS – tříštivý



Obr. 20 Vzorek drtě HDPE

Aglomeráty²:

1. A) A1005
2. A) A1006
3. A) A1007

V rámci specifického výzkumu – juniorský. IČ: 349, RČ: FAST-J-10-77, s názvem “Konstrukční prvek z druhotného polymerního regranulátu pro stavební otvory“ byly opatřeny další druhy plastových druhotných surovin z důvodu zjištění fyzikálních vlastností.

² Aglomerát – materiál ve formě hrudek, většinou tvaru nedokonalé koule o velikosti několika milimetrů [6].

1. S) ABS Masterbatch Maxithen červený – acrylonitrile butadiene styrene,
2. S) ASA Terblend S KR 2862 WL šedý – acrylonitrile styrene acrylate,
3. S) Ionomer Surlyn PC 350 čirý – polycarbonate,
4. S) PA6 Grilon BZ1 hnědý – polyamide 6,
5. S) PBT Schuladur AMV12 HI bílý – polybutylene terephthalate,
6. S) PEI GF10 Ultem 2100 světle hnědý – thermoplastic polyetherimide,
7. S) TPU ex Elastollan C70A10W směs – thermoplastic polyurethanes.

5.1.1.2 Charakteristické vlastnosti plastových surovin

Základní charakteristické vlastnosti výše zmiňovaných plastů:

1. S) ABS – amorfnní směs styren-akrylonitril (SAN) statistický kopolymer s butadien-kaučukem, pryskyřice s dobrou rázovou houževnatostí. Změnou vlastností ABS lze nastavit různé úrovně polybutadienové gumy, obsah akrylonitrilu a molekulovou hmotnost kopolymeru SAN.



Obr. 21 Vzorek regranulátu ABS

2. S) ASA – amorfnní pryskyřice s dobrou odolností proti povětrnostním vlivům. Podobně jako u akrylonitril-butadien-styren (ABS), vykazuje dobrou UV odolnost a odolnost proti vzniku trhlin.



Obr. 22 Vzorek regranulátu ASA

3. S) Ionomer Surlyn PC – amorfní polymer polykarbonátu má výbornou kombinaci tuhosti a houževnatosti. Ta vykazuje dobré dotvarování, optické, elektrické a tepelné vlastnosti.



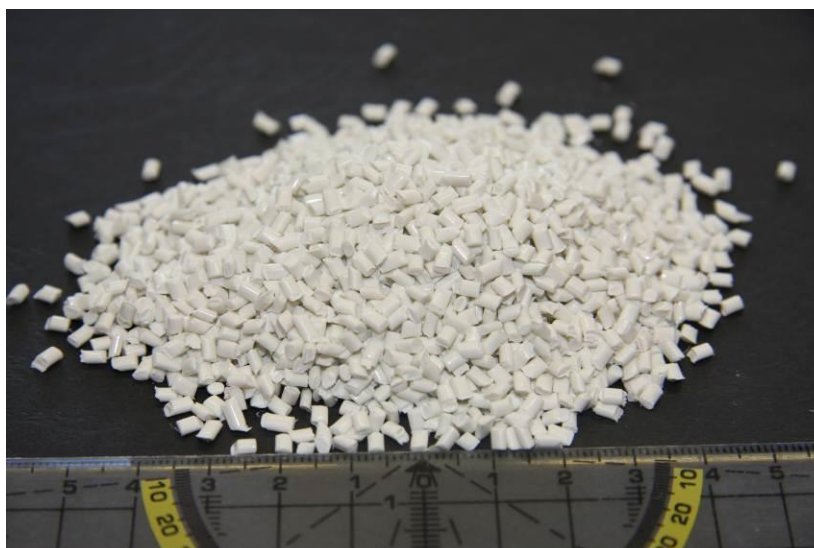
Obr. 23 Vzorek regranulátu PC

4. S) PA6 – krystalický polyamid 6 patří mezi nejvíce používané strojírenské materiály, s velmi dobrou rázovou houževnatostí a tvarovatelností.



Obr. 24 Vzorek regranulátu PA6

5. S) PBT – semi-krystalické polybutylentereftalát, jeden z nejvíce využívaných materiálů, vykazuje nízkou vlhkostní a teplotní roztažnost, dobrou pevnost při vysokých teplotách a nehořlavost.



Obr. 25 Vzorek regranulátu PBT

6. S) PEI – amorfní polyetherimid nabízí velmi dobré dotvarování, dobrou chemickou odolnost, mimořádně nízkou kouřivost a vlastní sníženou hořlavost. Vykazuje vysokou pevnost, modul pružnosti a dobré tepelně - technické a mechanické vlastnosti.



Obr. 26 Vzorek regranolátu PEI

7. S) TPU – termoplastické polymery – směs.

Vybrané plasty reprezentují rozšířené, ale i méně frekventované druhotné suroviny na tuzemském trhu.

5.1.2 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 je využívání co nejnížší možné hodnoty spotřebované tzv. šedé energie na znovuvyužití hmoty.

Vzorky, které jsou schopny změnit skupenství z pevného na homogenní, vlivem vysokých teplot, jsou dále podrobeny měření tepelně - technických vlastností. Se vzorky, jejichž parametry vykazovaly nejlepší hodnoty, je dále pracováno.



Obr. 27 Vyrobený nehomogenní vzorek z ASA



Obr. 28 Vyrobený nehomogenní vzorek z ABS

Tab. 4 Vhodnost materiálů k běžnému způsobu tavení a dalším úpravám

ozn. plastu	materiál	značka	druh	vhodnost
1. D)	polyamid	PA		ano
2. D)	polykarbonát	PC		ano
3. D. a)	polystyren	PS	houževnatý	ano
3. D. b)		PS	tříštivý	ne
4. D. a)	polyvinylchlorid	PVC	čirý	ano
4. D. b)		PVC	bílý	ano
5. D)	vysokohustotní polyetylen	HDPE	černý	ano
2. A)	A1005			ano
2. A)	A1006			ano
3. A)	A1007			ano
3. S)	amorfní směs styren-akrylonitril	ABS	červený	ne
2. S)	amorfní pryskyřice	ASA	šedý	ne
3. S)	amorfní polymer polykarbonátu	PC	čirý	ano
4. S)	polyamid 6	PA 6	hnědý	ano
5. S)	semi - krystalické polybutylentereftalát	PBT	bílý	ano
6. S)	amorfní polyetherimide	PEI	hnědý	ne
7. S)	termoplastické polymery	TPU	směs	ano

V rámci výzkumu jsou vyrobeny tepelně izolační kompozity z recyklovaných materiálů, kdy funkci výplně (pojiva) tvoří plast a plnivo je zastoupeno doplňkovým materiálem – pilinami, stavebním sklem, zeolitem, práškovým polyuretanem a dalšími. Na Obr. 29 a Obr. 30 jsou znázorněny méně známé vzorky použitých plniv.



Obr. 29 Práškový polyuretan - recyklát



Obr. 30 Mletý zeolit

Zeolity jsou krystalické hydratované aluminosilikáty alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Výhoda spočívá v prostorovém uspořádání atomů, které vytváří kanálky a dutiny konstantních rozměrů. V těchto kanálcích se mohou zachytávat látky tuhého, kapalného a plynného skupenství [35].

5.1.2.1 Měření náhylnosti 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 jsou desky upraveny na zkušební tělesa válcového tvaru s průměrem 50 mm (Obr. 31). Dále se dlouhodobě měřilo zatížení vzorků tlakem. Ze zjištěných údajů je možno posoudit náhylnost vyrobeného vzorku ke creepu (kríp). Kríp je pomalá plastická i elastická deformace materiálu vyvolaná dlouhodobým působením teploty a času. Teplota se při pokusu pohybovala v předpokládaných hodnotách po zabudování výrobků do stavby – tzn. 15 – 21°C, při 55% vlhkosti vzduchu. Krípem (tečením za studena) se rozumí změna rozměrů tělesa při dlouhodobém statickém zatěžování (v tahu, tlaku, ohybu) konstantní silou (napětím) při konstantní teplotě. Kríповé chování udává životnost konstrukční součásti. Deformace s časem narůstá a při jejím rozvoji se uplatní všechny složky deformace: ideálně elastická, zpožděně elastická a viskózní tok.

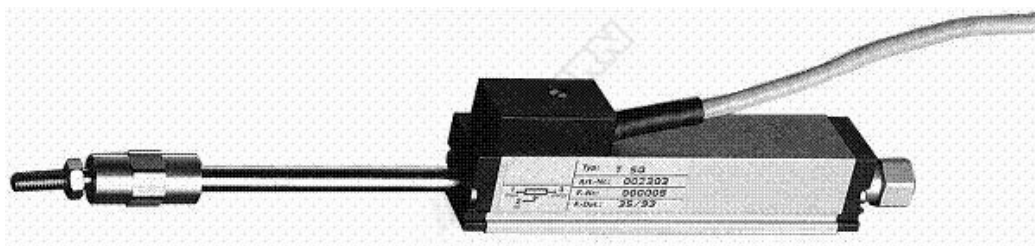


Obr. 31 Zkušební těleso z HDPE

Vyrobené vzorky (zkušební tělesa o průměru 50 mm, Obr. 31) byly použity pro dlouhodobé měření tlakem 4 MPa, 3 MPa a 2 MPa. Na zatěžovací stolici ([43][44][45][46][47][48][49][50][51][52][53][54][55][56]) č. 1 (Obr. 35) se měřilo stlačení předepsaným tlakem, byla použita tři měřící čidla – snímače dráhy FWA025T (měřící rozsah 0 – 25 mm / rozlišení 0,001 mm) a data byla zaznamenávána do měřicí ústředny Ahlborn ALMEMO 2890-9 (devět univerzálních vstupů a dva výstupy; vnitřní paměť pro uložení až 100 000 měřených hodnot v předvoleném časovém měřicím cyklu).

Na zatěžovací stolici č. 2 (Obr. 36) se měřilo stlačení předepsaným tlakem, bylo použito jedno čidlo – snímač dráhy FWA025T (měřící rozsah 0 – 25 mm / rozlišení 0,001 mm) a data byla zaznamenávána do měřicí ústředny Ahlborn ALMEMO 2470-2SKN (dva univerzální vstupy a výstup; vnitřní paměť pro uložení až 96 000 měřených hodnot v předvoleném časovém měřicím cyklu).

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.



Obr. 32 Čidlo - snímač dráhy FWA025T [40]



Obr. 33 Měřicí ústředna ALMEMO 2890-9 a ALMEMO 2470-2SKN[40]

Na ocelový válec byly navařeny konzoly pro uchycení konstrukce snímačů dráhy. Ty byly umístěny ve třech referenčních bodech po obvodu válce (Obr. 34). Přesné srovnání polohy snímače dráhy je dáno výpočtovým odpočtem plně vysunutých snímačů a hodnotou změřenou při prvním osazení na vzorek. Snímače dráhy měří zasunutí teleskopického dříku, proto měřicí zařízení bylo osazeno na vzorek dříky dolů, kde byly podpořeny pevnou podložkou. Výška válce umožňovala umístit na zatěžovací stolicí definované zatížení tak, aby nedocházelo ke kontaktu a ovlivňování snímačů dráhy. Tohoto zařízení bylo použito při měření na zatěžovací stolicí č. 1. U zatěžovací stolice č. 2 bylo měřicí čidlo přímo uchyceno v soustavě.



Obr. 34 Měřicí zařízení – pevné uchycení tří snímačů dráhy ([43] – [56])

Zatěžovací stolice – zkušební zařízení pro dlouhodobé sledování deformačních vlastností materiálů s konstantním nadefinovaným přtlakem (viz Obr. 35 a Obr. 36). Průběh měření je zobrazen na Obr. 37.



Obr. 35 Zatěžovací stolice č. 1 ([43] – [56])



Obr. 36 Zatěžovací stolice č. 2 ([43] – [56])



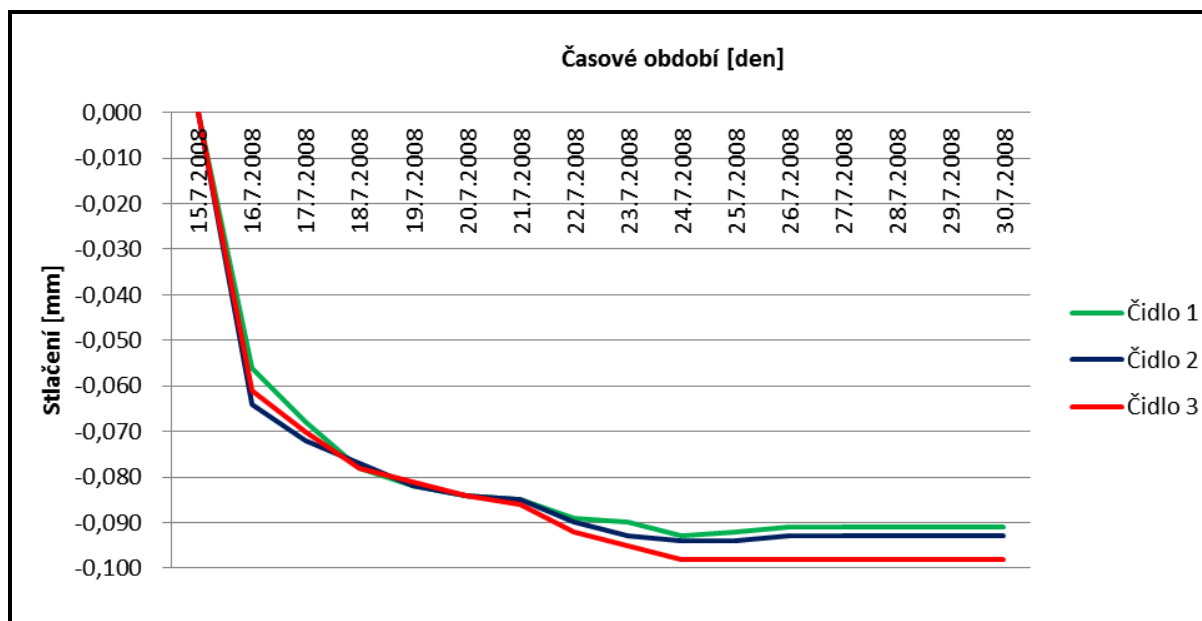
Obr. 37 Průběh měření – zatěžovací stolice č. 1; zatěžovací stolice č. 2 ([43] – [56])

Z důvodů existence jedné zatěžovací stolice (č. 1) v počátcích měření, byl vzorek denně sledován a při ustáleném stlačení po dobu více než dva dny, byl pokus ukončen a probíhalo měření na jiném vzorku. Níže uvedená tabulka znázorňuje průběh stlačení na vybraných vzorcích.

Tab. 5 Seznam zkoušených vzorků

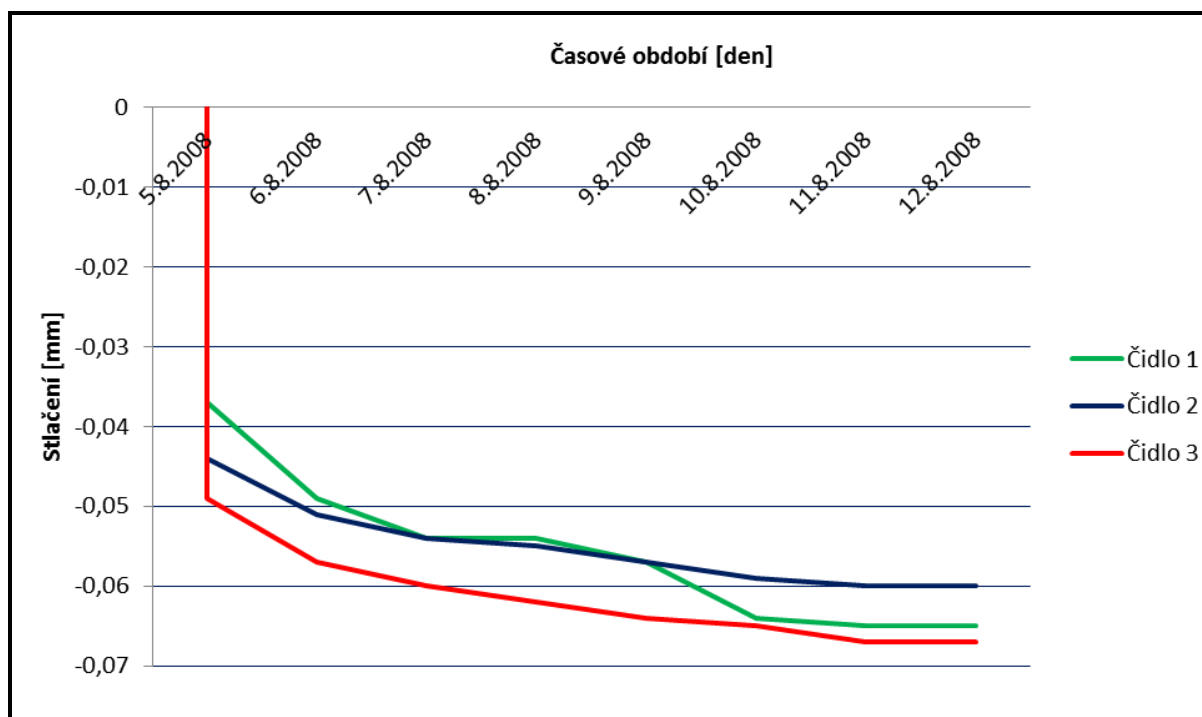
ozn. vzorku	materiál	zatížení	poznámka	měřeno	
		[Mpa]		od	do
č. 3. a	retardovaný HDPE – 5.D)	4	zatěžovací stolice č. 1	15.7.2008	30.7.2008
č. 2. a	retardovaný HDPE– 5.D)	2	zatěžovací stolice č. 1	4.8.2008	12.8.2008
č. 1. a	retardovaný HDPE– 5.D)	3	zatěžovací stolice č. 1	12.8.2008	26.8.2008
č. 1. b	vzorek s pilinami	2	zatěžovací stolice č. 1	26.8.2008	3.9.2008
č. 2. b	vzorek s pilinami	3	zatěžovací stolice č. 1	30.9.2008	16.10.2008
č. 3. b	vzorek s pilinami	4	zatěžovací stolice č. 1	16.10.2008 dlouhodobé	1.12.2008 měření
č. 1. c	vyrobený vzorek FAST	3	zatěžovací stolice č. 1	5.9.2008	30.9.2008
č. 1. a	retardovaný HDPE– 5.D)	3	zatěžovací stolice č. 1	22.12.2008 dlouhodobé	10.2.2009 měření
č. 1. d	bílý vzorek PE+keramzit	3 (1 čidlo)	zatěžovací stolice č. 1	4.6.2009 dlouhodobé	18.8.2009 měření
č. 2. d	bílý vzorek PE+keramzit	2	zatěžovací stolice č. .2	4.6.2009 dlouhodobé	11.8.2009 měření

Níže uvedené grafy znázorňují průběh stlačení při zatížení. Vzorky byly umístěny do zatěžovací stolice a při předepsaném tlaku zatěžovány. Vodorovná osa charakterizuje délku časového úseku. Svislá osa označuje stlačení vzorku v milimetrech.



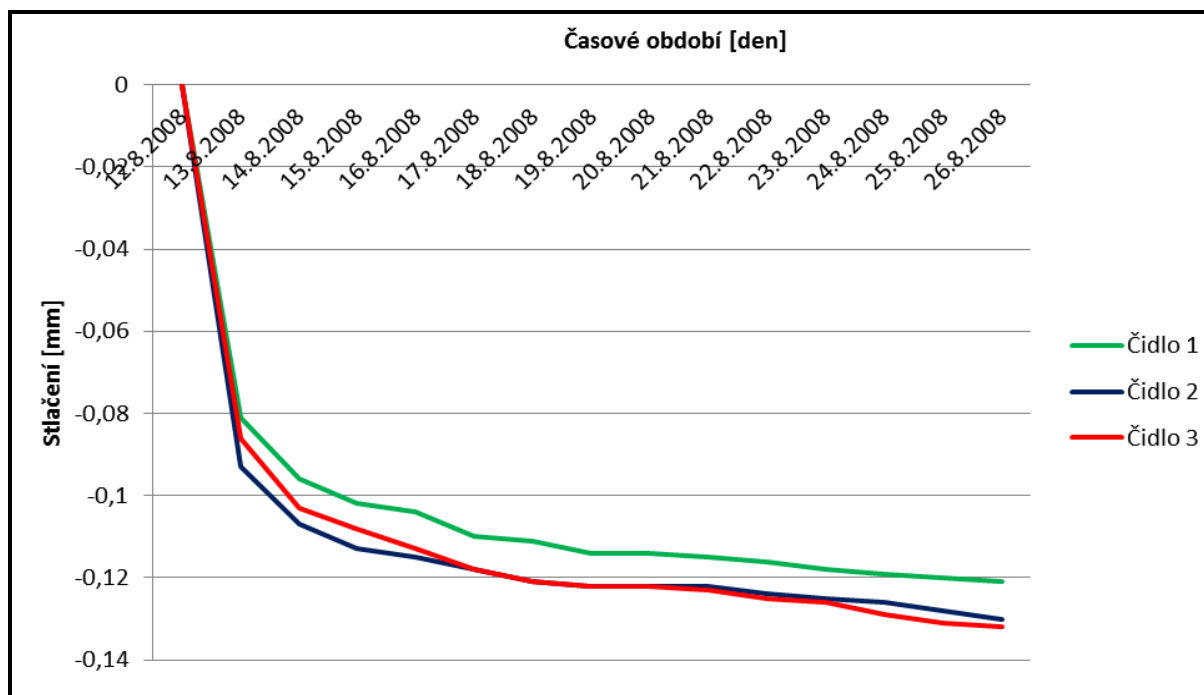
Obr. 38 Vzorek č. 3. a) Průběh krátkodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 4 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po šestnácti dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



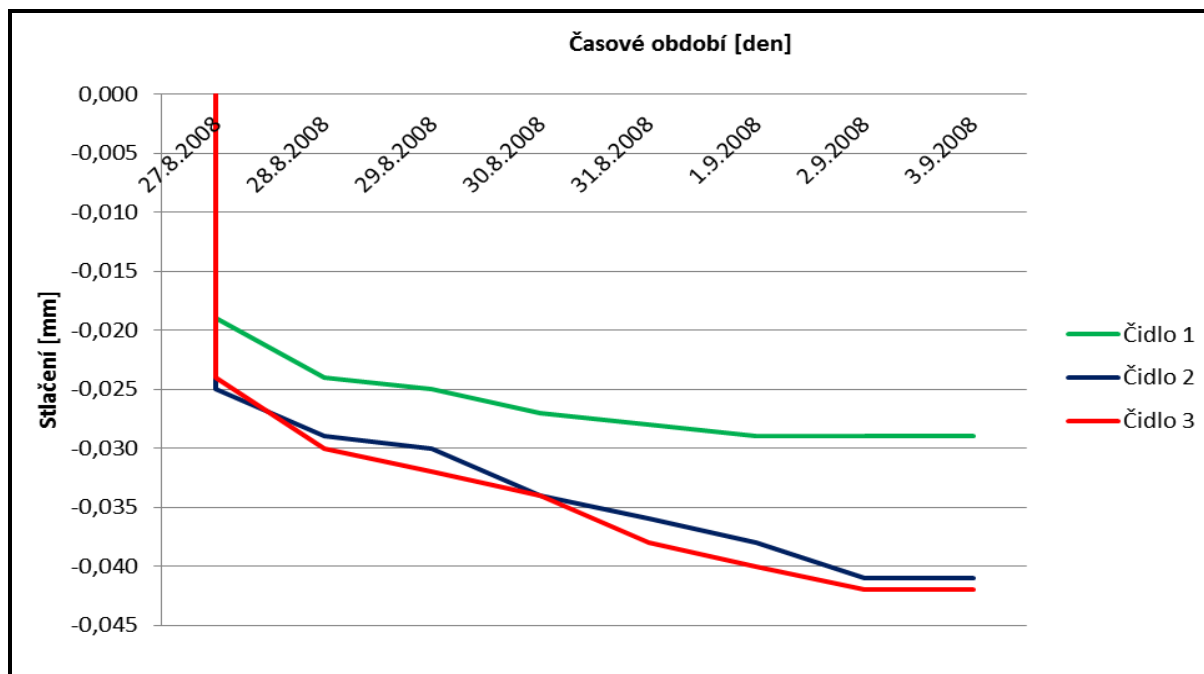
Obr. 39 Vzorek č. 2. a) Průběh krátkodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 2 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po devíti dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



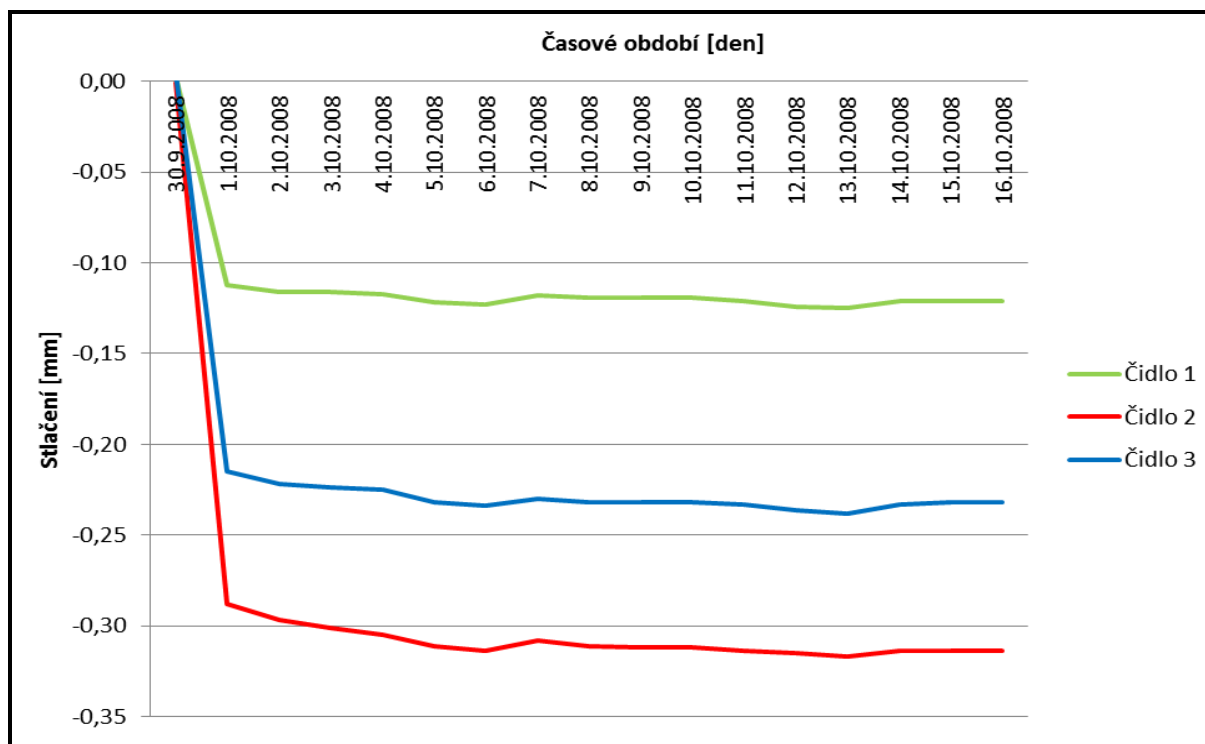
Obr. 40 Vzorek č. 1. a) Průběh krátkodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 3 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po patnácti dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



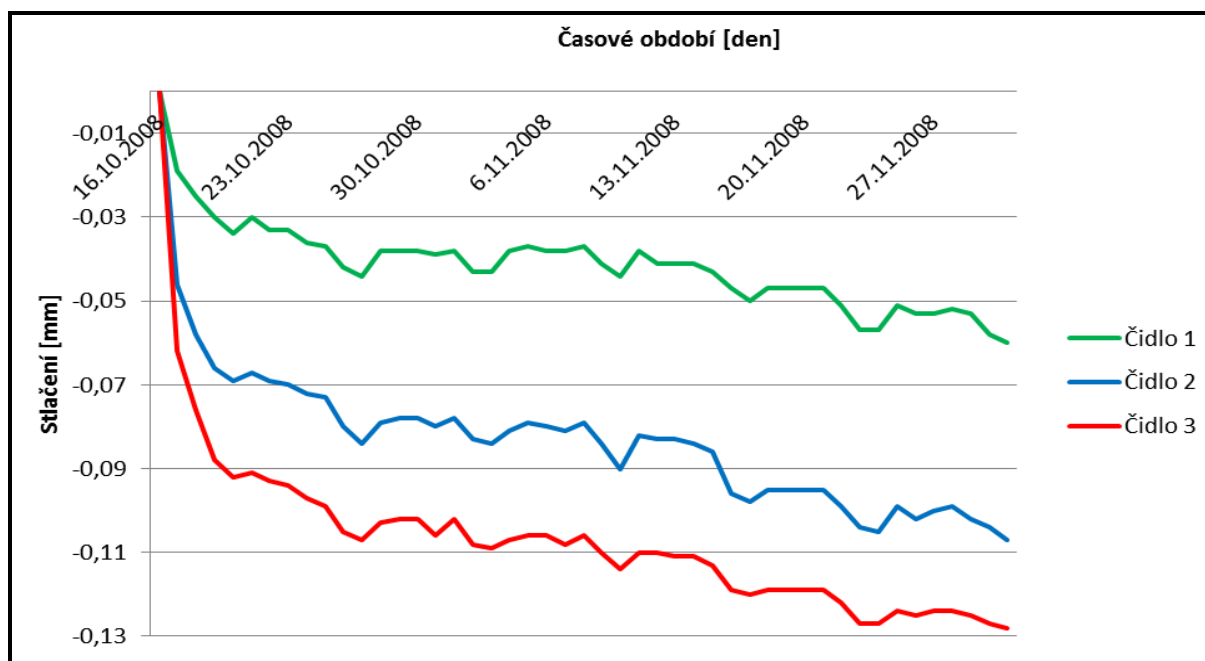
Obr. 41 Vzorek č. 1. b) Průběh krátkodobého stlačení vzorku s pilinami, zatížení 2 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po devíti dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



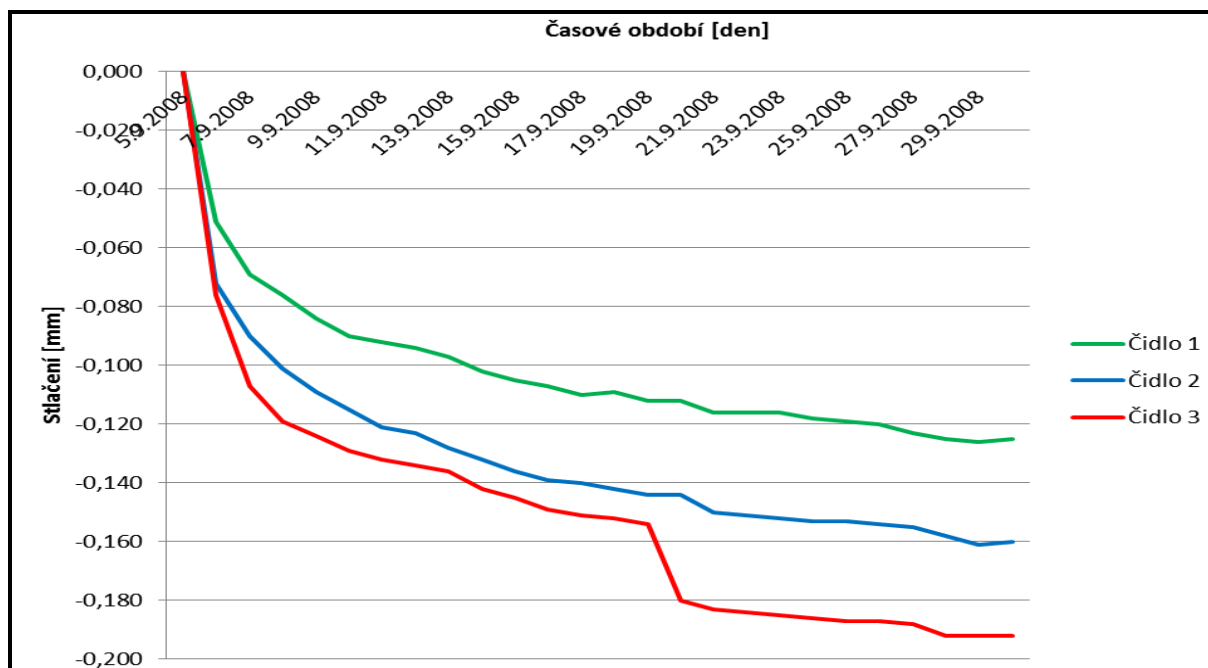
Obr. 42 Vzorek č. 2. b) Průběh krátkodobého stlačení vzorku s pilinami, zatížení 3 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po sedmácti dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



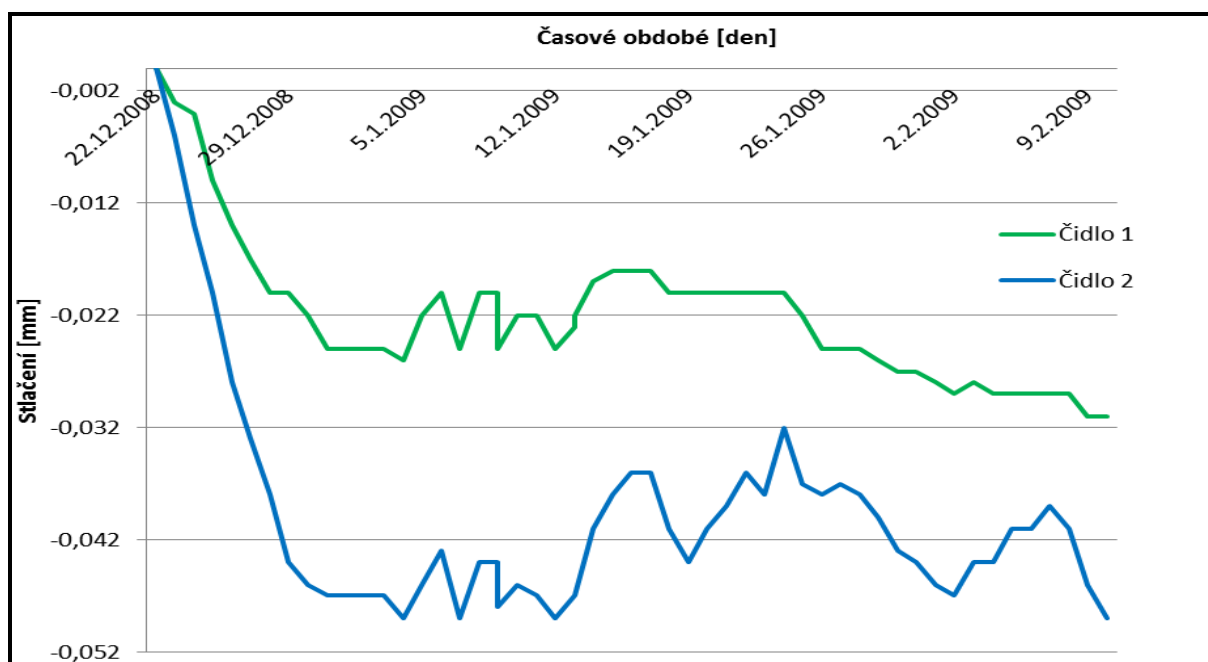
Obr. 43 Vzorek č. 3. b) Průběh krátkodobého stlačení vzorku s pilinami, zatížení 4 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po čtyřiceti sedmi dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



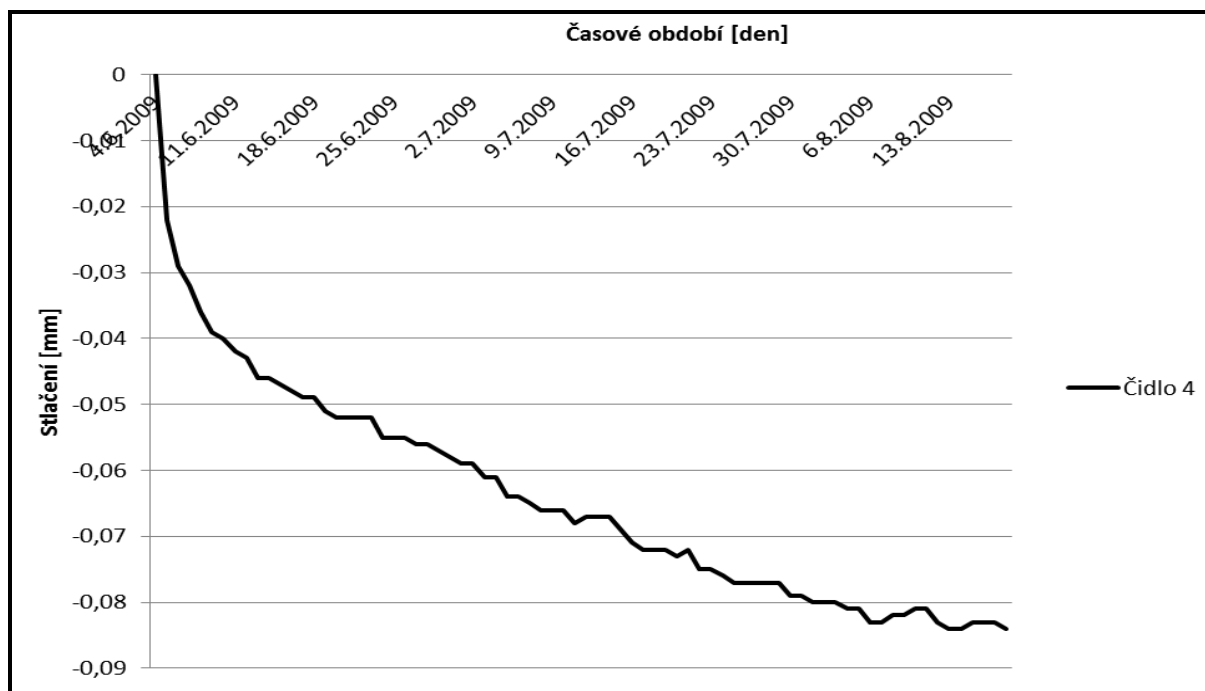
Obr. 44 Vzorek č. 1. c) Průběh krátkodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 3 MPa

Graf znázorňuje krátkodobé zatížení na vytvořeném vzorku, když se po dvaceti šesti dnech stlačení stabilizovalo, bylo měření ukončeno.



