

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Porovnání hydroizolačních systémů
plochých střech**

Barbora Hyt'ková

2017

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adam Konvalinka

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 26. 5. 2017

.....

Barbora Hyťhová

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce Ing. Adamu Konvalinkovi za odborné vedení mé bakalářské práce, za cenné rady a vstřícnost při konzultacích. Mé poděkování patří též všem, kteří mi věnovali svůj čas k vyplnění dotazníku pro multikriteriální analýzu. Jejich odpovědi byli velmi rychlé a vstřícné. Zvláštní poděkování patří firmě FOLK s.r.o., která mi poskytla obrázky poruch střešních pláštů do mé práce. A v neposlední řadě patří mé díky rodině a přátelům za jejich podporu po celou dobu studia a za trpělivost, kterou se mnou měli.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Hyřhová</u>	Jméno: <u>Barbora</u>	Osobní číslo: <u>423026</u>
Zadávací katedra: <u>K 122 - Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství (SI)</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb (L)</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Porovnání hydroizolačních systémů plochých střech</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Comparison of waterproofing systems for flat roofs</u>	
Pokyny pro vypracování: - Popis variant hydroizolace plochých střech - Porovnání variant z různých hledisek - Popis nejčastějších poruch hydroizolačních systémů - Realizace ploché střechy na konkrétní stavbě	
Seznam doporučené literatury: - Ploché střechy - skladby a detaily; autor: Doc. Ing. Zdeněk KUTNAR, CSc. - Ploché střechy - praktický průvodce; autoři: Karel Chaloupka, Zbyněk Svoboda; nakladatelství GRADA - Hydroizolace plochých střech - poruchy střešních pláštů; autoři: M. Novotný, I. Misar, S.Šustliak; nakladatelství GRADA	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Adam Konvalinka</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>24. 2. 2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28. 5. 2017</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
<hr/> Podpis vedoucího práce	<hr/> Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<hr/> Datum převzetí zadání	<hr/> Podpis studenta(ky)

Porovnání hydroizolačních systémů plochých střech

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku výběru hydroizolačního systému plochých střech. V teoretické části autor nejprve seznamuje čtenáře se všeobecnými informacemi o plochých střechách a popisuje jejich dělení. Dále se podrobně zabývá hydroizolační vrstvou z asfaltových pásů a hydroizolačních fólií. Popisuje především jejich složení, specifika realizace a nejčastější poruchy. V praktické části se autor zabývá porovnáním hydroizolačních systémů pomocí zjednodušené multikriteriální analýzy a rozborem poruchy střešního pláště průmyslového objektu.

Klíčová slova

plochá střecha, hydroizolace, asfaltový pás, hydroizolační fólie

Comparison of waterproofing systems for flat roofs

This bachelor thesis focuses on the issue of waterproofing system for flat roofs. In the theoretical part, general information about flat roofs and their division is introduced and described. It further deals in detail with the waterproofing layer made of asphalt bands and waterproofing foils, focusing predominantly on their composition, implementation specifics, as well as the most common defects. In the practical part, the author deals with the comparison of waterproofing systems by means of simplified multi-criteria analysis and analysis of the roof coating of industrial buildings.

Keywords

flat roof, waterproof, bitumen membrane, waterproofing foil

Obsah

Úvod.....	10
1 Historie plochých střech	11
2 Obecná charakteristika	12
3 Rozdělení plochých střech	13
3.1 Jednoplášťové střechy	13
3.1.1 Jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev	14
3.1.2 Jednoplášťové střechy s opačným uspořádáním vrstev	15
3.1.3 Kombinované DUO střechy.....	16
3.1.4 Kompaktní střechy	16
3.1.5 Provozní střechy.....	17
3.1.5.1 Pochůzné střechy	17
3.1.5.2 Pojížděné střechy	19
3.1.5.3 Zelené střechy	20
3.1.6 Lehké ploché střechy	21
3.2 Dvoupplášťové ploché střechy.....	21
3.2.1 Dvoupplášťové střechy větrané	21
3.2.2 Dvoupplášťové střechy nevětrané	22
4 Hydroizolační vrstva.....	23
4.1 Asfaltové hydroizolační pásy.....	24
4.1.1 Druhy asfaltových pásů.....	24
4.1.2 Složení asfaltových pásů	25
4.1.3 Asfalt	25
4.1.3.1 Oxidovaný asfalt.....	26
4.1.3.2 Modifikovaný asfalt.....	26
4.1.4 Plnivo.....	26
4.1.5 Nosná vložka	27
4.1.6 Technologický postup hydroizolace z asfaltových pásů.....	27
4.1.6.1 Požadované povětrnostní podmínky	27
4.1.6.2 Sklony podkladu	28
4.1.6.3 Připravenost podkladu.....	28
4.1.6.4 Postup pokládky asfaltových pásů	29
4.1.6.5 Detaily z asfaltových pásů	31
4.2 Hydroizolační fólie	34
4.2.1 Druhy fólií z hlediska jejich konstrukce.....	34

4.2.1.1	Vyztužené fólie.....	34
4.2.1.2	Fólie s vložkou	35
4.2.1.3	Nevyztužené fólie.....	36
4.2.1.4	Speciální fólie	36
4.2.2	Druhy fólií z hlediska materiálu.....	36
4.2.2.1	Termoplastické fólie.....	36
4.2.2.2	Elastomery	38
4.2.2.3	Termoplastické elastomery.....	39
4.2.3	Technologický postup hydroizolace z hydroizolačních fólií	39
4.2.3.1	Požadované povětrnostní podmínky	39
4.2.3.2	Připravenost podkladu.....	39
4.2.3.3	Postup pokládky hydroizolačních fólií.....	40
4.2.3.4	Detaily z hydroizolačních fólií.....	42
4.3	Kontrola hydroizolace	44
4.4	Vady a poruchy hydroizolací plochých střech.....	47
4.4.1	Poruchy a vady asfaltových pásů	47
4.4.1.1	Poruchy z výrobních vad asfaltových pásů	47
4.4.1.2	Poruchy ze špatného provedení a užívání	50
4.4.2	Poruchy a vady hydroizolačních fólií.....	53
4.4.2.1	Poruchy z výrobních vad hydroizolačních fólií	53
4.4.2.2	Poruchy ze špatného provedení a užívání	55
4.5	Porovnání hydroizolačních systémů	58
5	Vlastní část	59
5.1	Multikriteriální analýza	59
5.1.1	Specifikace multikriteriální analýzy.....	59
5.1.2	Vlastní analýza.....	61
5.1.2.1	Zhodnocení kritérií.....	61
5.1.2.2	Váhy kritérií výběru.....	65
5.1.2.3	Vyhodnocení vlastní analýzy	66
5.1.3	Analýza dle odborníků z praxe	67
5.1.3.1	Váhy kritérií výběru.....	67
5.1.3.2	Vyhodnocení analýzy dle odborníků.....	68
5.1.4	Celkové vyhodnocení analýzy	72
5.1.4.1	Vyhodnocení jednotlivých kritérií.....	72
5.1.4.2	Shrnutí.....	75

5.2 Porucha střechy z asfaltových pásů	76
Závěr	78
Seznam použité literatury	79
Seznam obrázků	82
Seznam tabulek	83
Seznam grafů	83

Úvod

Střecha patří mezi nejdůležitější konstrukční část budovy, a proto její kvalita a spolehlivost ovlivňuje do jisté míry způsobilost celého objektu. Střecha nad hlavou symbolizuje domov, tedy místo, kde je nám dobře. Požadujeme od ní, aby nás spolu s ostatními obvodovými konstrukcemi chránila před nepříznivými klimatickými vlivy a zabezpečovala požadovaný stav vnitřního prostředí.

V posledních desetiletích jsme prošli výrazným technologickým rozvojem a tím pádem došlo i k nárůstu požadavků, které jsou na střechy, zvláště pak na ty ploché, kladeny. Jedná se především o rozšiřování funkcí střech pro rekreaci a jako komunikační prostory nejen lidí, ale i dopravních prostředků.

Zabezpečení všech požadavků kladených na střechu je mnohdy velmi náročný úkol. Ačkoliv by mělo být navrhování střešních plášťů bezproblémové, vzhledem k zmíněnému technologickému vývoji a množství informací, které o materiálech máme, patří stále střechy mezi nejporuchovější části stavebního díla. Poruchy střešních plášťů tvoří až 75% všech stavebních poruch. Nefunkčnost střechy se projevuje v zatékání nebo ve zvýšené kondenzaci. Vlhkost pronikající do stavební konstrukce snižuje tepelně izolační schopnosti střechy, což má v zimě za následek nárůst spotřeby energie na vytápění a v létě naopak nárůst spotřeby energie na klimatizaci přehříváných prostor. Pro úspěšnou eliminaci poruch je nutný správný návrh, použití kvalitních materiálů a v neposlední řadě správná odborná realizace.

V současné době se jako hydroizolační vrstva nejvíce uplatňují asfaltové pásy a hydroizolační fólie. Hydroizolační fólie, které u nás vstoupili na trh zhruba po roce 1990, nemají tak dlouhou tradici jako asfaltové pásy. Setkala jsem se s pár negativními názory na jejich použití, což bylo v podstatě mou motivací pro výběr tohoto tématu pro mou bakalářskou práci. Cílem práce je porovnání obou hydroizolačních systémů a analýza vhodnosti jejich použití ve stavební praxi.

1 Historie plochých střech

Využití plochých střech se datuje od 3. tisíciletí před naším letopočtem. Jejich první realizace probíhaly především v oblastech s malým srážkovým úhrnem. Nejstarší ploché střechy vznikaly v Egyptě, kde jimi byly zastřešeny hrobky příslušníků privilegovaných tříd egyptské společnosti zvané Mastaby. Konstrukci plochých střech zde tvořily kamenné desky, kladené na sraz nebo na pero a drážku.

Dále je možné nalézt ploché střechy také v architektuře Asýrie, Babylónu, Mezopotámie, Persie a Indie. V Persii byla používána jako nosná konstrukce dřevěná kulatina podepřená kládami. K zajištění vodotěsnosti střechy byla na kulatinu nanášena vrstva asfaltu, který se těžil z Mrtvého moře. Z této doby pochází jeho název bitumen (Bitumen Judaicum). Vzdálenější oblasti, které neměly k dispozici podobné naleziště, používaly dostupné materiály jako například hlíny a jíly.

V Evropě se ploché zastřešení začalo objevovat až později, konkrétně v 6. – 7. století před naším letopočtem. V antickém Řecku se ploché střechy stavěly především na chrámových stavbách. Jako nosná konstrukce se také používala dřevěná kulatina, na kterou se dusala hlína ve vrstvách. Technologicky vyspělejší v té době byla architektura římská, kde se ploché střechy využívaly jako užité a to hlavně v podobě teras. Ve zbylých zemích Evropy se z důvodu klimatických podmínek používaly střechy šikmé.

Zlom nastal na konci 18. a začátkem 19. století, kdy byly vynalezeny vhodné materiály v podobě asfaltových pásů a dehtových lepenek. Tyto materiály byly hojně využívány především v Německu. V meziválečném období se dostal na scénu moderní architekt Le Corbusiér, který navrhl využít střechy jako zahrady. Jeho hlavní myšlenou bylo nahradit zeleň, kterou vystavěný dům odebral místu, na němž stojí.

V roce 1938 byla v Německu poprvé použita polymerní fólie jako hydroizolační vrstva ploché střechy.

K největšímu rozvoji plochých střech v České republice došlo v období 60. let minulého století, za doby hromadné výstavby panelových bytových

domů. Nosnou konstrukci tvořil stropní panel nad posledním podlažím, následovala spádová vrstva, tepelně izolační vrstva, cementový potěr a povlaková krytina. Časem se ale ukázalo, že jsou tyto aplikované střešní systémy problematické a nedokonalé. Používaly se materiály s nízkou trvanlivostí a docházelo k vlhkostním poruchám. Skladby se začaly upravovat a postupně se tepelná izolace začala přesouvat co nejbližší pod hydroizolaci.

V posledních třiceti letech prošlo navrhování a provádění plochých střech velkým technickým vývojem. S rozvojem materiálů a s rostoucími požadavky na tepelné podmínky se začínají postupně měnit i skladby navrhovaných střech. [16] [26]

2 Obecná charakteristika

Střecha je obvodová stavební konstrukce ohraničující budovu nad posledním podlažím. Je jednou z hlavních konstrukcí budovy a spolu s ostatními obvodovými konstrukcemi chrání vnitřní prostředí budovy proti vnějším vlivům, jako je např. voda, vlhkost, teplota, vítr, sluneční záření, hluk, chvění, apod.

Ploché střechy jsou dle ČSN 73 1901 „Navrhování střech – Základní ustanovení“ definovány jako střechy, jejichž sklon vnějšího povrchu $1 \leq \alpha \leq 5^\circ$.

Výhody:

- zmenšují celkovou výšku budovy,
- možnost zastřešení členitých půdorysů,
- možnost účelového využití střešních ploch,
- snadný přístup,
- úspora materiálu,
- menší pracnost.

Nevýhody:

- nutný odborný návrh skladby střešních vrstev, nutnost správného tepelně technického posouzení,
- důsledné dodržování technologických zásad při realizaci,
- kontrola vnitřních vrstev bez porušení jiných vrstev není možná,

- některá charakteristická místa bývají zdrojem poruch (styk střechy s atikou, průniky krytinou, vtoky, aj.),
- místa poruch se obtížně zjišťují, poruchy se pracně odstraňují.

Každá střecha se skládá z:

- nosné střešní konstrukce - část střechy, která přenáší veškerá zatížení (od střešního pláště, z doplňkových konstrukcí, vody, sněhu, větru, atd.) do ostatních nosných konstrukcí objektu,
- střešního pláště – chrání vnitřní prostředí budovy proti vnějším vlivům a zajišťuje požadavky na vnitřní prostředí,
- z doplňkových konstrukcí a prvků. [24] [26]

3 Rozdělení plochých střech

Podle využití rozlišujeme ploché střechy:

- Bez provozu – vstup pouze pro kontrolu stavu konstrukce
- S provozem – využívána pro účely dopravy, rekreace, technologického provozu apod.

Podle počtu střešních pláštů rozlišujeme ploché střechy:

- Jednoplášťové
 - S klasickým pořadím vrstev
 - S opačným pořadím vrstev
 - Kombinované (tzv. duo střecha)
 - Kompaktní střechy
- Dvoupplášťové
 - Větrané
 - Nevětrané
- Několika plášťové [24] [26]

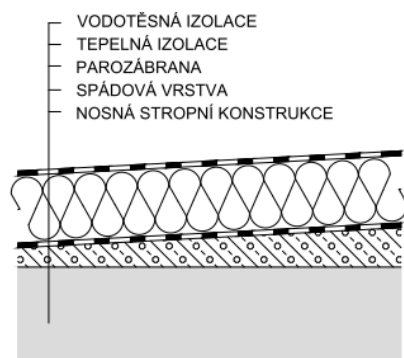
3.1 Jednoplášťové střechy

Jednoplášťové ploché střechy jsou základním a zároveň nejpoužívanějším typem plochých střech. Dle ČSN 73 1901:1999 jsou

definovány jako střechy oddělující chráněné (vnitřní) prostředí od vnějšího jedním střešním pláštěm.

3.1.1 Jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev

Jde o klasickou skladbu ploché střechy, kdy je hydroizolační souvrství umístěno výhradně nad tepelnou izolací. Základní skladba jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev je detailněji znázorněna na obr. 1.



Obr. 1 - Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

Spádová vrstva bývá zajištěna z lehčeného betonu, liaporbetonu nebo polystyrenbetonu. Pokud je tvořena mokrým procesem na stavbě, neměla by se nikdy provádět na již provedenou parozábranu, aby nedošlo k zabudování neúměrného množství vody do střešního pláště.

Následuje zpravidla parotěsná zábrana, která zabraňuje vniknutí vodní páry do skladby, ale také může tvořit pojistnou hydroizolaci. U střech bez tepelných požadavků a tepelné izolace může být parotěsná izolace vynechána.

Jako tepelná izolace se používá pěnový polystyren, minerální vlna, pěnový polyuretan či pěnové sklo ne však extrudovaný polystyren. V poslední době se stále častěji provádí tepelná izolace i jako spádová vrstva ze spádových klínů.

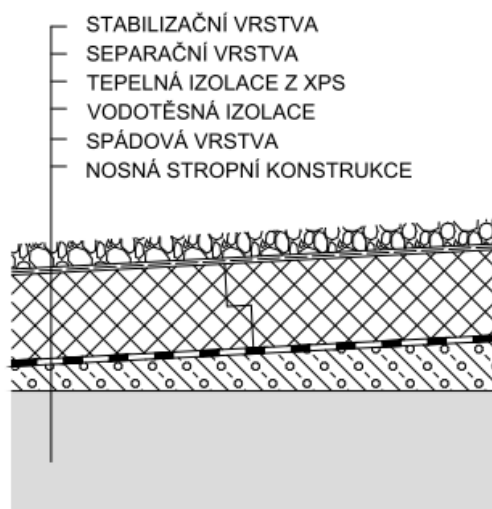
Finální vrstvu tvoří hydroizolace.

V minulosti se používaly i jednoplášťové větrané ploché střechy, v jejichž skladbě byl vytvořen systém větracích kanálků napojených na vnější prostředí. Tyto střechy se realizovaly do počátku devadesátých let minulého

století, dnes se již nerealizují. Můžeme se s nimi tedy setkat jen u rekonstrukcí stávajících střech. [9] [18] [26]

3.1.2 Jednoplášťové střechy s opačným uspořádáním vrstev

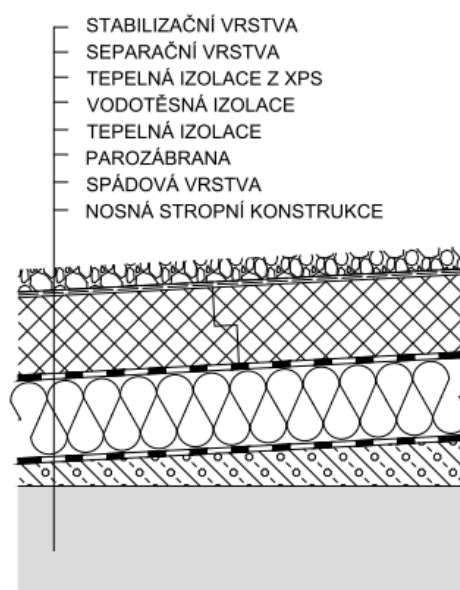
Střecha s opačným uspořádáním vrstev, neboli obrácená střecha je definována jako střecha s hydroizolační vrstvou umístěnou pod tepelně izolační vrstvou. Základní skladba tzv. obrácené střechy je detailněji znázorněna na obr. 2. Tepelný izolant je vystaven nepříznivým vlivům vnějšího prostředí, a proto je potřeba použít materiál s uzavřenou pórovitostí a zaručeně nízkou nasákavostí. Tyto požadavky splňuje extrudovaný polystyren XPS, který lze klást i za deštivého počasí a i v zimním období. Používají se zásadně desky s polodrážkou, které nejenže minimalizují vznik tepelných mostů, ale zajišťují také jejich vzájemné spolupůsobení. Tepelný izolant zajišťuje ochranu hydroizolace vůči mechanickému poškození, UV zářením a zamezuje přehřívání hydroizolace. Důležité je zvolit tloušťku XPS tak, aby vznikl kondenzát až nad hydroizolací v tepelně-izolační vrstvě. Problémová mohou být pro obrácené (inverzní) střechy chladná roční období, kdy se teplota dešťové vody blíží 0°C. Voda, která proteče skrz tepelnou izolaci až na hydroizolaci, ji prudce ochlazuje. Řešením může být buď opatření horního povrchu střešního pláště dlažbou, hmotnost nosné konstrukce a spádové vrstvy nad 220 kg/m² nebo rozdělení tepelně izolační vrstvy tak, aby její část byla pod hydroizolační vrstvou (tzv. duo střecha). [9] [18] [26]



Obr. 2 - Jednoplášťová plochá střecha s opačným pořadím vrstev (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

3.1.3 Kombinované DUO střechy

Jedná se o kombinaci jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev a obrácené střechy tzv. DUO střecha. Ta je charakterizována dvěma vrstvami tepelné izolace s mezilehlou hydroizolací. Základní skladba kombinované DUO střechy je detailněji znázorněna na obr. 3. Používá se jak při rekonstrukcích stávajících střech, tak u nových obrácených střech. Při rekonstrukcích je DUO skladba ideální volbou při poddimenzování tepelně izolační vrstvy a nefunkční hydroizolaci. [18] [26]

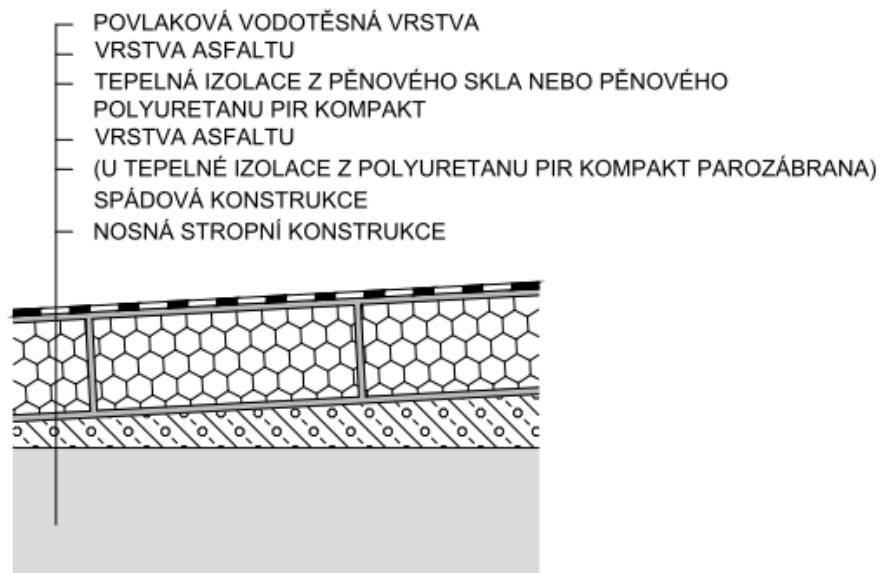


Obr. 3 - Jednoplášťová plochá střecha DUO (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

3.1.4 Kompaktní střechy

Jedná se o jednoplášťovou střechu, ve které jsou jednotlivé vrstvy tepelné a vodotěsné izolace vzájemně celoplošně slepeny mezi sebou a s podkladem v jeden celek. Základní skladba kompaktní střechy je detailněji znázorněna na obr. 4. V podstatě jde o obalení jednotlivých desek tepelné izolace vodotěsnou asfaltovou krycí hmotou. V případě poškození vodotěsné izolace pak nemůže voda nekontrolovatelně zatékat do souvrství střešního pláště, protože všechny vrstvy jsou vzájemně slepeny asfaltem a tudíž vodotěsně odděleny. Jako tepelná izolace se dříve používalo pouze pěnové sklo, ovšem od roku 2003 je na trhu dostupná i nová technologie kompaktně uložených desek ze speciálního polyuretanu PIR KOMPACT od firmy Bauder. Pěnové sklo je parotěsné, takže v případě jeho použití se nedělá parozábrana.

Kompaktní střecha se navrhuje v provozech, kde jsou kladeny nároky na velké zatížení. S ohledem na cenu pěnového skla, se tyto střechy navrhují pouze v nutných případech. [9] [18] [26]



Obr. 4 - Jednoplášťová plochá střecha s kompaktní skladbou vrstev (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

3.1.5 Provozní střechy

Provozní střechy jsou střešní konstrukce umožňující využití střešní plochy pro určitý účel užívání. Provozní střechy mohou být:

- Pochůzné střechy
- Pojížděné střechy
- Zelené střechy
 - S extenzivní zelení
 - S intenzivní zelení.

Provozní střechy bývají většinou jednoplášťové. Dvouplášťové provozní střechy se navrhují výjimečně. [15] [26]

3.1.5.1 Pochůzné střechy

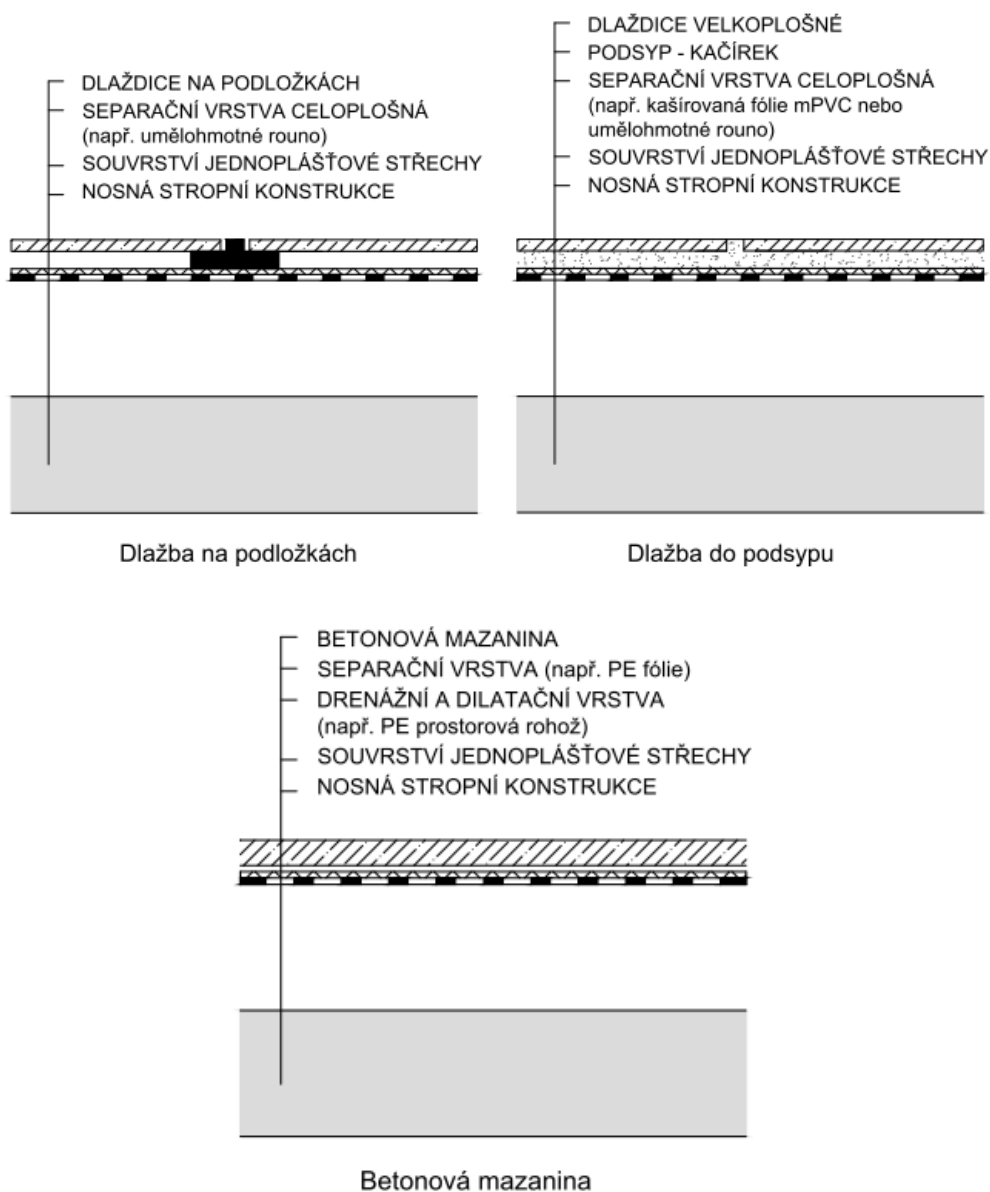
Pochůzné střechy jsou určeny pro trvalé užívání osobami, a proto musí materiál provozní vrstvy umožňovat bezpečný pohyb osob. Provozní vrstva se navrhuje většinou z dlaždic (keramické, betonové, teracové, z litých betonů,

dřevěné, gumové event. z jiných materiálů) betonové mazaniny, popřípadě i jiných materiálů.

Provozní vrstvu z dlaždic můžeme ukládat na podložky, do maltového lože (případně speciálních tmelů), nebo do podsypu.

Betonová vrstva se jako konečná provozní vrstva navrhuje jen u méně náročných staveb. Betonová mazanina musí být dilatována v ploše max. 2 x 2 m, po obvodě a u prostupujících konstrukcí a musí být od povlakové izolace oddělena separační a dilatační vrstvou, případně drenážní.

Příklady skladeb pochůzných střech na obr. 5. [15] [26]



Obr. 5 - Skladby pochůzných střech (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

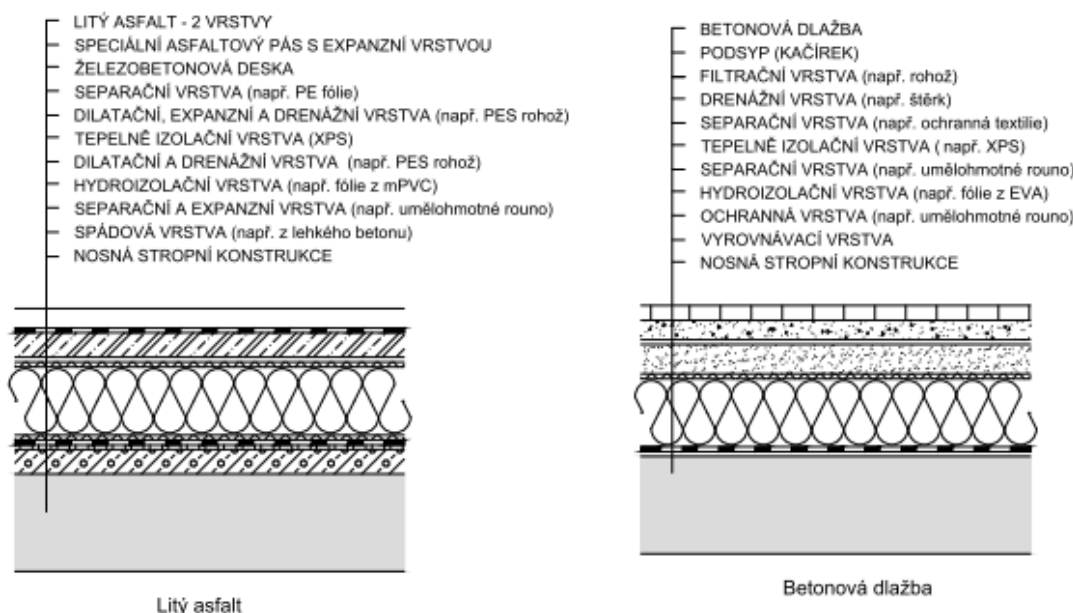
3.1.5.2 Pojížděné střechy

Pojížděné střechy jsou určeny pro pojíždění vozidel a jejich parkování. Do této kategorie patří i střechy určené pro provoz kolejových vozidel a střechy pro přistávání vrtulníků (tzv. heliporty). Pro tyto střechy se používá jako provozní vrstva většinou asfaltobeton, litý asfalt, dlažba nebo samotná betonová či železobetonová deska. Vzorové skladby pojížděných střech jsou znázorněny na obr. 6.

Litý asfalt se obvykle provádí ve dvou vrstvách a podkládá se separační a dilatační vrstvou, která musí být schopna odolat teplotě při kladení asfaltu. Proti vysokým teplotám musí být chráněna i hydroizolační vrstva. Používají se speciální asfaltové pásy, které umožňují přímou aplikaci litého asfaltu.

Dále se jako provozní vrstva může používat betonová dlažba, která se osazuje do podsypu.