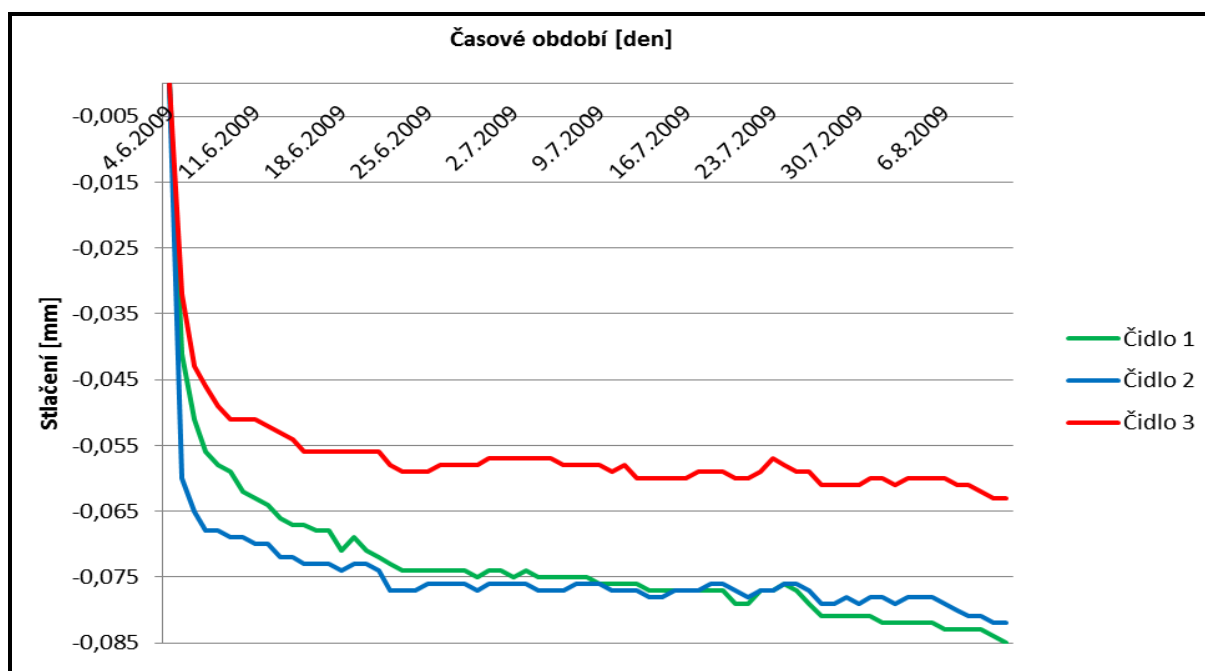
Obr. 45 Vzorek č. 1. a) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 3 MPa; čidlo 3 v průběhu měření vykazovalo nesrovnalosti a nebylo do grafu uvažováno

Graf znázorňuje dlouhodobé zatížení na vytvořeném vzorku, kdy se po čtyřiceti dvou dnech měření ukončilo.



Obr. 46 Vzorek č. 1. d) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 3 MPa

Graf znázorňuje dlouhodobé zatížení na vytvořeném vzorku, kdy se po sedmdesáti šesti dnech měření ukončilo.



Obr. 47 Vzorek č. 2. d) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 2 MPa

Graf znázorňuje dlouhodobé zatížení na vytvořeném vzorku, kde se po šedesáti devíti dnech měření ukončilo.

Z výše uvedených grafů jsou stanoveny maximální hodnoty stlačení. V tabulce je zaznamenáno maximální stlačení na jednom snímači dráhy, který vykazoval největší hodnotu a dále je uveden průměr ze všech měřících čidel.

Tab. 6 Výsledky zatěžovaných vzorků - stlačení

č. vzorku	zatížení [Mpa]	stlačení [mm]	
		maximální stlačení	průměr maximálního stlačení
č. 3. a	4	0,098	0,094
č. 2. a	2	0,067	0,064
č. 1. a	3	0,130	0,127
č. 1. b	2	0,043	0,038
č. 2. b	3	0,310	0,220 (maximální hodnota)
č. 3. b	4	0,125	0,094
č. 1. c	3	0,192	0,159
č. 1.a	3	0,046	0,035 (dvě čidla) (minimální hodnota)
č. 1. d	3	0,084	0,084 (jedno čidlo)
č. 2. d	2	0,084	0,076

Naměřená data byla vyhodnocena vždy po uvedeném 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. Jejich pevnost splňuje všechny požadavky dle platných norem.

5.1.2.2 Měření součinitele tepelné vodivosti

Z primárního cíle (zamezení vzniku tepelného mostu) 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 důležitá charakteristika materiálu pro tepelně - technické výpočty. Je definována jako množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl jednotkový teplotní spád. Přitom se předpokládá, že teplo se šíří pouze v jednom směru. 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 $0,015 \div 5$ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$].

Na vyrobených vzorcích bylo provedeno měření rozměrů a součinitele tepelné vodivosti. K měření fyzikálních vlastností bylo použito příložené čidlo.

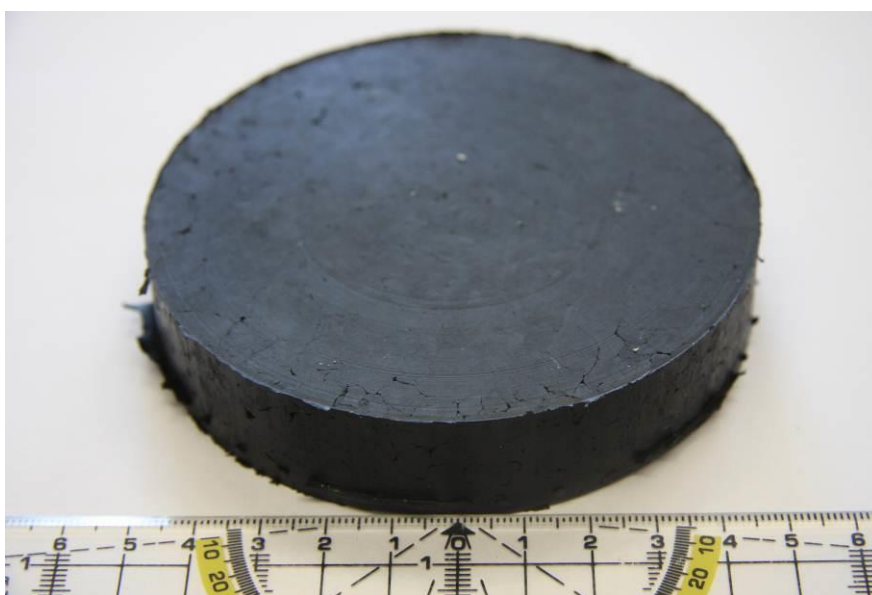


Obr. 48 Měřicí ústředna Isomet 2104



Obr. 49 Příložné čidlo – měření tepelné vodivosti (zapůjčeno na ÚPST FAST VUT)

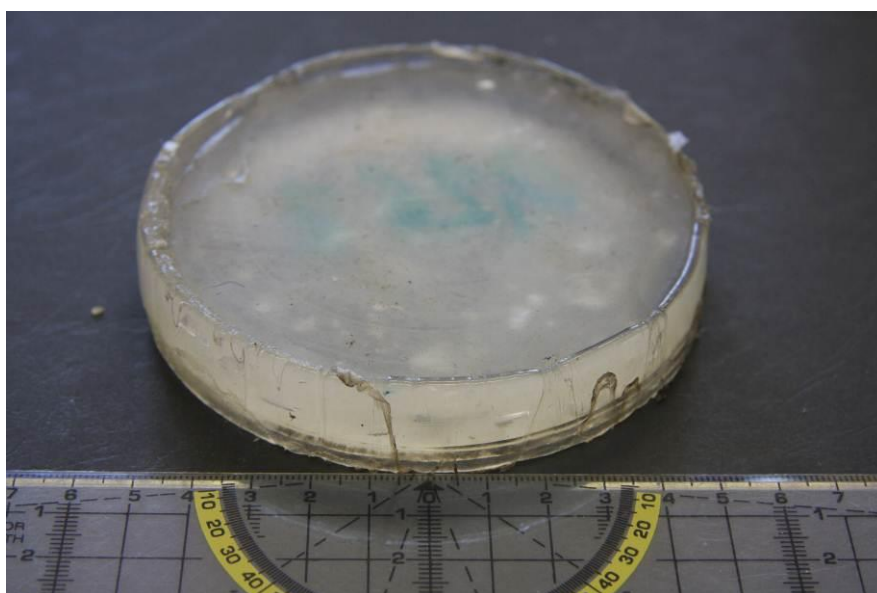
Součinitel tepelné vodivosti je ovlivňován v jednotlivých plastech jejich základními vlastnostmi a poměrem plastového materiálu k přidaným příměsím. Hodnota součinitele tepelné vodivosti je snižována ubíráním plastové výplně, přidáním dalších přísad a příměsí (použití napěňovačů, namáčení granulátu, aj), důležitá je i technologie vytvořeného vzorku (lisování, vstřikování).



Obr. 50 Vzorek z vypalovací pece – HDPE



Obr. 51 Vzorek z vypalovací pece - TPU



Obr. 52 Vzorek z vypalovací pece - PC

Vyobrazeny jsou pouze vybrané druhy vzorků.

Tab. 7 Přehled naměřených hodnot součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$],

označení	materiál	značka	druh	λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]
1. D)	polyamid	PA		0,196
2. D)	polykarbonát	PC		0,236
3. D. a)	polystyren	PS	houževnatý	0,345 (max. hodnota)
3. D. b)		PS	tříštivý	-
4. D. a)	polyvinylchlorid	PVC	čirý	0,287
4. D. b)		PVC	bílý	0,315
5. D)	vysokohustotní polyetylen	HDPE	černý	0,125
1. A)	A1005			0,103 (min. hodnota)
2. A)	A1006			0,152
3. A)	A1007			0,148
1. S)	amorfní směs styren-akrylonitril	ABS	červený	-
2. S)	amorfní pryskyřice	ASA	šedý	-
3. S)	amorfní polymer polykarbonátu	PC	čirý	0,262
4. S)	polyamid 6	PA 6	hnědý	0,165
5. S)	Semi - krystalické polybutylentereftalát	PBT	bílý	0,187
6. S)	amorfní polyetherimide	PEI	hnědý	-
7. S)	termoplastické polymery	TPU	směs	0,152

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

5.1.3 Teoretický návrh výrobku pro stavebnictví

Dle výše zmíněných nedostatků 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 kritické detaily u novostaveb v převážně nízkoenergetickém a pasivním standardu:

- detaily koutů,
- detaily vodorovných konstrukcí (věnce, napojení stropů),
- 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:

- 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 spojku dveří.

Výsledky, které získal Ing. Libor Matějka Dis., rovněž prokazují nízkou nasákavost kompozitního materiálu, která umožňuje jeho široké využití ve stavebních konstrukcích – v tomto případě do podlahové konstrukce.

Podkladní konstrukce pro prahovou spojku 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 plastového materiálu a měla by umožnit variabilní napojení vodotěsnicí 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 provozní zatížení způsobené provozem do podkladních vrstev. Desky musí být nenasákavé a difúzně uzavřené.

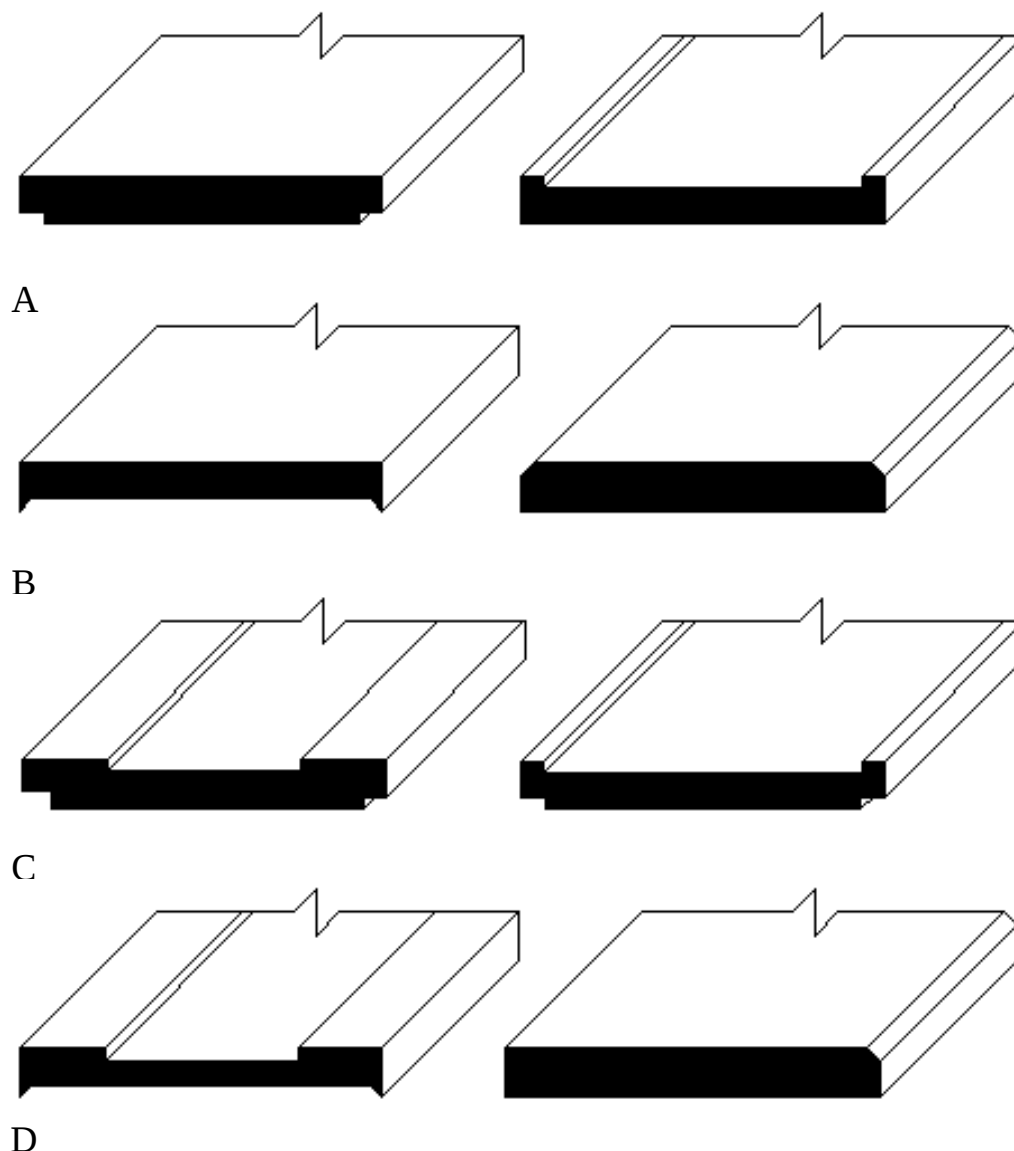
Spojování a kotvení desek může být provedeno pomocí modifikování pro zesílení struktury např. kaučukem, plnidly atd., svaření nebo vzájemným sešroubováním. Další možností je ukotvit desky vzájemně k sobě skrz celou vytvořenou tloušťku do podkladní konstrukce.

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.

5.1.4 Optimalizace návrhu výrobků pro eliminaci tepelných mostů

Dle požadavků kapitoly 5.1.3, je navržen níže popsáný systém [57][58][59], který se skládá z několika druhů deskových konstrukcí pro jednotlivé výškové umístění dle použité hydroizolační vrstvy.

Typy podkladních tepelně izolačních desek jsou znázorněny na Obr. 53.



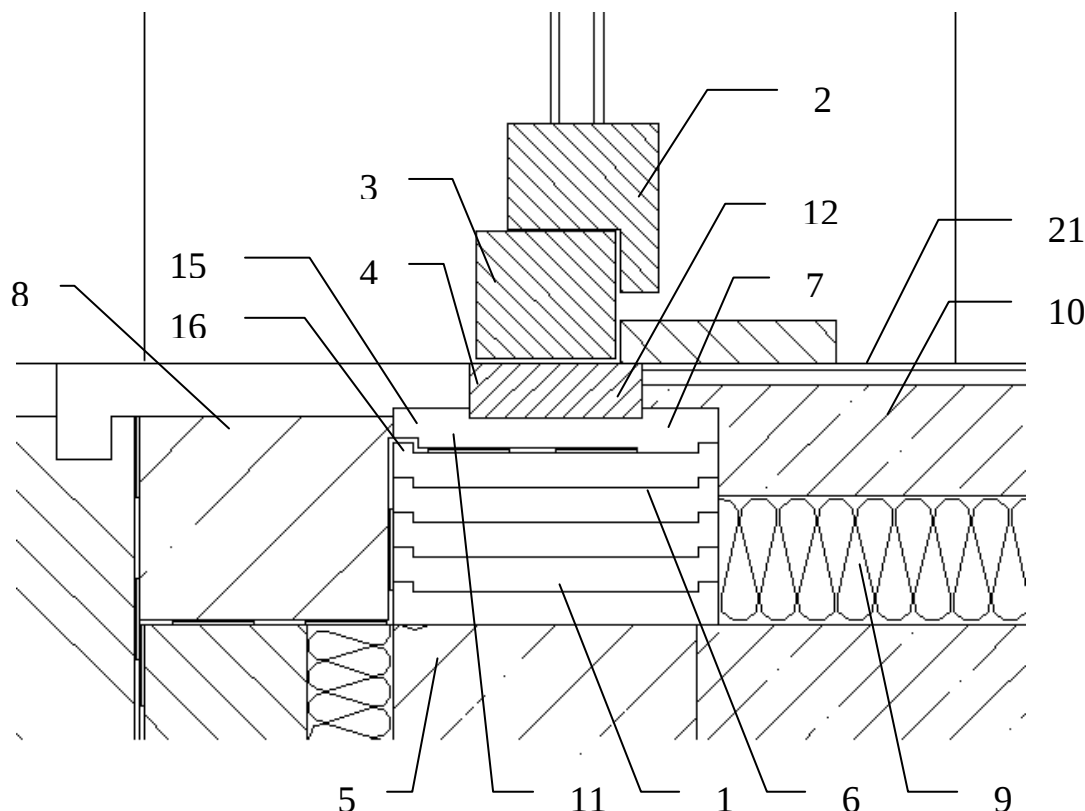
Obr. 53 Typy podkladních tepelně izolačních desek [57][58][59] A – desky s ozubem pro uchycení hydroizolace foliového typu, B – desky se skosením pro uchycení hydroizolace asfaltového typu, C – desky s osazovacím lůžkem a ozuby, D – deska s osazovacím lůžkem pro hydroizolaci asfaltového typu s úkoso a deska s rozšířenou ložnou plochou.

Výhodný systém zejména pro fóliové hydroizolace z důvodu kolmých spojovacích výlisků je uveden na Obr. 53 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. 53 B. Skosením hran desek pod úhlem 45° nebude docházet k lámání vložek v asfaltových pásích. Poslední horní deska má okraje do špic a předposlední deska má hrany seříznuté. Následným spojením desek dojde k těsnému spoji mezi deskou a izolací.

Vrchní poslední deska Obr. 53 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.

Technické řešení je přiblíženo pomocí uvedených obrázků. Obr. 54 představuje dílčí svislý řez oblastí prahu dveří s podkladní konstrukcí pod prahovou spojkou dveří podle prvního provedení, Obr. 55 je detail podkladní konstrukce s možnou skladbou desek pro provedení podle Obr. 54.



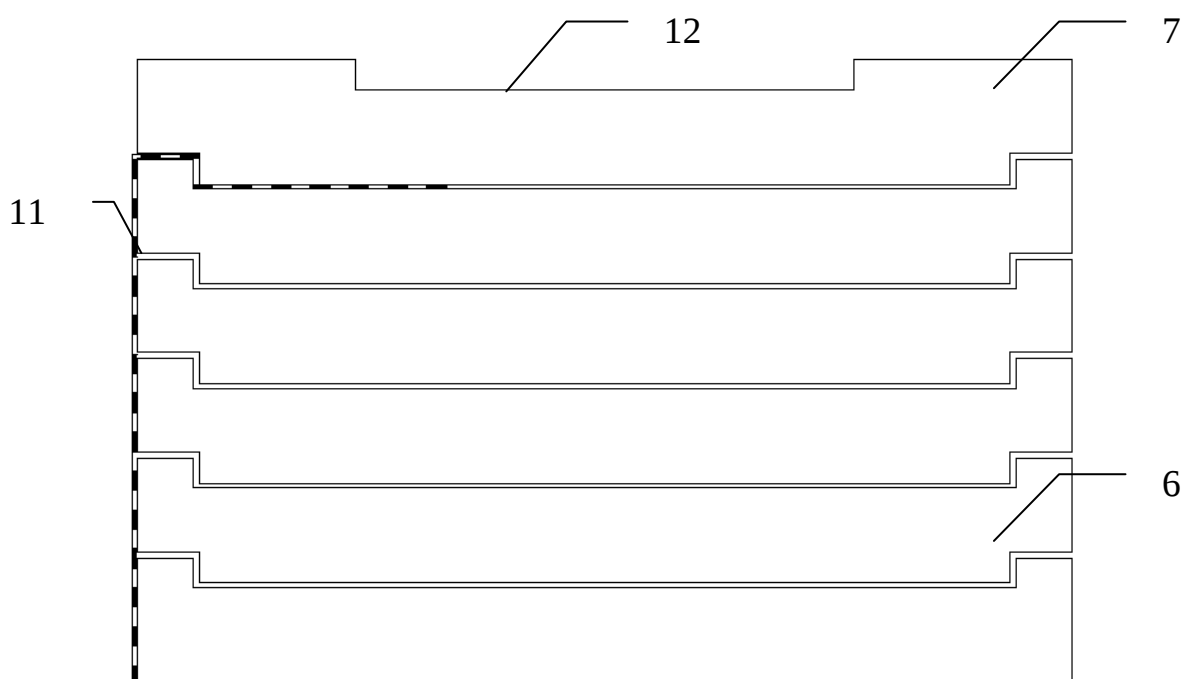
Obr. 54 Návrh využití – fóliový typ [57][58][59]

Legenda:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| 1. Podkladní konstrukce | 9. Tepelná izolace |
| 2. Dveřní křídlo | 10. Roznášecí vrstva |
| 3. Rám dveří | 11. Hydroizolace |
| 4. Prahová spojka | 12. Osazovací lůžko |
| 5. Základová konstrukce | 15. Zámkový prvek spodní |
| 6. Skladba desek | 16. Zámkový prvek horní |
| 7. Horní deska s osazovacím lůžkem | 21. Nášlapná vrstva |
| 8. Vyrovnávací konstrukce | |

Na Obr. 54 je dílčí svislý řez oblastí prahu dveřního křídla s podkladní konstrukcí pod prahovou spojkou. Prahovou spojkou se rozumí podklad pod dveřní konstrukcí resp. rámu dveří.

Mezi prahovou spojkou a základem, případně obvodovým pláštěm, pokud se jedná o vyšší podlaží, je samotná podkladní konstrukce. Ta se skládá z více kusů desek uspořádaných nad sebou a do sebe vzájemně zapadajících tak, aby tvořily stabilní sestavu. Horní deska sestavy může být opatřena na horní ploše osazovacím lůžkem pro lepší fixaci prahové spojky. Z boku doléhá k deskám vyrovnávací konstrukce a z druhé strany tepelná izolace podlahy s roznášecí vrstvou podlahy. Mezi vyrovnávací konstrukcí a bokem sestavy desek je uspořádaná hydroizolace. Ta je jedním svým koncem sevřena mezi horní desku a pod ní uloženou desku. Provedení z Obr. 54 je výhodné zejména pro fóliové hydroizolace z důvodu kolmých a tedy poměrně ostrých přechodů mezi jednotlivými součástmi systému. Fóliová hydroizolace se zatáhne nad předposlední desku a pod poslední horní desku. Uzavřením mezi dvě desky vznikne spoj odolný proti pronikání vlhkosti do konstrukce.



Obr. 55 Desky pro hydroizolační vrstvu fóliového typu [57][58][59]

Legenda:

6. Skladba desek

11. Fóliová hydroizolace

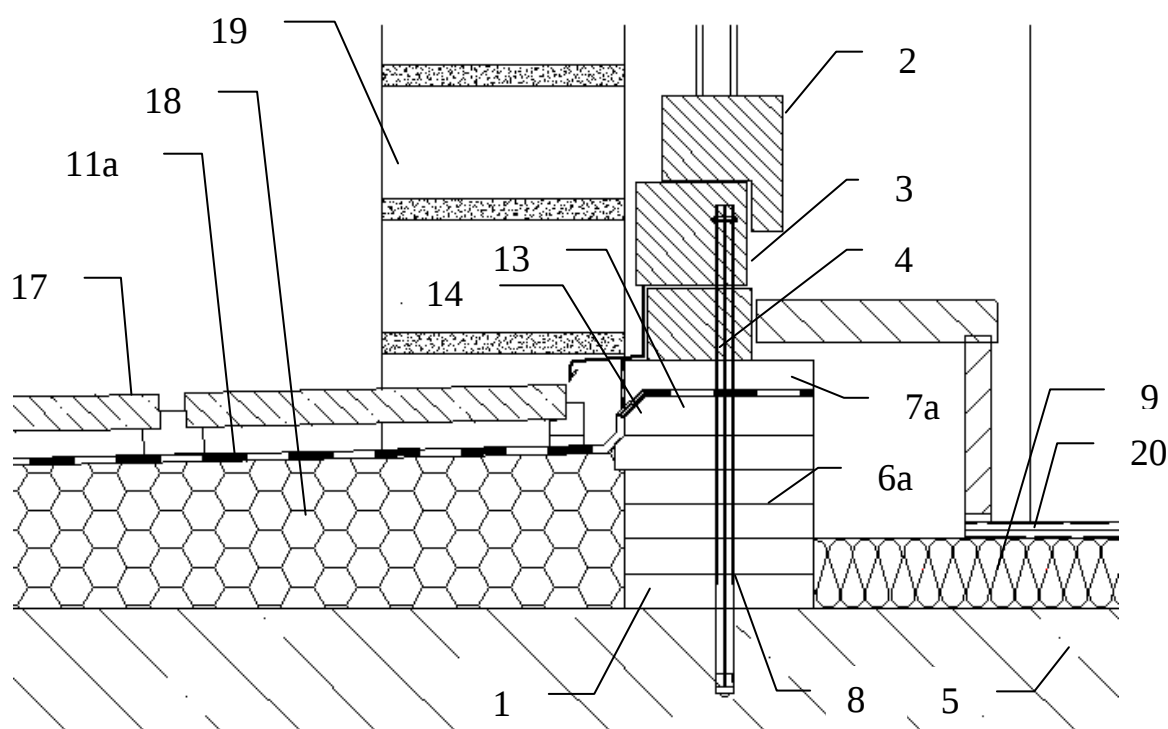
7. Horní deska s osazovacím lůžkem

12. Osazovací lůžko

Na Obr. 55 jsou v detailu desky pro sevření hydroizolace fóliového typu. Horní deska je s tzv. osazovacím lůžkem pro ukotvení a stabilizaci prahové spojky popř. rámu dveří na pevném místě. Konstrukce dveří se vloží do vytvořeného lůžka typizované velikosti a ukotví se. Případná vzduchová mezera se vyplní polyuretanovou pěnou.

V detailu je patrné tvarové spojení neboli zámek, který je složen z uzavěrového prvku u horní desky a zámkového prvku u spodní desky. Uzávěrový prvek na spodní ploše horní desky je proveden jako polodrážka a zámkový prvek na desce uspořádané pod ní je proveden jako výstupek tvarově odpovídající polodrážce.

Na Obr. 56 je dílčí svislý řez oblastí prahu dveří s podkladní konstrukcí pod prahovou spojkou dveří. Obr. 57 je detail podkladní konstrukce s možnou skladbou desek pro provedení podle Obr. 56.



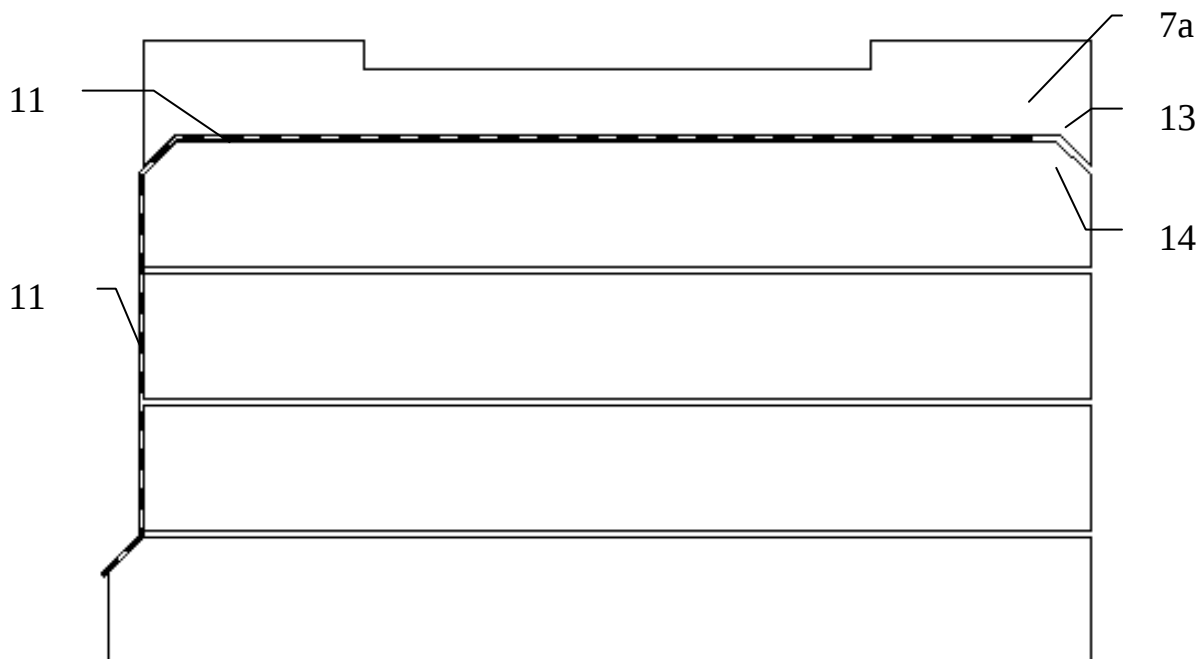
Obr. 56 Návrh využití – asfaltový typ [57][58][59]

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Podkladní konstrukce | 10. Roznášecí vrstva |
| 2. Dveřní křídlo | 11a. Hydroizolace asfaltového typu |
| 3. Rám dveří | 13. Zobáček na desce |
| 4. Prahová spojka | 14. Zkosení na desce |
| 5. Základová konstrukce | 17. Exteriérová dlažba na podložkách |
| 6a. Skladba desek bez drážek | 18. Tepelná izolace |
| 7a. Horní deska bez osazovacího lůžka | 19. Obvodové zdivo v pohledu |
| 8. Kotevní prvek – plastová kotva | 20. Nášlapná vrstva |
| 9. Tepelná izolace | |

Obr. 56 znázorňuje druhé provedení podkladní konstrukce pro využití pro hydroizolace z asfaltových pásů. Skosením hran desek pod úhlem 45° nebude docházet k lámání hydroizolace z asfaltového pásu. Poslední horní deska má okraje opatřené dolů vyčnívajícím zobáčkem a předposlední deska má hrany

opatřené korespondujícím zkosením. Následným spojením desek dojde k těsnému spoji mezi deskami a hydroizolací.

Na Obr. 57 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. 57 Desky pro hydroizolační vrstvu asfaltového typu [57][58][59]

Legenda:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 7a. Horní deska s osazovacím lůžkem | 11. Asfaltová hydroizolace |
| 13. Zobáček na desce | 14. Zkosení na desce |

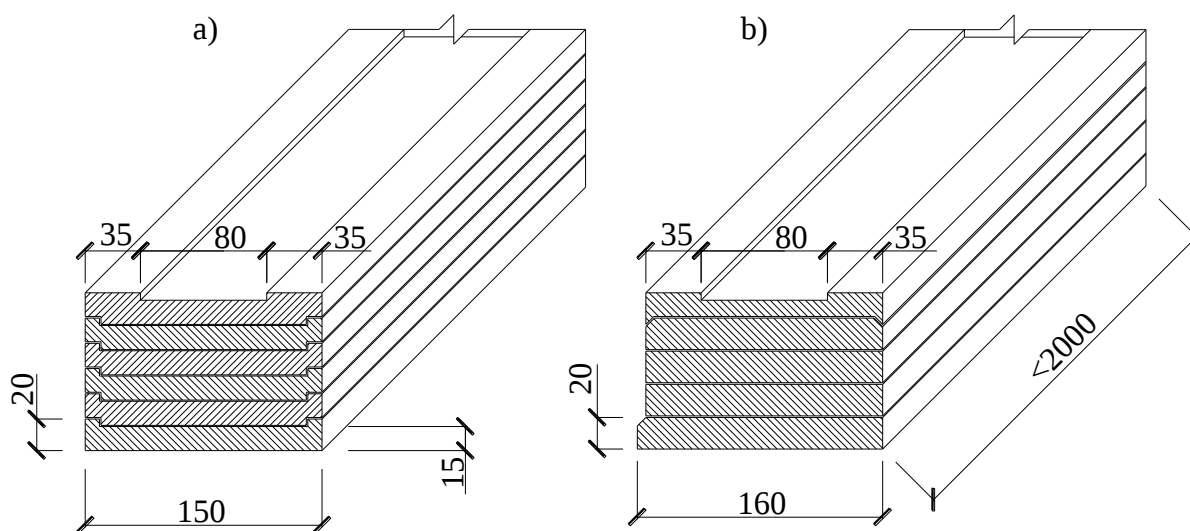
Na Obr. 57 jsou znázorněny v detailu desky s vyznačením přechodu svislé části asfaltové hydroizolace na vodorovnou. Toto provedení je vhodné například u návaznosti na předložené konstrukce. Horní deska je opatřena dolů vyčnívajícím zobáčkem u druhé desky je potom vytvořeno odpovídající zkosení pro lepší vedení asfaltové hydroizolace. Pod horní desku se mohou vkládat desky v libovolném pořadí v závislosti na výšce potřebné k zahnutí hydroizolace.

Problém s ukončením hydroizolace řeší tento systém zatažením hydroizolace pod horní desku a překrytím předposlední desky. Společným spojením desek dojde k pevnému a vodě nepropustnému zakončení hydroizolace. Hydroizolaci

je možno ukotvit do libovolné výšky. Pomocí zkosení desek je možno plynule přejít ze svislé hydroizolace na vodorovnou a naopak.

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 mohou být 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.

Výplň konstrukce dveří je možno kotvit do horních desek nebo ukotvit do únosnějších konstrukcí skrz předvrtané otvory v deskách.



Obr. 58 Podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří – axonometrický pohled, varianta a) pro hydroizolace foliového typu, b) hydroizolace asfaltového typu

Axonometrický pohled včetně základní rozměrové charakteristiky znázorňuje Obr. 58. 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 byla 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).

5.1.5 Analýza a komparace tepelně - technických vlastností konstrukce po zabudování výrobku pro varianty provozního využití

V následující kapitole jsou znázorněny konstrukční detaily vybraných variantních řešení.

U nevyhovujících a špatně navržených detailů vznikají provlhlá místa v oblasti prahu důsledkem nedostatečného zatažení hydroizolace ke konstrukci, rám dveří není dostatečně ukotven a může docházet k znehodnocení tepelné izolace pod dveřním prahem. Je doporučeno nenavrhovat konstrukce se složitými konstrukčními detaily náročnými na technologický postup a dbát na zohlednění všech limitujících faktorů při tepelně - technickém posouzení navržených konstrukcí a následně celého objektu.

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 výše uvedených naměřených hodnot).

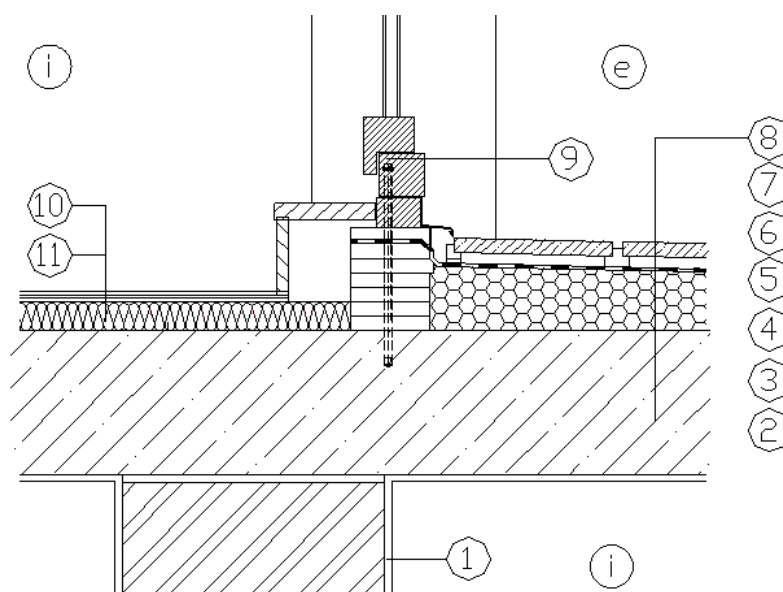
Okrajové podmínky jsou zadány následující:

- interiér $\Theta_{\text{si}} = 20^\circ \text{C}$, $\varphi_{\text{i}} = 50 \%$,
- exteriér $\Theta_{\text{e}} = -15^\circ \text{C}$, $\varphi_{\text{e}} = 84 \%$.

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. Stěna je navržena jako vzduchotěsná se součinitelem prostupu tepla odpovídající objektům, pro které bude výrobek použit.

5.1.5.1 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.

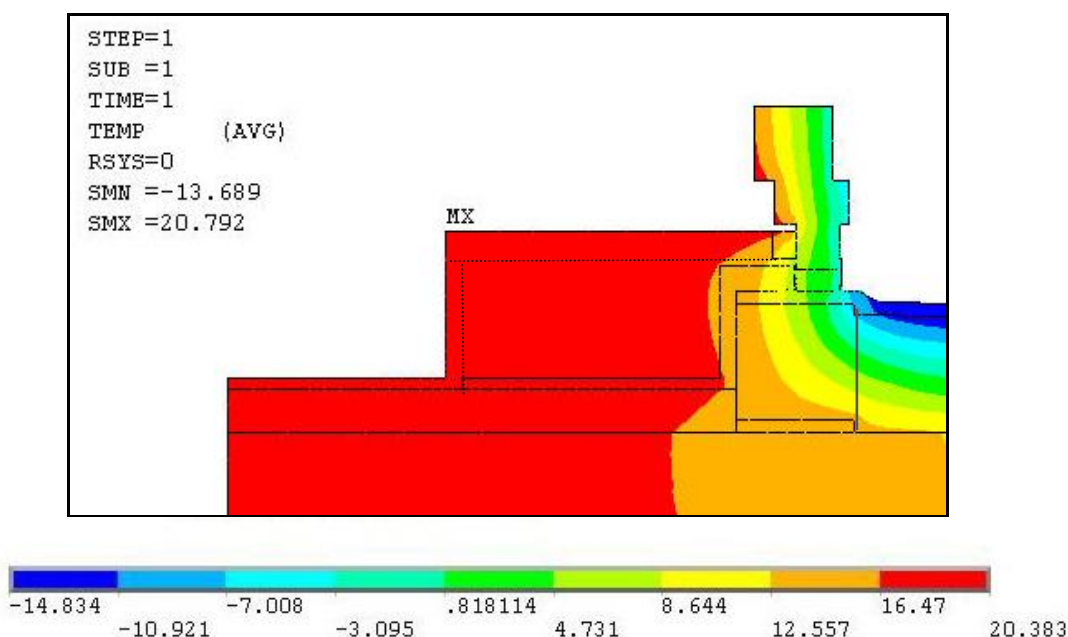


Obr. 59 Schéma konstrukčního detailu v místě výstupu balkonovými dveřmi na terasu

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.

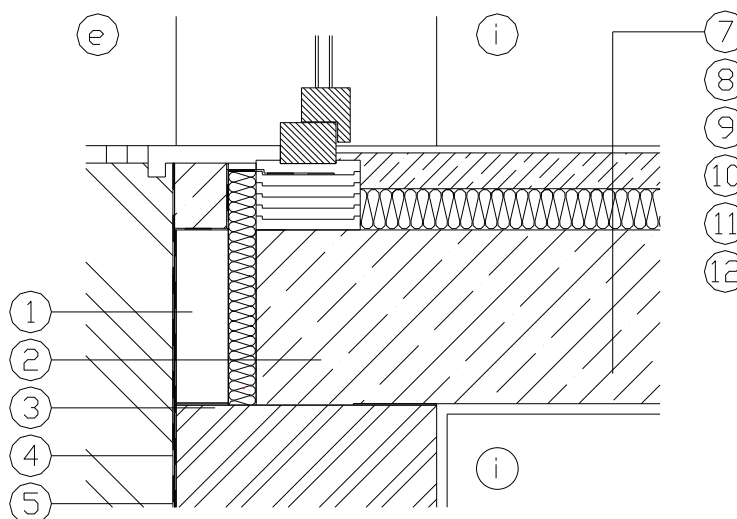


Obr. 60 Detail rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 1

Obr. 60 ukazuje 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.

5.1.5.2 Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 2

Je provedena analýza teplotního pole konstrukčního detailu č. 2. Jedná se o možný, nikoli hlavní výstup z obytné části na terasu domu na terénu. Limitním faktorem zde nebyla výška rámové konstrukce. Jedná se o umístění francouzského okna v obytném pokoji.

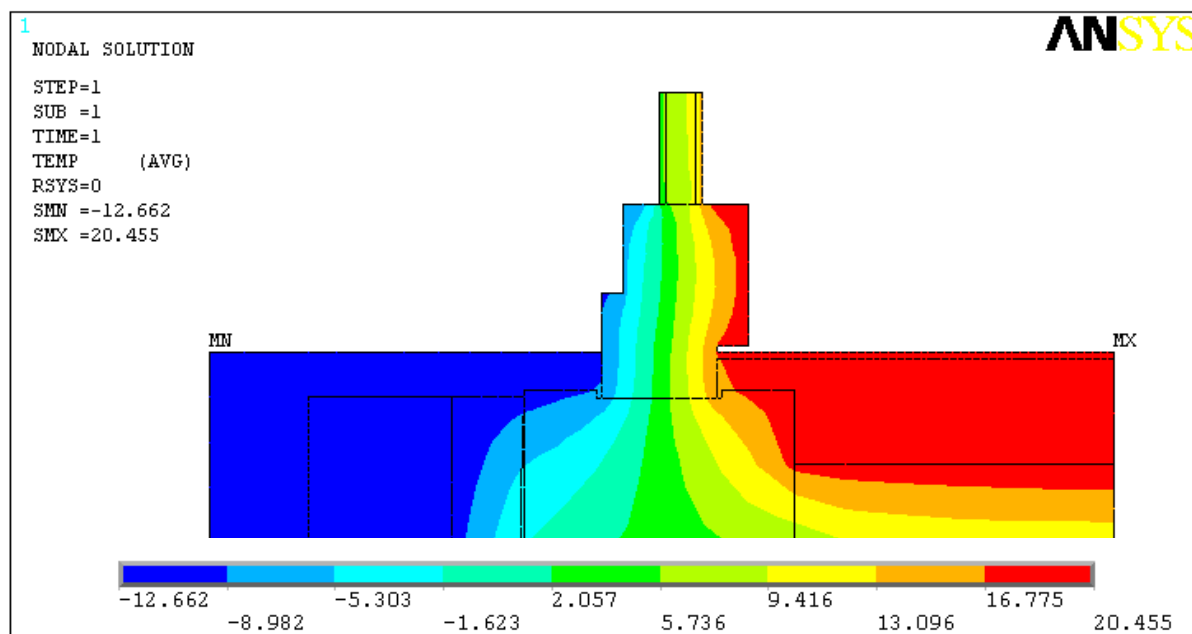


Obr. 61 Schéma konstrukčního detailu francouzského okna

Legenda:

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Věncovka | 8. Roznášecí vrstva |
| 2. Ztužující věnec | 9. Zvuková/tepelná izolace |
| 3. Zdící tvarovka | 10. Separací vrstva |
| 4. Hydroizolace | 11. Stropní konstrukce |
| 5. Ochranná fólie | 12. Vnitřní omítka |
| 7. Podlahová krytina | |

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

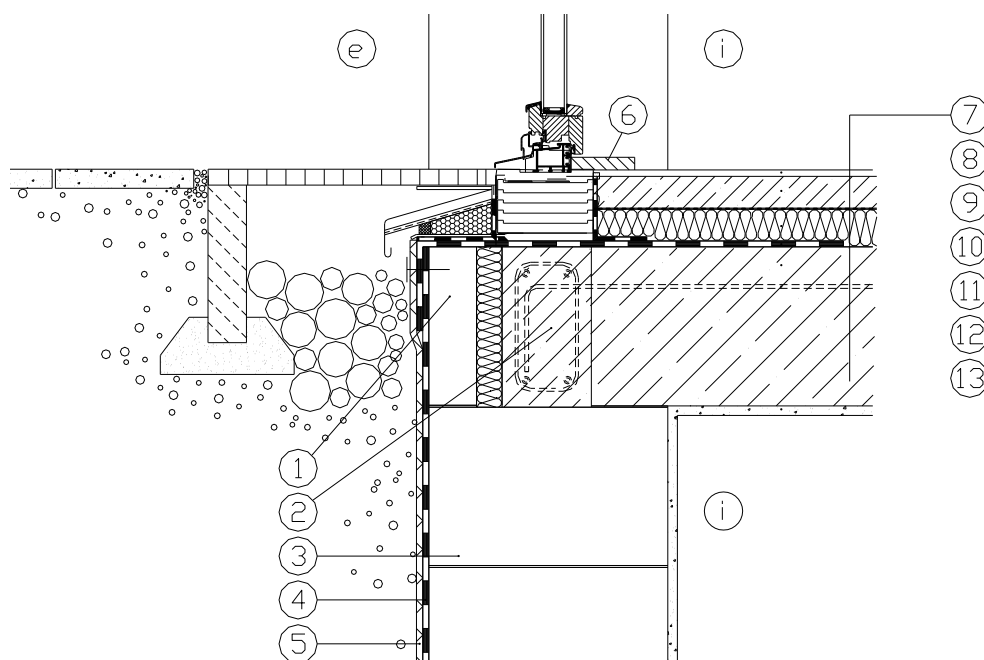


Obr. 62 Rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 2

Obr. 62 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.

5.1.5.3 Schéma a teplotní pole konstrukčního detailu č. 3

Je provedena analýza teplotního pole konstrukčního detailu č. 3. Schéma vykresluje variantu vchodových dveří s možností bezbariérového užívání. Sníženého prahu je umožněno umístěním odtokové mřížky (roštu) před objektem. Znáznorněný dveřní práh je tzv. padací konstrukce a při otevření dveří se sklopí zároveň s dveřním křídlem.

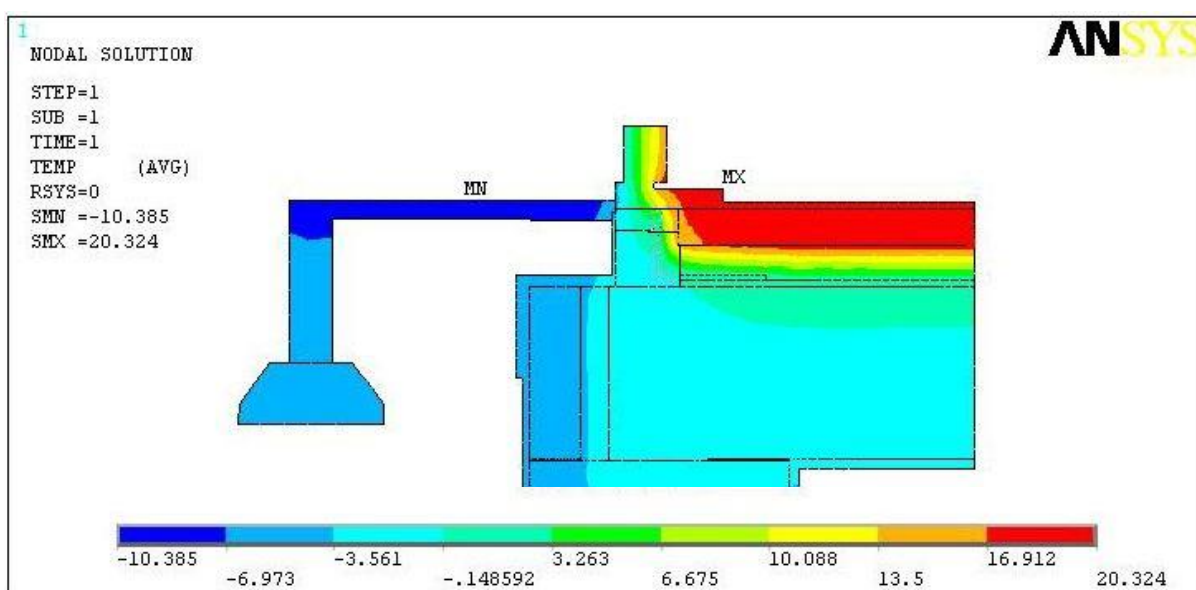


Obr. 63 Schéma konstrukčního detailu prahu podsklepeného objektu

Legenda:

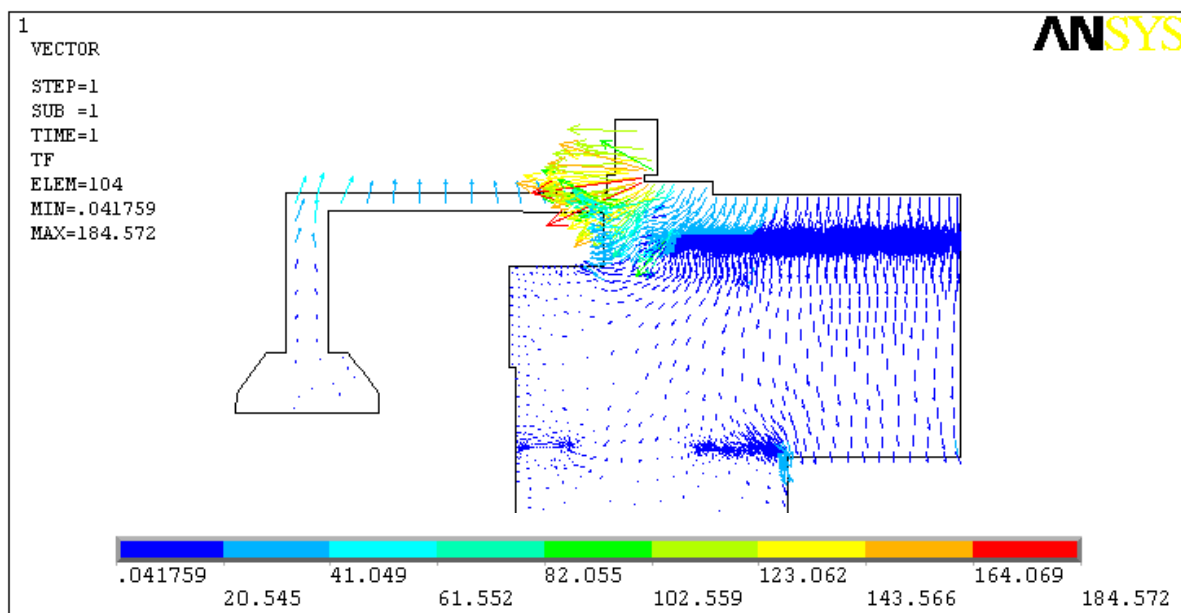
- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1. Věncovka | 7. Podlahová krytina |
| 2. Ztužující věnec | 8. Roznášecí vrstva |
| 3. Zdicí tvarovka | 9. Zvuková/tepelná izolace |
| 4. Hydroizolace | 10. Separační vrstva |
| 5. Ochranná fólie | 11. Stropní konstrukce |
| 6. Dveřní práh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

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



Obr. 64 Rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 3

Obr. 64 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 je ovšem nevhodná při realizaci pasivního objektu.



Obr. 65 Znáznornění tepelného toku ve schématu konstrukčního detailu č. 3

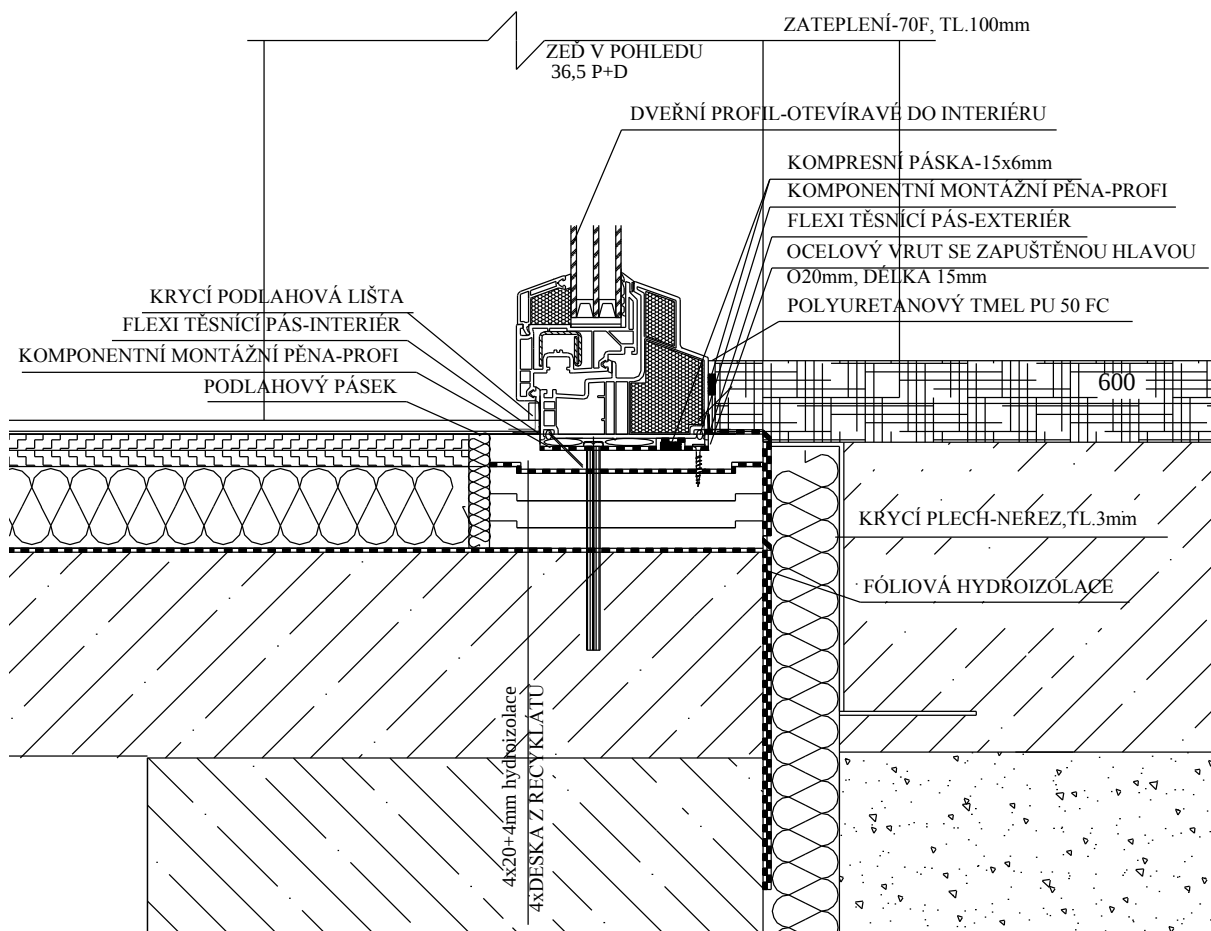
Směr tepelného toku v konstrukci (Obr. 65) poukazuje na nejslabší místo z pohledu tepelného toku v prahové části vstupních dveří. Kritický detail splní požadavky normy na hranici požadovaných hodnot.

Z uvedených příkladů je patrné, že v současné době je nutné podpořit podkladní konstrukci pro prahovou spojku dveří přídatnou 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 blížíci se standardním tepelným izolacím (cca $\lambda = 0,035 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$), bude možné podkladní konstrukci vysunout směrem do exteriéru.

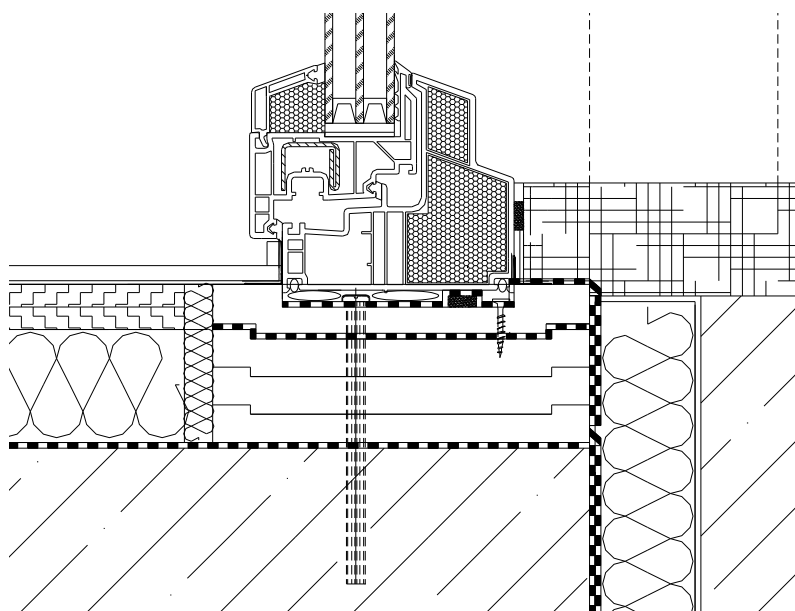
5.1.5.4 Schéma konstrukčního detailu č. 4

Konstrukční detail na Obr. 66 znázorňuje možnost použití podkladní konstrukce v praxi při výstavbě úsporných objektů. Jedná se o vstup na terasu s přeloženým schodem. Výplň dveřního otvoru je kotvena skrz desky a následně přípojevací spára je vyplněna polyuretanovou pěnou. Důležitým sortimentem v nízkoenergetické a pasivní výstavbě je použití speciálních fólií. Na straně exteriéru je to difúzně otevřená fólie (primární ochrana proti zatékání srážkové

a odstříkující vody) a na straně interiérů je to parotěsná fólie (primární ochrana proti difuzi vodní páry do připojovací spáry).



Obr. 66 Schéma konstrukčního detailu podkladní konstrukce



Obr. 67 Detail možného konstrukčního detailu – vstupní dveře

Hydroizolace je fóliového typu a jsou použity tři základní druhy desek – deska s osazovací drážkou, vyrovnávací desky, podkladní deska s rovnou spodní stranou. Desky z interiéru jsou překryty standardní nášlapnou vrstvou.

5.1.6 Statické posouzení konstrukce po modelovém zabudování výrobku

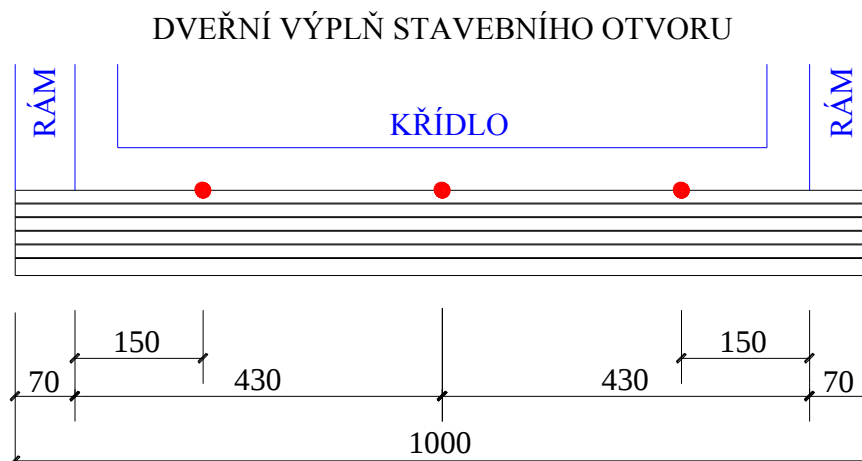
Upevnění výrobků musí být navrženo a provedeno tak, aby síly na něj působící a jeho vlastní tíha byly převedeny do stavební konstrukce. Síly ze stavební konstrukce by neměly být přenášeny na výrobek podkladní konstrukce, pokud není na toto zatížení navržen.

Kotvení rámpů výplní stavebních otvorů se provádí v návaznosti na polohu a typ svislé nosné obvodové konstrukce, nejběžnější je kotvení:

- ocelovými kotvami s ušlechtilým povrchem (rámová příchytka),
- systémovými kotvami,
- konzolami,
- hmoždinkami s kovovým nebo plastovým pouzdrem,
- turbošrouby [18].

Kotvení výplně stavebního otvoru – dveří, je ve spojení s podprahovou konstrukcí nejlepší použití rámové příchytky dle parametru výrobce a dle metodiky uvedené v TNI 74 6077 Okna a vnější dveře – Požadavky za zabudování [18].

Umístění kotvicích prvků (červené body) (Obr. 68) musí být navrženo a provedeno tak, aby bylo zabezpečeno přenesení sil a zároveň umožněn dilatační pohyb výrobků. Rozmístění podložek a kotvicích bodů uvádí TNI 74 6077 Okna a vnější dveře – Požadavky za zabudování [18].



Obr. 68 Rozmístění kotvících prvků při použití podkladní konstrukce

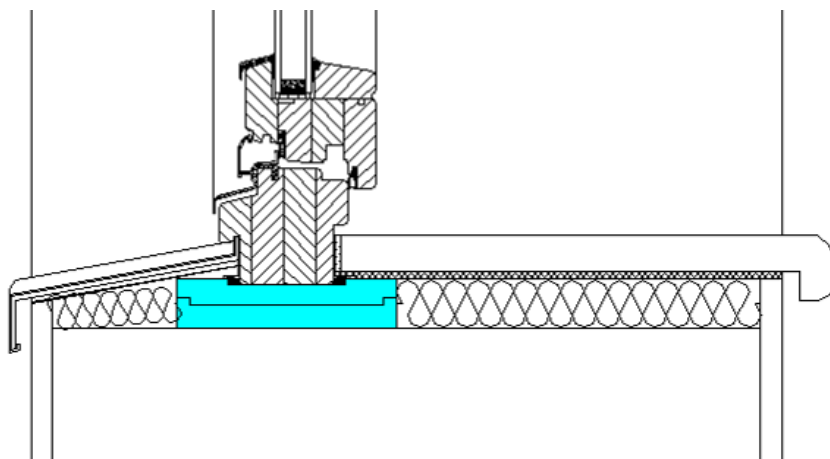
Pro ukotvení výrobků a současně prahové spojky je tedy možné (u příkladu uvedeném na Obr. 68) použít tři společné rámové příchytky, které budou zasahovat až do podkladní konstrukce, v běžném případě se bude jednat o podkladní desku z prostého betonu. Při použití jiného druhu materiálů se bude postupovat obdobně, opět dle výše uvedené vyhlášky. Počet kotvících prvků by při zachování základního rozměru zůstal stejný. Základní rozměr je stanoven na 1000 mm, který odpovídá běžně navrhovaným šířkám stavebních otvorů.

5.1.7 Další využití desek

Vzhledem ke konstantním rozměrům okenní a dveřní konstrukce, je možné využít i jednotlivé desky podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří jiným způsobem.

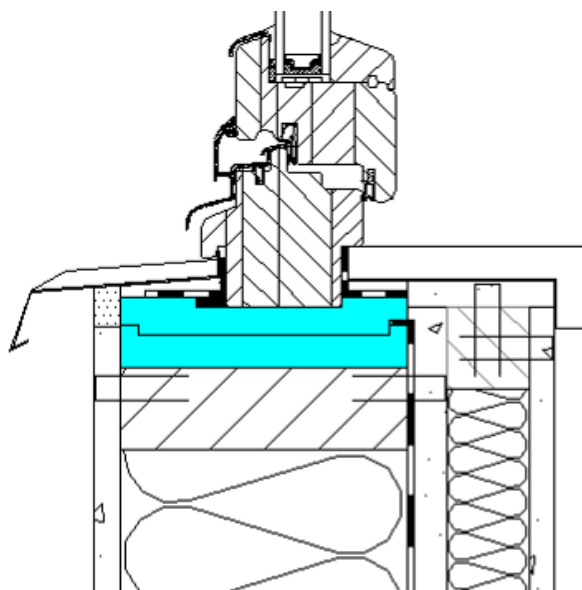
Možná varianta použití je při nemodelovém výškovém osazení okenního profilu. V případě, že je stavba stavěna z kusového staviva, které není možné řezat ve vodorovné rovině, přičemž je architektonický požadavek na výšku parapetu v atypické výšce než dovolují standardní nebo doplňkové cihly, je možné využít desky z druhotných plastových surovin a dorovnat potřebnou výšku parapetu (Obr. 69). Desky vytvoří pevný podklad pod konstrukci rámu a je možné je opět propojit s nosným rámem. Tato varianta je vhodná jen pro plnoplošnou pevnou podporu pro okenní rám, není jí zatím možné využít např. u provětrávaných fasád, nebo u dvouvrstvých jednoplášťových konstrukcí, kdy je požadavek na předsazené umístění výplně stavebního otvoru.

Kotvení okna, umístění venkovního a vnitřního parapetu, použití speciálních difúzních pásek a další technologie zabudování výplně okenního otvoru zůstávají zachovány.



Obr. 69 Variantní využití desek při osazení okenní výplně – zděná stavba

Další variantou je využití v dřevostavbách (Obr. 70). Například při obvodové stěně tvořené z panelů je vhodné využít minimálně dvě desky se zámkem pro zatažení parozábrany, tím dojde k jejímu pevnému a těsnému ukončení. V tomto případě lze desku umístit nejen do parapetu, ale i do nadpraží. Desky bez osazovací drážky se dají použít na ostění okenního otvoru. Další technologické postupy nejsou opět narušeny.



Obr. 70 Variantní využití desek při osazení okenní výplně - dřevostavba

Při výše uvedené variantě je ovšem nezbytně nutné dosáhnout snížení součinitele tepelné vodivosti, než se kterým bylo uvažováno.

5.2 Zavěšené fasádní desky

Fasádní desky v oblasti soklu u provětrávaných fasád není nutné prioritně řešit z pohledu tepelné techniky. Důležitější kritéria jsou pevnost v tlaku, hmotnost, odolnost vůči klimatickým vlivům a chemická a biologická odolnost. Jako vhodný se jeví plastový materiál s potřebnými přísadami pro docílení požadovaných vlastností.