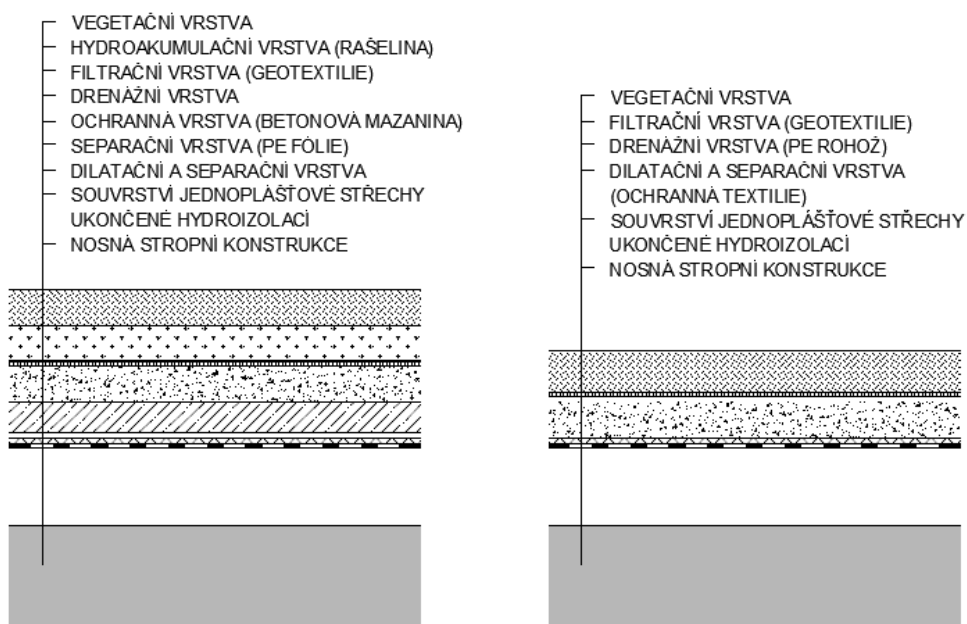
Při vysokém provozním zatížení (např. heliporty) se navrhuje betonová, popřípadě železobetonová deska. Tato deska se opatřuje nátěrem a stěrkou jako ochrana. [15] [26]



Obr. 6 – Skladby pojížděných střech (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

3.1.5.3 Zelené střechy

Zelené střechy (též vegetační střechy či střešní zahrady) esteticky dotvářejí stavbu a zároveň slouží pro využívání lidmi. Zelené střechy jsou ekologické, čistí a zvlhčují vzduch. Tyto střechy je možno kombinovat s pochůznými nebo pojížděnými, případně i jinak využívanými plochami (např. rekreační plochy, hřiště, bazény, apod.). Příklady skladby zelené střechy jsou zobrazeny na obr. 7.



Obr. 7 - Skladby zelených střech (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

Dle použitých ozelenění rozlišujeme zelené střechy s extenzivní a intenzivní zelení. Extenzivní zeleň je nenáročná zeleň, která vyžaduje velmi malou péči a náklady na údržbu. Patří sem hlavně mechy, trávy, květiny, drobné dřeviny. U střech s extenzivním ozeleněním se většinou neuvažuje se zřízením umělého zavlažování. Optimální tloušťka substrátu je 40-180 mm.

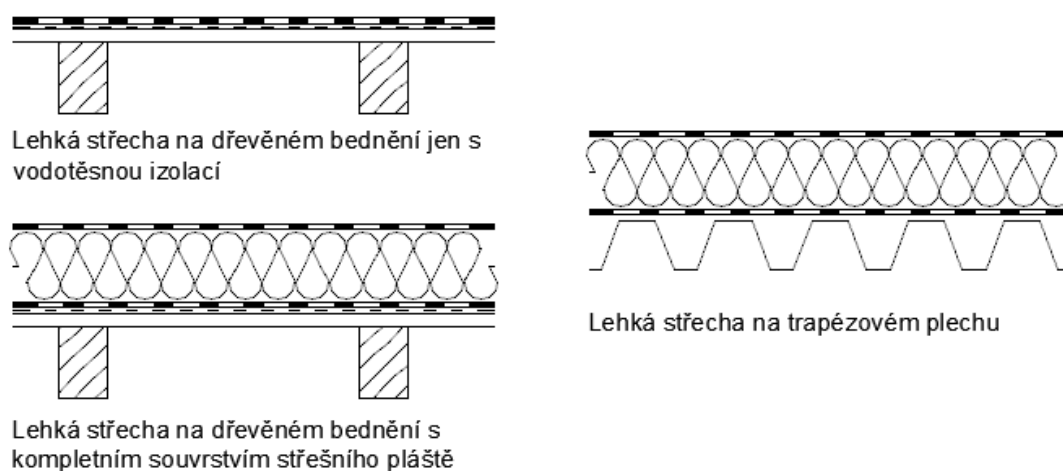
Intenzivní zeleň tvoří keře a stromy. Tloušťka substrátu bývá nad 300 mm. Taková konstrukce střech umožňuje uplatnit nadzemní nebo podpovrchové zavlažování.

Zeleň na střechách může být také v kontejnerech, přemístitelných nádobách, nebo ve velkoobjemových květináčích. [15] [25] [26]

3.1.6 Lehké ploché střechy

Mezi lehké ploché střechy řadíme střechy s plošnou hmotností nižší než 100 kg/m^2 . Nosnou konstrukci tohoto typu tvoří dřevěné bednění (z prken, z vodovzdorné překližky, z dřevoštěpkových OSB desek) nebo trapézový plech viz obr. 8.

Z důvodu velkého namáhání sáním větru je důležité kvalitní kotvení. Lehké střechy se dělají nejen jako jednovlášťové, ale mohou také tvořit horní plášť dvouplášťových střech. [15] [18] [26]



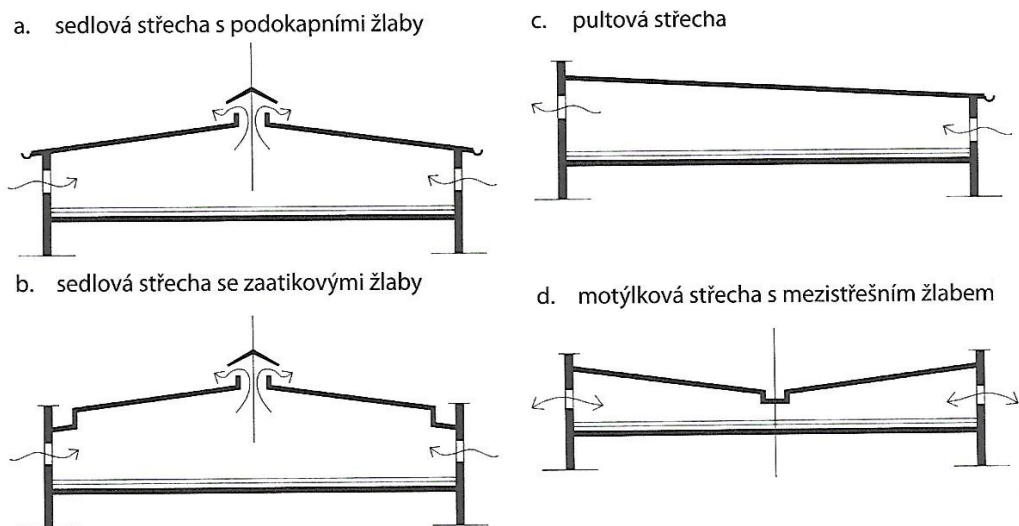
Obr. 8 – Lehké střechy (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

3.2 Dvouplášťové ploché střechy

Dle ČSN 73 1901:1999 jsou definovány jako střechy oddělující chráněné (vnitřní) prostředí od vnějšího dvěma střešními plášti, mezi nimiž je vzduchová vrstva. Vzduchová vrstva může být větraná, nebo nevětraná. Horní plášť určuje spád střešní konstrukce. Podle požadavků může být buď s klasickým pořadím vrstev, nebo s opačným pořadím vrstev. Dolní plášť tvoří stropní konstrukce, na které je uložena tepelná izolace. [18]

3.2.1 Dvouplášťové střechy větrané

Dvouplášťové větrané střechy mají vzduchovou vrstvu napojenou na vnější prostředí vhodně umístěnými přiváděcími a odváděcími větracími otvory viz obr. 9. Dochází tak k pohybu vzduchu ve vzduchové vrstvě a jeho výměně s vnějším prostředím. Tím zároveň dochází k úniku vlhkosti.



Obr. 9 - Typy větraných dvouplášťových plochých střech (převzato z [3])

Dvouplášťové větrané střechy se v minulosti používali více než dnes. Důvodem byl nedostatek vhodných materiálů tepelných i vodotěsných izolací a v neposlední řadě také větší spolehlivost dvouplášťových střech. Dnes se tyto střechy příliš nepoužívají, protože jde o složitější konstrukci, která je náročná na provádění a finance. Příklad skladby větrané dvouplášťové střechy je znázorněn na obr. 10. [15] [18]



Obr. 10 - Skladba dvouplášťové větrané ploché střechy s parozábranou (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

3.2.2 Dvouplášťové střechy nevětrané

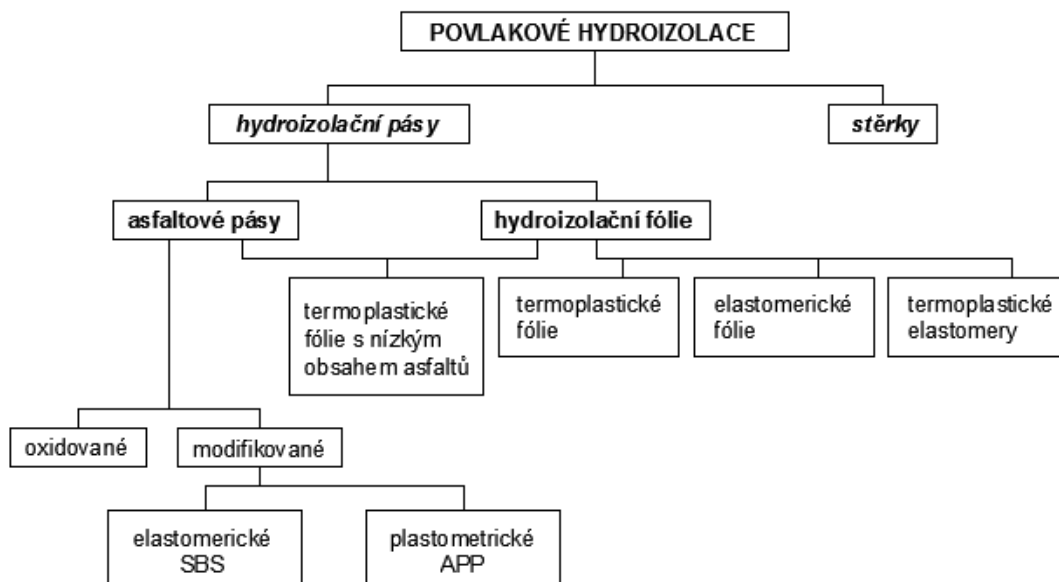
Dvouplášťové nevětrané střechy jsou v podstatě obdobou jednoplášťových plochých střech, neboť nevětraná vzduchová mezera má charakter tepelné izolace. Z hlediska stavební fyziky se posuzují jako jednoplášťové střechy. V dnešní době se téměř nenavrhují. [18]

4 Hydroizolační vrstva

Nejdůležitější vlastností každé střechy je vodotěsnost. Tu zajišťuje hydroizolační vrstva, a tak je nejdůležitější vrstvou střechy. Musí vytvářet spolehlivý, dokonale vodotěsný povlak, povlakovou hydroizolaci. Hydroizolační vrstva je nejvíce namáhána klimatickými vlivy, a proto musí být svými vlastnostmi schopna těmto vlivům dlouhodobě odolávat. Životnost povlakové hydroizolace se může výrazně prodloužit, pokud je hydroizolační vrstva chráněna ochrannou vrstvou (např. kačírkem, provozní vrstvou apod.) nebo konstrukční úpravou (střecha s obráceným pořadím vrstev). U asfaltových pásů se jako ochrana používá posyp z drcené břídlíce nebo z keramického granulátu.

Tvoří-li hydroizolační vrstva vrchní vrstvu střešního souvrství, musí být zajištěna její poloha, před účinky větru mechanickým kotvením, lepením nebo tavením popřípadě stálým zatížením stabilizační vrstvou.

Pro vytvoření povlakové hydroizolace se v současné době používají hydroizolační pásy nebo stěrkové hydroizolace. Členění povlakových hydroizolací je znázorněno na obr. 11. [15]



Obr. 11 - Schéma členění povlakových hydroizolací (převzato z [15])

4.1 Asfaltové hydroizolační pásy

Asfaltové pásy jsou základní a nejrozšířenější technologií hydroizolace plochých střech.

4.1.1 Druhy asfaltových pásů

Asfaltové pásy se dělí dle provedení na tři typy:

Asfaltové pásy typu A

Jedná se o nosnou vložku z hadrové lepenky impregnovanou primárním asfaltem. Tloušťka pásu je do 1 mm. Nemají žádnou krycí vložku a jsou jako hydroizolační vrstva naprosto nevhodné. Používají se na vytvoření podkladní, vyrovnávací, separační nebo ochranné vrstvy střešního pláště.

Asfaltové pásy typu R

Tyto asfaltové pásy mají nosnou vložku opatřenou z každé strany asfaltovou krycí hmotou tloušťky do 1 mm, přičemž celková tloušťka asfaltového pásu nepřesahuje 2,5 mm. Tyto pásy nelze pokládat natavováním pomocí propanbutanového hořáku. Aplikují se pokládkou do nátěrů z horkého asfaltu. Jako vodotěsná izolace plochých střech se dnes již nepoužívají. Je možné je využít v některých případech pouze jako spodní vrstvu hydroizolačního souvrství, kdy horní vrstvu musí vždy tvořit pás typu S.

Asfaltové pásy typu S

Asfaltové pásy typu S mají nosnou vložku opatřenou z každé strany asfaltovou krycí hmotou tloušťky více než 1 mm, přičemž celková tloušťka asfaltového pásu má být minimálně 3 mm (většinou 4-5 mm). Tyto pásy se používají jako hydroizolační vrstva plochých střech. Podmínkou je nenasákavá vložka. ČSN P 73 0606 stanovuje minimální tloušťky asfaltových pásů:

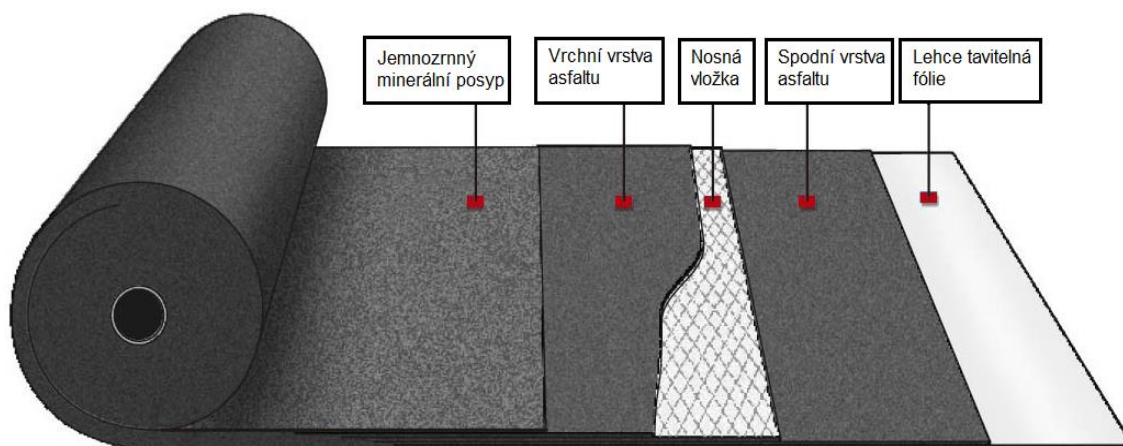
- min. 3 mm pro plošně samolepící asfaltové pásy,
- min. 4 mm pro natavitelné asfaltové pásy,
- min. 5 mm pro speciální asfaltové pásy tvořící jednovrstvou vodotěsnou izolaci střešního pláště. [4] [15]

4.1.2 Složení asfaltových pásů

Konstrukční skladbu asfaltového pásu typu R a S tvoří:

- horní asfaltová krycí vrstva,
- nosná vložka,
- dolní asfaltová krycí vložka.

Na spodním i horním povrchu asfaltového pásu mohou být různé povrchové úpravy. Kvalita, mechanické a fyzikální vlastnosti jsou dány kvalitou asfaltové krycí vrstvy, druhem nosné vložky, tloušťkou pásu a způsobem výroby. Složení asfaltového pásu typu R nebo S viz obr. 12. [15]



Obr. 12 – Složení asfaltového pásu typu R nebo S (převzato z [20])

4.1.3 Asfalt

Asfalty se vyrábí rafinací ropy. Součástí rafinace je i destilace ropy, která probíhá ve dvou fázích. Při první fázi dochází k atmosférické destilaci a při druhé fázi k vakuové destilaci, jejímž výsledkem je vakuový zbytek, jehož součástí je i surový asfalt neboli primární asfalt.

Když do primárního asfaltu vháníme kyslík, vzniká oxidovaný asfalt.