5.2.1 Návrh výrobku pro obvodové pláště budov

Dle výše zmíněných nedostatků (kapitola 2.3) 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 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,
- odolnost proti chemikáliím,
- odolnost proti UV záření,
- odolnost proti povětrnostním vlivům,
- rychlá a celoroční montáž,
- hmotnost,
- snadno demontovatelné,
- dekorativní a estetický,
- splnění požadavků na požární odolnost dle příslušné ČSN,
- zdravotní nezávadnost,
- zvuková izolace.

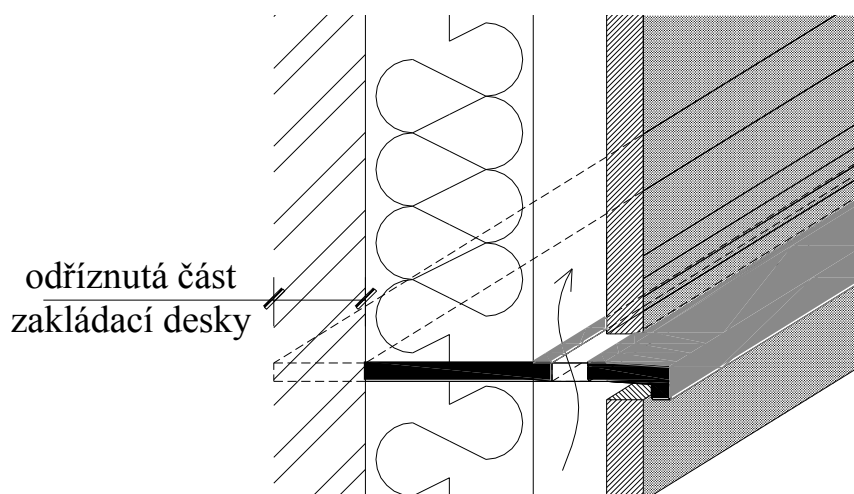
Výše uvedené vlastnosti jsou požadovány pro správnou funkčnost a dlouhodobou životnost navrhovaného výrobku.

5.2.2 Optimalizace návrhu výrobků

Soklové desky kryjí nutné 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 zakládací krycí 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.



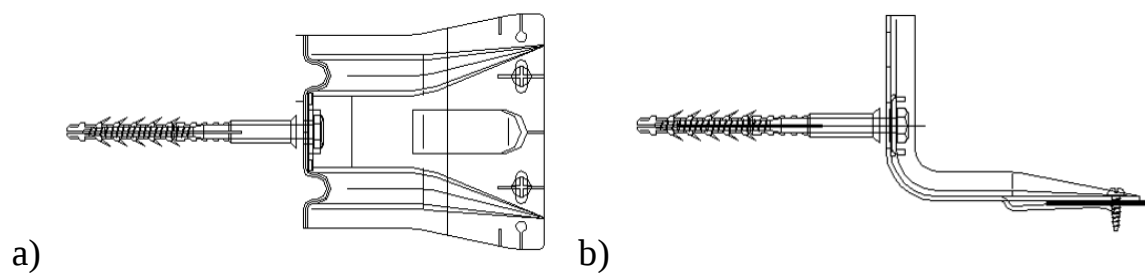
Obr. 71 Zakládací krycí deska se sešikmenou hranou a provětrávacím otvorem

Zakládací 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.

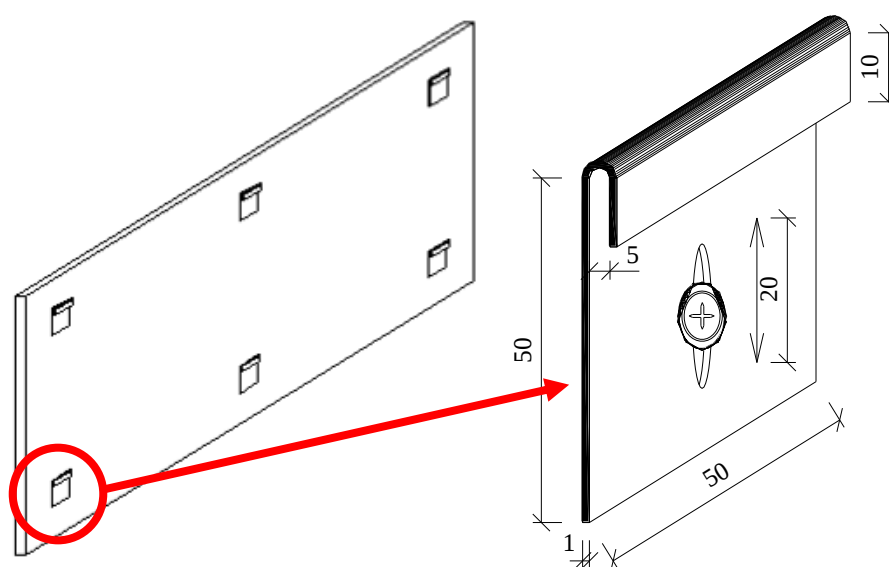
5.2.2.1 Způsoby kotvení

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

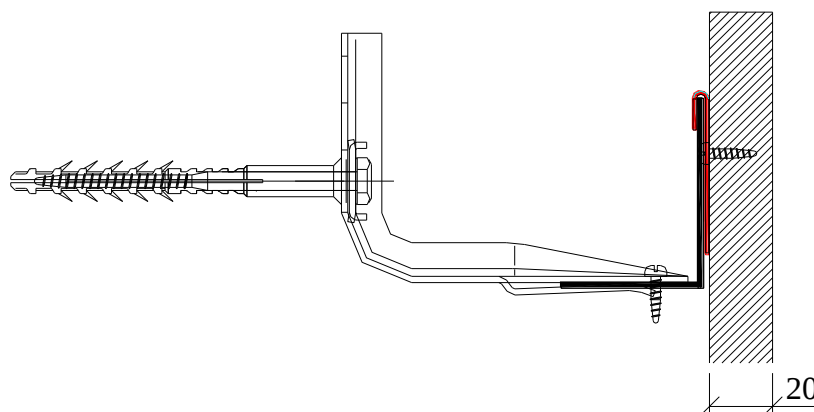
Zadní závěs je prioritně navržen pro běžně užívané lehké bodové kotvy z hliníkových či ocelových slitin (např. SPEEDY kotvy).



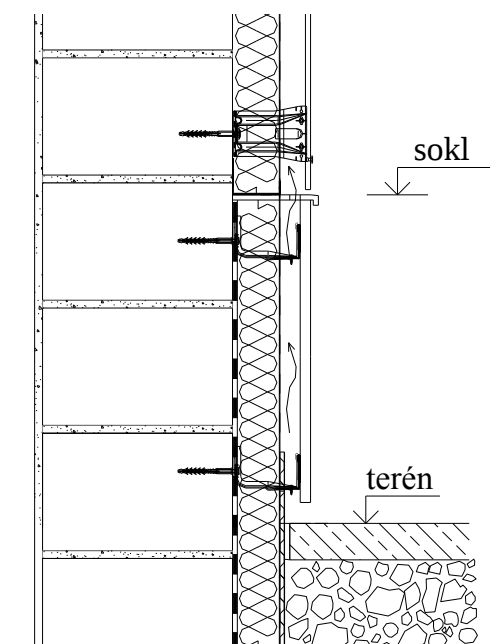
Obr. 72 Kotevní prvek SPEEDY kotva; a) půdorys; b) boční pohled



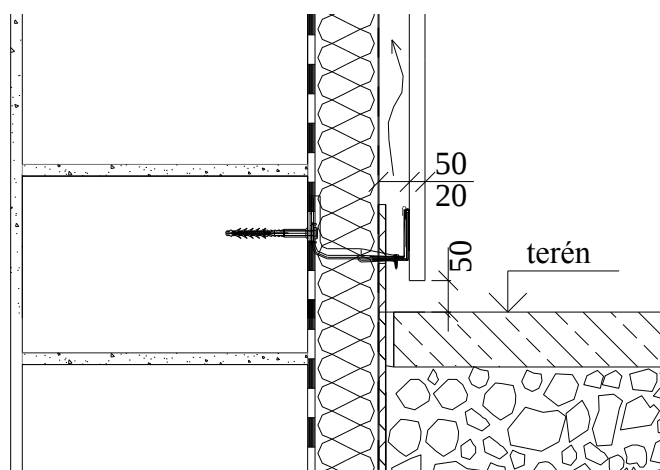
Obr. 73 Schéma umístění kotevních prvků na desce; detail kotevního prvku – zadní závěs



Obr. 74 Pohled na osazený zadní závěs s fasádní deskou



Obr. 75 Schéma konstrukčního detailu u soklu objektu



Obr. 76 Detail u přilehlého terénu

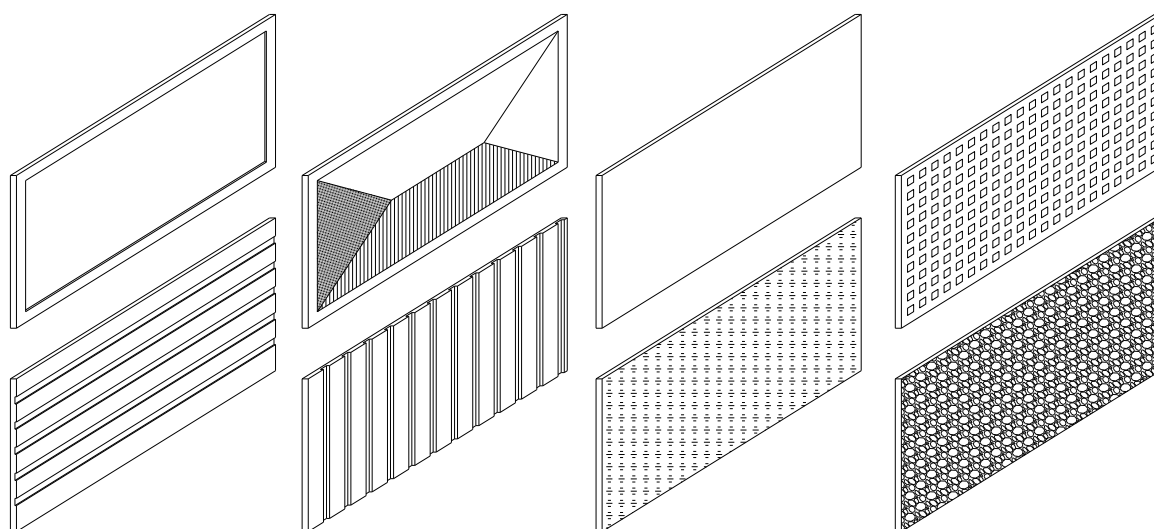
Na Obr. 75 a Obr. 76 je znázorněn konstrukční detail části provětrávané fasády přecházející do kontaktního zateplení pod úroveň terénu. Zde je tepelný izolant ochráněn nopovou fólií s nakaširovanou filtrační vrstvou, která zabraňuje zanášení jednotlivých nopů. Hydroizolace stavby musí být vytažena minimálně 300 mm nad budoucí kótu terénu. Tepelný izolant ve výšce nad terénem je dobré ochránit difuzně otevřenou fólií.

5.2.2.2 Povrchové úpravy

Variabilita povrchu soklových desek z druhotných plastových surovin je omezena pouze nutností vytvoření profilovaných forem. Nejběžnějším způsobem výroby desek je vstřikováním, vytlačováním nebo lisováním 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, jednodílnost 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 polymeru. Odpadá tedy nutnost probarvovat celou mocnost desky.



Obr. 77 Varianty povrchových úprav

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



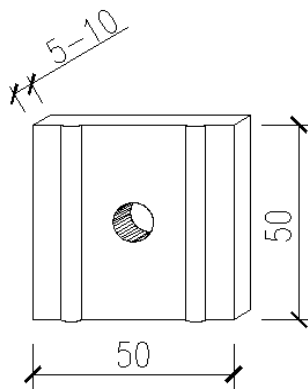
Obr. 78 Výběr vytvořených vzorků včetně detailu plochy

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

5.2.2.3 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 (Obr. 79). 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.



Obr. 79 Profilovaná podložka s předvrtaným otvorem

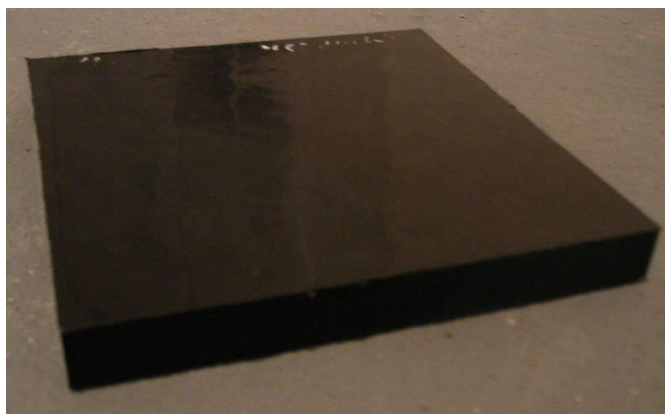
Jako podložky je možné používat i odřezky ze soklových desek. Je ovšem nutno respektovat různé tloušťky a různého profilování desek.

5.3 Aplikace plastu v plochých střechách

Následující kapitola popisuje a ověřuje možnost aplikace druhotných plastových materiálů 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.

5.3.1 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 (Obr. 80) 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 [21].



Obr. 80 Zkušební deska – HDPE s příměsí pilin

Na každou zkušební desku byly aplikovány natavením čtyři prvky asfaltových pásů. Vždy dva na každou stranu.

5.3.1.1 Odolnost proti odlupování ve spojích

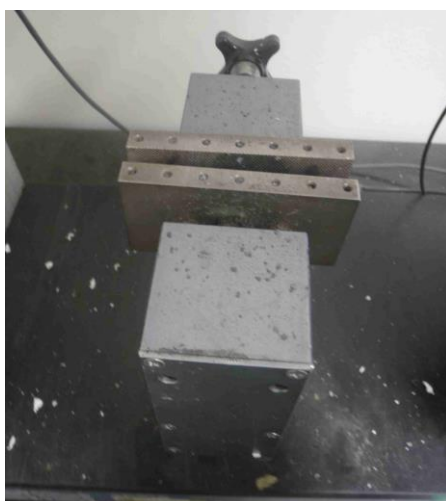
Zkouška byla provedena v laboratoři firmy Dehtochema bitumat-tn a.s. Zkušební metoda je určena pro zkoušení spojů v mechanicky upevněných jednovrstvých asfaltových střešních krytinách.

Odolnost proti odlupování je tahová síla potřebná k úplnému oddělení připravených spojů. Při zkoušení je zkušební těleso taženo konstantní rychlostí až do úplného oddělení.

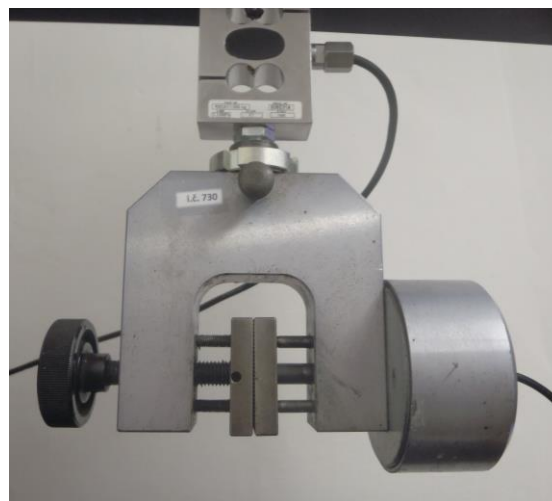
Ke zkoušce byl použit zkušební trhací stroj LABORTECH 2,050, který je znázorněn na Obr. 81. Přístroj je vybaven průběžným zaznamenáváním síly odpovídající vzdáleností čelistí a je schopen udržovat rovnoměrnou rychlost oddalování čelistí zobrazených na Obr. 82. Šířka čelistí nesmí být menší než 50 mm. Rychlost oddalování je definována jako $100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ za minutu. Zkušební těleso bylo zabezpečeno proti posunu vloženou distanční zarážkou. Nedošlo tedy k posunu vzorku většímu než 2 mm.



Obr. 81 Zkušební trhačí stroj Labortech 2.050



a)



b)

Obr. 82 Detail spodních a horních čelistí trhačího stroje – a) spodní čelist; b) horní čelisti

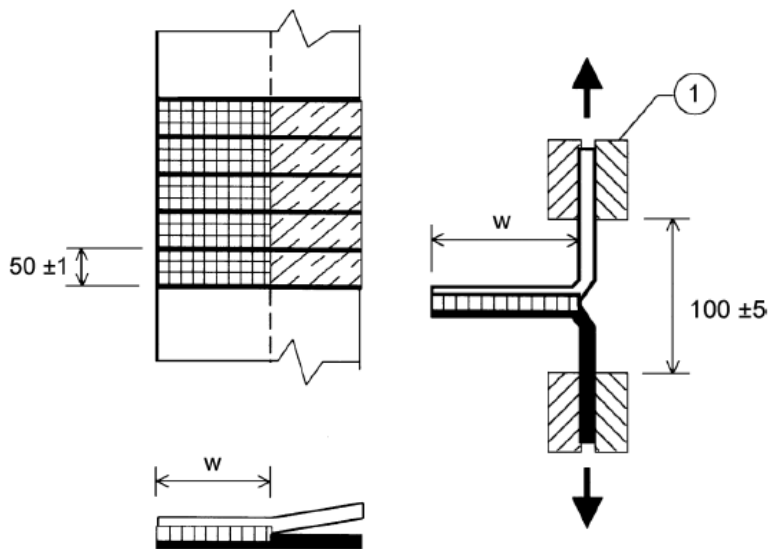
Zkušební vzorky pro spoje byly temperovány po dobu 48 hodin při teplotě $22^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$ při relativní vlhkosti 60 %. Podmínky temperování tedy vyhovovaly požadavkům normy [21], a to 20 hodin při teplotě $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50 \pm 20) \%$.

Použité vzorky asfaltového pásu:

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

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 $50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$. Každý pásek byl před zkouškou změřen digitálním posuvným měřidlem. Aplikace asfaltových pásů 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 ($\pm 1\text{ mm}$) a 270 mm ($\pm 1\text{ mm}$), 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.



Obr. 83 Příprava zkušebního tělesa dle normy; průběh zkoušky proti odlupování [21]

1 – trhací čelisti, W – délka spoje

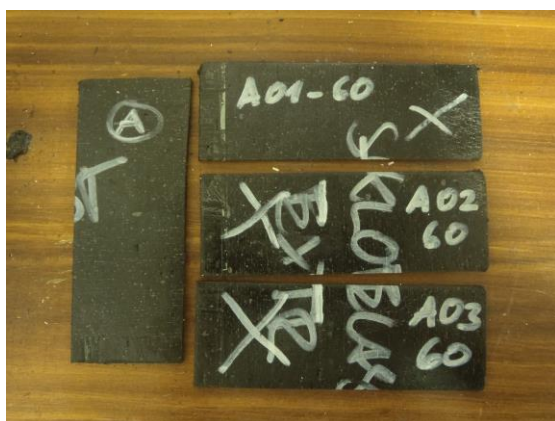
Při výpočtu průměrné odolnosti proti odlupování ve spojích v [N] na 50 mm se dle normy [21] nesmí zahrnout první a poslední čtvrtina zaznamenaných dat. V níže uvedených grafech jsou pro přehlednost uvedeny všechny zaznamenané

hodnoty. Při vyhodnocení zkoušky jsou data (první a poslední čtvrtina) dle požadavku normy pominuta.

Obr. 84 zobrazuje připravené vzorky asfaltových pásků. Zvoleny byly nejčastěji používané typy asfaltových pásů na střešních konstrukcích.

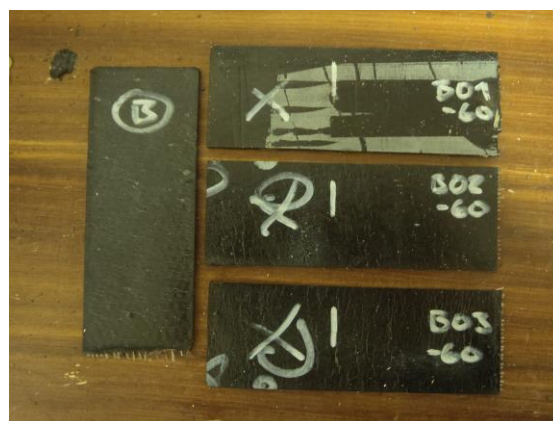
Vzorky:

a01- 60, a02- 60, a03- 60



Vzorky:

b01- 60, b02- 60, b03- 60



Vzorky:

a01- 120, a02- 120, a03- 120



Vzorky:

b01- 120, b02- 120, b03- 120



Obr. 84 Přehled použitých vzorků asfaltových pásků

Na Obr. 85 je znázorněn postup zkoušky, kdy po natavení asfaltových pásků na jednotlivé zkušební desky byly vzorky ve speciálním držáku upnuty do trhacího stroje. Byla vložena zarážka proti posunutí vzorku a bylo započato se zkouškou.



Obr. 85 Postup při zkoušce – průběh po řádcích

Následující Tab. 8 popisuje jednotlivé zkušební vzorky a shrnuje výsledky zkoušky (maximální tahovou sílu).

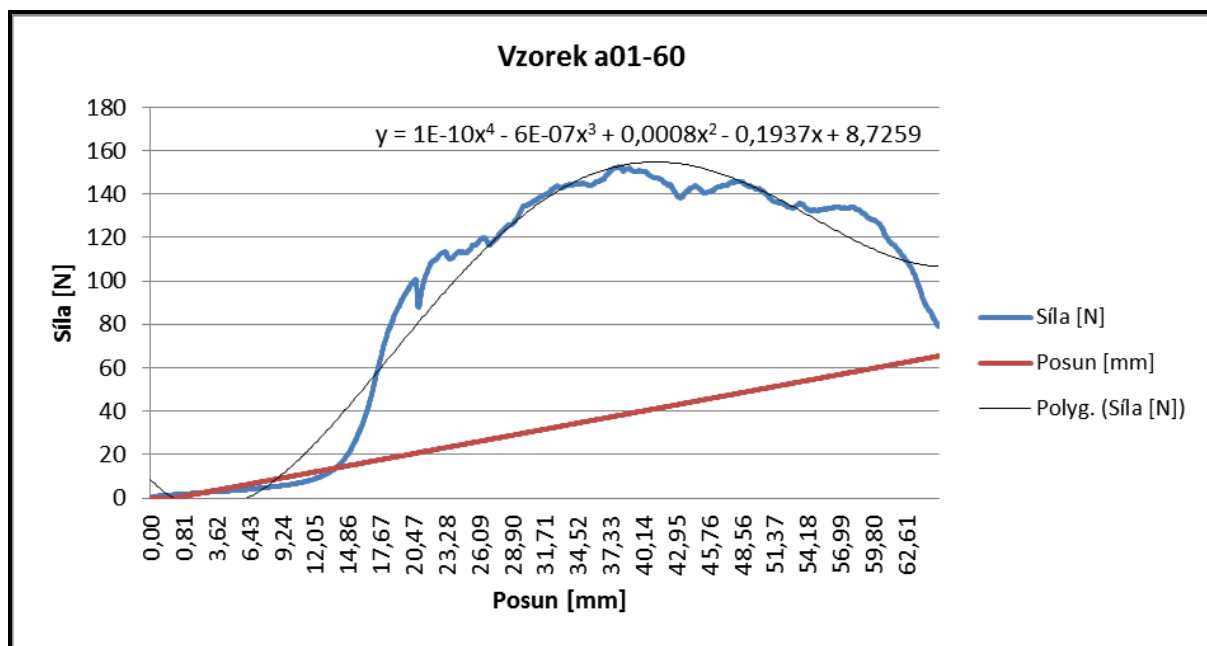
Tab. 8 Přehled zkoušených vzorků

vzorek	plast (typ)	druh pásu	způsob aplikace	délka natavení [mm]	maximální síla [N]	hodno cení
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

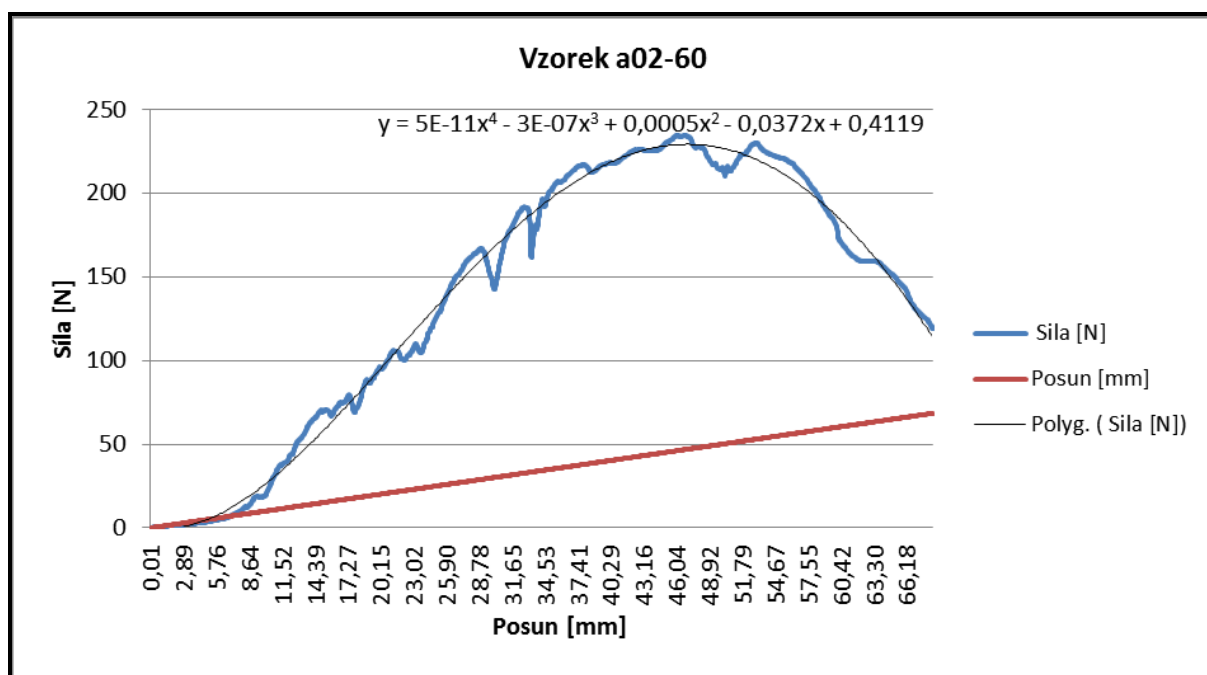
Jednotlivé grafy průběhu síly zkoušených vzorků jsou vyobrazeny níže.

Nevyhovující vzorek v Tab. 8 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. Specifikem natavování hydroizolačních materiálů je přítomnost lidského faktoru. Může dojít k nerovnoměrnému ohřátí prvků, nerovnoměrnému natavení, špatnému zaválečkování a k dalším technologickým vadám vedoucím k nedokonalé aplikaci prvků.

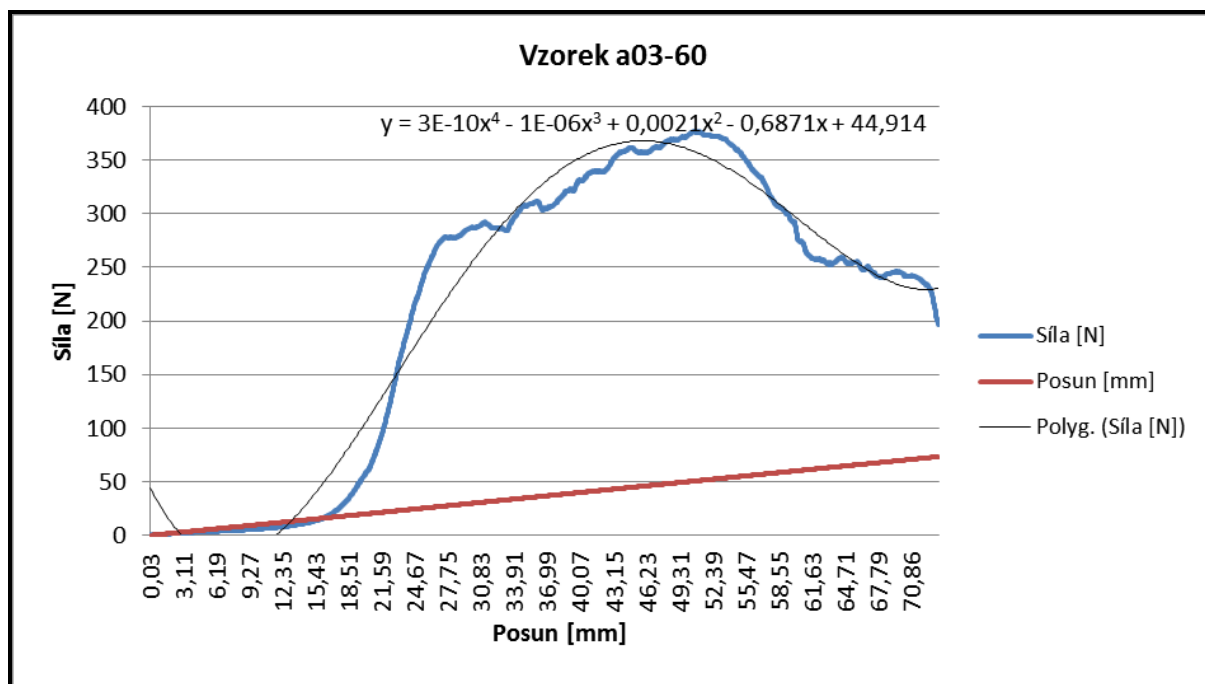
V následujících obrázcích průběhů sil jsou jednotlivé vzorky podrobněji znázorněny. Průběhy naměřených hodnot jsou proloženy spojnici polynomického trendu 4-tého stupně a je uvedena jeho rovnice.