Druhou možností úpravy je extrakce vakuového zbytku, kdy vzniká extrahovaný asfalt. Pokud přidáme do extrudovaného asfaltu a polofoukaného asfaltu modifikátory, vzniká modifikovaný asfalt. [4] [5]

4.1.3.1 Oxidovaný asfalt

Obečné vlastnosti nataviteľných pásů z oxidovaného asfaltu:

- pásy nejsou odolné vůči UV záření, proto vyžadují povrchovou úpravu,
- stárnutím dochází k jejich křehnutí,
- jsou levnější v porovnání s modifikovanými asfaltovými pásy. [15]

4.1.3.2 Modifikovaný asfalt

Vzhledem k nízkým technickým parametrům a relativně malé životnosti pásů z oxidovaného asfaltu, se v posledních desetiletích začaly hledat způsoby, jak odstranit nedostatky. Bylo zjištěno, že modifikací dochází ke zlepšení mechanických vlastností a k prodloužení celkové životnosti viz tab. 1. V současné době se používají dvě základní modifikace asfaltu:

- Modifikace APP,
- Modifikace SBS. [5] [15]

Tab. 1 - Srovnání vlastností asfaltových pásů (převzato z [5])

Druh asfaltového pásu/ asfaltové hmoty	Ohebnost za nízkých teplot [°C]	Stálost za tepla [°C]	Bod měknutí [°C]
oxidovaný	0 až 4	70	85 až 90
modifikovaný APP	-5 až -15	115 až 130	135 až 150
modifikovaný SBS	-15 až -35	90 až 110	110 až 125

4.1.4 Plnivo

Asfaltová krycí vrstva obsahuje mimo asfaltu také minerální plnivo, které zajišťuje snazší výrobu, lepší skladovatelnost (stabilitu asfaltové krycí vrstvy při stání) asfaltových pásů a větší mechanickou odolnost. Jako plnivo se používá rozemletý vápenec, rozemletá břidlice, čedičová moučka a vápenná moučka.

Ideální množství plniva je 30 %, minimum je 18%. Vyšší množství plniva má za následek např. snížení lepivosti asfaltové hmoty, zvýšení potřebné teploty pro tavení asfaltu, nebo snížení konzistence asfaltu. [5] [15]

4.1.5 Nosná vložka

Nosná vložka asfaltového pásu ovlivňuje technické parametry asfaltového pásu, vhodnost jeho použití, vlastnosti a životnost celého souvrství vodotěsné izolace. Poloha nosné vložky vypovídá o kvalitě jeho výroby, a tím o kvalitě pásu jako takového. Měla by se nacházet ve střední třetině asfaltového pásu. Pokud se nachází nosná vložka u spodního povrchu pásu, je velké riziko poškození vložky při natavování pásu. Pokud je naopak při horním povrchu pásu, je riziko nižší životnosti asfaltového pásu. Nosné vložky můžeme dle nasákavosti pro vodu rozdělit na:

- nasákavé – nevhodné pro použití pro hydroizolační vrstvy,
- nenasákavé - vhodné pro hydroizolační vrstvy.

Podle materiálu a provedení nosné vložky pak máme tyto typy nosných vložek:

- skelná tkanina,
- skelné rouno (rohož),
- polyesterové (PES) rouno (rohož),
- polyesterová tkanina – používá se minimálně,
- kombinované vložky,
- spřažené vložky. [6] [15]

4.1.6 Technologický postup hydroizolace z asfaltových pásů

4.1.6.1 Požadované povětrnostní podmínky

Doporučené minimální teploty vzduchu, pásu a podkladu při zpracování asfaltových pásů viz tab. 2.

Tab. 2 - Tabulka minimálních a maximálních teplot vzduchu, podkladu a materiálu (zdroj autor, podle předlohy několika autorů)

	Mezní teplota (ohebnost, lepivost)	Min. teplota při pokládce	Max. teplota při pokládce
Oxidované	+10 °C láme se	+10°C	+50°C
SBS natavitelné	Dle modifikace např. - 25°C (zmrzne izolátér)	+5°C	+50°C
SBS samolepicí	+10°C nelepí	+10°C	+50°C

V případě nutnosti zpracovávat oxidované pásy za teplot od +5°C do +10°C se doporučuje skladovat role asfaltových pásů ve vytápěné místnosti až do pokládky.

Pokud nejsme schopni dodržet minimální teploty dle tabulky, je nutné realizovat pomocná opatření v podobě vytápěných provizorních přístřešků, stanů apod.

Při pokládce asfaltových pásů při vysokých teplotách dochází k riziku poškození povrchu pásu v důsledku změknutí asfaltu (např. stoupanutí na pás) a navíc hrozí riziko zabudování nedovoleného napětí do asfaltového pásu z důvodu jeho délkové roztažnosti. [27]

4.1.6.2 Sklony podkladu

Sklon ploché střechy musí zajišťovat plynulý odtok vody ze střechy. Minimální sklony střešních rovin pro použití asfaltových pásů viz tab. 3.

Tab. 3 – *Minimální sklony střešních rovin (převzato z [27])*

Sklon	Použití asfaltových pásů
≥ 1° (1,75 %)	lze použít asfaltové pásy asfaltové pásy se kladou rovnoběžně s okapem
≥ 3° (5,24 %)	asfaltové pásy je možné klást rovnoběžně s okapem nebo kolmo k okapu
≥ 5° (8,75 %)	asfaltové pásy se doporučuje klást kolmo k okapu

4.1.6.3 Připravenost podkladu

Rovinnost podkladu se považuje za vyhovující, pokud není odchylka měřená na 2 m lati větší než 5 mm.

V případě betonového podkladu musí být podklad čistý, suchý, zbavený všech olejových skvrn, cementového mléka a nerovností. Nejsou přípustné ostré hrany, prohlubně.

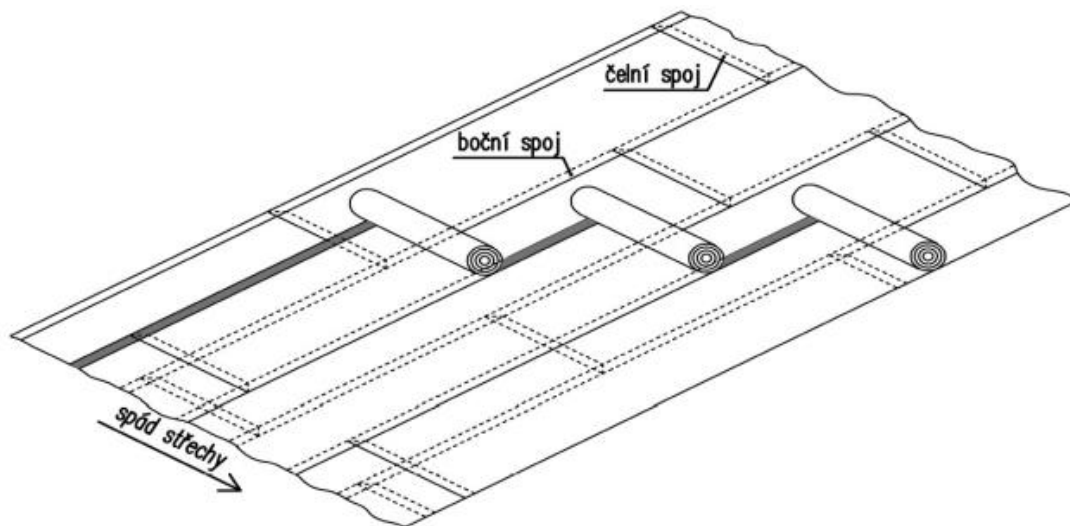
Pokud budeme aplikovat asfaltové pásy na silikátový podklad, musíme ho opatřit penetračním nátěrem podle propozic výrobce.

V případě nakaširovaných tepelných izolací z pěnových plastů a minerálních vláken, lze provádět natavování asfaltových pásů přímo na podklad. [27]

4.1.6.4 Postup pokládky asfaltových pásů

Klad pásů

Všechny pásy se kladou jedním směrem. Jednotlivé pásy musí být posunuty vůči sobě tak, aby spoje nebyly nad sebou. Pokud tvoří hydroizolaci dva pásy, posunou se vůči sobě o polovinu šířky. Pásy se kladou na vazbu tak, aby čelní spoje byly vystřídány a styk bočního a čelního spoje měl tvar „T“. Pokud je hydroizolační vrstva tvořena z více pásů, musí se pásy mezi sebou celoplošně svařit. Pásy klademe s přesahem minimálně 8 cm v podélném spoji vymezených přesahovým pruhem bez posypu. V čelním spoji necháváme přesah 10-12 cm u pásů s hrubozrnným posypem a 10 cm bez hrubozrnného posypu. Čelní spoj se svařuje plamenem nebo horkým vzduchem. Klad pásů je znázorněn na obr. 13.



Obr. 13 – Klad pásů (převzato z [27])

Celoplošné natavení

Asfaltové pásy se celoplošně natavují k podkladu, když požadujeme, aby hydroizolačně spolupůsobili s pokladem. Při natavování SBS modifikovaných pásů musíme používat ruční hořák, protože při teplotě 190°C degraduje struktura SBS modifikovaného asfaltu. Nahřátí SBS

modifikovaného pásu musí být proto intenzivní a přitom co nejkratší. Obzvláště pozorní musíme být v případě nahřívání pásu s polyesterovou vložkou, protože hrozí smrštění vložky a následné zvlnění pásu. Při natavování pásů se musí role pásu neustále rovnoměrně rozvíjet. Každý pás je potřeba nejdříve celý rozvinout, usadit do správné polohy, pečlivě svinout jednu polovinu ke středu a natavit. Poté se svine a nataví druhá polovina rolí.

Bodové natavení

Bodové natavení asfaltového pásu se dělá lokálním přivařením v pár bodech, nebo pomocí celoplošného natavení pásu přes šablonu volně položeného perforovaného asfaltového pásu.

Samolepící pásy

Samolepící asfaltový pás se plošně lepí na podklad s překrytím v podélném směru 8 cm dle přesahového samolepícího pruhu a 10 cm v čelním spoji, který se svařuje plamenem nebo horkým vzduchem. Při lepení pásu se postupně strhává ochranná fólie ze spodní strany pásu. Na svislých plochách se doporučuje přidat bodové či liniové kotvení. Mechanické přikotvení samolepicích asfaltových pásů se musí dělat i ve výšce nad 25 m nad terénem, kvůli vysokému zatížení sáním větru.

Kotvení

V případě kotvení hydroizolace ze dvou asfaltových pásů se provádí přikotvení spodní vrstvy a následné natavení vrchního pásu. Podkladní pás se může kotvit ve spoji nebo v ploše. Při kotvení pásů ve spojích musíme kotvu umístit tak, aby okraj přítlačného talířku kotevního prvku byl ve vzdálenosti minimálně 10 mm od okraje pásu a zároveň, aby byl překrývajícím pásem vytvořen minimálně 60 mm široký vodotěsný svar. Pokud se kotví samolepící pás, musí dojít ke zvýšení šířky přesahu přes samolepící přesahový pruh a rozšířené místo se musí svařit. V případě bodového kotvení, kvůli sání větru se musí použít asfaltový pás s nosnou vložkou k tomu určenou výrobcem nebo tkaninou ze skleněných vláken. Jsou-li pásy kotveny v ploše, musí se přes kotvu natavit záplata o rozměrech 200 x 200 mm. [23] [27]

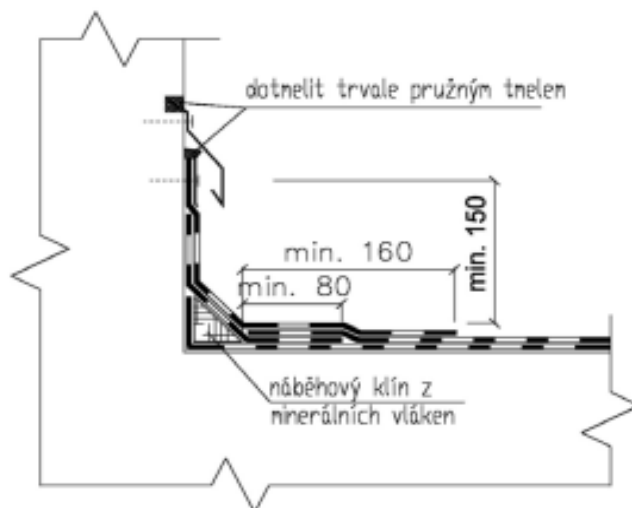
4.1.6.5 Detaily z asfaltových pásů

Při navrhování plochých střech je nutno správně řešit detaily, které se týkají napojení hydroizolace. Mezi základní detaily vyskytující se prakticky na každé ploché střeše patří:

Realizace hydroizolace na svislých plochách

Pro izolování rovných částí atiky se používají nařezané pruhy potřebných rozměrů. Nejprve si musí izolátor naznačit počáteční čáru, která se musí nacházet u spodního pásu min. 80 mm od atikového klínu a min. 160 mm u horního pásu. Poté se přířezy pásů natavují zespona.

V případě nízké atiky se zpravidla hydroizolace vytahuje až na korunu atiky, kde se pásy natavují na celou plochu a mechanicky kotví. Pokud je atika (popř. svislá plocha) vysoká vytahuje se hydroizolace tak, aby bylo možné umístit kotvu min. 150 mm nad úroveň střešního pláště viz obr. 14. Horní konec pásu se přikotví přítlačnou plechovou lištou kotvenou obvykle po 200-300 mm, která se v horním okraji zatmelí. Detail je doplněn krycí plechovou lištou s horním okrajem zapuštěným do drážky ve zdivu. Drážka se zatmelí.



Obr. 14 – Hydroizolace z asfaltových pásů na stěně příp. vysoké atice (převzato z [27])

Opracování koutů a rohů

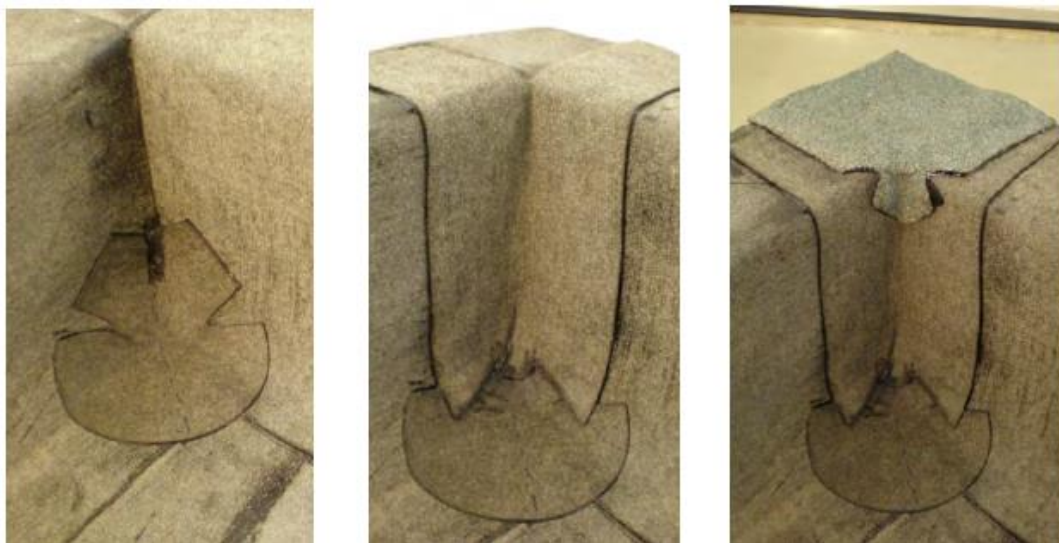
Způsobů opracování koutů a rohů je mnoho. Používají se speciální tvarovky, které se řezou na stavbě. Firmy dodávající asfaltové pásy mají různé technologické postupy i doporučené speciální tvarovky.

Obecně platí, že pro opracování koutů a rohů musí být v ploše proveden první hydroizolační pás bez posypu.

Při provádění prvního asfaltového pásu v koutu se nepoužívají žádné speciální přířezy, jen se vhodným způsobem upravují pásy z rovných částí atik. Pro druhou vrstvu asfaltového pásu se používají speciální tvarovky. Některé tvarovky v detailu se připravují bez posypu, aby bylo zabráněno navařování na podklad s posypem. Tyto tvarovky jsou potřeba chránit finálními pásy s posypem, které se svařují na sraz.