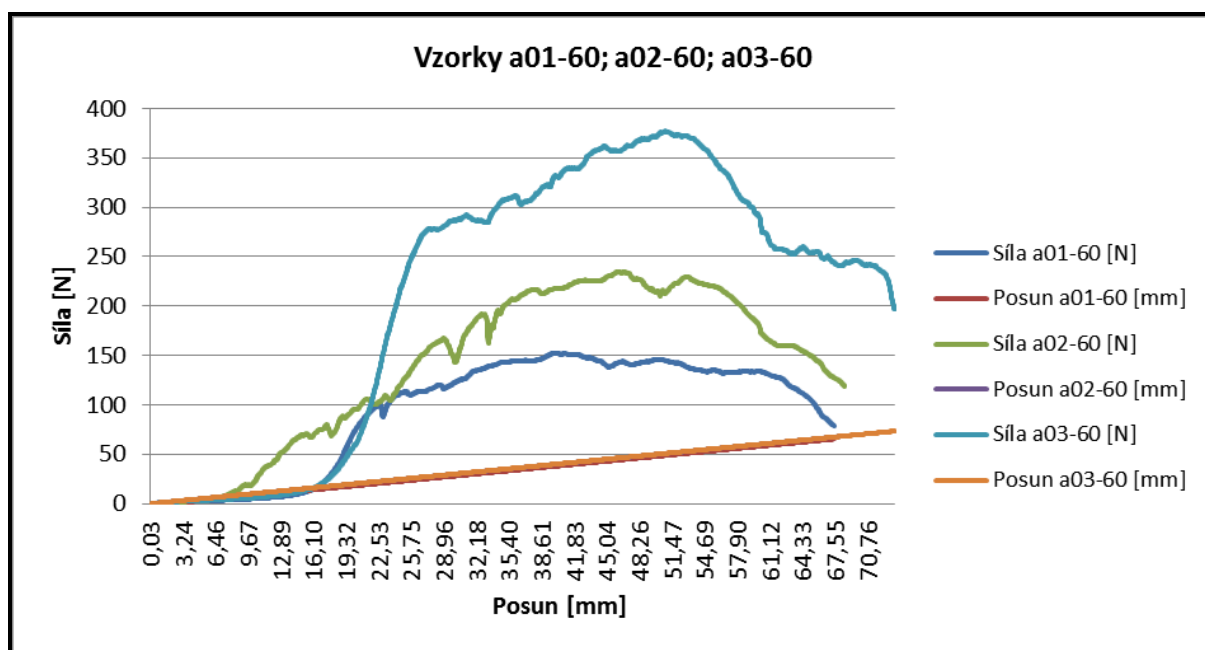
Obr. 86 Vzorek a01-60 – průběh síly



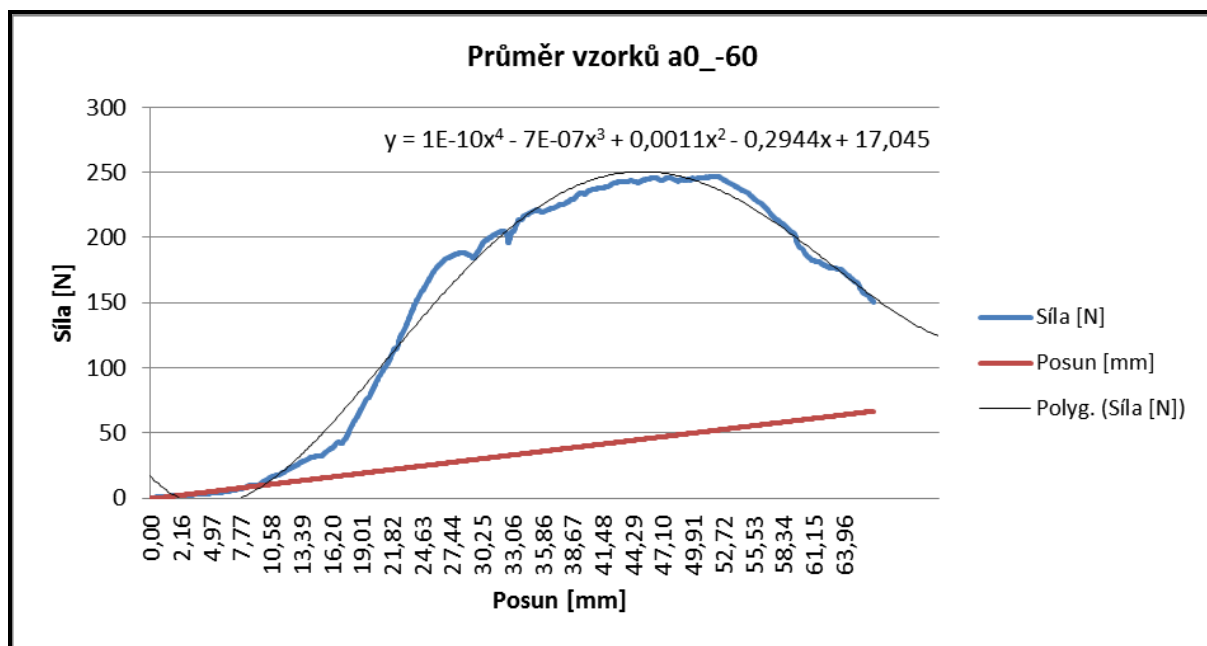
Obr. 87 Vzorek a02-60 – průběh síly



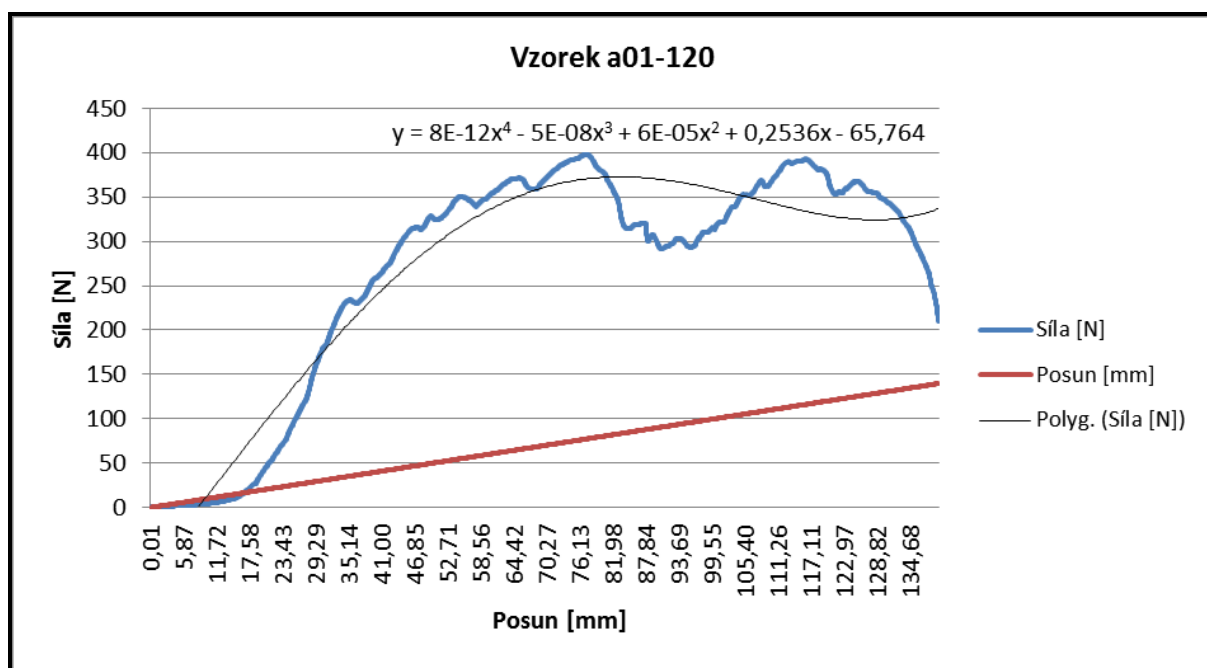
Obr. 88 Vzorek a03-60 – průběh síly



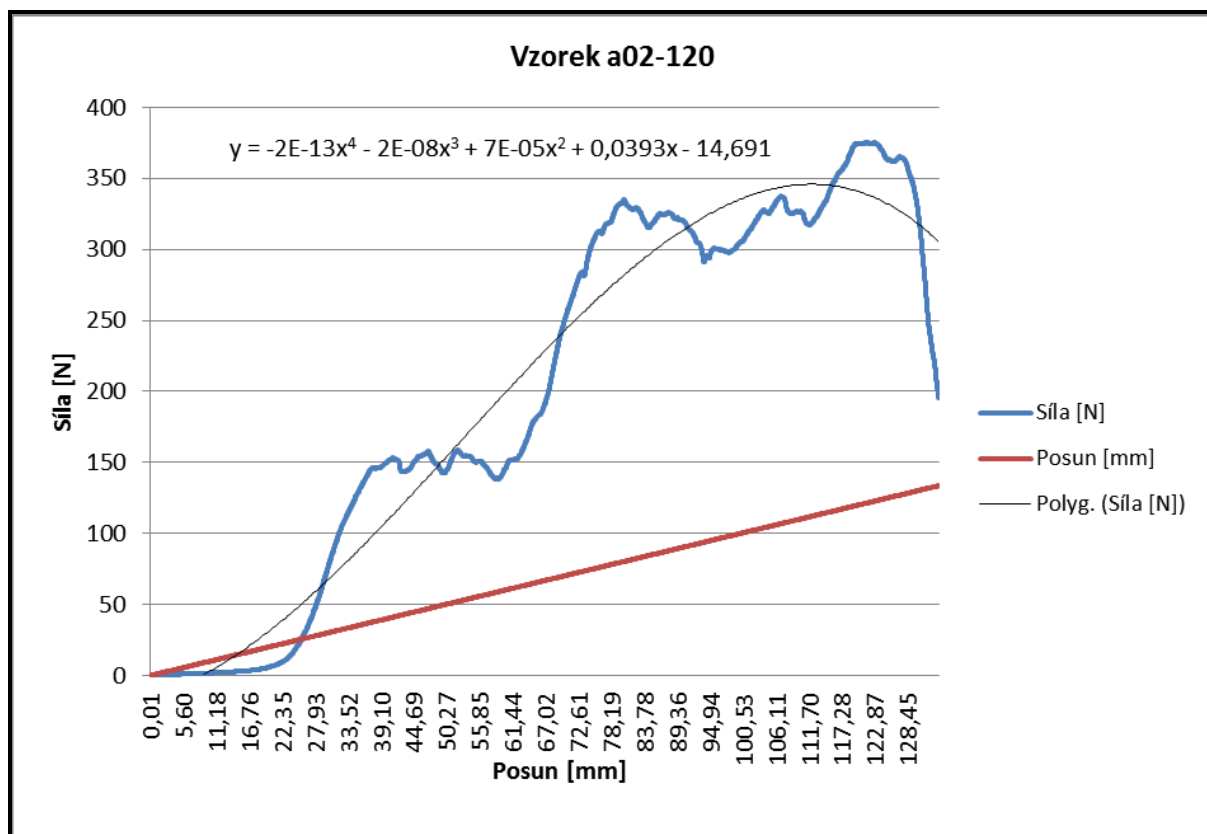
Obr. 89 Souhrn vzorků a01-60; a02-60; a03-60 – průběhy sil



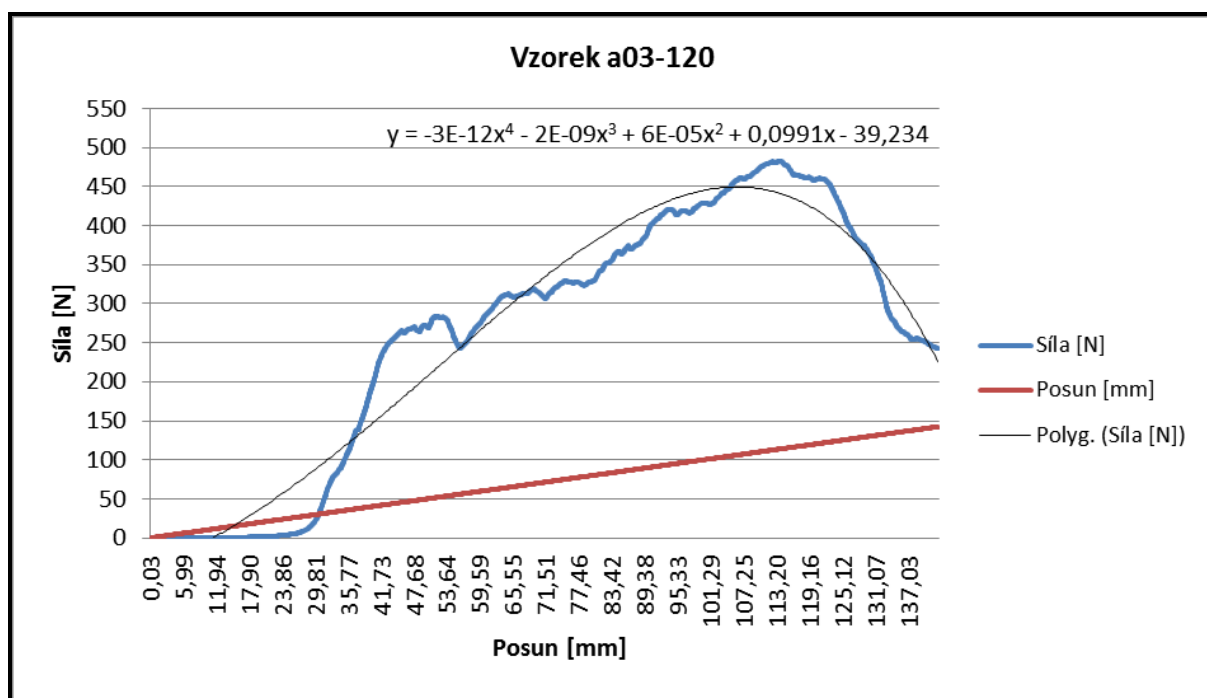
Obr. 90 Průměr vzorků a01-60; a02-60; a03-60 – průběh síly



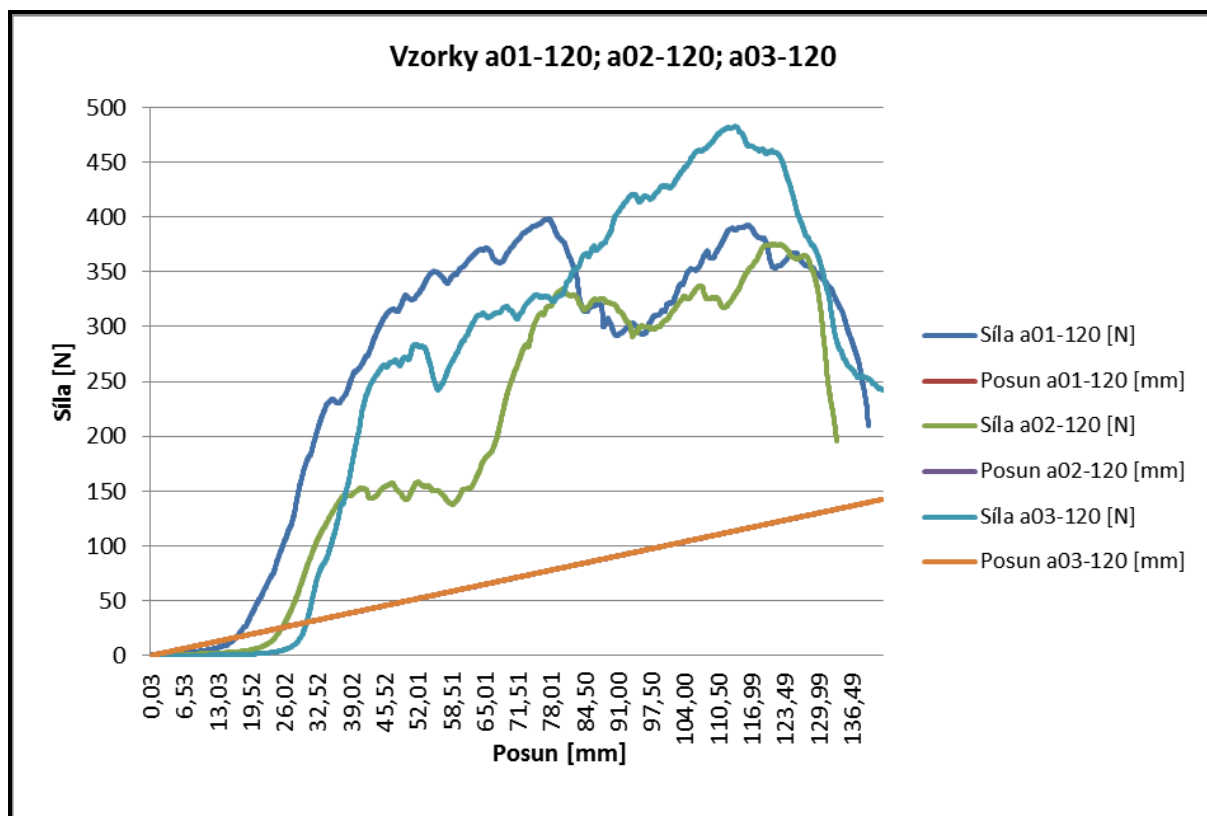
Obr. 91 Vzorek a01-120 – průběh síly



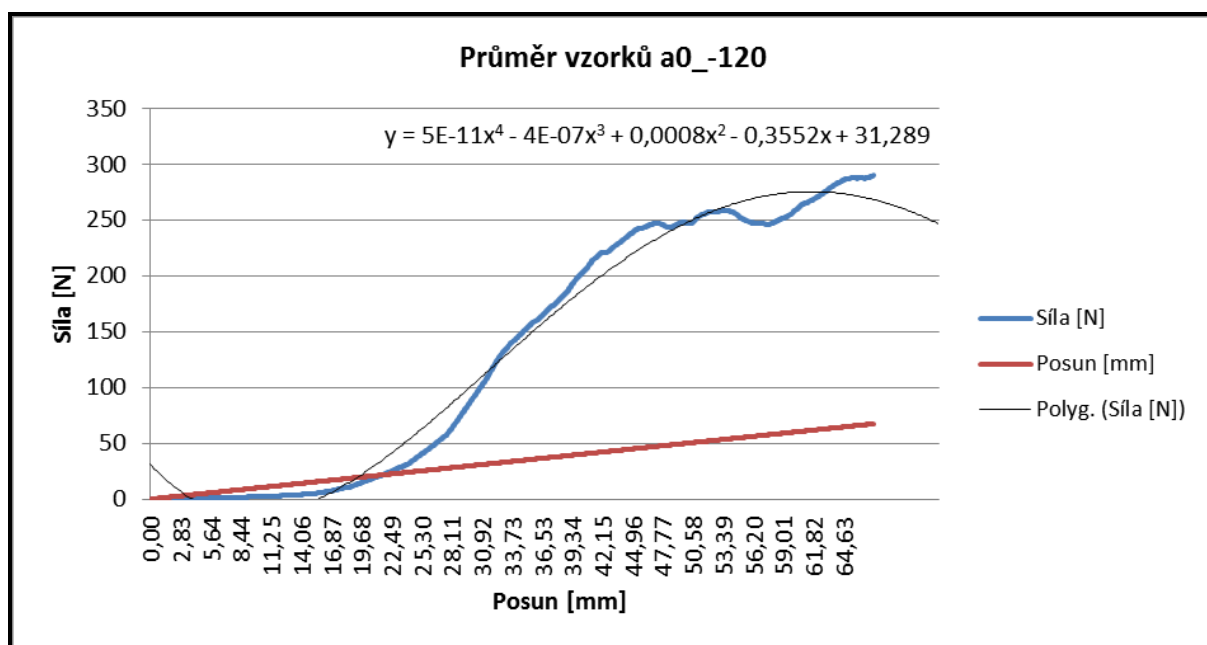
Obr. 92 Vzorek a02-120 – průběh síly



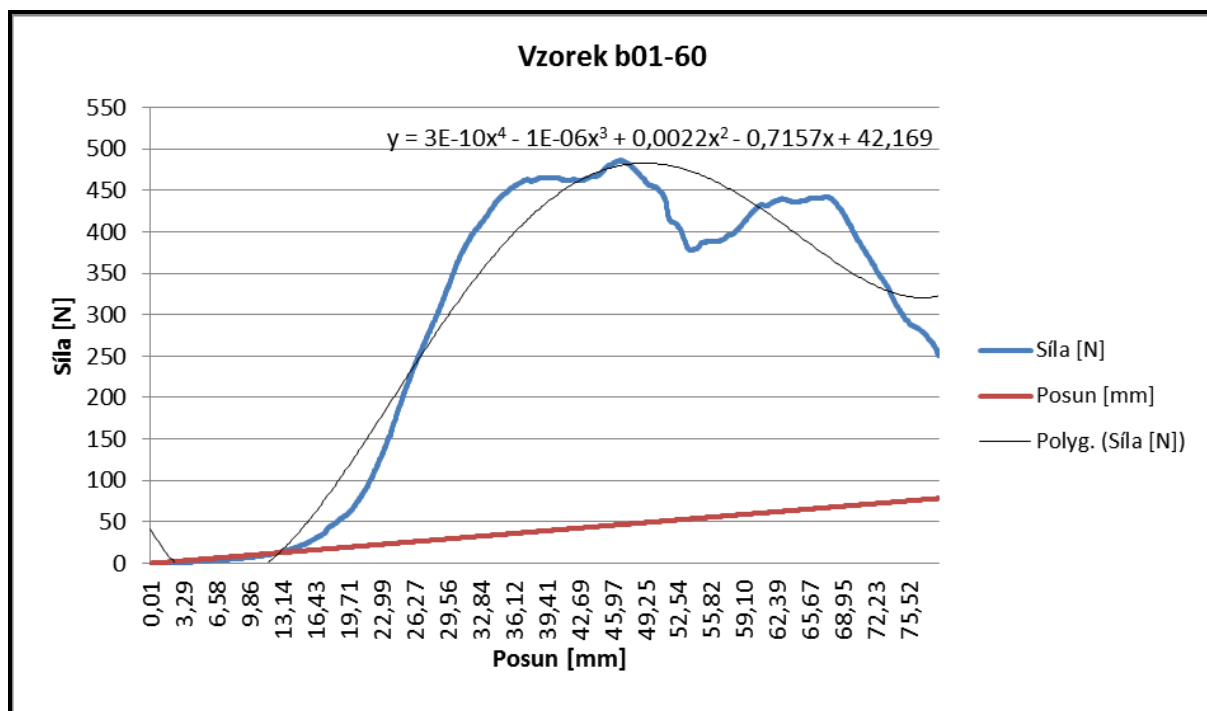
Obr. 93 Vzorek a03-120 – průběh síly



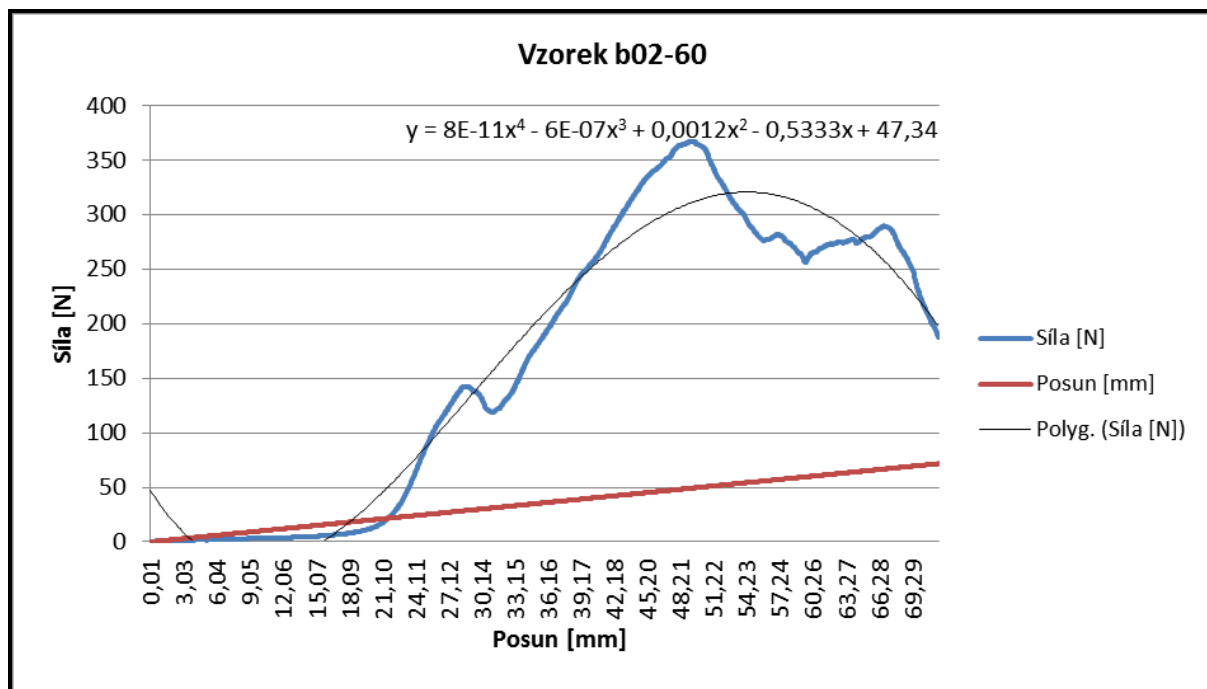
Obr. 94 Souhrn vzorků a01-120; a02-120; a03-120 – průběhy sil



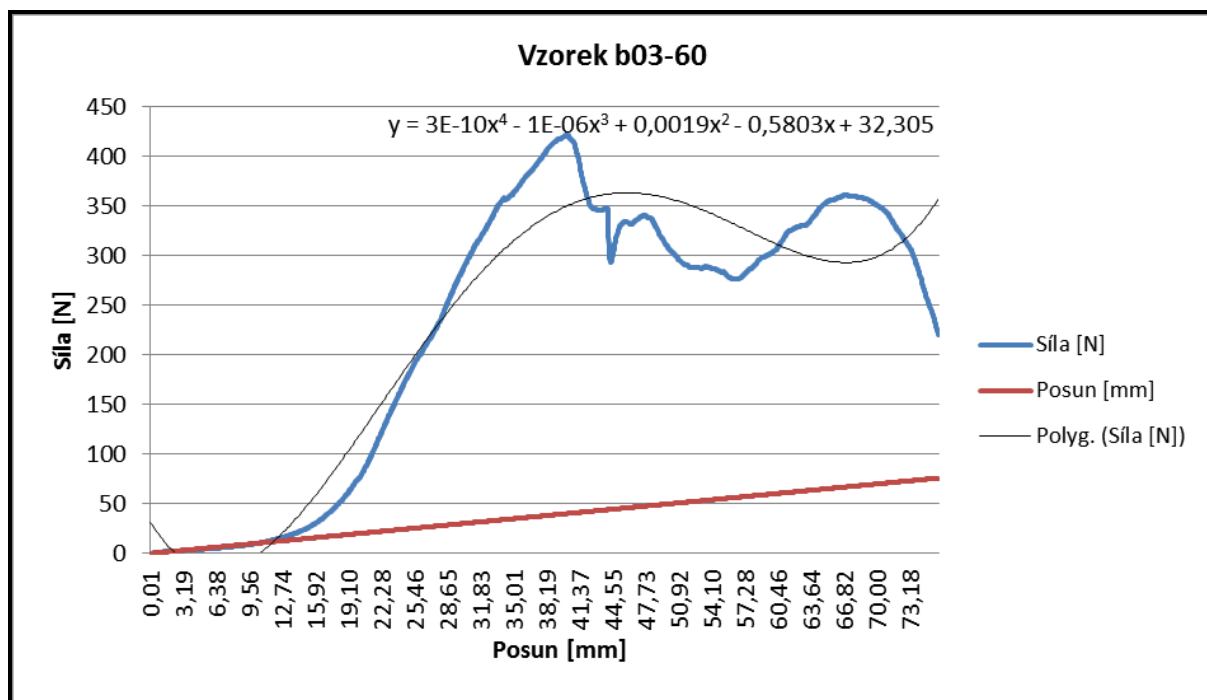
Obr. 95 Průměr vzorků a01-120; a02-120; a03-120 – průběh síly



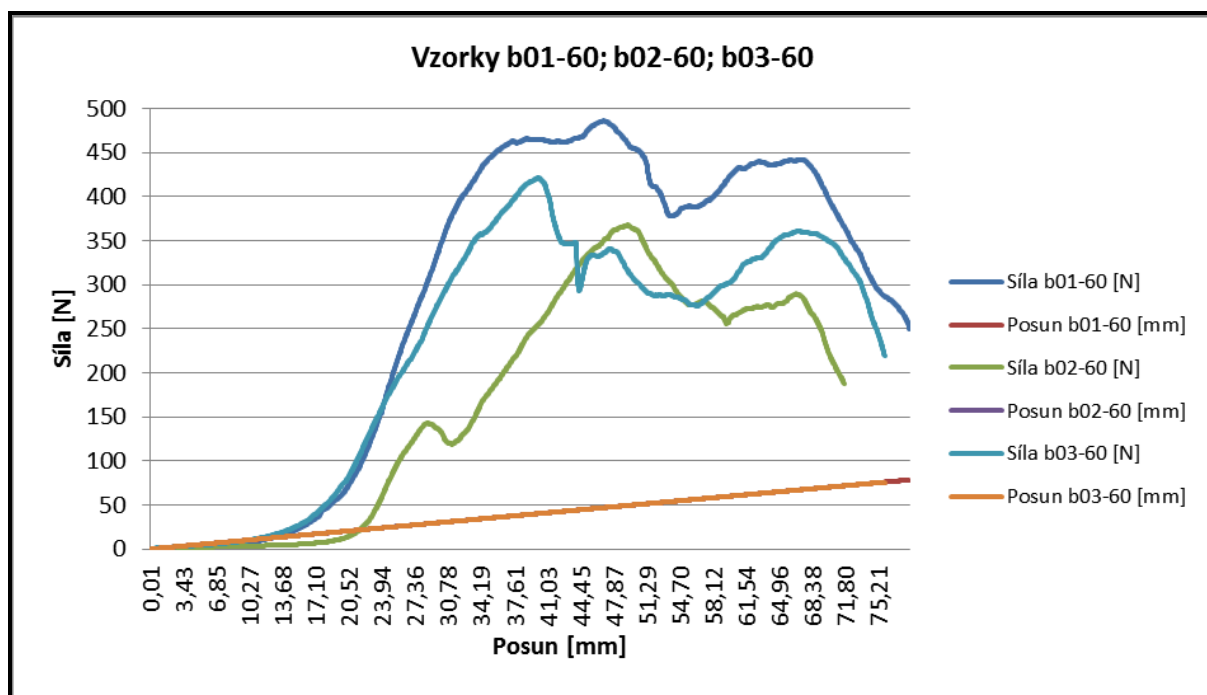
Obr. 96 Vzorek b01-60 – průběh síly



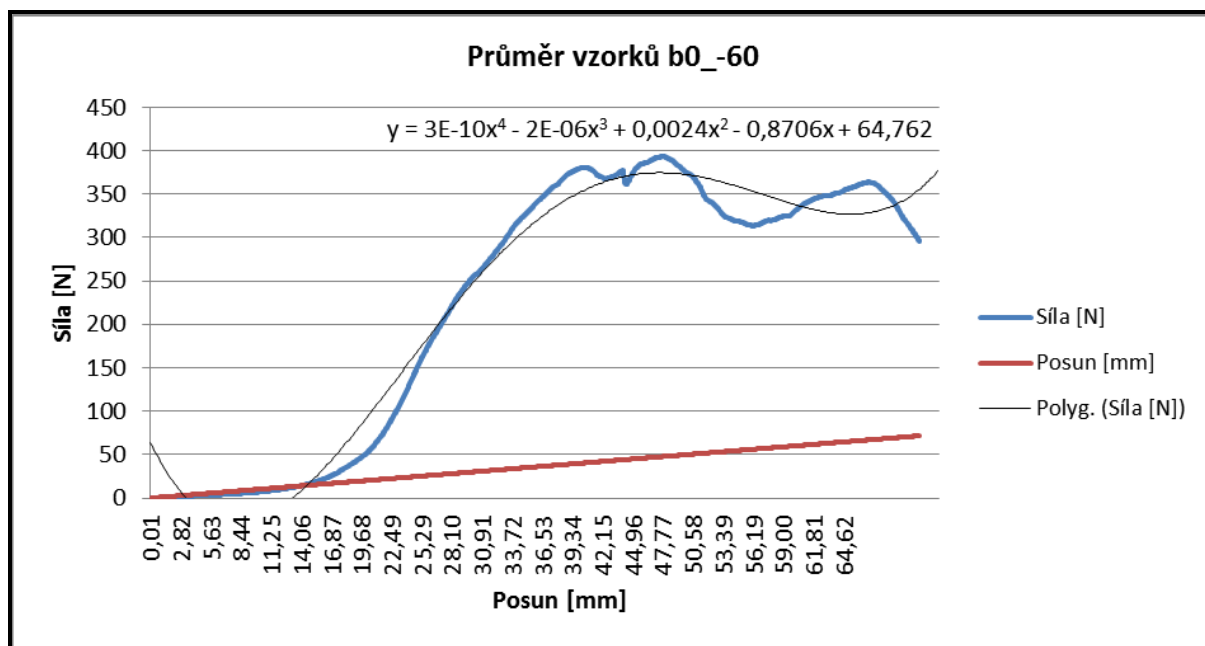
Obr. 97 Vzorek b02-60 – průběh síly



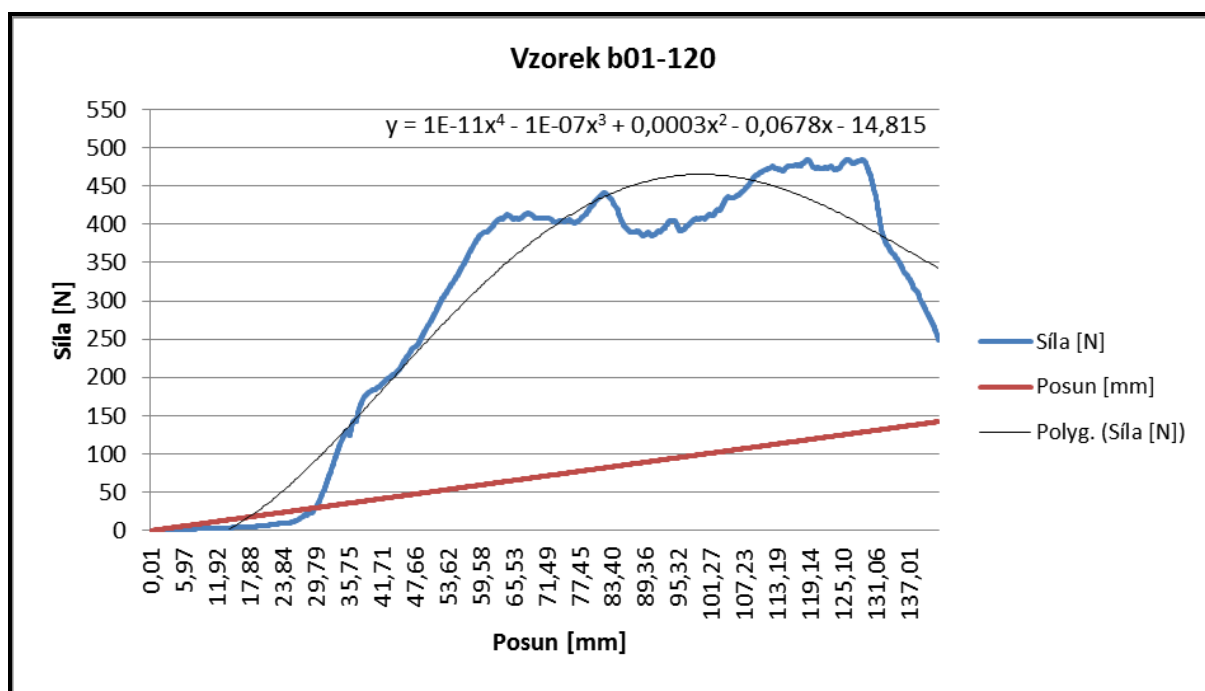
Obr. 98 Vzorek b03-60 – průběh síly



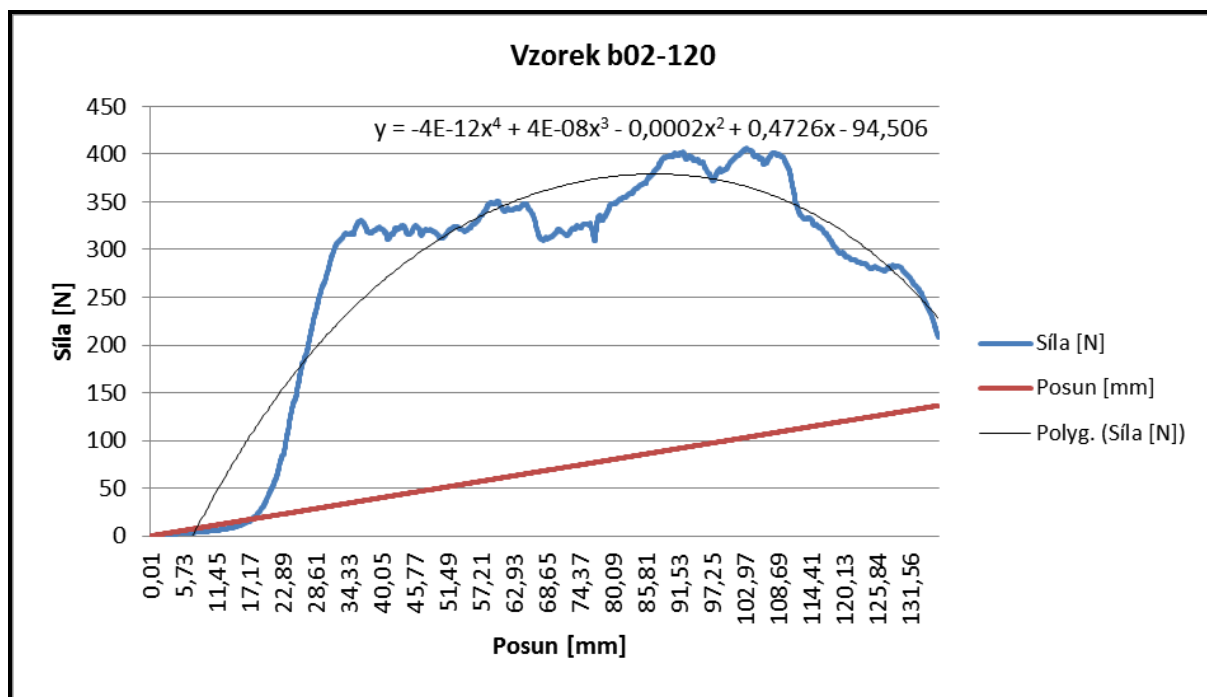
Obr. 99 Souhrn vzorků b01-60; b02-60; b03-60 – průběhy sil



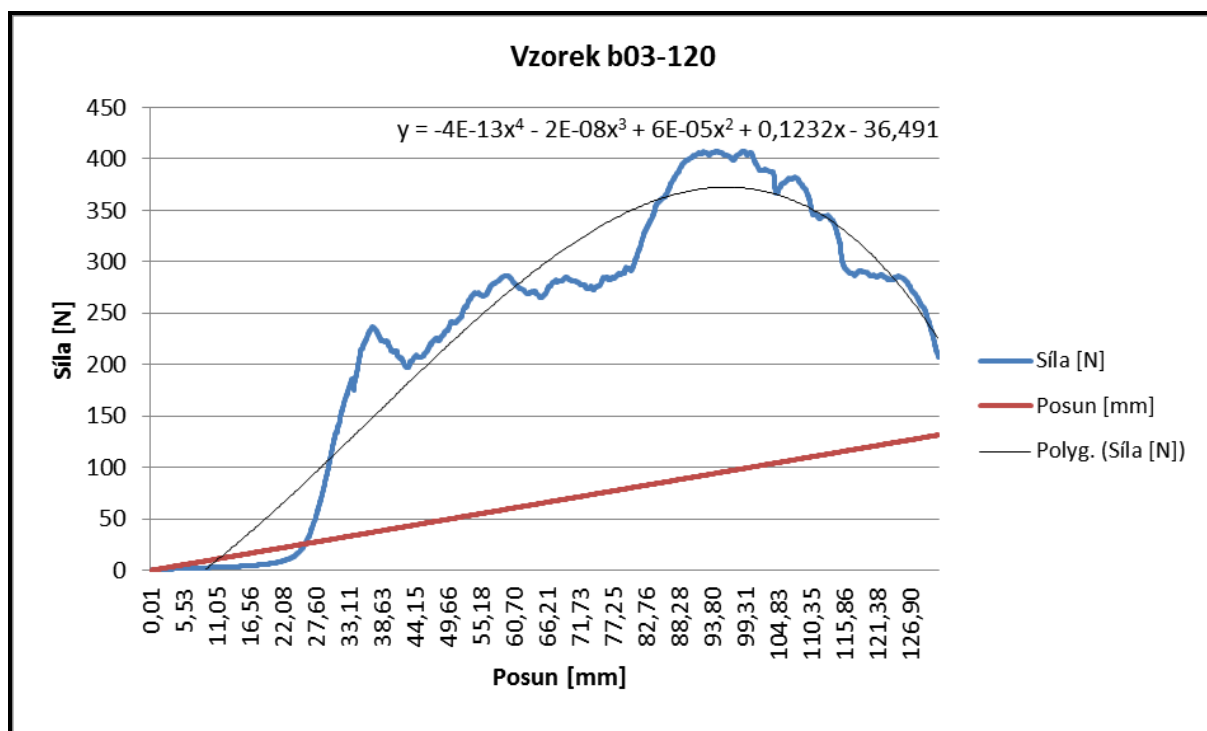
Obr. 100 Průměr vzorků b01-60; b02-60; b03-60 – průběh síly



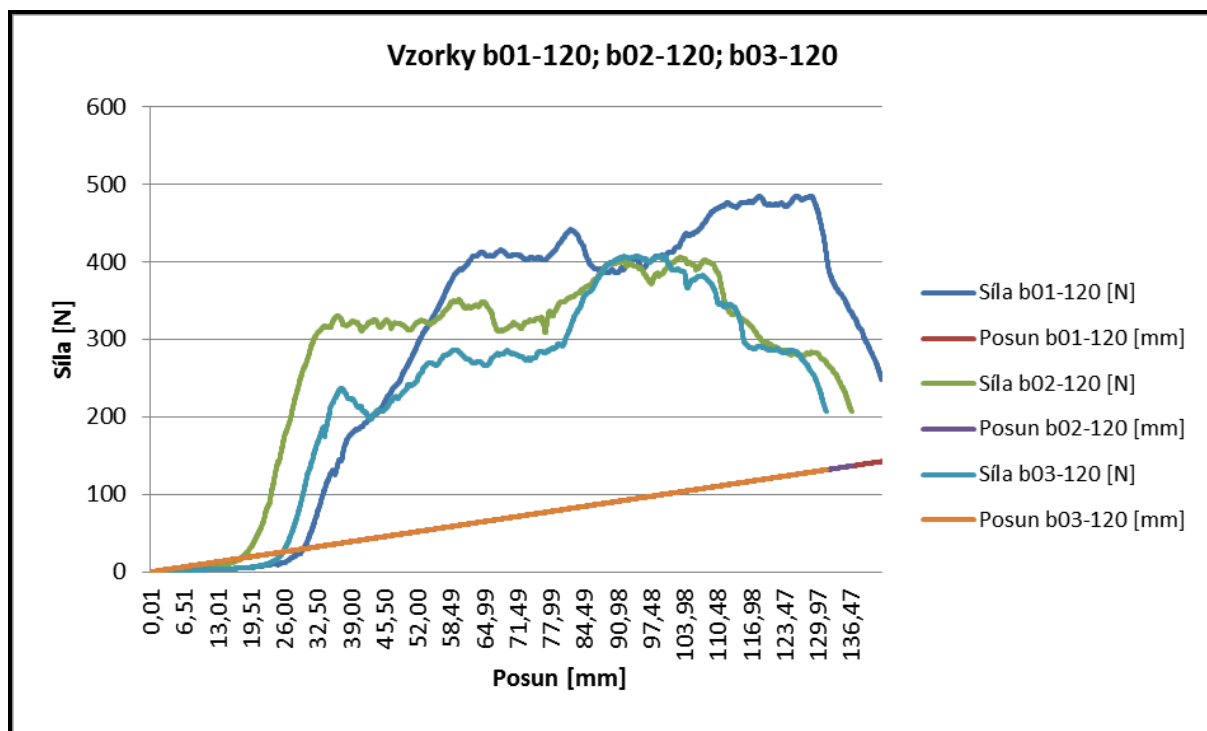
Obr. 101 Vzorek b01-120 – průběh síl



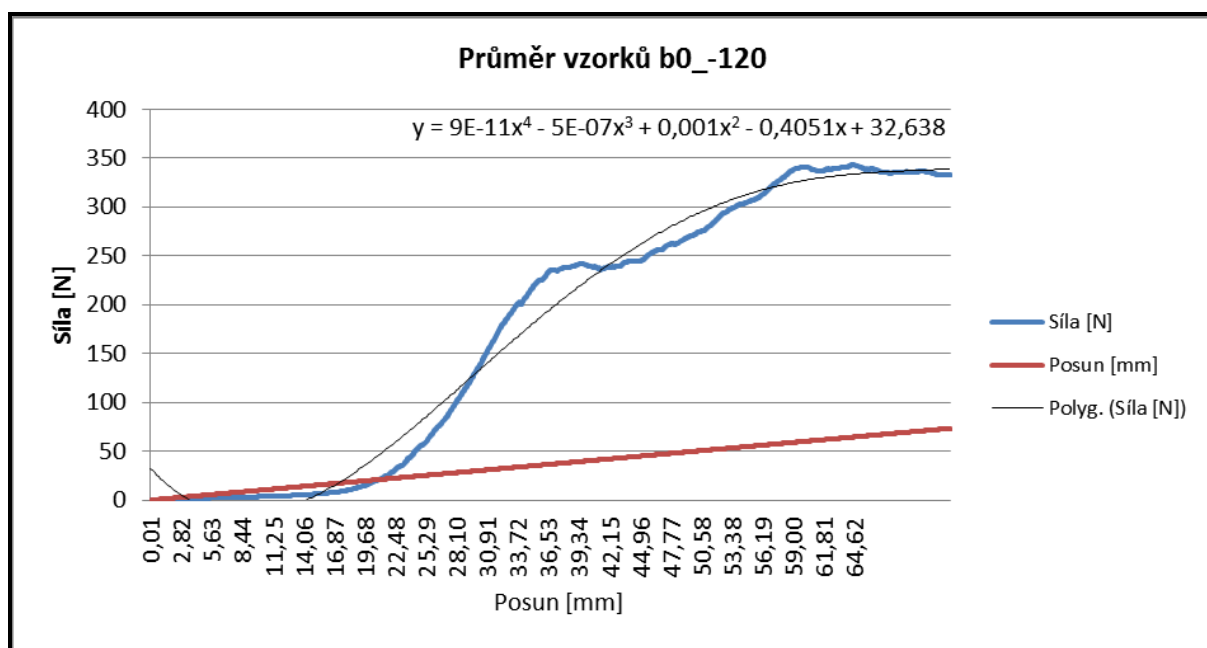
Obr. 102 Vzorek b02-120 – průběh síly



Obr. 103 Vzorek b03-120 – průběh síly



Obr. 104 Souhrn vzorků b01-120; b02-120; b03-120 – průběhy sil



Obr. 105 Průměr vzorků b01-120; b02-120; b03-120 – průběh síly

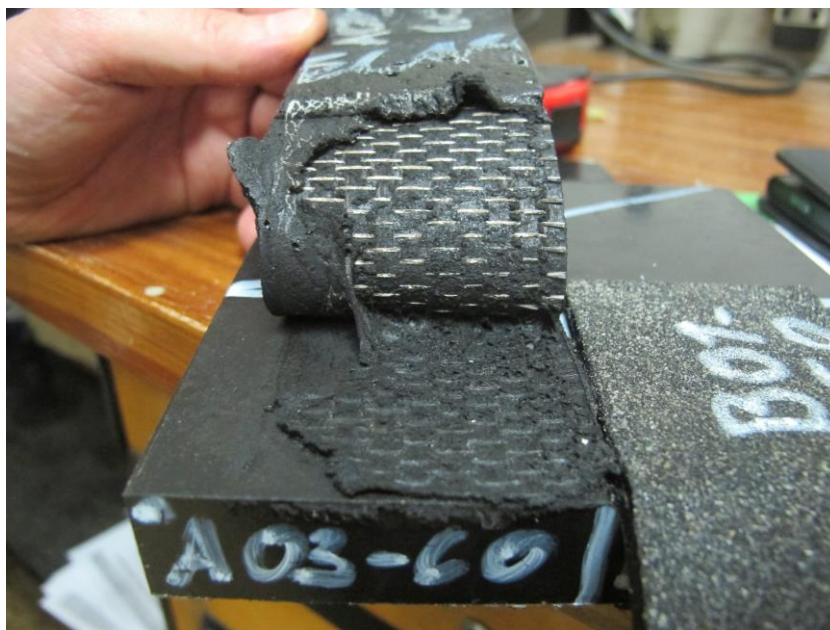
Přehledné zobrazení průměrné tahové síly ve zkoušce proti odlupování ve spojích je shrnuto v níže uvedené Tab. 9.

Tab. 9 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 N – 400 N.

Při zkoušce docházelo k porušení pásu v oblasti vložky, nebo k oddělení spodní části asfaltového pásu od nosné vložky (Obr. 106). Lze tedy konstatovat, že spoj asfaltového pásu s druhotným plastovým materiálem (HDPE) je pevnější, než samotná hmota asfaltového pásu.



Obr. 106 Detail vzorku a03-60 – oddělení asfaltové hmoty od nosné vložky

Zkouška měla 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 technického materiálu.

5.3.2 Návrh výrobku pro opláštění budov

Dle výše zmíněných nedostatků (kapitola 2.4) 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 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 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.

Výše uvedené vlastnosti jsou požadovány pro správnou funkčnost a dlouhodobou životnost navrhovaného výrobku.

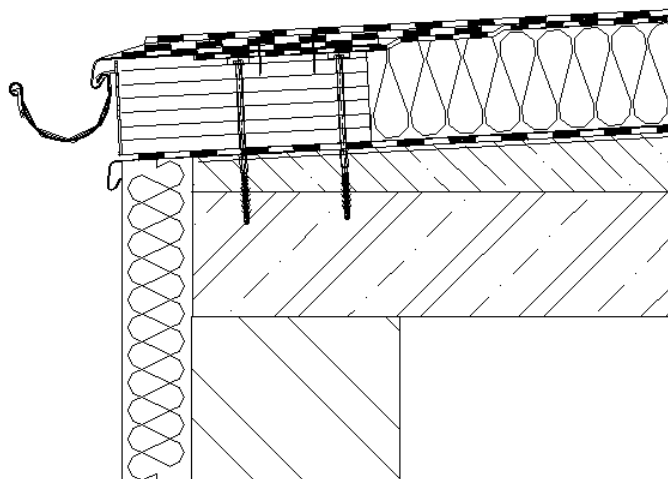
5.3.3 Optimalizace návrhu výrobků

Dle požadavků kapitoly 5.3.2, je navržen níže popsáný konstrukční detail střešního pláště s možností aplikace na další detaily nacházející se ve střešním plášti.

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

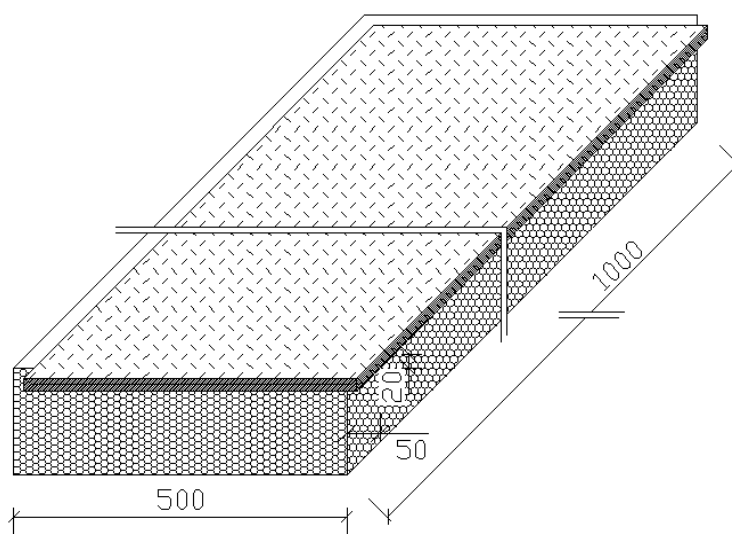
Ověření:

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



Obr. 107 Schéma konstrukčního detailu u okapu – lokální spojování

Lokální spojování (Obr. 107) na desky z druhotných materiálů je vhodné u konstrukčních detailů ukončujících prvků ve střešním plášti. Vhodnost využití je i v koutech a rozích u atiky, ukončení konstrukce u světlíku, výlezu na střechu a podobně. Vložená deska je pevná a její tepelně izolační vlastnosti dokáží nahradit standardní vkládané prvky, jako jsou například extrudované polystyreny s krycí vrstvou z OSB desek.



Obr. 108 Návrh desky pro plnoplošné natavení

Pro plochy větších rozměrů je navržen tepelně izolační prvek s nakaširovanou vrstvou z plastové desky (Obr. 108). Deska je na tepelném izolantu aplikována s přeloženým osazením 50 mm mimo plochu. Dojde tím k pevnému osazení prvku a k rovnoměrnému roznesení zatížení do okolních prvků. Tento systém je vhodný pod technologická zařízení na střešním plášti.

6 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, jsou 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 umísťování 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*“.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

7.1 Seznam použitých podkladů

7.1.1 Použitá literatura

- [1] *Agenda 21: pro udržitelnou výstavbu*. Petr Hájek; Stanislava Kasíková. Praha : ČVUT, 2001. 120 s. ISBN 80-01-02467-9.
- [2] MIN HU - DEMEI YU - JIANBO WEI. *Thermal conductivity determination of small polymer samples by differential scanning calorimetry*. Department of Applied Chemistry, School of Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shanxi 710049, PR China, 2006
- [3] S.L. SIMON - G.B. MCKENNA. *Measurement of thermal conductivity using TMDSC: solution to the heat flow problem*, J. Reinf. Plast. Compos. 18 (1999) 559.
- [4] L.A. RORRES-GOMEZ - R. YANEZ-NIETO. *Wide range determination of thermal conductivity by differential scanning calorimetry*, Thermochim. Acta 140 (1989) 139–144.
- [5] Das Passivhaus in der Praxis (Symposium und Exkursion) 2001: *Relation Bauwerkskosten und Energiestandard*. AEE - Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie NÖ, Wien.
- [6] DUCHÁČEK V. *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. Str. 274. ISBN 80-7080-617-6
- [7] SKŘIL, R. *Syntéza speciálních polymerů pomocí single-site katalytických systémů* [online]. 2006 [cit. 2013-03-10]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/12362/prif_d/>
- [8] LUZURIAGA, S.E. *Utilization of compatibilization and stabilization methods in the recycling of commingled municipal plastic waste* [online]. 2009 [cit. 2013-03-10]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Ivan Fortelný. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/22738/prif_d/
- [9] MACEKOVÁ, M. *Z čeho vyrůstá ekologická architektura? Důvody vzniku a možnosti hodnocení ekologicky příznivých obytných domů v České republice* [online]. 2013 [cit. 2013-03-10]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/167151/fss_d/

- [10] MARILDA MUNARO - LENI AKCELRUD. *Polyethylene blends: A correlation study between morphology and environmental resistance*. Polymer Degradation and Stability 93 (2008) 43-49
- [11] *Standard test method for plastics: dynamic mechanical properties, Tension*, ASTM D5026. Easton; 2001.
- [12] *Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement*, ASTM D792. Easton; 1991.

7.1.2 Použité normy, zákony a vyhlášky

- [13] *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech*. [s.l.] : [s.n.], 2001. 60 s. Dostupný z www: <http://biom.cz/legislativa.stm?x=447257>. s navazující sbírkou zákonů č. 106/2005.
- [14] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 10/2011.
- [15] Vyhláška č. 66/ 2006 Sb., Ministerstva průmyslu a obchodu *O obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech)*, ve znění pozdějších předpisů.
- [16] Vyhláška č. 116/2002 Sb., Ministerstva průmyslu a obchodu *O způsobu označování vratných zálohovaných obalů*.
- [17] Nařízení vlády 197/2003 Sb., *o plánu odpadového hospodářství České republiky*.
- [18] TNI 74 6077. *Okna a vnější dveře – Požadavky za zabudování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 2/2011.
- [19] Vyhláška č. 268/2009 Sb., Ministerstva průmyslu a obchodu *O technických požadavcích na stavby*, ve znění pozdějších předpisů.
- [20] ČSN 01 1600. *Akustika - Terminologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii, a státní zkušebnictví, 03/2003.
- [21] 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.

7.1.3 Použité podklady dostupné na internetu

- [22] Puruplast [online]. Uherské Hradiště 2008 - [cit. 1. června 2012]. Dostupné na www: <http://www.puruplast.cz/plastove-odpady/ekologicka-recyklace/>

- [23] Slavona [online]. Slavonice 2012 - [cit. 1. června 2012] Dostupné na [www: http://www.slavona.cz](http://www.slavona.cz)
- [24] Compacfoam Gmbh [online]. Wien 2011 - [cit. 11. září 2012] Dostupné na [www: http://www.compacfoam.cz/](http://www.compacfoam.cz/)
- [25] Malerbetrieb kempf [online]. Alzenau 2011 - [cit. 1. února 2013] Dostupné na [www: http://www.maler-kempf.de/html/sockel.html](http://www.maler-kempf.de/html/sockel.html)
- [26] Ariostea [online]. Italy 2010 - [cit. 1. února 2013] Dostupné na [www: http://www.ariostea-high-tech.com/tecnologia-facciate-ventilate.php](http://www.ariostea-high-tech.com/tecnologia-facciate-ventilate.php)
- [27] Prostavbu [online]. Brno 2012 - [cit. 2. února 2013] Dostupné na [www: http://www.prostavbu.cz/fasadni-obklady-decostone.html](http://www.prostavbu.cz/fasadni-obklady-decostone.html)
- [28] Madus Company [online]]. Uherské Hradiště 2012 - [cit. 1. listopadu 2012] Dostupné na [www: http://www.madus.cz/cz/kategorie/plastove-palubky-masterline.aspx](http://www.madus.cz/cz/kategorie/plastove-palubky-masterline.aspx)
- [29] Dec-plast s.r.o. [online]. Příbor 2012 - [cit. 1. června 2012] Dostupné na [www: http://www.decplast.cz](http://www.decplast.cz)
- [30] *Jak se třídí a recyklují plasty? Spotřebitelské otázky* [online]. Praha 2011 - [cit. 2. června 2012]. Dostupný z [www: http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php?id=odpady:jak_se_tridi_a_recykluji_plasty](http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php?id=odpady:jak_se_tridi_a_recykluji_plasty)
- [31] Český statistický úřad [online]. Praha 2012 - [cit. 1. června 2012]. Dostupný z [www: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/home](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/home)
- [32] Petrecycling [online]. *Dělení způsobů recyklace a používané terminologie*. ČR 2000 [cit. 1. června 2012]. Dostupný z [www: http://www.petrecycling.cz/rec-13_deleni.htm](http://www.petrecycling.cz/rec-13_deleni.htm)
- [33] Buildaroo [online]. ČR 2008. [cit. 2. června 2012]. Dostupný z [www: http://buildaroo.com/cs/news/article/robotics-improve-plastic-recycling/](http://buildaroo.com/cs/news/article/robotics-improve-plastic-recycling/)
- [34] Everwood [online]. ČR 2006. [cit. 18. ledna 2010]. Dostupný z [www: http://www.everwood.cz](http://www.everwood.cz)
- [35] Zeopol [online]. Břeclav 2012. [cit. 16. června 2012]. Dostupný z [www: http://www.zeopol.com](http://www.zeopol.com)
- [36] TZB-info [online]. Praha 2006. [cit. 14. srpna 2012]. Dostupný z [www: http://www.tzb-info.cz/3560-teplotni-faktor-vnitriho-povrchu-frsi-pro-csn-73-0540-2](http://www.tzb-info.cz/3560-teplotni-faktor-vnitriho-povrchu-frsi-pro-csn-73-0540-2)
- [37] 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/](http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/tepelne-mosty-definice-tepelneho-mostu/)

- [38] Mooding [online]. ČR 2007. [cit. 15. srpna 2012]. Dostupný z [www: http://www.modding.cz/?p=68](http://www.modding.cz/?p=68)
- [39] Technická univerzita Liberec [online]. Liberec 2012. [cit. 15. srpna 2012]. Dostupný z [www: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [40] Ahlborn [online]. Praha 2012. [cit. 2. srpna 2012]. Dostupný z [www: www.ahlborn.cz](http://www.ahlborn.cz)
- [41] Luna plast a.s. [online]. Mělník 2012. [cit. 18. července 2012]. Dostupný z [www: http://www.lunaplast.cz](http://www.lunaplast.cz)
- [42] Puren gmbh [online]. Jihlava 2010. [cit. 28. srpna 2012]. Dostupný z [www: http://www.jitrans-trade.cz/tech-listy/konstrukce/vyhody_purenit.pdf](http://www.jitrans-trade.cz/tech-listy/konstrukce/vyhody_purenit.pdf)

7.1.4 Použité patenty a užité vzory

- [43] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Zaťažovací stolica na dlouhodobé sledovanie deformačných vlastností s konštantným prítlakom*. EP 2 078 948 B1, Banská Bystrica, Slovensko
- [44] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Materialdeformeringsprovestand for langtidsovervagning af deformeringskarakteristika under konstant tryk*. 08018713.1 EP 2078948, Tästrup, Dánsko
- [45] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Zatěžovací stolice pro dlouhodobé sledování deformačních vlastností s konstantním přítlakem*. 2078948, Riga, Lotyšsko
- [46] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Materialdeformationsprüfstand für die langfristige überwachung der deformationseigenschaften unter konstanten druck*. EP 2 078 948 B1, Wien, Rakousko
- [47] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Materialdeformatietestbank voor lange- termijn bewaking van deformatie karakteristieken onder constante druk*. 2-078-948, Brussel, Belgie
- [48] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Materialdeformationsteststativ för langvaring övervakning av deformationskarakteristika under konstant tryck*. 2078948 2010:15, Stockholm, Švédsko
- [49] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P. *Material deformation testing stand for the long- term monitoring of deformation characteristics under constant pressure*. EP UK 2078948, Newport, Velká Británie
- [50] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Material deformation testing stand*

- for the long- term monitoring of deformation characteristics under constant pressure.* 60 2008 000 488.0-08, München, Německo
- [51] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Stanowisko do badania odkształcen materiałow przeznaczone do długotrwałego monitorowania charakterystyk od kształcen pod stalym obciążeniem.* EP 2 078 948 B1, Warszawa, Polsko
- [52] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Naprava za preizkušanje deformacij materiala pri dolgotrajnem nadziranju karakteristik deformacij pod nespremenljivim tlakom.* 2 078 948, Ljubljana, Slovinsko
- [53] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Material deformation testing stand for the long- term monitoring of deformation characteristics under constant pressure.* E2078948, Rijswijk, Holandsko
- [54] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Material deformation testing stand for the long- term monitoring of deformation characteristics under constant pressure.* 2078948, Paris, Francie
- [55] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Material deformation testing stand for the long- term monitoring of deformation characteristics under constant pressure.* 2078948-IE, Kilkenny, Irsko
- [56] PĚNČÍK, J.; MATĚJKA, L.; ŽÍTT, P.; *Materialdeformationsprüfstand für die langfristige Überwachung der Deformationseigenschaften unter konstantem Druck.* 2 078 948, Bern, Švýcarsko
- [57] MATĚJKA, L.; SMOLKA, R.; *Ústav pozemního stavitelství: Podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří.* 19112, užitný vzor. Praha (2008)
- [58] MATĚJKA, L.; SMOLKA, R.; *Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ: Desky prahové spojky.* 34766, průmyslový vzor. Praha (2010)
- [59] MATĚJKA, L.; SMOLKA, R.; *Brno University of Technology: Support structures for a doors threshold.* EP 2159364 B1, patent. Munchen (2012)
- [60] Fotografie: Ing. Tomáš Petříček

7.2 Seznam autorem publikovaných prací

2006

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.

2007

2. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Využití plastových odpadních surovin v podlahových konstrukcích. In *Konstrukce a progresivní materiály s využitím druhotných surovin 2007*. Brno, Vysoké učení technické, Fakulta stavební. 2007. p. 1 - 6. ISBN 978-80-214-3512-4.
3. SMOLKA, R. Tepelně technické posouzení konstrukcí v pasivních bytových domech z druhotných materiálů. In *Sborník anotací Juniorstav 2007*. Brno, Akademické nakladatelství Cerm. 2007. p. 423 - 428. ISBN 978-80-214-3337-3.
4. 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.
5. 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.

2008

6. 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.
7. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Vznik tepelného mostu v místě prahové spojky. In *Budova - energia 8*. Bratislava, SSTP Bratislava. 2008. p. 63 - 66.
8. SMOLKA, R. Aplikace výrobků z druhotných surovin z PE-HD v podlahách. In *Sborník anotací - Juniorstav 2008*. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2008. p. 428 - 433. ISBN 978-80-86433-45-5.

9. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Tepelný most v místě prahové spojky. In *Budovy a prostredie 2008*. Bratislava, STU Brnatislava. 2008. p. 129 - 132.

2009

10. SMOLKA, R. Podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří. In *Sborník anotací, Juniorstav 2009*. 1. Brno, Vysoké učení technické v Brně. 2009. p. 391 - 397. ISBN 978-80-214-3810-1.
11. 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.

2010

12. SMOLKA, R. Izolační prvek pod prahovou spojku dveří eliminující tepelný most. In *Sborník anotací. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veverí 331/95, 602 00 Brno*. 2010. p. 418 - 423. ISBN 978-80-214-4042-5.
13. SMOLKA, R.; MATĚJKA, L. Izolační prvek pod prahovou spojku dveří. In *34. Vedecká konferencia katedriér a ústavov konštrukcií pozemných stavieb. 1. Žilina, Miroslav Gibala, KNM*. 2010. p. 35 - 38. ISBN 978-80-970171-6-3.
14. 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.

2011

15. SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P. Druhotné polymerní suroviny. In *Sborník anotací Juniorstav 2011*. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2011. p. 431 - 433. ISBN 978-80-214-4232-0.
16. PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P.; SMOLKA, R. Skladby šikmé střechy a vhodná aplikace tepelné izolace. In *Juniorstav 2011 Sborník anotací. Brno, Fakulta stavební VUT v Brně*. 2011. p. 46 - 46. ISBN 978-80-214-4232-0.
17. KACÁLEK, P.; SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T. Reflexní parotěsná fólie Sunflex, rozbor výsledků. In *Sborník anotací Juniorstav 2011*. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2011. p. 42 - 43. ISBN 978-80-214-4232-0.

2012

18. SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P. Druhotné polymerní suroviny ve stavebnictví. In *Sborník anotací Juniorstav 2012*. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2012. p. 514 - 514. ISBN 978-80-214-4393-0.
19. KACÁLEK, P.; SMOLKA, R.; PETŘÍČEK, T. Teplotní pole obvodového zdiva podsklepeného objektu. In *Sborník anotací Juniorstav 2012*. 1. Brno, Akademické nakladatelství CERM. 2012. p. 51 - 51. ISBN 978-80-214-4393-0.
20. PETŘÍČEK, T.; KACÁLEK, P.; SMOLKA, R. Rekonstrukce plochých střech z hlediska odvodnění. In *Juniorstav 2012 Sborník anotací*. Brno, Fakulta stavební VUT v Brně. 2012. p. 57 - 57. ISBN 978-80-214-4393-0.
21. 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.

2013

22. 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.
23. MIZEROVÁ, L.; SMOLKA, R. Ověření spolehlivosti mechanických sanačních metod. *České Budějovice*, Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích. 2013. p. 47 - 54.
24. 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.
25. 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 SEZNAMY OBRÁZKŮ, TABULEK A POUŽITÉHO ZNAČENÍ

8.1 Seznam obrázků

Disertační práce je doplněna fotografiemi a dalšími grafickými podklady. Pokud není uvedeno jinak, tak je autor fotografií shodný s autorem disertační práce.

Obr. 1 Komunální odpad dle způsobu svozu v roce 2011	17
Obr. 2 Detail prahové spojky s vloženým prvkem pro přerušení tepelného mostu [23]	18
Obr. 3 Nevhodné řešení pod konstrukcí dveří	19
Obr. 4 Nejpožívanější druhy prahové konstrukce	20
Obr. 5 Nový podkladní prvek s aplikovanou hydroizolací [23]	21
Obr. 6 Konstrukční detail – vložen prvek Purenit (PIR) [42]	22
Obr. 7 Tepelně technické posouzení prvku Purenit [42]	22
Obr. 8 Detail prahu vchodových dveří [24]	23
Obr. 9 Detail prahu přesazených vchodových dveří [24]	23
Obr. 10 Obkladové panely a sortiment [27][24]	25
Obr. 11 Systém kladení obkladových panelů [27][24]	26
Obr. 12 Základní provedení obkladových systémů [28]	27
Obr. 13 Obkladový systém z druhotných surovin s patrnými výrobními defekty	27
Obr. 14 Vtlačení roznášecí betonové konstrukce do střešního pláště [60]	29
Obr. 15 Vtlačení roznášecí betonové konstrukce – vpust' [60]	29
Obr. 16 Celkový pohled na technologické zařízení na pásových podporách [60]	30
Obr. 17 Detail - dodatečné opravy vodotěsnicí vrstvy při lokálním poškození [60]	30
Obr. 18 Dodatečné osazení vzduchotechnických jednotek na střešní plochu [60]	31
Obr. 19 Vzorek drtě PS – tříštivý	43
Obr. 20 Vzorek drtě HDPE	43
Obr. 21 Vzorek regranulátu ABS	44
Obr. 22 Vzorek regranulátu ASA	45
Obr. 23 Vzorek regranulátu PC	45
Obr. 24 Vzorek regranulátu PA6	46
Obr. 25 Vzorek regranulátu PBT	46
Obr. 26 Vzorek regranulátu PEI	47
Obr. 27 Vyrobený nehomogenní vzorek z ASA	47
Obr. 28 Vyrobený nehomogenní vzorek z ABS	47
Obr. 29 Práškový polyuretan - recyklát	49
Obr. 30 Mletý zeolit	49
Obr. 31 Zkušební těleso z HDPE	50
Obr. 32 Čidlo - snímač dráhy FWA025T [40]	50
Obr. 33 Měřicí ústředna ALMEMO 2890-9 a ALMEMO 2470-2SKN[40]	51
Obr. 34 Měřicí zařízení – pevné uchycení tří snímačů dráhy ([43] – [56])	51

Obr. 35 Zatěžovací stolice č. 1 ([43] – [56]).....	52
Obr. 36 Zatěžovací stolice č. 2 ([43] – [56]).....	52
Obr. 37 Průběh měření – zatěžovací stolice č. 1; zatěžovací stolice č. 2 ([43] – [56]).....	52
Obr. 38 Vzorek č. 3. a) Průběh krátkodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 4 MPa	54
Obr. 39 Vzorek č. 2. a) Průběh krátkodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 2 MPa	54
Obr. 40 Vzorek č. 1. a) Průběh krátkodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 3 MPa	55
Obr. 41 Vzorek č. 1. b) Průběh krátkodobého stlačení vzorku s pilinami, zatížení 2 MPa	55
Obr. 42 Vzorek č. 2. b) Průběh krátkodobého stlačení vzorku s pilinami, zatížení 3 MPa	56
Obr. 43 Vzorek č. 3. b) Průběh krátkodobého stlačení vzorku s pilinami, zatížení 4 MPa	56
Obr. 44 Vzorek č. 1. c) Průběh krátkodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 3 MPa.....	57
Obr. 45 Vzorek č. 1. a) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku z retardovaného HDPE, zatížení 3 MPa; čidlo 3 v průběhu měření vykazovalo nesrovnalosti a nebylo do grafu uvažováno	57
Obr. 46 Vzorek č. 1. d) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 3 MPa.....	58
Obr. 47 Vzorek č. 2. d) Průběh dlouhodobého stlačení vzorku vyrobeného na Ústavu pozemního stavitelství, zatížení 2 MPa.....	58
Obr. 48 Měřicí ústředna Isomet 2104	60
Obr. 49 Příložené čidlo – měření tepelné vodivosti (zapůjčeno na ÚPST FAST VUT)	61
Obr. 50 Vzorek z vypalovací pece – HDPE.....	61
Obr. 51 Vzorek z vypalovací pece - TPU	62
Obr. 52 Vzorek z vypalovací pece - PC	62
Obr. 53 Typy podkladních tepelně izolačních desek [57][58][59] A – desky s ozubem pro uchycení hydroizolace foliového typu, B – desky se skosením pro uchycení hydroizolace asfaltového typu, C – desky s osazovacím lůžkem a ozuby, D – deska s osazovacím lůžkem pro hydroizolaci asfaltového typu s úkoso a deska s rozšířenou ložnou plochou.....	66
Obr. 54 Návrh využití – fóliový typ [57][58][59].....	67
Obr. 55 Desky pro hydroizolační vrstvu fóliového typu [57][58][59]	68
Obr. 56 Návrh využití – asfaltový typ [57][58][59].....	69
Obr. 57 Desky pro hydroizolační vrstvu asfaltového typu [57][58][59]	70
Obr. 58 Podkladní konstrukce pro prahovou spojku dveří – axonometrický pohled, varianta a) pro hydroizolace foliového typu, b) hydroizolace asfaltového typu...	71
Obr. 59 Schéma konstrukčního detailu v místě výstupu balkonovými dveřmi na terasu....	73
Obr. 60 Detail rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 1	73
Obr. 61 Schéma konstrukčního detailu francouzského okna	74
Obr. 62 Rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 2.....	75
Obr. 63 Schéma konstrukčního detailu prahu podsklepeného objektu	76
Obr. 64 Rozložení teplot a schéma konstrukčního detailu č. 3	76
Obr. 65 Znázornění tepelného toku ve schématu konstrukčního detailu č. 3	77