Při opracování rohu se v první a druhé vrstvě používají obdobné tvarovky, které se liší pouze velikostí. Ta plyne z rozdílné velikosti přesahu spodního a vrchního pásu převáděného ze svislé plochy do plochy střechy.

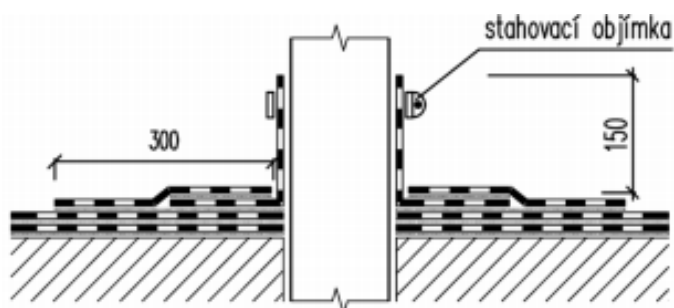
Příklad opracování koutu z asfaltového pásu je znázorněn na obr. 15.



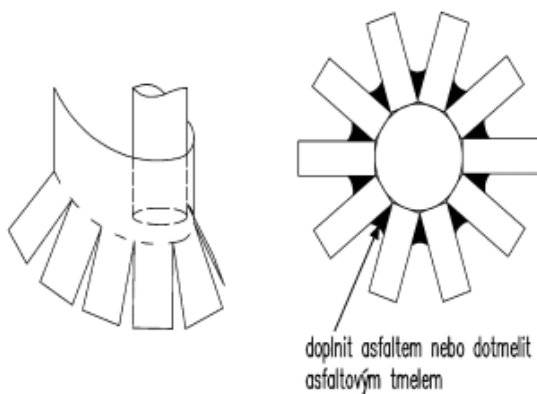
Obr. 15 - Opracování koutů (převzato z [27])

Opracování prostupu

Pro prostupující kruhové konstrukce se provedou obě vrstvy asfaltových pásů s přesahem. Vyřízne se pruh z přířezu do tvaru tzv. kalhotek viz obr. 17. Délka přířezu musí být o 10 cm větší než obvod prostupu a výška min. 25 cm. Protože by se taval přířez na posyp, musí se odstranit zašpachtlováním nebo seškrábnutím. Poté se přířez nataví na svislou i vodorovnou část. Svislá část se po natavení stáhne nerezovou objímkou a vrcholy naříznutí kalhotek se doplní rozežhátým asfaltem popř. se dotmelí asfaltovým tmelem. Z vrchního pásu se vyřízne mezikružší a celoplošně se nataví na vodorovnou plochu. Schéma opracování kruhového prostupu je zobrazeno na obr. 16. [27]



Obr. 16 - Schéma opracování detailu kruhového prostupu (převzato z [27])



Obr. 17 - Princip kalhotek (převzato z [27])

4.2 Hydroizolační fólie

Hydroizolační fólie představují spolu s asfaltovými pásy hlavní skupinu materiálů používaných pro hydroizolační vrstvu plochých střech.

4.2.1 Druhy fólií z hlediska jejich konstrukce

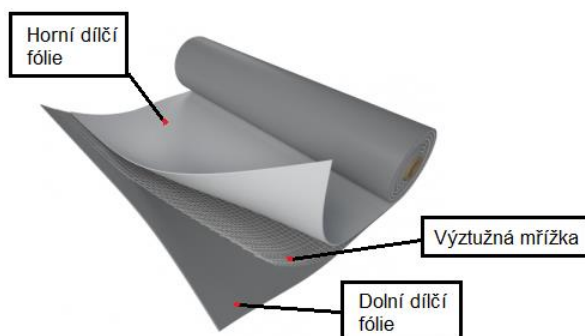
Hydroizolační fólie se dle své konstrukce dělí na fólie:

- vyztužené,
- s vložkou,
- nevyztužené,
- speciální fólie.

4.2.1.1 Vyztužené fólie

Přidáním vyztužných prvků do fólie se zlepšují její mechanické vlastnosti jako například pevnost fólie v tahu a snižuje se její průtažnost. Vyztužení fólie může být vnitřní a vnější.

Při vnitřním vyztužení se většinou používá mřížka z polyesterových vláken nebo kombinovaná se skelnou rohoží, která se vkládá mezi dvě vzájemně pevně spojené dílčí fólie viz obr. 18. Takto vyztuženým fóliím se říká armované fólie. Horní dílčí fólie obsahuje UV stabilizátory, zatímco na dolní dílčí fólii jsou částečně používány i recyklované suroviny. To je důvodem, proč není možné tyto fólie pokládat libovolně, ale vždy UV stabilní vrstvou nahoru. Pro lepší orientaci izolaterů jsou obvykle strany barevně odlišeny, aby se zabránilo špatnému položení fólie. U kvalitních systémů by měla být horní i dolní dílčí fólie stejné tloušťky. U méně kvalitních systémů je horní dílčí fólie tenčí, protože je její výroba nákladnější, což ale způsobuje výrazné snížení životnosti hydroizolačního systému. Klasickým případem armovaných fólií jsou systémy na bázi měkčeného PVC (mPVC) nebo polyolefinů (PO).

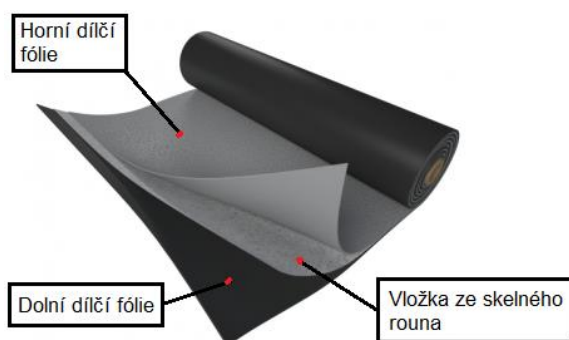


Obr. 18 - Složení vyztužené hydroizolační fólie (převzato z [14], doplněno o popisky)

V případě vnějšího vyztužení jsou mechanické vlastnosti fólie zesíleny integrovanou vrstvou na spodní straně, tzv. kašírováním. Jako výztužný materiál se používá zpravidla polyesterové rouno, nebo vrstva skelné rohože s mřížkou z polyesterových vláken. Kašírování se používá rovněž pro vytvoření integrované ochranné, separační nebo expanzní vrstvy. Příkladem kašírovaných fólií jsou systémy na bázi ethylen-vinyl-acetátů (EVA) a polyizobutylenu (PIB). [15] [28]

4.2.1.2 Fólie s vložkou

Fólie s vložkou jsou vyráběny stejným postupem jako fólie vnitřně vyztužené, tedy jako třívrstvá konstrukce. Pro zlepšení mechanických vlastností se používá výztuž, obvykle vložka ze skleného rouna, která zajišťuje dokonalou rozměrovou stálost výsledné fólie viz obr. 19. Fólie bývají především na bázi měkčeného PVC a polyolefinů. Tento typ fólie se používá pro pokládání pod zátěž (provozní střechy, pod stabilizační vrstvu kačírku apod.). Fólie pro lepené povlakové krytiny mohou být doplněny na spodní straně kašírováním, který slouží jako pomocná vrstva pro lepší adhezi lepidla ke spodní straně fólie. [15] [28]



Obr. 19 - Složení vyztužené hydroizolační fólie (převzato z [13], doplněno o popisky)

4.2.1.3 Nevztužené fólie

Nevztužené fólie jsou homogenní v celé tloušťce. Typickým příkladem těchto fólií jsou fólie na bázi etylén-propylén-dien-monomerů (EPDM) nebo ethylen-vinyl-acetátů (EVA), které se pod zátěž používají bez kaširování. Nevztužené fólie jsou vyráběny a dodávány i jako doplňkové fólie na stejné materiálové bázi na zhotovování tvarových prvků (vnějších a vnitřních rohů, manžet, přechodových pásů atd.). [15]

4.2.1.4 Speciální fólie

Jedná se o fólie, které vedle základní hydroizolační funkce plní ještě další funkce. Patří sem například speciální fólie s integrovanými fotoelektrickými články nebo fólie se sníženou klouzavostí. [15]

4.2.2 Druhy fólií z hlediska materiálu

4.2.2.1 Termoplastické fólie

Termoplastické fólie jsou nejrozšířenějším typem hydroizolačních fólií. Charakteristickou vlastností těchto fólií je jejich pružnoplastické chování, kdy při dlouhodobém protažení se po odlehčení nevrací zcela do původní délky, ale vykazují určité trvalé poškození. Důsledkem opakované plastifikace je možnost tyto fólie spojovat buď horkým vzduchem, nebo u některých typů termoplastických fólií chemickými svařovacími prostředky.

Pro téměř všechny termoplastické fólie jsou k dispozici fóliové plechy jako konstrukční doplněk. Jedná se nejčastěji o pozinkované, případně o hliníkové plechy tloušťky obvykle 0,6 mm, které jsou na horním povrchu opatřeny stejnou fólií. Vrstva plastu umožňuje pevné přivaření fólie. Z fóliových plechů se vyrábějí jednak úhelníky na zpevnění vnitřních a vnějších střešních hran, dále pak plechy, které nahrazují běžné oplechování atik a také různé zakončení u detailů světlíků, okapů apod.

Výhodou termoplastických fólií je možnost výroby tzv. fóliových tvarovek. Jde o předem připravené prefabrikáty, které mají tvar koutu, rohu, nátrubku apod. Tato tvarovka se na příslušný detail jednoduše osadí a horkovzdušně svaří se střešní fólií.

Měkčené PVC (mPVC)

Ohebnost a tvárnost fólií z mPVC dodávají fóliím změkčovadla, která jsou buď monometrická, nebo polymetrická.

Monometrické změkčovadla mají tu nevýhodu, že z fólie postupně migrují. Dochází tak ke ztrátě pružnosti a křehnutí fólie. Proces migrace je výrazně urychlen v případě, je-li fólie položena na jakémkoli polystyrénu nebo asfaltovém pásu či nátěru. Migrující změkčovadla také narušují chemickou strukturu polystyrenu a rozpouštějí asfalt. Proto se musí mPVC fólie od těchto materiálů separovat např. geotextilií.

Polymetrická změkčovadla z fólie nemigrují, nebo migrují podstatně méně a dlouhodoběji. Fólie s polymetrickými změkčovadly mohou být v přímém kontaktu s polystyrény i s asfaltovými výrobky.

Fólie z mPVC lze spojovat mimo horkovzdušného svařování také speciálními lepidly na bázi PVC (např. tetrahydrofuran).

Vinyl-acetát-etylén (VAE nebo také EVA)

VAE je materiál vnitřně změkčený a vyskytuje se v něm jen nepatrné množství změkčovadel. Proto tyto fólie mohou být v přímém kontaktu s polystyreny a asfalty. Vzájemné spojování lze podobně jako u fólií z mPVC horkovzdušným svařováním nebo rovněž speciálními lepidly na bázi PVC (např. tetrahydrofuran).

Polyetylén-chlorid (PEC)

Fólie z PEC jsou také vnitřně změkčené, takže u nich nehrozí rychlejší ztráta pružnosti a narušování polystyrénu migrací změkčovadel. Jsou tedy kompatibilní jak s polystyrény, tak i s asfalty. Spojovat tyto fólie lze pouze horkovzdušným svařováním.

Polyolefín (PO)

Základní hmotou těchto fólií jsou polyetylény a polypropylény. Tyto fólie neobsahují změkčovadla, takže jsou také kompatibilní s polystyrény i s asfalty. Nejsou však kompatibilní s mPVC fóliemi. Vyrábí se vyztužené i nevyztužené, ale nevyztužené fólie jsou objemově nestabilní – vlní se.

Polyolefín-kopolymer-bitumen (POCB)

Fólie POCB jsou kompatibilní s polystyrény i asfalty. Mají různou podobu v závislosti na tom, kolik obsahují asfaltové hmoty (vždy do 50% objemu). Fólie s větším množstvím asfaltové hmoty se mohou podobat spíše asfaltovým pásům, než fóliím. Fólie POCB vykazují největší odolnost proti propíchnutí. Vzájemné spojování lze horkovzdušně, popřípadě některé z POCB fólií lze spojovat i plamenem.

Etylén-kopolymer-bitumen (ECB)

Asfaltová modifikace umožňuje těmto fóliím bezproblémový kontakt s asfalty i s polystyrény. ECB fólie jsou sice tužší, ale díky tomu odolnější proti mechanickému poškození. Vzájemně se spojují pouze horkovzdušným svařováním. [12] [15]

4.2.2.2 Elastomery

Základní charakteristikou elastomerických fólií je jejich elastické chování při protažení, což znamená, že se tyto fólie po protažení vrací do původního stavu. Elastomerické fólie se až na výjimky nedají vzájemně spojovat horkým vzduchem a nejsou ani kompletovány s poplastovanými plechy. Všechny typy elastomerických fólií jsou kompatibilní s polystyrény i s asfalty.

Polyizobutylén (PIB)

Fólie PIB nejsou vyztužené, ale jsou kaširované polyesterovým roumem. Fólie je na podélném okraji opatřena silně samolepícím proužkem, pomocí něhož se fólie vzájemně slepují. Pro vytváření detailů se vyrábí speciální tvarovky z nekaširované fólie, které se lepí pomocí speciálních lepidel.

Etylén-propylén-dien-monomer (EPDM)

Jde o nejpoužívanější druh elastomerických fólií. Spojují se lepením speciálními lepidly, pomocí lepivých pásků popřípadě vulkanizováním mobilními vulkanizačními přístroji. EPDM fólie lze prefabrikovat do velkých

plachet, které se na střechu položí jako celek a mechanicky ukotví nebo zatíží stabilizační vrstvou. [12] [15]

4.2.2.3 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery tvoří relativně malou skupinu materiálů, jejichž společnou vlastností je elasticita a zároveň termoplasticita.

Chlorsulfidový polyethylen (CSPE)

Jedná se o syntetický, dodatečně vulkanizující kaučuk. Nahříváním styčných ploch vzájemných přesahů se nastartuje proces zesíťování obou styčných ploch, jehož výsledkem je dokonale pevný a homogenní spoj. [12] [15]

4.2.3 Technologický postup hydroizolace z hydroizolačních fólií

4.2.3.1 Požadované povětrnostní podmínky

Svařování hydroizolačních fólií se doporučuje provádět za teploty vyšší než +5°C, ale zkušený izolátor je schopen pokládat fólie i při nižších teplotách. Jde především o zkušenost s natavením správné teploty svařovacího přístroje, dodržováním pracovních postupů a zkušenostmi se svařováním v klimaticky nepříznivých podmínkách. Při teplotách pod 0°C je nutné dbát zvýšené opatrnosti při pohybu po hydroizolační fólii. Pokud jsou teploty materiálu nebo prostředí nižší než +5°C je nutné role před aplikací skladovat ve skladu s teplotou alespoň +15°C. V případě nutnosti realizace za nepříznivých klimatických podmínek se na staveništi zřizují mobilní temperované stany. Je nutné chránit izolátorské práce proti dešti a sněžení, protože je potřeba zajistit, aby povrch fólií ve spoji byl při svařování suchý.

V případě lepení fólií pomocí PU lepidla je nutné dodržet teplotu vzduchu i podkladu nejméně +5°C a suché počasí i podklad. [8]

4.2.3.2 Připravenost podkladu

Povrch podkladní konstrukce nesmí být výrazně hrubý, s ostrými hranami a výstupky a musí být zbaven všech volných nečistot. Pokud povrch obsahuje drobné nerovnosti, můžeme hydroizolační vrstvu separovat vrstvou textilie. Na podkladu nesmí být stojící voda, led nebo sníh. Konstrukce

v přímém kontaktu s fóliemi nesmí mít dlouhodobě vyšší teplotu než 40°C, jinak od ní musí být odděleny. [8]

4.2.3.3 Postup pokládky hydroizolačních fólií

Jednotlivé pruhy fólií se kladou na vazbu s posunem čelních spojů minimálně 200 mm tak, aby nevznikal křížový spoj. Fólie mají zpravidla z výroby označený přesah a identifikovanou horní a dolní stranu fólie. V místě křížení podélného a příčného spoje se roh horní fólie seřezává do oblouku.

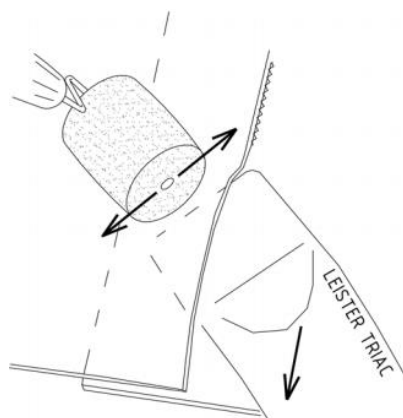
Svařování fólií

Na svařování fólií se používá horkovzdušný přístroj s tryskou širokou 20 nebo 40 mm, popř. svařovací automat. Tím se nahřeje povrch fólií do plastického stavu a následuje stlačení. Nastavení teploty horkého vzduchu závisí na okolní teplotě a na tom, zda se svařuje hydroizolace v ploše nebo v detailech. Teploty horkého vzduchu při svařování dle tab. 4.

Tab. 4 - Teplota vzduchu svařovacího přístroje (převzato z [8])

Místo svařování		Teplota vzduchu	Stupeň
Svařování fólie v ploše	Tryska 20 mm	480 °C	6,5
	Tryska 40 mm	480 °C	8
Opracování detailů		360-370 °C	5
Opracování prostupu		650 °C	10

Správné nastavení teploty vzduchu je velmi důležité. Příliš nízká teplota nezaručí spojitý vodotěsný spoj fólie, a naopak příliš vysoká teplota může způsobit spálení fólie. Při pokládce se jednotlivé části fólie nejprve bodově svaří tak, aby při nesprávném umístění bylo možné části fólie rozpojit. Po správném vyrovnaní a napnutí fólie se může přistoupit k realizaci průběžného spojitého svaru. Během svařování dochází k vytvoření usazenin na tryskách, které je nutné průběžně odstraňovat mosazným kartáčem. Tryska se vede mezi přesahy fólie a k stlačení fólie dochází pomocí válečku ze silikonové pryže viz obr. 20.



Obr. 20 - Horkovzdušné svařování (převzato z [8])

Při svařování pomocí svařovacího automatu se nastaví teplota a rychlost pohybu automatu. Izolátér pouze nasune trysku automatu a následně už ho jenom vede.

Fólie se kladou s podélným přesahem min. 50 mm (doporučuje se 80 mm). Svary by měly být minimálně 30 mm široké.

Lepení pomocí PU lepidla

Lepidlo se nanáší v pruzích na podklad a poté se roztírá. Po nanesení PU lepidla je důležité pamatovat, že lepidlo začne schnout již po 10-15 minutách. Po rozetření se fólie na lepidlo rozroluje a přitlačí. Lepení fólií se provádí u střech o sklonu do 6°. V případě vyššího sklonu je nutno posouzení nutnosti zabezpečení tepelné izolace proti sesunutí.

Kotvení

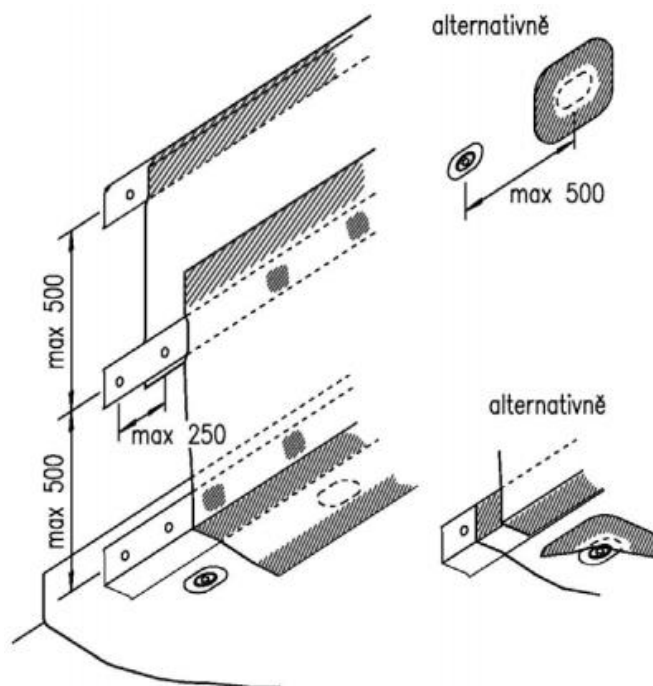
V případě kotvení se hydroizolační fólie pokládá s přesahy minimálně 100 mm. Pokud se použije kotva o průměru hlavy větším než 40 mm, musí se zvětšit přesah hydroizolace. Minimální šířka svaru je 30 mm. [8]

4.2.3.4 Detaily z hydroizolačních fólií

Řešení detailů střech z hydroizolační fólie bývá náročnější než z asfaltových pásů, protože spolehlivost hydroizolační fólie je více závislá na dodržování technologické kázně. Mezi základní detaily, které u plochých střech musíme řešit, patří:

Realizace hydroizolace na svislých plochách

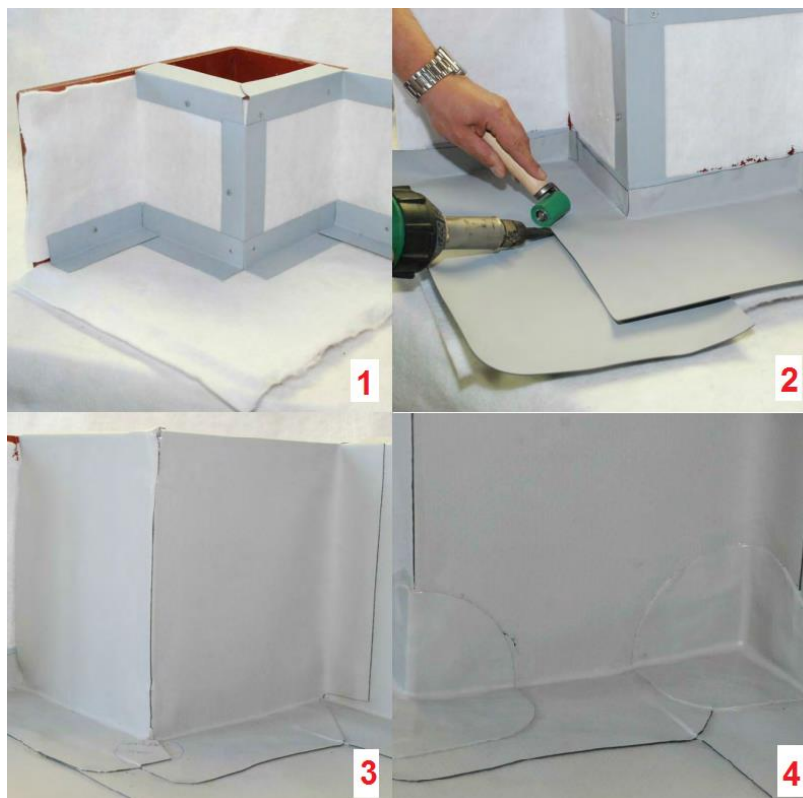
Hydroizolační fólie musí být vždy vyvedena min. do výšky 150 mm nad povrch střechy. Opracování svislých částí konstrukce se vždy řeší samostatným přířezem fólie. Hydroizolace se při přechodu na svislou konstrukci upevňuje koutovou lištou. Pokud jsou izolovány plochy vyšší než 0,5 m, musí se hydroizolace upevnit i ve svislé ploše na páscích ze spojovacího plechu nebo kotevními prvky po vzdálenosti 0,5 m. V případě kotveného systému se provede cca 100-250 mm od stěny kotvení hydroizolace proti působení větru. Kotvy se překrývají fólií izolující stěnu nebo samostatnými záplatami. Záplaty by měly být tak velké, aby umožnily svar šířky 30 mm. Vytažení hydroizolace na svislou stěnu je znázorněno na obr. 21.



Obr. 21 - Vytažení hydroizolace na svislou konstrukci (převzato z [8])

Opracování koutů a rohů

Pro opracování koutů a rohů se nejdříve osadí rohové prefabrikované pásky, ke kterým se poté přivaří vodorovná hydroizolační fólie střechy. Následuje přivaření hydroizolace svislé stěny a v poslední řadě překrytí koutů a rohů prefabrikovanými tvarovkami, které se svaří. Postup opracování rohu je znázorněn na obr. 22.



Obr. 22 - Vytažení hydroizolace na svislou konstrukci (převzato z [8])

Opracování prostupu

Prostup se nejprve obaluje páskem a svařuje. Opracování napojení kruhového postupu se řeší dvěma způsoby. První je pomocí speciálních prefabrikovaných tvarovek, které jsou dostupné v různých rozměrech otvorů. Druhým způsobem je manžeta z nevyztužené fólie na detaily, ve které se vystříhne otvor o průměru cca 2/3 průměru prostupu. Otvor musí být bez otřepů a zubů, aby při navlékání na trubku nedošlo k roztržení fólie. Tato manžeta se nahřívá horkovzdušným přístrojem do té doby, než změkne natolik, aby ji bylo možné navléknout na postup. Manžeta se přivaří k již položené izolaci. Horní

část fólie obepínající prostup se sevře ocelovým páskem a zatmelí. Pokud je trubka z PVC, je možné ji s fólií přímo horkovzdušně svařit. [8]

4.3 Kontrola hydroizolace

Po dokončení jednotlivých etap hydroizolační vrstvy a před zakrytím hotové hydroizolace ochrannými vrstvami se provádí přejímka hydroizolace, v rámci níž kontrolujeme následující parametry:

Spojení a stabilita pásů

Kontrolujeme spojení hydroizolačních pásů a připojení pásu k podkladu. Hydroizolační vrstva musí odolávat působení větru, tíhy hydroizolace a ostatního souvrství ploché střechy, tíhy sněhu a teploty. V případě pochybností se provádí sonda.

Pokud nejsou asfaltové pásy v některém místě spojeny, musí se v horním pásu proříznout, svařit a převařit záplatou. Pokud nespojitosti tvoří víc než cca 50% plochy, doporučuje se raději provést nový pás v celé ploše.

Překrytí a spoje

Velikost překrytí lze kontrolovat vizuálně, namátkovým proříznutím spoje nebo přeměřením viditelné části pásu a dopočítáním velikosti překrytí z rozměru pásu. Kontrolu spoje lze provádět pomocí namátkového proříznutí spoje pásů nebo pomocí izolačnické jehly či špachtle.

Poškození pásů špatným natavováním

Vizuálně se kontroluje, zda nebyl hydroizolační pás poškozen špatným způsobem natavování či opracování. Příkladem je obnažení vložky či vznik puchýřů a bublin.

Kontrola těsnosti

Pro prokázání kvality provedených hydroizolačních prací se provádějí kontroly těsnosti hydroizolace. Je důležité důsledně kontrolovat, zda během i po dokončení hydroizolace nedochází k jejímu poškození jinými stavebními procesy. Provedení kontroly těsnosti je důležité provést před zakrytím hydroizolace dalšími konstrukcemi.

Druhy kontrol těsnosti hydroizolace:

a) Vizuální kontrola

Vizuálně se zkontroluje spojitost hydroizolace a také, zda rozsah a dimenze hydroizolace odpovídá projektu.

b) Kvalita spojů a detailů hydroizolace

Pomocí špachtle nebo izolačské jehly se provede kontrola svaření spojů a detailů asfaltových pásů viz obr. 23. Kontrola se provádí tažením špachtle popř. jehly po spoji s mírným tlakem proti spoji, přičemž nesmí dojít k vniknutí do spoje. Zkouška se provádí až po vychladnutí spoje. Tuto zkoušku je možno provádět pouze při teplotě asfaltového pásu 10°C-20°C.



Obr. 23 - Zkouška těsnosti spojů pomocí izolačské jehly (převzato z [3])

c) Zátopová zkouška

Zátopovou zkoušku je možné provádět u ohraničených střeš s dostatečnou rezervou v únosnosti konstrukce. Provádí se na základě úspěšně vykonané optické kontroly spolu s kontrolou všech svarů po jejich celé délce. Provedení zátopové zkoušky je vhodné pouze u nových střeš z omezeně nasákavých materiálů. Optimální doba trvání zkoušky je 48 hodin a je hodnocena jako úspěšná, pokud se po této době neobjeví na spodním líci stropní konstrukce žádné průsaky. V případě, že se objeví, je nutné zkoušku okamžitě ukončit, vodu odčerpát a znovu zkontrolovat zkoušený sektor. Poté se musí nalezená netěsnost opravit a zkouška se opakuje. Velikost zkoušených sektorů není omezena, záleží zejména na povoleném maximálním zatížení stropní konstrukce.

d) Jiskrová zkouška

Jiskrová zkouška spočívá v tažení elektrody poroskopu s napětím mezi 30-40 kV rychlostí asi 10 m/min nad hydroizolačním pásem. V místě poruchy dochází k přeskokování jisker mezi elektrodou a podkladem. Průkaznost zkoušky závisí na vodivosti podkladu, na který je napojena elektroda. Tuto zkoušku nelze provádět, pokud je vrstva pod hydroizolací suchá a tudíž má nízkou vodivost. Zkouška se provádí především pro namátkovou kontrolu vybraných míst.

e) Tlaková zkouška spojů

Tlaková zkouška se provádí pouze u hydroizolačních fólií. Na jeden konec svaru se napojuje přívod stlačeného vzduchu s manometrem, který utěsňuje zkušební kanálek. Druhý konec svaru je utěsněn příčným svarem nebo jiným vhodným způsobem. Po 5 minutové přestávce na dotvarování spoje a vyrovnání teploty se po dobu 10 minut sleduje stálost zkušebního vzorku. Svar se považuje za těsný, pokud zkušební tlak neklesne o více než 10%.

f) Vakuová zkouška spojů

Tato zkouška se rovněž provádí pouze u hydroizolační vrstvy z hydroizolačních fólií. Pro zkoušku se používají speciální průhledné zvony s ventilem napojené na vývěvu. Nejprve se spoj zvlhčí mýdlovým roztokem a zvon se přimáčkne na fólii. Vývěva vytváří v uzavřeném prostoru podtlak 0,02 MPa a tato hodnota by měla být po dobu 10 sekund konstantní. Případná porucha se lokalizuje tvorbou vzduchových bublinek v místě netěsnosti. Tato zkouška je ale značně pracná, časově náročná a lze ji provádět pouze na rovném povrchu. Proto se doporučuje provádět pouze jako namátková kontrola vybraných spojů. [3] [8] [11] [27]

4.4 Vady a poruchy hydroizolací plochých střech

Ploché zastřešení prošlo v posledních desetiletích výrazným rozvojem, a přesto se u nich setkáváme s celou řadou vad a poruch. Důvodem poruch bývá zpravidla použití nevhodných materiálů (nesprávný návrh), nebo nekvalitně provedená práce.

Všeobecně bychom mohli poruchy hydroizolací plochých střech rozdělit na poruchy vzniklé z výrobních vad a poruchy ze špatného provedení a užívání.

Na pozadí všech výrobních vad je současná všeobecná snaha o snižování nákladů na výrobu na úkor životnosti hydroizolačního materiálu. Ke snížení nákladů na hydroizolační materiál dochází především:

- snížením tloušťky hydroizolačního materiálu (výroba na dolní hranici tolerance, neboli pod deklarovanou tloušťkou),
- zrychlováním výroby v kombinaci se snižováním teploty,
- zvyšováním podílu plnidel na úkor dalších komponentů,
- použitím levnějších, nestandardních vstupních surovin,
- snižováním tloušťky UV stabilizované vrstvy u hydroizolačních fólií.

Mezi výrobní vady se řadí i vady vzniklé během výrobního procesu. Patří sem jednak řezání, balení, ale i doprava a skladování.

Poruchám obecně se nejlépe vyhneme výběrem kvalitní izolační firmy a netlačením na co nejnižší cenu materiálu i práce. [17]

4.4.1 Poruchy a vady asfaltových pásů

4.4.1.1 Poruchy z výrobních vad asfaltových pásů

Pokud se výrobní vady hydroizolačního materiálu neodhalí při výstupní kontrole ve výrobně případně při samotné realizaci, může být následkem vznik poruch a celkové snížení životnosti střešní konstrukce.

Odlíšné geometrické vlastnosti vyrobených asfaltových pásů

Je potřeba náhodně zkontrolovat šířku, délku a především tloušťku asfaltových pásů.

Vady vzniklé nevhodným skladováním

Mezi vady vzniklé nevhodným skladováním patří pravidelné příčné vruby v posypu. K této deformaci dochází již při nabalování, kdy tvar role není kruhový, ale oválný. To se projeví na páse formou příčných čar, kde není posyp, nebo je zatlačen do pasu. Intenzita čar se od začátku balení pásu snižuje, až zmizí.