Obr. 66 Schéma konstrukčního detailu podkladní konstrukce	78
Obr. 67 Detail možného konstrukčního detailu – vstupní dveře.....	78
Obr. 68 Rozmístění kotvicích prvků při použití podkladní konstrukce	80
Obr. 69 Variantní využití desek při osazení okenní výplně – zděná stavba	81
Obr. 70 Variantní využití desek při osazení okenní výplně - dřevostavba	81
Obr. 71 Zakládací krycí deska se sešíkmenou hranou a provětrávacím otvorem.....	83
Obr. 72 Kotevní prvek SPEEDY kotva; a) půdorys; b) boční pohled	84
Obr. 73 Schéma umístění kotevních prvků na desce; detail kotevního prvku – zadní závěs	84
Obr. 74 Pohled na osazený zadní závěs s fasádní deskou.....	84
Obr. 75 Schéma konstrukčního detailu u soklu objektu	85
Obr. 76 Detail u přilehlého terénu.....	85
Obr. 77 Varianty povrchových úprav.....	86
Obr. 78 Výběr vytvořených vzorků včetně detailu plochy	87
Obr. 79 Profilovaná podložka s předvrtaným otvorem.....	88
Obr. 80 Zkušební deska – HDPE s příměsí pilin	88
Obr. 81 Zkušební trhací stroj Labortech 2.050	90
Obr. 82 Detail spodních a horních čelistí trhacího stroje – a) spodní čelist; b)horní čelisti.....	90
Obr. 83 Příprava zkušebního tělesa dle normy; průběh zkoušky proti odlupování [21]	91
Obr. 84 Přehled použitých vzorků asfaltových pásků.....	92
Obr. 85 Postup při zkoušce – průběh po řádcích	93
Obr. 86 Vzorek a01-60 – průběh síly.....	95
Obr. 87 Vzorek a02-60 – průběh síly.....	95
Obr. 88 Vzorek a03-60 – průběh síly.....	96
Obr. 89 Souhrn vzorků a01-60; a02-60; a03-60 – průběhy sil	96
Obr. 90 Průměr vzorků a01-60; a02-60; a03-60 – průběh síly	97
Obr. 91 Vzorek a01-120 – průběh síly.....	97
Obr. 92 Vzorek a02-120 – průběh síly.....	98
Obr. 93 Vzorek a03-120 – průběh síly.....	98
Obr. 94 Souhrn vzorků a01-120; a02-120; a03-120 – průběhy sil	99
Obr. 95 Průměr vzorků a01-120; a02-120; a03-120 – průběh síly	99
Obr. 96 Vzorek b01-60 – průběh síly.....	100
Obr. 97 Vzorek b02-60 – průběh síly.....	100
Obr. 98 Vzorek b03-60 – průběh síly.....	101
Obr. 99 Souhrn vzorků b01-60; b02-60; b03-60 – průběhy sil.....	101
Obr. 100 Průměr vzorků b01-60; b02-60; b03-60 – průběh síly	102
Obr. 101 Vzorek b01-120 – průběh síly.....	102
Obr. 102 Vzorek b02-120 – průběh síly.....	103
Obr. 103 Vzorek b03-120 – průběh síly.....	103
Obr. 104 Souhrn vzorků b01-120; b02-120; b03-120 – průběhy sil.....	104
Obr. 105 Průměr vzorků b01-120; b02-120; b03-120 – průběh síly	104
Obr. 106 Detail vzorku a03-60 – oddělení asfaltové hmoty od nosné vložky.....	105
Obr. 107 Schéma konstrukčního detailu u okapu – lokální spojování.....	107

Obr. 108 Návrh desky pro plnoplošné natavení.....	107
Obr. 109 Produkce komunálního odpadu v ČR v letech 2002 – 2011 [31].....	137
Obr. 110 Vývoj produkce odpadu v ČR v letech 2002 – 2011 [31]	137
Obr. 111 Způsob nakládání s odpady v ČR v letech 2002 – 2010 [31]	138
Obr. 112 Vstřikovací proces [39].....	145

8.2 Seznam tabulek

Tab. 1 Základní rozdělení požadavků na jednotlivé kategorie domů [14].....	14
Tab. 2 Výhody a nevýhody plastových prvků	16
Tab. 3 Běžné plasty vhodné k recyklaci.....	16
Tab. 4 Vhodnost materiálů k běžnému způsobu tavení a dalším úpravám.....	48
Tab. 5 Seznam zkoušených vzorků.....	53
Tab. 6 Výsledky zatěžovaných vzorků - stlačení.....	59
Tab. 7 Přehled naměřených hodnot součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$],	63
Tab. 8 Přehled zkoušených vzorků	94
Tab. 9 Výsledky maximálních průměrných sil u jednotlivých vzorků	105
Tab. 10 Produkce odpadu v roce 2011 [31]	129
Tab. 11 Produkce odpadu v roce 2010 [31]	130
Tab. 12 Produkce odpadu v roce 2009 [31]	131
Tab. 13 Produkce odpadu v roce 2008 [31]	132
Tab. 14 Produkce odpadu v roce 2007 [31]	133
Tab. 15 Produkce odpadu v roce 2006 [31]	134
Tab. 16 Produkce odpadu v roce 2005 [31]	135
Tab. 17 Produkce odpadu v roce 2004 [31]	136

8.3 Seznam použitých symbolů a zkratk

Fyzikální veličiny a jednotky:

Název	Označení	Jednotka
Bodový činitel prostupu tepla	χ_j	W K^{-1}
Čas	t	s
Délka	l	m
Délka spoje	W	m
Teplotní faktor vnitřního povrchu	f_{Rsi}	-
Hmotnost	m	kg
Lineární činitel prostupu tepla	ψ	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$
Měrná tepelná kapacita	c	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
Měrná roční potřeba tepla		$\text{kWh m}^{-2} \text{a}^{-1}$
Množství zkondenzované vodní páry	M_c	$\text{kg m}^{-2} \text{a}^{-1}$

Napětí	σ	N
Návrhová teplota vnitřního vzduchu	Θ_{ai}	°C
Návrhová teplota venkovního vzduchu	Θ_e	°C
Objem	V	m ³
Pevnost v tlaku		MPa
Plocha	A	m ²
Průměr	r	m
Relativní vlhkost vzduchu	φ	%
Síla	F	N
Součinitel difúze vodní páry	δ	s
Součinitel prostupu tepla	U	W m ⁻² K ⁻¹
Součinitel prostupu tepla - přírážka	ΔU	W m ⁻² K ⁻¹
Součinitel prostupu tepla - požadované hodnoty	$U_{N,20}$	W m ⁻² K ⁻¹
Součinitel prostupu tepla - doporučené hodnoty	$U_{rec,20}$	W m ⁻² K ⁻¹
Součinitel prostupu tepla - doporučené hodnoty pro pasivní budovy	$U_{pas,20}$	W m ⁻² K ⁻¹
Součinitel tepelné vodivosti	λ	W m ⁻¹ K ⁻¹
Součinitel spárové průvzdušnosti	i_{LV}	m ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻ⁿ
Šířka	b	m
Teplota	t	°C
Tepelná vodivost	L	W K ⁻¹
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	R_{si}	m ² K W ⁻¹
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně	R_{se}	m ² K W ⁻¹
Tlak	p	MPa
Tloušťka	d	m
Vnitřní povrchová teplota konstrukce	Θ_{si}	°C
Výška	v	m
Vzduchotěsnost	n_{50}	h ⁻¹

Zkratky:

Zkratka	Název
A	aglomerát
ABS	amorfni směsi styren-akrylonitril statistický kopolymer s butadien-kaučukem
ASA	amorfni pryskyřice
B2B	bottle to bottle
CZ-NACE	klasifikace ekonomických činností
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
EU	Evropská unie
EPS	expandovaný polystyrén
OKEČ	odvětvová klasifikace ekonomických činností
PA	polyamid
PA6	krystalický polyamid
PBT	polybutylen - tereftalát
PC	polykarbonát
PCB	polychlorovaný bifenyl
PE	polyetylén
PEI	amorfni polyetherimid
PE-HD (HDPE)	polyetylén vysoké hustoty
PE-LD (LDPE)	polyetylén nízké hustoty
PET	polyetylén tereftalát
PL	polylactacid
PMMA	polymethylmetakrylát
PP	polypropylén
PS	polystyren
PUR	polyuretan
PVC	polyvinylchlorid
PWI	pyrolýza plastů
SAN	styren-akrylonitril
SBS	styren-butadien-styren
TPU	termoplastické polymery
USA	Spojené státy americké
UV	ultrafialové záření
XPS	extrudovaný polystyrén

9 PŘÍLOHA

Příloha disertační práce seznamuje na zákonem stanovenou definici odpadů, se zjištěním objemu odpadů v jednotlivých oborech tuzemské produkce, na druhy odpadních plastových surovin a na druhy zpracování těchto surovin, které je potencionálně možné využít ve stavebnictví.

9.1 Odpad - definice

Odpad je dle zákona, movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1.

Předpis č. 185/2001Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů rozeznává tyto formy nakládání s odpady: shromažďování, soustřeďování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování.

Podle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. předepisuje § 9a dodržování hierarchie při způsobu nakládání s odpady:

(1) V rámci odpadového hospodářství musí být dodržována tato hierarchie způsobů nakládání s odpady:

- a) předcházení vzniku odpadů,
- b) příprava k opětovnému použití,
- c) recyklace odpadů,
- d) jiné využití odpadů, například energetické využití,
- e) odstranění odpadů.

(2) Od hierarchie způsobů nakládání s odpady je možno se odchýlit, pokud se na základě posuzování životního cyklu celkových dopadů zahrnujícího vznik odpadu a nakládání s ním prokáže, že je to vhodné [13].

V rámci disertační práce je vybrán způsob nakládání s odpady typu c) recyklace odpadů. Další následující kroky nakládání s odpadem sebou nesou větší či menší zásahy do životního prostředí.

9.1.1 Základní dělení odpadů

Odpady se dle zákona 185/2001Sb. a přílohy č. 1 rozdělují do následujících skupin:

- Q1 - Zůstatky z výroby a spotřeby dále jinak nespecifikované,

- Q2 – Výrobky, které neodpovídají požadované jakosti,
- Q3 – Výrobky s prošlou spotřební lhůtou,
- Q4 – Použité, ztracené nebo jinou náhodnou událostí znehodnocené výrobky včetně všech materiálů, součástí zařízení apod., které byly v důsledku nehody kontaminovány,
- Q5 – Materiály kontaminované nebo znečištěné běžnou činností (např. zůstatky z čištění, obalové materiály, nádoby atd.),
- Q6 – Nepoužitelné součásti (např. použité baterie, katalyzátory atd.),
- Q7 – Látky, které ztratily požadované vlastnosti (např. znečištěné kyseliny, rozpouštědla, kalicí soli apod.),
- Q8 – Zůstatky z průmyslových procesů (např. strusky, destilační zbytky apod.),
- Q9 – Zůstatky z procesů snižujících znečištění (např. kaly z praček plynů, prach z filtrů, vyřazené filtry apod.),
- Q10 – Zůstatky ze strojního obrábění a povrchové úpravy materiálu (např. třísky z obrábění a frézování, okuje apod.),
- Q11 – Zůstatky z dopravy a úpravy surovin (např. z dolování, dopravy nafty apod.),
- Q12 – Znečištěné materiály (např. oleje znečištěné PCB apod.),
- Q13 – Jakékoliv materiály, látky či výrobky, jejichž užívání bylo zakázáno zákonem,
- Q14 – Výrobky, které vlastník nepoužívá nebo nebude více používat (např. v zemědělství, v domácnosti, úřadech, prodejnách, dílnách apod.),
- Q15 – Znečištěné materiály, látky nebo výrobky, které vznikly při sanaci půdy,
- Q16 – Materiály, látky nebo výrobky, které nepatří do výše uvedených skupin [13].

V rámci disertační práce a vhodnému využití druhotných surovin pro opláštění budov jsou vybrány prioritně odpady se zařazením do skupiny Q1, Q5, Q8, Q10, Q14.

9.1.2 Seznam nebezpečných vlastností odpadů

Seznam nebezpečných vlastností odpadů se dle zákona 185/2001Sb. a přílohy č. 2 rozděluje do následujících skupin:

- H1 – Výbušnost,
- H2 – Oxidační schopnost,
- H3-A – Vysoká hořlavost,
- H3-B – Hořlavost,
- H4 – Dráždivost,
- H5 – Škodlivost zdraví,
- H6 – Toxicita,
- H7 – Karcinogenita,
- H8 – Žíravost,
- H9 – Infekčnost,
- H10 – Teratogenita,
- H11 – Mutagenita,
- H12 – Schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami,
- H13 – Schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po odstraňování,
- H14 – Ekotoxicita [13].

V rámci disertační práce a vhodnému využití druhotných surovin pro opláštění budov jsou vybrány prioritně vlastnosti odpadů se zařazením do skupiny H3-B (H3-A). Ostatní vlastnosti odpadů nesplňují požadavek na umístění do interiérů stavby, popř. v blízkém okolí osob a zvířat.

9.1.3 Způsoby využívání odpadů

Způsoby využívání odpadů se dle zákona 185/2001Sb. a přílohy č. 3 rozděluje do následujících skupin:

- R1 – Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie,
- R2 – Získání/regenerace rozpouštědel,

- R3 – Získání/regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla (včetně kompostování a dalších biologických procesů),
- R4 – Recyklace/znovuzískání kovů a kovových sloučenin,
- R5 – Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů,
- R6 – Regenerace kyselin nebo zásad,
- R7 – Obnova látek používaných ke snižování znečištění,
- R8 – Získání složek katalyzátorů,
- R9 – Rafinace použitých olejů nebo jiný způsob opětného použití olejů,
- R10 – Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii,
- R11 – Využití odpadů, které vznikly aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R10,
- R12 – Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11,
- R13 – Skladování materiálů před aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R12 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku před sběrem) [13].

V rámci disertační práce a vhodnému využití druhotných surovin pro opláštění budov jsou vybrány prioritně odpady se zařazením do skupiny R5.

9.1.4 Způsoby odstraňování odpadů

Způsoby odstraňování odpadů se dle zákona 185/2001Sb. a přílohy č. 4 rozdělují do následujících skupin:

- D1 – Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skládkování apod.),
- D2 – Úprava půdními procesy (např. biologický rozklad kapalných odpadů či kalů v půdě apod.),
- D3 – Hlubinná injektáž (např. injektáž čerpatelných kapalných odpadů do vrtů, solných komor nebo prostor přírodního původu apod.),
- D4 – Ukládání do povrchových nádrží (např. vypouštění kapalných odpadů nebo kalů do prohlubní, vodních nádrží, lagun apod.),

- D5 – Ukládání do speciálně technicky provedených skládek (např. ukládání do oddělených, utěsněných, zavřených prostor izolovaných navzájem i od okolního prostředí apod.),
- D6 – Vypouštění do vodních těles, kromě moří a oceánů,
- D7 – Vypouštění do moří a oceánů včetně ukládání na mořské dno,
- D8 – Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12,
- D9 – Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace),
- D10 – Spalování na pevnině,
- D11 – Spalování na moři,
- D12 – Konečné či trvalé uložení (např. ukládání v kontejnerech do dolů),
- D13 – Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12,
- D14 – Úprava jiných vlastností odpadů (kromě úpravy zahrnuté do D13) před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D13,
- D15 – Skladování odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D14 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku odpadu před shromáždění potřebného množství) [13].

V rámci disertační práce a vhodnému využití druhotných surovin pro opláštění budov jsou vybrány prioritně odpady se zařazením do skupiny D1.

Nejoptimálnější z pohledu využití druhotných surovin do obytných budov se jeví zařazení odpadů v kategorii: Q5 – H3-B – R5 – D1. Využití těchto druhů odpadů by snížilo nároky na jejich likvidaci a na využívání neobnovitelných zdrojů.

9.2 Produkce odpadů v České republice

Následující tabulky znázorňují trend vývoje produkce odpadů v podnikovém segmentu a produkci komunálního odpadu z obcí. Tabulky jsou řazeny chronologicky od roku 2011 do roku 2004 [31]. Rok 2012 nebyl v době odevzdání této disertační práce na stránkách Českého statistického úřadu k dispozici.

Z tabulek je znatelná vzrůstající produkce odpadů z obcí. Produkce odpadů z podniků má mírně klesající průběh, je to dáno pravděpodobně přístupem firem k českým zákonům a k orientaci myšlenky udržitelného rozvoje.

Tab. 10 Produkce odpadů v roce 2011 [31]

v [t]		celkem	v tom:	
			nebezpečné	ostatní
produkce odpadů celkem		23 576 396	1 502 504	22 073 892
v tom:				
z podniků		19 918 509	1 489 953	18 428 556
z toho:				
odpad podobný komunálnímu odpadu		978 722	1 745	976 977
z toho:	CZ-NACE			
zemědělství, lesnictví a rybníkářství	01-03	213 539	5 787	207 752
těžba a dobývání	05-09	167 433	12 027	155 406
zpracovatelský průmysl	10-33	4 780 000	676 015	4 103 985
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	35	1 106 366	36 115	1 070 252
činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi	37-39	2 202 950	467 010	1 735 941
stavebnictví	41-43	8 773 903	203 366	8 570 537
doprava a skladování	49-53	273 414	19 054	254 360
z obcí		3 657 887	12 551	3 645 336
z toho				
komunální odpad		3 357 877	4 530	3 353 346

CZ-NACE – klasifikace ekonomických činností

Tab. 11 Produkce odpadů v roce 2010 [31]

v [t]		celkem	v tom:	
			nebezpečné	ostatní
produkce odpadů celkem		24 123 560	1 370 679	22 752 881
v tom:				
z podniků		20 423 322	1 357 825	19 065 497
z toho:	CZ-NACE			
zemědělství, lesnictví a rybníkářství	01-03	113 685	6 166	107 519
těžba a dobývání	05-09	114 569	15 949	98 621
zpracovatelský průmysl	10-33	4 202 463	550 376	3 652 088
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	35	1 540 396	37 139	1 503 257
činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi	37-39	2 507 187	550 690	1 956 497
stavebnictví	41-43	9 353 672	97 918	9 255 754
doprava a skladování	49-53	178 080	16 052	162 028
z obcí		3 700 238	12 854	3 687 384
z toho				
komunální odpad		3 334 240	5 028	3 329 212

CZ-NACE – klasifikace ekonomických činností

Tab. 12 Produkce odpadů v roce 2009 [31]

v [t]		celkem	v tom:	
			nebezpečné	ostatní
produkce odpadů celkem		24 235 648	1 510 825	22 724 823
v tom:				
z podniků		20 513 768	1 494 765	19 019 002
z toho:	CZ-NACE			
zemědělství, lesnictví a rybníkářství	01-03	176 316	6 016	170 300
těžba a dobývání	05-09	131 928	17 998	113 930
zpracovatelský průmysl	10-33	4 231 948	532 818	3 699 129
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	35	1 720 681	24 644	1 696 037
činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi	37-39	1 974 712	616 029	1 358 683
stavebnictví	41-43	10 016 269	174 711	9 841 558
doprava a skladování	49-53	243 200	40 610	202 590
z obcí		3 721 881	16 060	3 705 821
z toho				
komunální odpad		3 309 667	6 978	3 302 689

CZ-NACE – klasifikace ekonomických činností

Tab. 13 Produkce odpadů v roce 2008 [31]

v tis. [t]		celkem	v tom:	
			nebezpečné	ostatní
produkce odpadů celkem		25 869	1 518	24 351
v tom:				
z podniků		22 244	1 505	20 739
z toho:		OKEČ		
zemědělství a lesnictví	01 - 02	257	7	250
dolování a těžba	10 - 14	167	29	138
zpracovatelský průmysl	15 - 37	5 756	676	5 080
energetika	40	1 920	28	1 892
stavebnictví	45	9 747	142	9 605
doprava	60	273	21	252
odstraňování odpadních vod, pevného odpadu a čištění měst	90	1 446	463	983
z obcí		3 625	13	3 612
z toho				
komunální odpad		3 176	6	3 170

OKEČ - odvětvová klasifikace ekonomických činností

Tab. 14 Produkce odpadů v roce 2007 [31]

v tis. [t]		celkem	v tom:	
			nebezpečné	ostatní
produkce odpadů celkem		25 109	1 311	23 798
v tom:				
z podniků		21 651	1 299	20 352
z toho:		OKEČ		
odpad ze zemědělství a lesnictví	01-02	275	6	269
odpad z dolování a těžby	10-14	327	30	297
průmyslový odpad	15 - 37	5 927	667	5 260
odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	40	1 825	34	1 791
odpad ze stavebnictví	45	9 066	96	8 970
odpad z dopravy	60	896	16	880
odpad z odstraňování odpadních vod, pevného odpadu a čištění měst	90	1 237	377	860
z obcí		3 458	12	3 446
z toho				
komunální odpad		3 025	5	3 020

OKEČ - odvětvová klasifikace ekonomických činností

Tab. 15 Produkce odpadů v roce 2006 [31]

v tis. [t]		celkem	v tom odpady	
			nebezpečné	ostatní
z podniků		21264	1 290	19 974
z toho:	OKEČ			
odpad ze zemědělství a lesnictví	01-02	315	5	310
odpad z dolování a těžby	10-14	427	24	447
průmyslový odpad	15 - 37	6 866	694	6 172
odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	40	2 075	33	2 043
odpad ze stavebnictví	45	8 380	93	8 286
odpad z dopravy	60	329	19	310
odpad z odstraňování odpadních vod, pevného odpadu a čištění měst	90	1 218	374	844
odpad z obcí		3 363	17	3 346
z toho:				
komunální odpad		3 039	8	3 031
celková produkce odpadů		24 627	1 307	23 320

OKEČ - odvětvová klasifikace ekonomických činností

Tab. 16 Produkce odpadů v roce 2005 [31]

v tis. [t]		celkem	v tom odpady	
			nebezpečné	ostatní
z podniků		21 774	1 344	20 430
z toho:	OKEČ			
odpad ze zemědělství a lesnictví	01-02	463	5	458
odpad z dolování a těžby	10-14	647	22	625
průmyslový odpad	15 - 37	6 038	687	5 351
odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	40	2 309	35	2 274
odpad ze stavebnictví	45	9 105	125	8 980
odpad z dopravy	60	281	14	267
odpad z odstraňování odpadních vod, pevného odpadu a čištění měst	90	1 150	388	762
odpad z obcí		3 162	28	3 134
z toho:				
komunální odpad		2 954	17	2 937
celková produkce odpadů		24 936	1 372	23 564

OKEČ - odvětvová klasifikace ekonomických činností

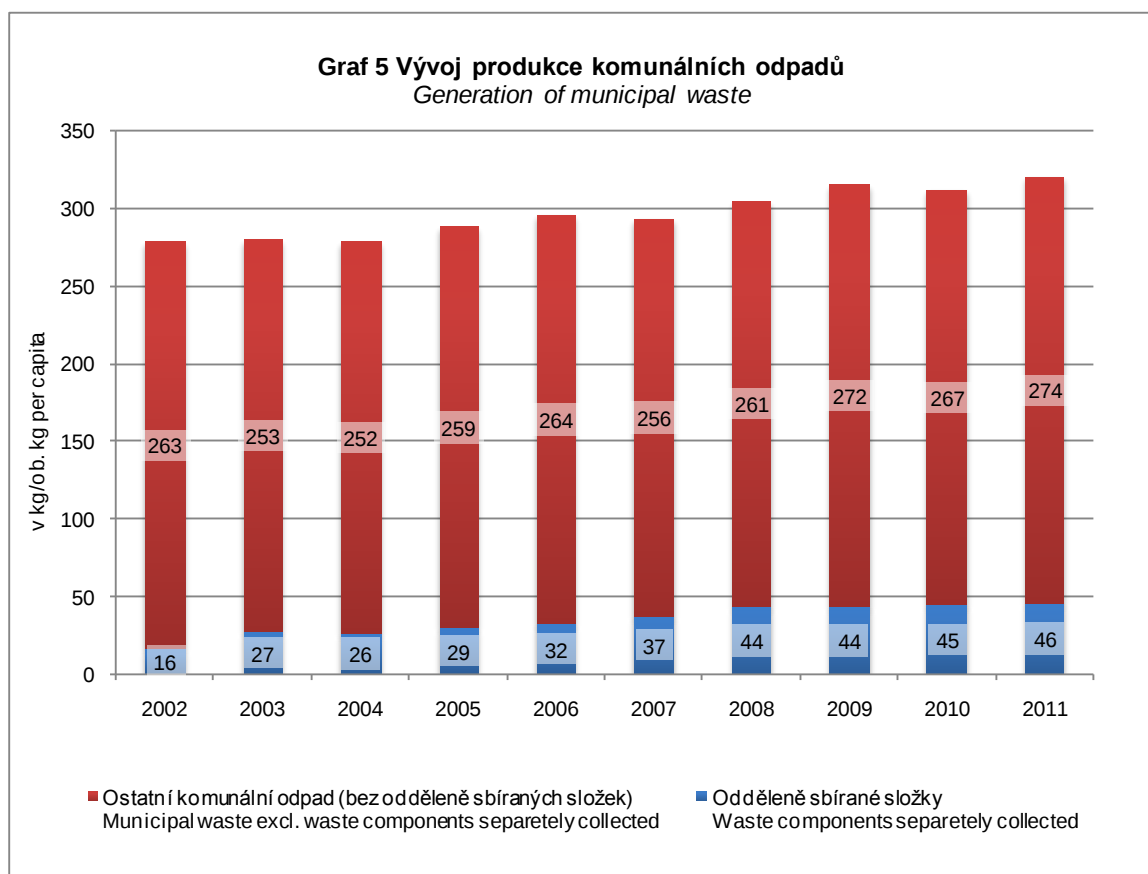
Tab. 17 Produkce odpadů v roce 2004 [31]

v tis. [t]		celkem	v tom odpady	
			nebezpečné	ostatní
z podniků		26 584	1 424	25 160
z toho:	OKEČ			
odpad ze zemědělství a lesnictví	01-02	1 244	7	1 37
odpad z dolování a těžby	10-14	708	22	686
průmyslový odpad	15 - 37	8 751	796	7 955
odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	40	4 563	38	4 525
odpad ze stavebnictví	45	8 263	160	8 103
odpad z dopravy	60	311	58	253
odpad z odstraňování odpadních vod, pevného odpadu a čištění měst	90	1 367	286	1 081
odpad z obcí		2841	23	2818
z toho:				
komunální odpad		2 841	23	2 818
celková produkce odpadů		29 425	1 447	27 978

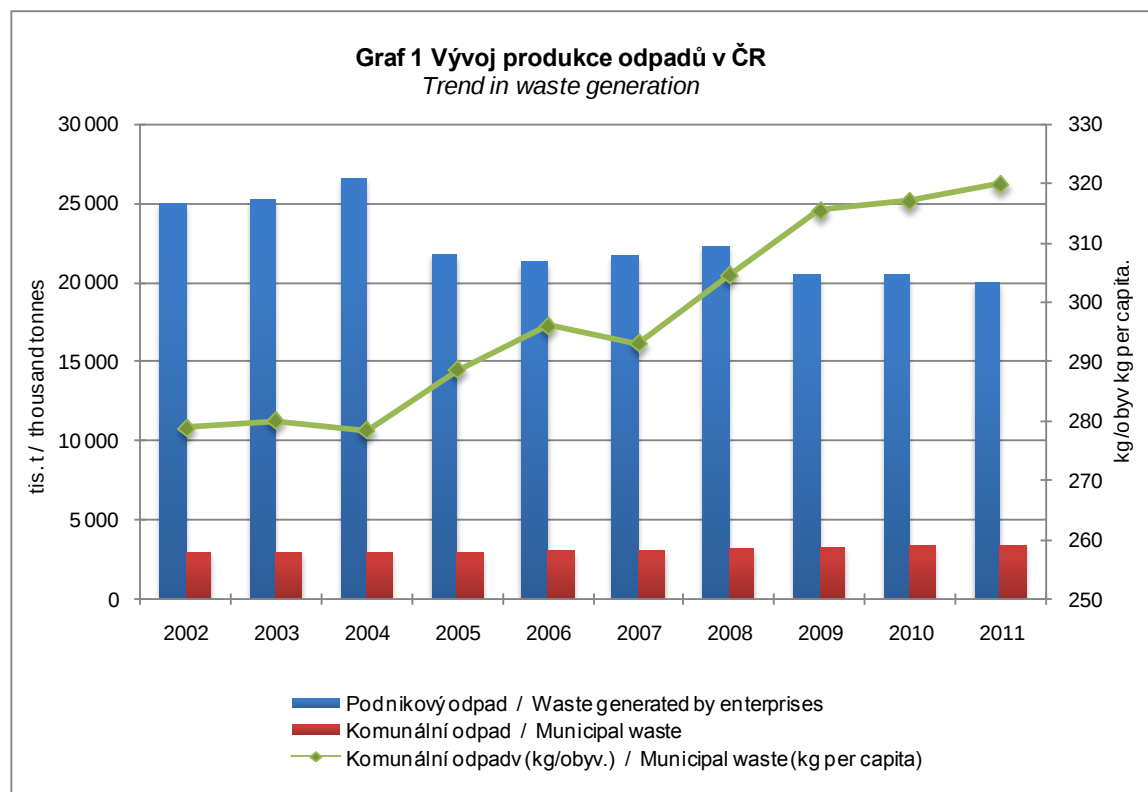
OKEČ - odvětvová klasifikace ekonomických činností

9.3 Analýza tuzemského trhu

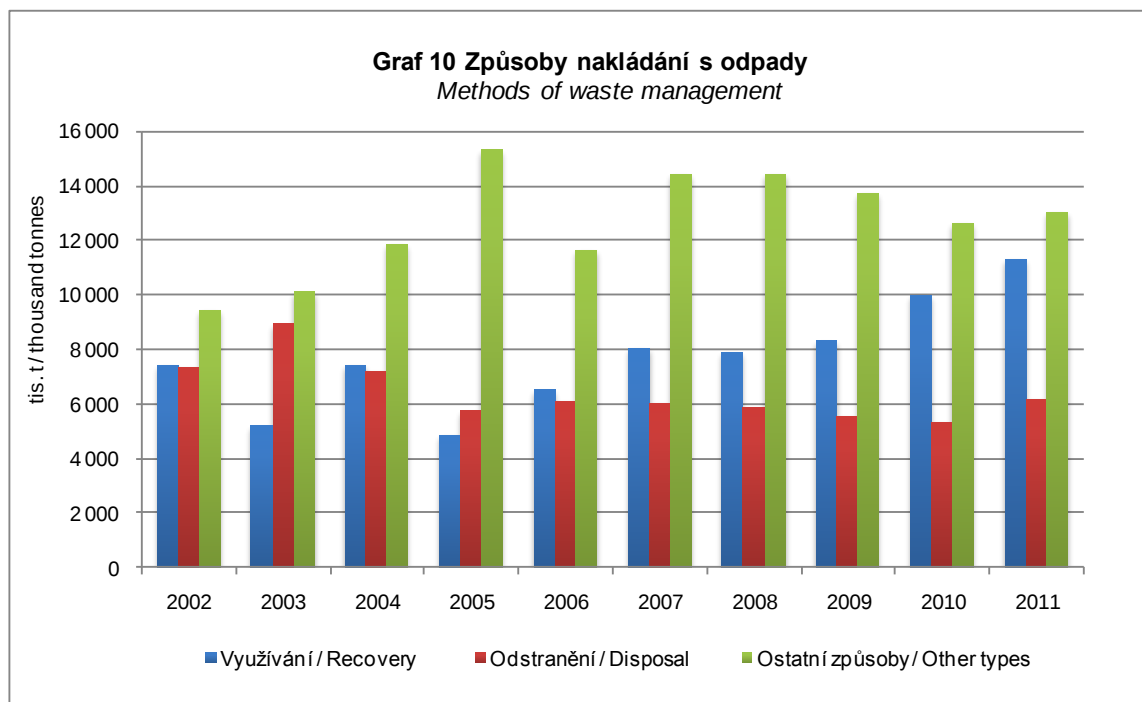
Analýza tuzemského trhu má za cíl zjistit produkci komunálního odpadu, jeho vývoj, tzn. podíl podnikového a komunálního odpadu a způsoby nakládání s odpady. Ujasnění těchto hodnot vede k zorientování se v problematice odpadového hospodářství a ke stanovení primárních cílů – znovuvyužití druhotných surovin.



Obr. 109 Produkce komunálního odpadu v ČR v letech 2002 – 2011 [31]



Obr. 110 Vývoj produkce odpadů v ČR v letech 2002 – 2011 [31]



Obr. 111 Způsob nakládání s odpady v ČR v letech 2002 – 2010 [31]

Z výše uvedených obrázků je patrný zvyšující se trend třídění odpadů. Obr. 110 znázorňuje snižování průmyslového odpadu a stagnaci komunálního odpadu, ukazuje ovšem proloženou křivkou i zvyšování množství komunálního odpadu na obyvatele, v současné chvíli se jedná o cca 318 Kg/obyvatel/rok. Obr. 111 znázorňuje způsob nakládání s odpady v České republice. Je patrné zvyšování využití odpadních surovin, snižování odstraňování odpadních surovin (spalování, např. i likvidace plastů metodou PWI³) a pozvolný pokles ostatních způsobů nakládání s odpady, což jsou převážně skládky.

9.4 Druhy recyklace

Při výrobě konstrukčních prvků vzniká technologický odpad, což je např. vadný výrobek, zbytek vtokového systému při vstřikování, odřezek apod. Tento odpad se nejčastěji zpracovává tzv. recyklací technologického odpadu, která spočívá v jeho rozdrčení, po kterém může následovat případná regranulace. Jak drť, tak regranulát se obvykle používá zpět do výroby. Uvádí se, že přídavek takového recyklátu v množství 5-15% zásadně neovlivní vlastnosti finálního výrobku.

V samotném plastu dochází při jeho používání k mnoha změnám. Výrobek z plastu byl vystaven působení mnoha vnějších faktorů (teplo, světlo, mechanické

³ Metoda PWI je proces, kdy je plastový odpad odváděn výfuky do vysoké pece. Jedná se o pyrolýzu plastů, která probíhá za vysoké teploty a má zajistit dokonalou likvidaci.

zatížení, biologické znečištění), plast zestárl a změnily se jeho vlastnosti. Také mohlo dojít k jeho kontaminaci různými nečistotami.

9.4.1 Primární recyklace

Recyklovaný výrobek se přímo použije na výrobu stejného, nebo podobného výrobku. Příkladem je recyklace nápojových hliníkových dóz na stejný výrobek, nebo použití odpadu, jako jsou nálitky při výrobě PET lahví foukáním opět na výrobu nových PET lahví přímo u výrobce (dnes rovněž recyklace v uzavřeném cyklu B2B - bottle to bottle - t.j. ze starých lahví nové) [32].

Materiály z tohoto druhu recyklace jsou vybrány jako vhodné pro aplikaci do konstrukčních detailů pro opláštění budov a je s nimi v disertační práci uvažováno.

9.4.2 Sekundární recyklace

Jedná se o použití recyklovatelných materiálů na nové výrobky odlišných vlastností, například recyklovaný HDPE se často použije k výrobě odpadových nádob nebo drenážních trubek. U PET je to použití na vlákno, flees, pásy atd.[32].

Materiály z tohoto druhu recyklace jsou vybrány jako vhodné pro aplikaci do konstrukčních detailů pro opláštění budov a je s nimi v disertační práci uvažováno.

9.4.3 Terciální recyklace

Získání chemikálií nebo energie z odpadních využitelných materiálů. Např. v elektronice se k výrobě používaná rozpouštědla destilují a znovu používají. Pokud se jedná o PET láhve, získají se metanolýzou nebo glykolýzou (rozklad plastu metanolem nebo glykolem při vyšší teplotě a tlaku [32].