Další vadou způsobenou nevhodným skladováním je zvlnění pásu. Příčinou zvlnění bývá špatné skladování hydroizolačního pásu na ležato viz obr. 24. Zvlnění má od začátku hydroizolačního pásu zvětšující se šířku v závislosti na velikosti rolování.



Obr. 24 - Nevhodné skladování asfaltového pásu na ležato (převzato z [21])

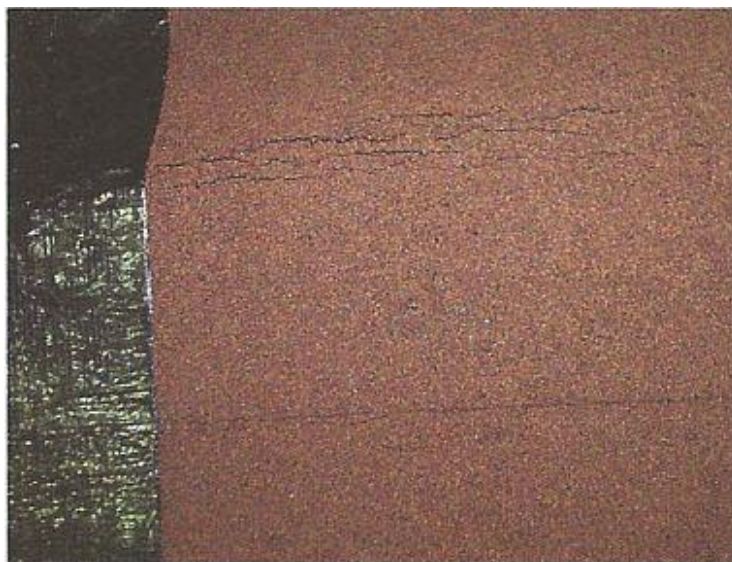
Vady vzniklé mechanickým poškozením hydroizolačního materiálu při výrobě

Do kategorie vad vzniklých mechanickým poškozením hydroizolačního materiálu patří poškození celistvosti a rovnoměrnosti případně lokální stržení posypu, k němuž dochází většinou z důvodu znečištění výrobní linky.

Další vadou vzniklou mechanickým poškozením je „plešatění“ asfaltových pásů. Příčinou této poruchy je nedostatečný přítlak válce, který zatlačuje hydrofobizovaný posyp do asfaltového pásu a tím dochází časem k úbytku posypu. Jde o poruchu, která se projeví až v průběhu životnosti asfaltového pásu. Pokud je však hydroizolační materiál plešatý již při dodávce, jedná se naopak o příliš velký přítlak válce, který zcela zatlačil posyp do asfaltové hmoty.

Vady vzniklé snižováním nákladů na výrobek

Vlivem snižování nákladů na výrobek může docházet k praskání asfaltových pásů z důvodu nadměrného množství plniva v hydroizolačním materiálu viz obr. 25. Dochází k tomu proto, že hydroizolační materiál nemá dostatečnou odolnost vůči záporným teplotám.



Obr. 25 - Příčné praskání asfaltových pásů (převzato z [17])

Další viníkem vad z důvodu snižování nákladů je příliš velká výrobní rychlost. Kvůli ní dochází ke smrštění asfaltových pásů v důsledku vnesení napětí v průběhu výroby, které po aplikaci vymizelo. Smrštění asfaltového pásu je znázorněno na obr. 26.

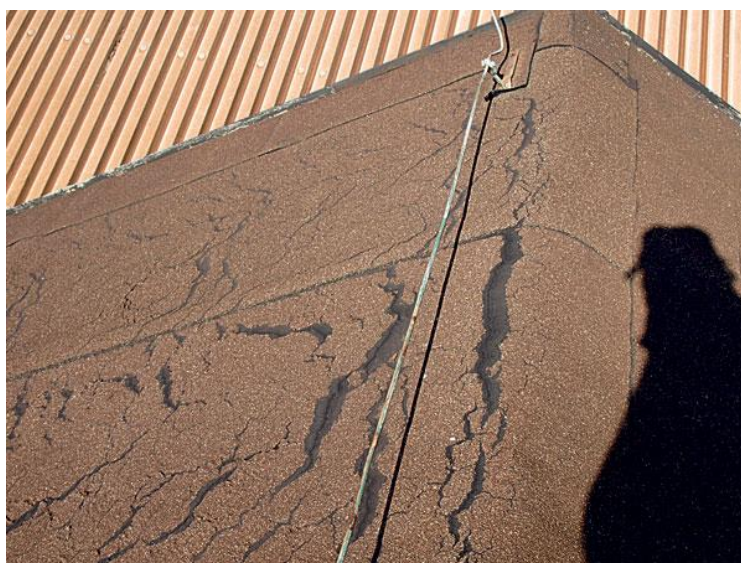


Obr. 26 - Objemové změny asfaltových pásů (převzato z [2])

Ostatní vady, které nejsou dány výrobní chybou, ale vlastnostmi materiálu a způsobují poruchu střechy z důvodu špatného návrhu:

Vady vzniklé nedostatečnou tepelnou odolností

Mezi vady vzniklé nedostatečnou tepelnou odolností z hlediska stékavosti a větším množstvím těkavějších částí asfaltu v izolační hmotě patří sjíždění asfaltových pásů ze svislých ploch viz obr. 27.



Obr. 27 - Stékání asfaltové krycí hmoty (převzato z [1])

Vady vzniklé vlivem migrace těkavých částí asfaltu z izolační hmoty současně s rozpadem modifikátoru SBS

Migrace těkavých částí asfaltu z izolační hmoty se projevuje bahenním praskáním hydroizolačních materiálů tzv. „Krokodýling“. [17]

4.4.1.2 Poruchy ze špatného provedení a užívání

Poruch zaviněných špatným provedením je celá řada. Mezi ty nejčastější patří:

Poruchy způsobené mechanickým poškozením

Jde o jeden z nejvýznamnějších zdrojů poruch. Hydroizolační vrstva trpí špatným zacházením v průběhu provádění a hlavně při následných pracích.

Poruchy vzniklé pokládkou na vlhký podklad

V důsledku pokládky hydroizolačního materiálu na vlhký podklad dochází ke vzniku boulí na hydroizolačním povlaku viz obr. 28. Jde o problém zejména u hydroizolačních systémů plnoplošně natavených k podkladu.



Obr. 28 - Boule na asfaltovém hydroizolačním povlaku (foto firmy DEK s.r.o.)

Poruchy vzniklé chybnou pokládkou

Nedostatečný sklon

Při nedostatečném sklonu dochází k tvorbě louží, a tudíž k riziku zatékání. Tím se zhoršuje trvanlivost hydroizolačního povlaku a můžou se tvořit mikroorganismy. Na obr. 29 je ukázka špatně vyspárované střechy, na které se tvoří louže.



Obr. 29 - Tvorba louží na nesprávně vyspárované střechy (foto firmy DEK s.r.o.)

Chybné svařování v ploše

Patří sem např. chybné založení pásů (tvar X), nebo nedostatečné svaření viz obr. 30, které by mělo být odhaleno kontrolou těsnosti hydroizolace.



Obr. 30 - Nedostatečně svařený hydroizolační povlak (foto firmy DEK s.r.o.)

Poškození pásu při provádění

Pokud dojde k poškození pásu přehřátím, projeví se to vlnkami od zvrásněné vložky jako na obr. 31.



Obr. 31 - Poškození pásu přehřátím (foto firmy DEK s.r.o.)

Rozbalením oxidovaného pásu za chladu dojde k jeho popraskání viz. obr. 32.



Obr. 32 - Popraskaný oxidovaný pás po rozbalení za chladu (foto firmy DEK s.r.o.)

Chybně provedené detaily

Chybně provedené detaily vznikají v důsledku neznalosti izolatérů. Ti si často vytvářejí svoje vlastní způsoby opracování jako na obr. 33.



Obr. 33 - Chybně provedený detail z asfaltového pásu (foto firmy Folk s.r.o.)

Poruchy způsobené klimatickými vlivy

Do této kategorie patří například utržené mechanicky kotvené střechy sáním větru (špatný návrh), nebo poškození kroupami. [17]

Poruchy vzniklé zanedbanou údržbou

4.4.2 Poruchy a vady hydroizolačních fólií

4.4.2.1 Poruchy z výrobních vad hydroizolačních fólií

Jak už bylo řečeno, pokud se výrobní vady hydroizolačního materiálu neodhalí při výstupní kontrole ve výrobě případně při samotné realizaci, může být následkem vznik poruch a celkové snížení životnosti střešní konstrukce. Příklady výrobních vad hydroizolačních fólií.

Odlíšné geometrické vlastnosti vyrobených asfaltových pásů

U hydroizolačních pásů je potřeba náhodně zkontrolovat šířku, délku a především tloušťku hydroizolačních fólií.

Vady vzniklé vlivem špatného řezání

K těmto poruchám dochází špatným nastavením a naostřením řezacího zařízení. Důsledkem jsou vykukující vlákna z řezové hrany fólie.

Vady vzniklé mechanickým poškozením hydroizolačního materiálu při výrobě

Mechanické poškození mohou vznikat v důsledku problémů se seřizováním a čištěním výrobní linky. Neodstraněné zbytky izolační hmoty mohou způsobit otisky do nového výrobku a tím menší tloušťku fólie než v ostatních částech.

Ostatní vady, které nejsou dány výrobní chybou, ale vlastnostmi materiálu:

Vady fólií vlivem migrace změkčovadel

U fólií obsahujících změkčovadla dochází postupem času k migraci změkčovadel neboli ubývání hmoty z izolační fólie. Při tomto ději dochází k vzniku napětí, jehož důsledkem jsou praskliny viz obr. 34.



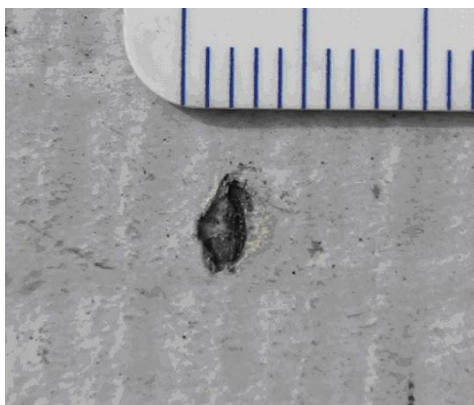
Obr. 34 - Praskání fólie v důsledku migrace změkčovadel a vykreslení vložky (převzato z [1])

Vady vlivem nedostatečné kvality hydroizolační fólie

U prefabrikovaných tvarovek dochází ke vzniku trhlin především z důvodu nedostatečné kvality hydroizolační fólie. Tento problém se vyskytuje většinou na konstrukčních detailech orientovaných na jih, protože jsou nejvíce namáhány teplotními účinky slunce.

Vady vzniklé z neschopnosti udržet si kontinuitu

V tomto případě jde o vypadávání svrchní syntetické fólie, tedy k degradaci vrchní vrstvy fólie viz obr. 35. Tato porucha je současně kombinována s nedostatečnou adhezí obou částí fólie.



Obr. 35 - Detail poruchy hydroizolačního materiálu, kde chybí jeho vrchní část (převzato z [22])

Vady vzniklé vlivem nedostatečné adheze

Vlivem nedostatečné adheze dochází k delaminaci, neboli oddělení jednotlivých vrstev hydroizolační fólie. [17]

4.4.2.2 Poruchy ze špatného provedení a užívání

Poruch zaviněných špatným provedením je celá řada. Mezi ty nejčastější patří:

Poruchy způsobené mechanickým poškozením

Hydroizolační fólie jsou náchylnější k mechanickému poškození než asfaltové pásy, a proto je u nich důležité dbát zvýšené opatrnosti v průběhu provádění a hlavně při následných pracích. Na obr. 36 je ukázka mechanického poškození hydroizolační fólie.



Obr. 36 - Mechanické poškození hydroizolačního povlaku (převzato z [7])

Poruchy vzniklé chybnou pokládkou

Chybné svařování v ploše

Po realizaci hydroizolace je nutné zkontrolovat těsnost všech spojů. Na obr. 37 to nebylo provedeno správně.



Obr. 37 - Chybné svaření spoje (foto firmy Folk s.r.o.)

Chybné provedení detailů

Na obr. 38 jsou chybně provedené detaily.



Obr. 38 - Chybně provedené detaily (foto firmy Folk s.r.o.)

Zvlnění hydroizolační fólie z důvodu absence mechanického kotvení

Ukázka zvlněné hydroizolační fólie je zobrazena na obr. 39.



Obr. 39 - Vlnění hydroizolačního povlaku absencí mechanického kotvení (převzato z [22])

Nezamezen kontakt fólie s asfaltem

Zamezení kontaktu je potřeba jen u fólií, které v kontaktu s nimi degradují viz kapitola 4.2. Ukázka degradace na obr. 40. [17]



Obr. 40 - Degradace asfaltu a hydroizolační fólie (převzato z [19])

4.5 Porovnání hydroizolačních systémů

Srovnání základních parametrů hydroizolačních systémů viz tab. 5.

Tab. 5 - Základní porovnání hydroizolačních systémů (sestaveno z [10], [15], [18])

Vlastnosti	Asfaltové pásy	Hydroizolační fólie
Pokládka	- v jedné vrstvě - dvouvrstvá	- pouze v jedné vrstvě
Způsob pokládky	- natavením - volná pokládka s kotvením - volná pokládka se stabilizační vrstvou - samolepící za studena - lepení lepidlem	- horkovzdušné svařování - volná pokládka s kotvením - volná pokládka se stabilizační vrstvou - samolepící fólie - lepení
Tloušťka hydroizolace	- jednovrstvá tl. cca 5 mm - dvouvrstvá tl. min. 7,2 mm	- tl. od 1,2 mm
Plošná hmotnost	- jednovrstvá cca 6 kg/m ² - dvouvrstvá 9-12 kg/m ²	- 1,5 – 3 kg/m ²
Faktor difuzního odporu	- $\mu=20\ 000-50\ 000$	- $\mu=7\ 000-20\ 000$ (výjimečně i více)
Ekvivalentní difuzní tloušťka	- $s_d=130-510$ m	- $s_d=15-390$ m
Minimální teplota pokládky	- oxidované pásy +10°C - SBS natavitelné +5°C - SBS samolepící +10°C	- svařované fólie se doporučuje do +5°C (zkušený izolátor do -10°C) - lepené fólie +5°C
Životnost	- 20 let	- mPVC fólie 20 let - FPO/TPO fólie 30 let - EVA fólie 40 let - PIB fólie 60 let
Údržba	- záleží na druhu vrchní vrstvy	- bezúdržbové
Průměrná odolnost teplotám	- podle modifikace -35°C až +130°C	- -40°C až +130°C
Nasákavost	- podle použité modifikace	- téměř absolutně nenasákavé
Mechanická odolnost	- není náchylnost k poškození	- náchylná k poškození
Technologická kázeň	- vysoká	- velmi vysoká
Chemická snášenlivost	- snáší se s podkladem, nenasášenlivost s dehty	- nenasášenlivost s asfalty a pěnovými polystyreny u nějakých typů fólií

5 Vlastní část

5.1 Multikriteriální analýza

Ve stavební praxi se denně dostáváme do situace, kdy se musíme rozhodnout, jak bude konstrukce vypadat a z čeho bude. Záleží nám zpravidla na volbě materiálu, na výrobci, na typu atd. Rozhodování nám může ulehčit některá z metod vícekriteriálního rozhodování.

Rozhodování o nejlepším řešení závisí na různých faktorech. Pokud by naše rozhodování záviselo na jediném kritériu, bylo by rozhodování velmi jednoduché. Většinou se však očekává, že bude konstrukce splňovat hned několik faktorů. Bohužel nikdy neexistuje varianta výběru, která by byla ve všech faktorech nejlepší, a proto záleží na každém rozhodovateli, které faktory jsou pro něho nejdůležitější a jakou vahou mohou ovlivnit jeho konečné rozhodnutí.

Pokud při rozhodování hraje roli větší množství důležitých faktorů, může nám ve výběru pomoci multikriteriální analýza s váhami kritérií (faktorů), kde váhy specifikují důležitost kritérií. Významnější kritérium (faktor) má vyšší váhu.

5.1.1 Specifikace multikriteriální analýzy

V našem případě jsme postaveny před rozhodnutí o výběru nejvhodnějšího hydroizolačního systému plochých střech. Na výběr jsou asfaltové pásy a hydroizolační fólie, které se pro hydroizolační vrstvu plochých střech používají nejčastěji. V rozhodování nám pomůže zjednodušená multikriteriální analýza.