9.4.4 Materiálová recyklace

Materiálová recyklace zahrnuje postupy spočívající v mletí upotřebených výrobků za vzniku drtě. Pokud se jedná o kontaminovaný odpad, je nezbytné zařadit po procesu i mytí, popřípadě plavení drtě. Poté následuje sušení a případná regranulace. Drtě a regranuláty se používají podle svého složení a stupně znečištění na výrobu méně náročných výrobků, protože dosažená čistota a hodnoty viskozity nejsou dostatečně vysoké. V lepším případě lze získaný recyklát přidávat k panenskému plastu a opětovně zpracovávat na kvalitní výrobek [32].

Materiály z tohoto druhu recyklace jsou vybrány jako vhodné pro aplikaci do konstrukčních detailů pro opláštění budov a je s nimi dále uvažováno.

9.4.5 Chemická recyklace

Chemická recyklace je založena na chemickém rozkladu plastu na rozkladné produkty o nízké molární hmotnosti a jejich dalším chemickém zpracování. Podobně surovinová recyklace je založena na tepelných destrukčních pochodech, které štěpí polymery na směsi plyných a kapalných uhlovodíků. Oba tyto postupy patří do pochodů chemické technologie a nejsou příliš vhodné pro široké použití [32].

9.4.6 Energetická recyklace

Podstatou energetické recyklace je využití tepelné energie vznikající při spalování jinak nevyužitelného plastového odpadu. Plasty se spalují ve speciálně konstruovaných topeništích, obvykle společně s uhlím [32].

9.4.7 Surovinová recyklace

Použitím vhodných činidel lze polyetylén tereftalát rozštěpit na monomery (depolymerizace). Získané produkty lze destilací vyčistit a mohou být následně opět kondensovány na PET. Existuje celá řada různých metod, z nichž některé byly využity také průmyslově. K nim patří štěpení s metanolem (metanolýza) a etylenglykolem (glykolýza). Další známé metody jsou hydrolýza, kombinovaná hydrolýza a oxidace, depolymerizace sodou a přeměna pomocí hydroxidů kovů.

Surovinová recyklace je výhodná především svým čistícím účinkem. Odstranění kontaminantů je výrazně usnadněno, protože viskozita se podstatně sníží. Produkty depolymerizace odpovídají svou kvalitou novému materiálu, takže jejich použití pro výrobu obalů v potravinářské oblasti (při pečlivé kontrole kvality) je možné [32].

Neustále rostoucí ceny plastikářských surovin, ale i další okolnosti vedou v posledních letech ke vzniku a rozmachu používat pro méně náročné výrobky levnější plasty, především recykláty. Proto se mnoho firem začalo zabývat výkupem odpadních plastů a jejich materiálovou recyklací, tedy především výrobou drtí, popřípadě i regenerátu.

9.4.8 Jiné užívané dělení způsobů recyklace

Více známějším dělením je níže uvedená soustava, která dělí odpadní materiál na dvě složky.

9.4.8.1 Předkonzumní (primární) recyklaci

Jedná se o použití výrobních odpadů.

9.4.8.2 Pokonzumní recyklace

Znamená opětovné využití materiálů, které byly získány z komunálního odpadu nebo od obchodních spotřebitelů. Jedná např. o noviny, plastové a skleněné láhve a hliníkové a ocelové nápojové dózy.

Toto rozdělení se rozšířilo v poslední době také z toho důvodu, že některé společnosti uváděly na svých výrobcích nebo obalech nejen to, že jsou vyrobeny z recyklovaného materiálu, ale specifikovaly, jaký podíl recyklovaného materiálu je ve výrobku použito. To bylo ovšem možné použít pouze pro materiály, získané pokonzumní recyklací [22].

9.5 Druhy plastů

Pro přehlednost jsou uvedeny nejzastoupenější druhy plastových surovin vyskytující se na českém trhu.

9.5.1 Plasty přírodní

Prvotní materiál je získáván z obnovitelných či neobnovitelných přírodních zdrojů.

9.5.1.1 Vulkanfibr

Jeden z nejstarších plastů (1859). Vyrábí se z neklíženého papíru, který se impregnuje roztokem kyseliny sírové nebo chloridu zinečnatého. Jedná se o houževnatý materiál (šedý, červený, bílý), který je hydrokopický elektroizolant. Dá se lakovat, strojově obrábět a ohýbat za studena. Exportuje se jako polotovar (desky, trubky, tyče, používá se v elektrotechnice, textilu a jako těsnění) [38].

9.5.1.2 Viskozofolie (celofán)

Na výrobu se používá celulóza, louh sodný, sirouhlík a další suroviny. Je čirý, nepropouští tuky, oleje, benzín, slabě propouští plyny, páry, je mechanicky pevný a málo odolný proti vodě. Jako polotovar se dodává ve formě listů nebo rolí (obalový materiál pro potraviny), textilní průmysl, výroba kordů do plášťů pneumatik a další [38].

9.5.1.3 Celuloid

Tvrdý, pružný termoplast, při 80°C - 100°C se dá tvarovat, nevýhodou je vysoká hořlavost, nerozpouští se v benzínu, ale v esterech a ketonech. Odolává zředěným kyselinám a louhům. Používá se na kancelářské a toaletní potřeby, v optice, atd. [38].

9.5.1.4 Acetát celulózy

Vyrábí se v různých pevnostech, je zabarvený, odolává benzinu, olejům, teple, má elektroizolační vlastnosti, nehoří, dá se třískově obrábět, ostříkovat a vytlačovat. Používá se na elektroizolace, filmy, hračky, atd. [38].

9.5.1.5 Umělá rohovina

Vyrábí z kaseinu, formaldehydu, glycerinu a barviva. Má pěkný vzhled a lesk, dá se třískově obrábět, nasákavá a ztrácí elektroizolační vlastnosti. Používá se na trubky, tyče, profily, desky - knoflíky, perleť, galanterie, psací a kuřácké potřeby [38].

9.5.2 Plasty umělé

Prvotním produktem umělých plastů jsou již chemicky připravené sloučeniny. Umělý plast již ve své podstatě neklade nároky na přírodní zdroje, nicméně svou výrobou velmi zvyšuje množství spotřebované energie.

9.5.2.1 Polyethylén

Polyethylén je lehčí než voda, používá se v rozsahu teplot od -50°C do 85°C . Je dobrým elektroizolačním materiálem a odolává většině chemikálií. Pro jednoduché zpracování a výborné vlastnosti se dobře uplatňuje v nejrůznějších oblastech. Vyrábí se z něj desky a fólie, používá se v obalové technice (balení potravin a spotřebního zboží). V domácnosti se používají převážně polyethylenové nádoby. Jedná se o měkký polyetylén ohebný i za mrazu, proto jej lze použít k výrobě různých hadic a potrubí [38].

S tímto plastem je z důvodů výše uvedených vlastností uvažováno v rámci disertační práce.

9.5.2.2 Polypropylen

Vyroben roku 1957 v Itálii. Vyrábí se polymerací, která určuje jeho výsledné vlastnosti. Je to jeden z nejlehčích plastů, je fyziologicky nezávadný, má výborné mechanické vlastnosti, povrch je tvrdý, má malou rázovou pevnost, špatně se lepí, dá se obrábět. Používá se v automobilovém a chemickém průmyslu a elektrotechnice (výlisky). Vyrábí se z něj hadice, injekční stříkačky, nádoby, hračky, obaly, izolace, trubky, rozvody, vlákna, filtry [38].

S tímto plastem je z důvodů výše uvedených vlastností uvažováno v rámci disertační práce.

9.5.2.3 Polystyren

Vyroben roku 1939 a jedná se o jeden z nejrozšířenějších plastů. Standardní běžný polystyren, který se hodí ke vstřikování. Houževnatý polystyrén (+kaučuk) se používá pro mechanicky namáhané předměty a spotřební zboží. Chemicky

odolný se používá pro chemický průmysl na ventilátory, vývěvy a akumulátory. Polystyren je čirý, tvrdý, křehký, při 140° C se dá tvarovat dielektrikem, má nulovou nasákavost, dá se lepit, obrábět [38].

S tímto plastem je z důvodů výše uvedených vlastností uvažováno v rámci disertační práce.

9.5.2.4 Polyvinylacetát

Objeven v letech 1912 - 1924. K výrobě se používá acetylen, kyselina octová a vinyl alkohol. Je měkký, kaučukovité až beztvaré hmoty, amorfni vlastnosti závisí na teplotě, výborné adhezivo ke dřevu, kovu, málo odolává kyselinám a horké vodě. Používá se do cementových směsí, lepení dřeva, papíru, kůže, výroba nátěrů, lepidel (dřevo, papír, dlaždice, textil), atd. [38].

9.5.2.5 Polyvinylalkohol

Vyrábí se hydrolýzou polyvinylacetátu. Jako prášek je rozpustný ve vodě, není odolný proti kyselinám a zásadám, zlepšuje vlastnosti inkoustů a tuží. Používá se na vytlačované výrobky (trubky, hadice pro pohonné hmoty), vlákna, lepidla, apretační činidla, tuže, inkousty, zahušťování potravin, kosmetika (krémy), vypalovací laky [38].

9.5.2.6 PVC (Polyvinylchlorid)

Používá se od roku 1930. Jedná se o termoplastický polymer, bílý prášek ve vodě nerozpustný, odolný vůči chemikáliím, působením organických rozpouštědel bobtná, do 45° C tepelně stálý, krátkodobě do 60° C, při 85° C měkne, při 150° C se dá tvarovat, je nehořlavý, hoří pouze v přímém plamenu, fyziologicky nenáročný a nezávadný. PVC se nezpracovává samotně, přidávají se k němu látky zlepšující jeho vlastnosti, jako např. změkčovadla, pigmenty, stabilizátory, maziva, plniva. Zpracovává se jako tvrdý neměkčený - výroba fólií, desek (válcování) trubky, profily (vytlačovací stroje), výroba technických dílců (přetlačování), třískovitě se obrábí, svařuje, lepí. Dále pak jako měkčený - polotuhé elastické výrobky, vyrábí se z něj umělé kůže, míče, hračky, rukavice. PVC se používá v chemickém průmyslu (vykládání nádob), elektrotechnice (izolace kabelů), stavebnictví (krytí podlah), dopravní pásy, gramodesky, těsnění, plastické kůže, pláštěnky, oděvní fólie, uzávěry láhví, trubky, hračky. Značí se jako PVC, Igelit, apod. [38].

S tímto plastem je z důvodů výše uvedených vlastností uvažováno v rámci disertační práce.

9.5.2.7 Polyvinylfluorid

Jedná se o šedobílý termoplast voskovitého omaku, má mimořádné fyzikální vlastnosti, dá se používat v rozmezí -200°C až +250°C, malý koeficient tření (použití pro využití samomazných ložisek), odolává chemikáliím, chemicky stálý, fyziologicky nezávadný, nad 250°C se rozkládá za vzniku velmi jedovatých

látek. Zpracovává se velmi obtížně, Vyrábí se z něj tyče, trubky, profily, válcováním se vyrábí fólie, stříkáním nebo máčením ochrana povrchu materiálů. Používá se v kosmonautice, elektrotechnice, v chemickém průmyslu, strojírenství (ložiska). Označuje se také jako Teflon [38].

9.5.2.8 Polymethylmetakrylát

Nazývá se taky jako Plexi - organické sklo, objeveno roku 1927. Je lehký, netříštivý, stálý, propouští 90% světla, neodolává organickým rozpouštědlům, nad 120°C měkne, dá se svařovat, tvarovat, lepit, třískovitě obrábět, barvit, neodolává benzenu, ketonům, esterům. Vyrábí se z něj tabule, trubky, profily, technické dílce. Používá se na kabiny, okna, kryty letadel, štíty, čočky, ortopedická chirurgie, stomatologie, modely, reklamy, elektrotechnika [38].

9.5.3 Bioplasty

Potřeba alternativy k tradičním na ropě založených plastech začíná být čím dál více diskutovanější. V posledních letech ceny ropy neustále rostou, ve snaze zůstat konkurenceschopné, začaly firmy rozvíjet takzvané "bioplasty", které jsou vyrobeny buď z mikrobiálních produktů, nebo rostlinného materiálu. Do plastů se přidávají látky jako škrob, cukr nebo celulóza. Výroba těchto materiálů bývá nákladná a má své problémy. Většina bioplastů se vyrábí z fermentovaného škrobu a ta se dále polymeruje na kyselinu polymléčnou (polylactacid – PLA), která tvoří základ těchto plastů. Problémem je i důsledný separovaný sběr vhodných odpadních plastů, který je podmínkou úspěšného zneškodnění kompostováním [30]. Bioplasty jsou velmi nová technologie, která zatím není dostatečně prozkoumána a nejsou známy pozitiva a negativa těchto výrobků.

9.6 Zpracování plastů

Různé druhy plastových surovin je možné dále zpracovávat. Volba metody je dána nejen druhem polymeru, ale hlavně požadavkem na zhotovený výrobek. Je důležité určit prostředí užívání, parametry kladené na výrobek (mechanické, chemické, vlhkostní, tepelné atp.), jeho rozměry a také životnost.

9.6.1 Vstřikování plastů

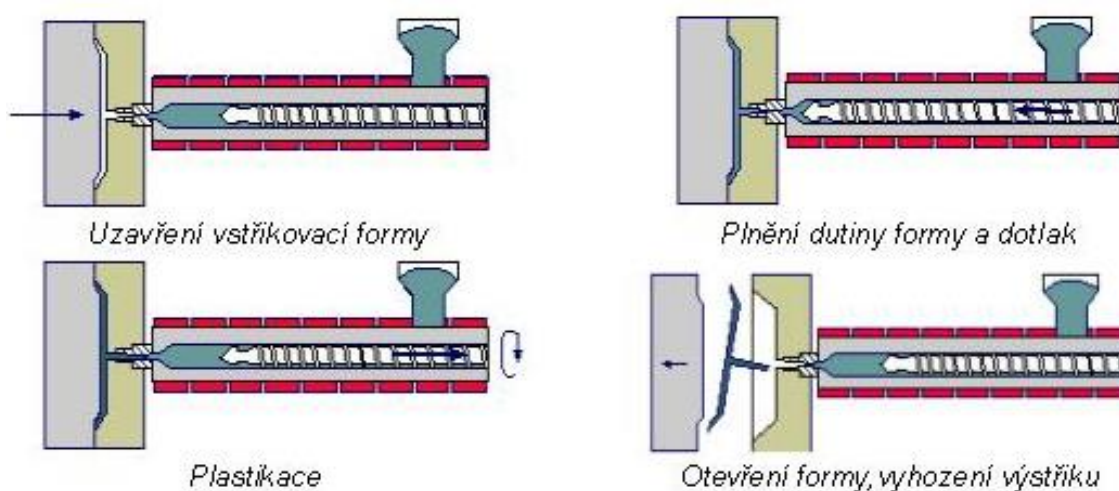
Vstřikováním se vyrábějí výrobky, které mají již konečný charakter nebo jsou to polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to

proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů.

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne na finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem.

Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a svým ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je vyndán a celý cyklus se opakuje [39].

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem.



Obr. 112 Vstřikovací proces [39]

Dále existují speciální způsoby vstřikování, které v rámci disertační práce nejsou zmiňovány.

Metoda vstřikování plastů se jeví pro využití druhotných plastových surovin v moderní výstavbě jako nejvhodnější. Prvotní investicí je ovšem výroba forem.

9.6.2 Vytlačování plastů

Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Technologie vytlačování slouží k výrobě buď konečných tvarů, nebo k výrobě polotovarů. Podle tvaru konečného výrobku nebo tvaru polotovaru se technologie vytlačování mohou rozdělit do tří základních skupin:

- výroba trubek a profilů,
- výroba fólií a desek,
- ostatní způsoby (oplašťování, výroba vláken a povlaků, atd.).

Tyto technologické způsoby využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje, které však nepracují samostatně, ale jsou součástí výrobních linek, kde ostatní stroje a zařízení zajišťují odtah, kalibraci, doplňkovou úpravu tvaru nebo povrchu, apod. [39].

Metoda vytlačování plastů se jeví pro využití druhotných plastových surovin v moderní výstavbě jako druhá nejvhodnější, vzhledem k možnosti vyrábět kontinuálně desky.

9.6.3 Vyfukování plastů

Vyfukováním se rozumí postup, při kterém je polotovar (předlisek) tvarován ve vyfukovací formě přetlakem vzduchu do tvaru uzavřeného tělesa. Materiál se musí zahřát do plastického stavu, kdy hmota vykazuje potřebnou tvarovatelnost, ale přitom si ještě udržuje dostatečnou soudržnost.

Polotovarem může být předlisek vyráběný vstřikováním, vytlačováním nebo i fólie. Vyfukováním se zpracovávají hlavně PE a PP, PVC a jeho kopolymery a v poslední době i PET. V malé míře jsou zastoupeny další termoplasty, jako např. POM, PC, kopolymery PS a jiné [39].

9.6.4 Tvarování termoplastů

Tvarování je výrobní postup, u kterého polotovar ve tvaru desky nebo fólie mění svůj tvar bez většího přemísťování částic hmoty. Většinou se provádí za tepla, jen ve výjimečných případech je možné některé plasty tvarovat bez ohřevu, ale vždy se jedná o výrobky jednoduchých tvarů a bez velkých nároků na rozměrovou přesnost. Tvarováním desek za tepla se vyrábějí různé kryty, nádoby, kufry, apod. Velký význam má tato technologie v obalové technice. Tvarováním za tepla lze zpracovávat pouze termoplasty, nejčastější jsou to však ze styrenových plastů, např. ABS dále PVC a jeho kopolymery, PMMA, PC, PET, PE a PP. K tvarování se obvykle používají jednovrstvé desky vyrobené z jednoho

druhu plastu vytlačováním na šnekových vytlačovacích strojích. Při stejných nebo velmi blízkých podmínkách se tvarují i desky vícevrstvé. Z hlediska tvarovacího procesu jsou jednovrstvé desky příhodnější, neboť desky z více druhů plastů kladou na technologii větší nároky.

Podle velikosti síly se tvarování dělí na mechanické a pneumatické, které se dále dělí na podtlakové a přetlakové. Podle tvaru výrobku se dělí na negativní (tvarování do dutiny) a pozitivní (tvarování na tvárník) a na kombinované. Podle způsobu předtvarování se dělí na tvarování s mechanickým nebo pneumatickým předtvarováním [39].

9.6.5 Lisování a přetlačování plastů

Lisování a přetlačování plastů jsou dva základní technologické způsoby, které byly používány jako jedny z prvních technologických postupů na zpracování plastů. Převážně se jimi zpracovávají reaktoplasty (fenolické hmoty, aminoplasty, polyestery, atd.). V současné době jsou tyto technologie nahrazovány vstřikováním, neboť se výrazně zkracuje celkový výrobní cyklus, odpadají dodatečné operace, snižuje se prašnost, apod. [39].

9.6.6 Válcování plastů

Válcování je technologický způsob, který se používá hlavně k přípravě fólií a podlahovin, koženek, k nanášení polymerů, k míchání, drcení, atd. Intenzitu válcování ovlivňuje mezera mezi válci a rozdíl v obvodových rychlostech válců – skluz. Každým dalším průchodem materiálu mezi dvojicí válců se zlepšuje kvalita prohnětení a kvalita povrchu [39].

9.6.7 Odlévání plastů

Odlévání je technologie, která je řazena mezi technologie ke zpracování kapalných systémů. Odlévat se dají jak termoplasty (PVC, PMMA, PA, atd.), tak i reaktoplasty (epoxidové, polyesterové, fenolické, apod. pryskyřice, PUR), v omezené míře latexy. Základem této technologie je převedení polymeru do stavu, kdy je hmota velmi dobře tekutá. Výhodou odlévání je výroba dílů bez vnitřního pnutí, výroba tvarově rozdílných dílů najednou, minimální odpad, konstrukční jednoduchost a nízké náklady na formy a stroje. Nevýhodou je omezení počtem vhodných plastů, nízká rozměrová přesnost, dlouhé pracovní cykly. Podle pohybu formy se odlévání dělí na gravitační, rotační a odstředivé [39].

9.6.8 Doplnkové technologie

Mezi doplňkové technologie se řadí všechny technologie, které nelze zařadit do tvářecích a tvarovacích technologií. Patří sem jednak technologie na úpravu povrchu (lakování, kaširování, pokovování, povlakování, dezénování, potiskování, atd.), jednak technologie využívající kapalně systémy (máčení, natírání, impregnace), technologie určené pro spojování plastů (lepení, svařování, nýtování, modifikování pro zesílení struktury atd.) a technologie obrábění plastů [39].

9.7 Technické listy



DEHTOCHEMA BITUMAT, s.r.o.
Pražská 870,
294 21 Bělá pod Bezdězem

Technický list č. 50 022-2

Číslo verze: 1

Datum verze: 14.11.2008

Stránka 1 z 2

SKLOELAST EXTRA

1. NÁZEV VÝROBKU: SKLOELAST EXTRA

2. TECHNICKÁ SPECIFIKACE:

- 2.1. ČSN EN 13 707 : 2005 Hydroizolační pásy a fólie - Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Definice a charakteristiky
- 2.2. ČSN EN 13 969 : 2005 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy do izolace proti vlhkosti a asfaltové pásy do izolace proti tlakové vodě - Definice a charakteristiky

3. ÚČEL POUŽITÍ:

- 3.1. Hydroizolace střech. Pás se používá pro podkladní vrstvy a mezivrstvy s velkou pevností.
- 3.2. Hydroizolace podzemních částí staveb a podzemních objektů proti vlhkosti a vodě. Pás se navrhuje proti zemní vlhkosti zpravidla v jedné vrstvě, proti vodě minimálně ve dvou vrstvách. U izolaci proti tlakové vodě vhodné kombinovat s pásy o vyšší tažnosti. Příp. pásy řady POLYELAST.

4. ZPŮSOB POUŽITÍ:

Pásy se zpracovávají natavováním na podkladní asfaltový pás či jiný vhodný podklad nebo mechanickým korvením k vhodnému podkladu. Minimální teplota ovzduší i vlastního pásu při zpracování je +0 °C. Velikost podélných i příčných spojů 100 (min. 80) mm.

5. SLOŽENÍ PÁSU

- 5.1. Úprava horního povrchu pásu. Jemnozrnný minerální posyp
- 5.2. Asfaltová vrstva nad nosnou vložkou. Směs asfaltu modifikovaného elastomery s minerálními plnivy v celkové tloušťce min. 1 mm
- 5.3. Nosná vložka. Nosná vložka ze skelné tkaniny o plošné hmotnosti min. 180 g/m² impregnovaná
- 5.4. Asfaltová vrstva pod nosnou vložkou. Směs asfaltu modifikovaného elastomery s minerálními plnivy v celkové tloušťce min. 1 mm
- 5.5. Úprava dolního povrchu pásu. Lehce tavitelná polymerní fólie.

6. BALENÍ, ZNAČENÍ, DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ

- 6.1. Balení. Pásy se dodávají v rolích o rozměrech 1m x 10,0 m x 4,0 mm. Role jsou zabezpečeny proti rozbalení vhodným způsobem, např. papírovým obalem nebo pomocí balicích pásek. Výrobky se dodávají na paletách fixovaných ve vertikální poloze.
- 6.2. Značení. Údaje o výrobku jsou uvedeny na obalu (balicím pásku) nebo na identifikačním štítku, případně jejich kombinací a splňují požadavky příslušných norem.
- 6.3. Doprava. Doprava rolí se provádí ve vertikální poloze v uzavřených dopravních prostředcích. Převážení v nekrýtech dopravních prostředcích lze provést pouze v tom případě, že výrobky jsou připravovány na paletách zabezpečených smrtňovací fólií.
- 6.4. Skladování. Role se skladují ve vertikální poloze na paletách. Role musí být chráněny před přímými povětrnostními vlivy, hlavně před slunečním zářením a jinými zdroji tepla, které by mohly způsobit jejich deformaci.
- 6.5. Záruka. Záruka na funkčnost 10 roků.

Návin (plocha balení) (m ²)	Barva obalu	Počet rolí na paletě	Plocha na paletě (m ²)	Váha palety (kg)
10	páska horní- název výrobku, střední-použití, dolní- DEHTOCHEMA BITUMAT	15	150	cca 710

7. CERTIFIKAČNÍ ZNAČKA

Číslo certifikátu : 1023-CPD-0038F, 1023-CPD-0037F



ICO:	DIC:	Telefon:	Fax:	E-mail:	Adresa výrobního závodu:	
27445828	C 227445828	546 418320	546 418328	info@dehtochema.cz	Nádražní 6	Olavany
		326370620	326303538	www.dehtochema.cz	Pražská 870	Bělá pod Bezdězem



DEHTOCHEMA BITUMAT, s.r.o.
Pražská 870,
294 21 Bělá pod Bezdězem

Technický list č. 50 022-2
Číslo verze: 1
Datum verze: 14.11.2008
Stránka 2 z 2

SKLOELAST EXTRA

8. TECHNICKÉ PARAMETRY PÁSU

Charakteristika	Zkušební metoda / klasifikace	Jednotka	Hodnota nebo údaj
Dle ČSN EN 13707, ČSN EN 13969 :			
Zjevné vady	ČSN EN 1850-1:2000	-	bez zjevných vad
Délka	ČSN EN 1848-1:2000	m	min. 9,90
Šířka	ČSN EN 1848-1:2000	m	min. 0,99
Plošná hmotnost pásu	EN 1849-1:2000	g/m ²	4500+/-250
Přímost	ČSN EN 1848-1:2000	-	max. odchylka 20mm/10m
Tloušťka	ČSN EN 1849-1:2000	mm	4,0+/-0,2
Vodotěsnost (60 kPa/24h)	ČSN EN 1928:2001 "Metoda A"	-	vyhovuje
Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1:2005 EN ISO 11925-2:2004	-	třída E
Největší tahová síla - příčný směr	ČSN EN 12311-1:2000	N/50mm	1400+/-400
- podélný směr		N/50mm	1400+/-400
Největší protažení - příčný směr	ČSN EN 12311-1:2000	%	15,0 +5,0/-2,0
- podélný směr		%	15,0 +5,0/-2,0
Odolnost proti protrhávání (díř hřebíku) - příčný směr	ČSN EN 12310-1:2000	N	300+/-80
- podélný směr		N	400+/-80
Ohebnost při nízké teplotě (pružnost)	ČSN EN 1109:2000	°C	max. -25
Dle ČSN EN 13707			
Odolnost proti stékání při zvýšené teplotě	ČSN EN 1110:2000	°C	min. 100
Dle ČSN EN 13969			
Vliv chemikálií na vodotěsnost	ČSN EN 1847:2001	-	vyhovuje
Vliv uměl. stárnutí na vodotěsnost	ČSN EN 1296:2001 ČSN EN 1928:2001	-	vyhovuje
Propustnost vodních par	ČSN EN 1931:2001	-	25000+/-5000
Odolnost proti nárazu	ČSN EN 12691:2006	Ømm h=300mm	min. 10
Odolnost proti statickému zatížení	ČSN EN 12730:2001 "Metoda B"	kg	min. 15
Smyková odolnost v příčném spoji velikosti 100 mm	ČSN EN 12317-1:2000	N/50mm	1500+/-400
Smyková odolnost v podélném spoji velikosti 100 mm	ČSN EN 12317-1:2000	N/50mm	1500+/-400
Dle ČSN 73 0601:2006			
Součinitel difúze radonu	Metoda K124/02/95 ČVUT Praha	10 ⁻¹¹ m ² /s	3,2

Výrobek neobsahuje nebezpečné látky.

ICO:	DIC:	Telefon:	Fax:	E-mail:	Adresa výrobního závodu:	
27445828	C227445828	546 418320	546 418328	info@dehtochema.cz	Nádražní 6	Olavany
		326370620	326303538	www.dehtochema.cz	Pražská 870	Bělá pod Bezdězem



DEHTOCHEMA BITUMAT, s.r.o.
Pražská 870,
294 21 Bělá pod Bezdězem

Tech.list č.50 101-1
Číslo verze: 1
Datum verze: 16.12.2008
Stránka 1 z 2

EXTRASKLOBIT PE

1. NÁZEV VÝROBKU: EXTRASKLOBIT PE

2. TECHNICKÁ SPECIFIKACE:

- 2.1. ČSN EN 13 707 : 2005 Hydroizolační pásy a fólie - Vyzružené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Definice a charakteristiky
- 2.2. ČSN EN 13 969 : 2005 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy do izolace proti vlhkosti a asfaltové pásy do izolace proti tlakové vodě - Definice a charakteristiky

3. ÚČEL POUŽITÍ:

- 3.1. Hydroizolace střech. Pás se používá pro podkladní vrstvy a mezivrstvy s velkou pevností.
- 3.2. Hydroizolace podzemních částí staveb a podzemních objektů proti vlhkosti a vodě. Pás se navrhuje proti zemní vlhkosti zpravidla v jedné vrstvě, proti vodě minimálně ve dvou vrstvách.

4. ZPŮSOB POUŽITÍ:

Pásy se zpracovávají lepením nebo natavováním na vhodný podklad. Minimální teplota ovzduší i vlastního pásu při zpracování je +5 °C. Velikost příčných a podélných spojů (přesahů) 100 (min. 80 mm).

5. SLOŽENÍ PÁSU

- 5.1. Úprava horního povrchu pásu. Jemnozrný minerální posyp.
- 5.2. Asfaltová vrstva nad nosnou vložkou. Směs oxidovaného asfaltu s minerálními plnivy v celkové tloušťce min. 1 mm.
- 5.3. Nosná vložka. Nosná vložka ze skelné tkaniny o plošné hmotnosti min. 180 g/m², impregnovaná.
- 5.4. Asfaltová vrstva pod nosnou vložkou. Směs oxidovaného asfaltu s minerálními plnivy v celkové tloušťce min. 1 mm.
- 5.5. Úprava dolního povrchu pásu. Lehce tavitelná polymerní fólie nebo jemnozrný minerální posyp.

6. BALENÍ, ZNAČENÍ, DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ

- 6.1. Balení. Pásy se dodávají v rolích o rozměrech 1m x 10m x 4,0mm. Role jsou zabezpečeny proti rozbalení vhodným způsobem, např. papírovým obalem nebo pomocí balicích pásek. Výrobky se dodávají na paletách fixovaných ve vertikální poloze.
- 6.2. Značení. Údaje o výrobku jsou uvedeny na obalu (balicím pásku) nebo na identifikačním štítku, případně jejich kombinací a splňují požadavky příslušných norem.
- 6.3. Doprava. Doprava rolí se provádí ve vertikální poloze v uzavřených dopravních prostředcích. Převážení v nechráněných dopravních prostředcích lze provést pouze v tom případě, že výrobky jsou přepravovány na paletách zabezpečených smršťovací fólií.
- 6.4. Skladování. Role se skladují ve vertikální poloze na paletách. Role musí být chráněny před přímými povětrnostními vlivy, hlavně před slunečním zářením a jinými zdroji tepla, které by mohly způsobit jejich deformaci.
- 6.5. Záruka. Záruka na funkčnost 5 roků.

Návin (plocha balení) (m ²)	Barva obalu	Počet rolí na paletě	Plocha na paletě (m ²)	Váha palety (kg)
10	páska horní- název výrobku, střední-použití, dolní- DEHTOCHEMA BITUMAT	15	150	cca 720

7. CERTIFIKAČNÍ ZNAČKA

Číslo certifikátu : 1023-CPD-0038F, 1023-CPD-0037F



ICO:	DIČ:	Telefon:	Fax:	E-mail:	Adresa výrobního závodu:	
27445828	C227445828	546 418320 326370620	546 418328 326303538	info@dehtochema.cz www.dehtochema.cz	Nádražní 6 Pražská 870	Olavany Bělá pod Bezdězem



DEHTOCHEMA BITUMAT, s.r.o.
Pražská 870,
294 21 Bělá pod Bezdězem

Tech.list č.50 101-1
Číslo verze: 1
Datum verze: 16.12.2008
Stránka 2 z 2

EXTRASKLOBIT PE

8. TECHNICKÉ PARAMETRY PÁSU

Charakteristika	Zkušební metoda / klasifikace	Jednotka	Hodnota nebo údaj
Dle ČSN EN 13707, ČSN EN 13969			
Zjevné vady	ČSN EN 1850-1:2000	-	bez zjevných vad
Délka	ČSN EN 1848-1:2000	m	min. 9,90
Šířka	ČSN EN 1848-1:2000	m	min. 0,99
Plošná hmotnost pásu	EN 1849-1:2000	g/m ²	4500 +/- 250
Přímost	ČSN EN 1848-1:2000	-	max. odchylka 20mm/10m
Tloušťka	ČSN EN 1849-1:2000	mm	4,0 +/- 0,2
Vodotěsnost (60kPa/24h)	ČSN EN 1928:2001 "Metoda A"	-	vyhovuje
reakce na oheň	ČSN EN 13501-1:2005 + ČSN EN ISO 11925- 2:2003	-	třída E
Největší tahová síla - příčný směr	ČSN EN 12311-1:2000	N/50mm	1400 +/- 400
Největší tahová síla - podélný směr	ČSN EN 12311-1:2000	N/50mm	1400 +/- 400
Největší protažení - příčný směr	ČSN EN 12311-1:2000	%	4,0 +/- 2,0
Největší protažení - podélný směr	ČSN EN 12311-1:2000	%	4,0 +/- 2,0
Ohebnost při nízké teplotě (pružnost)	ČSN EN 1109:2000	°C	max. 0
Odolnost proti protrhávání (dřik hřebíku) - příčný směr	ČSN EN 12310-1:2000	N	250 +/- 80
- podélný směr		N	350 +/- 80
Dle ČSN EN 13707			
Odolnost proti stékání při zvýšené teplotě	ČSN EN 1110:2000	°C	min. 80
Dle ČSN EN 13969			
Vliv chemikálií na vodotěsnost	ČSN EN 1847:2001 ČSN EN 1928:2001	-	vyhovuje
Vliv uměl. stárnutí na vodotěsnost	ČSN EN 1296:2001 ČSN EN 1928:2001	-	vyhovuje
Propustnost vodních par	ČSN EN 1931:2001	-	35000 +/- 7000
Odolnost proti nárazu	ČSN EN 12691:2006	Ømm h=300mm	min. 20
Odolnost proti statickému zatížení	ČSN EN 12730:2001	kg	min. 10
Smyková odolnost v příčném spoji velikosti 100 mm	ČSN EN 12317-1:2000	N/50mm	1400 +/- 400
Smyková odolnost v podélném spoji velikosti 100 mm	ČSN EN 12317-1:2000	N/50mm	1400 +/- 400
Dle ČSN 73 0601:2006			
Součinitel difúze radonu	Metoda K124/02/95 ČVUT Praha	10 ⁻¹¹ m ² /s	3,3

Poznámka – výrobek neobsahuje nebezpečné látky.

ICO:	DIC:	Telefon:	Fax:	E-mail:	Adresa výrobního závodu:	
27445828	C227445828	546 418320 326370620	546 418328 326303338	info@dehtochema.cz www.dehtochema.cz	Nádražní 6 Pražská 870	Oslavany Bělá pod Bezdězem