Vybraná kritéria, která mohou nejvíce ovlivnit rozhodování, jsou:

- cena,
- doba realizace,
- náročnost realizace včetně řešení detailů,
- životnost,
- kontrola kvality,
- lokalizace defektů,

- možnosti oprav,
- možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko).

Váhy jednotlivých kritérií budou stanoveny pomocí přímého stanovení, kdy každý rozhodovatel rozdělí 100 bodů (resp. %) mezi kritéria tak, aby nejdůležitější kritérium mělo nejvíce bodů (resp. %). U každého kritéria následně vybere variantu, která je dle jeho názoru v daném kritériu lepší. Lepší varianta získá hlas připsáním 1 a horší varianta obdrží 0.

Vítězná varianta hydroizolačního systému každého dotazníku bude vybrána na základě znalosti váhy kritérií a výběru lepší varianty. Vynásobením váhy kritérií s přidělenými hlasy získá lepší varianta v daném kritériu body odpovídající zvolené váze kritéria. Sečtením všech bodů pro obě varianty, získáme nejvhodnější variantu hydroizolačního systému.

Zprůměrováním bodů všech dotazníků pro oba hydroizolační systémy získáme výslednou nejlepší variantu. Vzhledem k tomu, že bodů je celkově 100 budeme mít rovnou procentuální vyjádření výběru.

Na základě toho byl vytvořen dotazník pro multikriteriální analýzu viz tab. 6, který byl rozeslán mezi odborníky.

Tab. 6 - *Rozesílaný dotazník pro zjednodušenou multikriteriální analýzu*

Kritéria výběru	Váha kritéria	Asfaltové pásy	Hydroizolační fólie
	(doplňte váhu v %, součet všech musí být 100%)	(doplňte 0 - horší, 1 - lepší)	
Cena			
Doba realizace			
Náročnost realizace vč. řešení detailů			
Životnost			
Kontrola kvality			
Lokalizace defektů			
Možnosti oprav			
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)			

Hydroizolační systémy budou hodnoceny na základě mého osobního názoru, ke kterému jsem během studování tohoto tématu došla a v druhé řadě subjektivními názory 9 dotázaných osob z praxe, kteří se s problémem plochého zastřešení setkávají denně. Konkrétně jde o 4 stavbyvedoucí, kteří mimo jiné dohlížejí na realizaci plochých střech a 5 odborníků z firem, které oba hydroizolační materiály realizují na stavbě.

5.1.2 Vlastní analýza

5.1.2.1 Zhodnocení kritérií

Cena

Cena povlakové izolace závisí na mnoha faktorech. V první řadě jde o materiál a jeho chemické složení. Především hydroizolačních fólií je na výběr mnoho různých druhů, jejichž cena má poměrně široké rozpětí. Obecně nejpoužívanější fólie mPVC jsou zpravidla levnější než asfaltové pásy při dvouvrstvé pokládce. V tab. 7 jsou pro představu uvedeny ceny povlakové izolace od firmy Coleman S.I..

Tab. 7 - *Ceník povlakové izolace od firmy Coleman S.I. (převzato z [13])*

Typ povlakové hydroizolace	Cena [Kč/m ²]		
	materiál	práce	celkem
Asfaltová jednovrstvá skladba	220	150	370
Asfaltová dvouvrstvá skladba	330	200	530
mPVC fólie	180	170	350
EVA fólie	370	230	600
PIB fólie	470	400	870

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím cenu je množství a náročnost detailů, u kterých je potřeba řešit napojení hydroizolace. Mezi tyto detaily patří zejména vnější okraje střechy, střešní vtoky, prostupy potrubí střešním pláštěm, dilatace, světlíky a nadstřešní konstrukce (např. komíny, výtahové šachty, apod.). Větší množství detailů zvyšuje pracnost a náklady na materiál i práci.

Doba realizace

Realizace povlakové izolace z hydroizolační fólie bývá zpravidla rychlejší než z asfaltových pásů. Důvodem je především jednovrstvá pokládka hydroizolačních fólií. Na dobu realizace povlakové izolace má ovšem opět výrazný vliv množství řešených detailů, které díky větší náročnosti zpomalují pokládku.

Náročnost realizace včetně řešení detailů

Náročnost realizace povlakové hydroizolace závisí na půdorysném tvaru objektu a stejně jako u předchozích na množství detailů, u kterých je potřeba řešit napojení hydroizolace. Kvalita a spolehlivost povlakové izolace závisí mimo jiné na kvalitě pokládky, a proto je pro realizaci důležitý výběr kvalitní izolační firmy.

Obecně platí, že vodotěsnou izolaci z asfaltových pásů je v podstatě schopna realizovat každá odborná firma zabývající se pokládkou vodotěsných hydroizolací. K pokládce není nutné žádné speciální nářadí, stačí pouze propanbutanový hořák. Naopak pro pokládku povlakové izolace z hydroizolačních fólií je potřeba nejen speciální vybavení, ale především řádně proškolení pracovníci. Školení je potřeba z důvodu velkého množství druhů fólií, které mají různé chemické složení a díky tomu odlišné vlastnosti a liší se způsobem pokládky.

Řešení detailů pomocí asfaltových pásů bývá snazší než pomocí hydroizolační fólie. Na detaily z asfaltových pásů si izolační dělníci dělají vlastní přířezy, které dle technologických postupů natavují na detail. Naopak k vytvoření vlastní manžety na opracování prostupu z hydroizolační fólie je potřeba zručnost izolačního dělníka, popřípadě se vyrábí speciální tvarovka z hydroizolační fólie, která je ovšem dražší.

Životnost

Na obou druzích povlakové izolace se časem projevují známky stárnutí. Ty se většinou u asfaltových pásů projevují dříve než u hydroizolačních fólií.

U asfaltových pásů dochází časem k uvolňování posypu, začnou se objevovat trhliny, dochází k uvolnění ve spoji nebo v místech napojení na svislé konstrukce a prostupy. Proto je důležitá u asfaltových pásů údržba. Je potřeba alespoň jednou za rok kontrola střechy a zametení případných nečistot z povrchu nebo z kaluží. U střechy z asfaltových pásů téměř nikdy nedochází k totální poruše hydroizolace, která by vyžadovala její okamžitou rekonstrukci. Vyčerpání její životnosti je zpravidla signalizováno řadu let dopředu. Životnost asfaltových modifikovaných pásů udávána výrobcem se obvykle pohybuje okolo 20 let.

Kvalitní a správně realizované hydroizolační fólie mají výrobci udávanou životnost mnohdy výrazně vyšší a to obvykle okolo 40 let (PIB fólie až 60 let). Avšak u hydroizolačních fólií se někdy může jejich dožití projevit během několika měsíců bez dlouhodobého signalizování. Může dojít k trhlinám v ploše nebo rozlepování spojů, což je díky jednovrstvé pokládce vážný problém. Pak se majitel objektu dostane do nelehké situace, kdy musí narychlo zajišťovat rekonstrukci vodotěsné izolace.

Kontrola kvality

Pro kontrolu kvality povlakové hydroizolace z hydroizolačních fólií existuje větší množství zkoušek, kterými je možno odhalit netěsnosti hydroizolace. U hydroizolačních fólií se mimo ostatní zkoušky, které lze provádět i u asfaltových pásů, může provést např. vakuová zkouška nebo tlaková zkouška spojů.

Lokalizace defektů

Lokalizace defektů bývá snazší u povlakové hydroizolace z asfaltových pásů. U asfaltových pásů se lépe identifikují místa, kde došlo k proražení hydroizolace nebo kde jsou netěsné spoje, zvláště pak u asfaltových pásů celoplošně natavených k podkladu. Pokud je povlaková izolace volně

položená, hledají se poškozená místa obtížněji, ať už jde o hydroizolační fólie nebo asfaltové pásy. U hydroizolačních fólií může docházet k porušení izolace v podobě malých vlasových trhlinek, které se mohou projevovat různě v závislosti na vnější teplotě. V takovém případě je velmi obtížné jejich lokalizování.

Možnosti oprav

Zásahy do vodotěsné izolace z asfaltových pásů jsou vždy spolehlivě realizovatelné na rozdíl od hydroizolačních fólií. Oprava nebo úprava stávající povlakové izolaci z hydroizolačních fólií není možná u fólií, která jsou měkčená pomocí monometrických změkčovadel a tudíž u nich časem dochází k migraci změkčovadel. To se projevuje křehnutím fólie a degradací povrch. Na takovou izolaci není možno navařit další fólii.

Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek

Dle technologických postupů výrobců lze klasické oxidované asfaltové pásy většinou pokládat do teploty +10°C a modifikované natavitelné do +5°C. V případě dodržení nezbytných opatření stanovených výrobcem jako je např. skladování v temperovaných skladech, lze při souhlasu výrobce pokládat i při nižších teplotách (mimořádně do teploty -5°C). Poklad pro natavování však musí být vždy suchý.

Hydroizolační fólie lze také při skladování ve vytápěných skladech pokládat až do teploty -5°C. Většinu fólií však lze pokládat i na zvlhlé podklady.

U realizace za nepříznivých klimatických podmínek však nezáleží jen na technických vlastnostech, ale především na kvalitě lidské práce.

5.1.2.2 Váhy kritérií výběru

Osobně si myslím, že by se v praxi neměla přikládat ceně taková váha, jaká se jí přikládá, ale největší váhu při rozhodování by měla mít životnost. Mnohdy je cena tlačena co nejvíce dolů právě na úkor životnosti a dopadá to tak, že se na střechu dávají nejlevnější asfaltové pásy s nedostatečnou tloušťkou nebo kvalitou asfaltu, či nižší řada hydroizolačních fólií s minimální tloušťkou ve snaze firem dodržet dohodnutou cenu a současně maximalizovat svůj zisk. Životnost těchto hydroizolačních materiálů je omezená a obvykle mnohem kratší než se očekává. Náklady na levnou povlakovou hydroizolaci spolu s náklady na její opravy jsou většinou mnohonásobně vyšší, než náklady na realizaci kvalitní povlakové hydroizolace, při stejné době životnosti. Reálné náklady na údržbu a drobné opravy kvalitně realizované střechy by se měli pohybovat mezi 10-25% nákladů na realizaci.

Stanovení vah kritérií dle vlastního názoru v tab. 8.

Tab. 8 - Váhy kritérií – vlastní názor

Cena	15 %
Doba realizace	5 %
Náročnost realizace vč. řešení detailů	12 %
Životnost	20 %
Kontrola kvality	15 %
Lokalizace defektů	14 %
Možnosti oprav	17 %
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	2 %

5.1.2.3 Vyhodnocení vlastní analýzy

Na základě zhodnocení kritérií v kapitole 5.1.2.2 dle nashromážděných informací o hydroizolačních systémech plochých střech byl vyplněn dotazník s vlastním názorem na danou problematiku viz tab. 9.

Tab. 9 – Výsledky vlastní analýzy

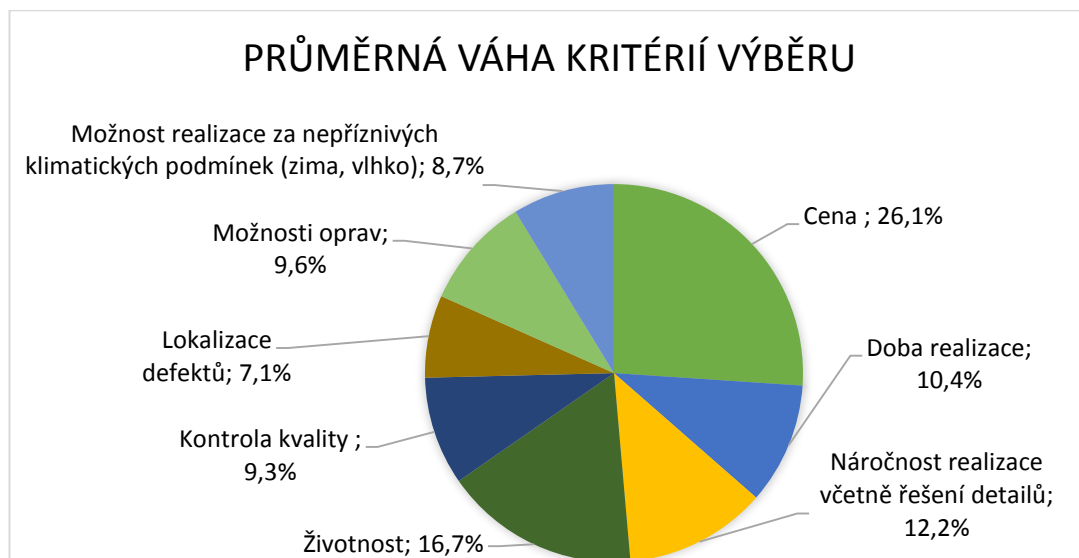
Kritéria výběru	Váha kritéria	Asfaltové pásy		Hydroizolační fólie	
		0 - horší 1 - lepší	Body	0 - horší 1 - lepší	Body
Cena	15 %	0	0	1	15
Doba realizace	5 %	0	0	1	5
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12 %	1	12	0	0
Životnost	20 %	0	0	1	20
Kontrola kvality	15 %	0	0	1	15
Lokalizace defektů	14 %	1	14	0	0
Možnosti oprav	17 %	1	17	0	0
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	2 %	0	0	1	2
Součet	100 %		43 %		57 %

Jako nejlepší řešení ve vlastní multikriteriální analýze se ukázal hydroizolační systém z hydroizolačních fólií, který zvítězil v poměru 57% ku 43%.

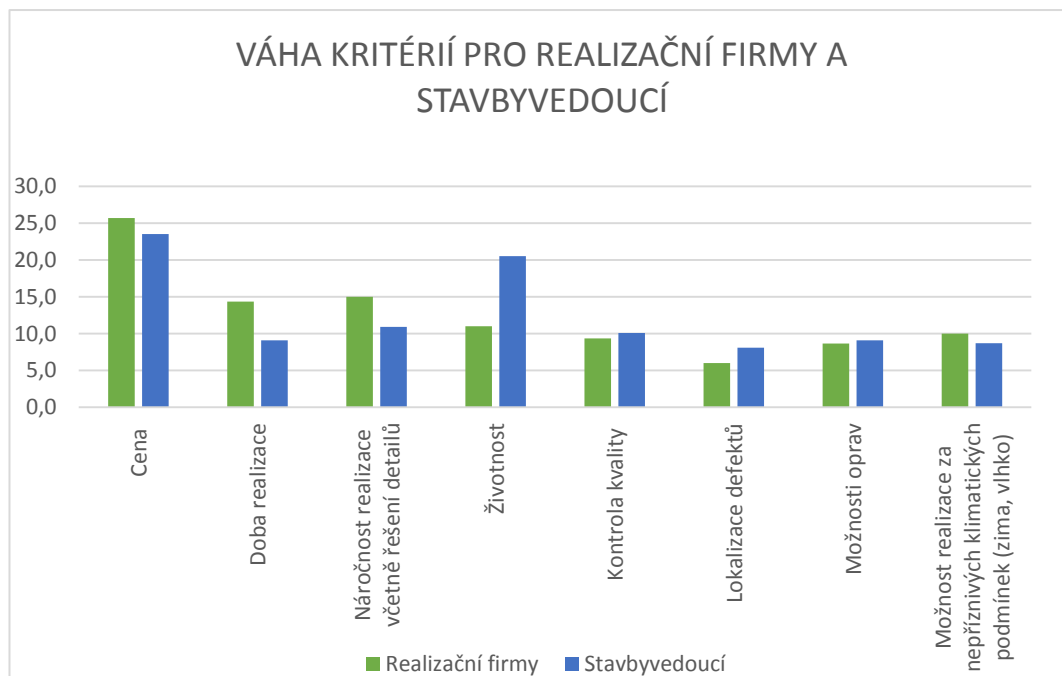
5.1.3 Analýza dle odborníků z praxe

5.1.3.1 Váhy kritérií výběru

Průměrné váhy kritérií výběru hydroizolačních systémů plochých střech od odborníků z praxe viz graf 1.



Graf 1 - Průměrná váha kritérií výběru dle odborníků



Graf 2 - Váhy kritérií pro realizační firmy a stavbyvedoucí

Z grafů plyne, že hlavním kritériem pro výběr varianty řešení je cena a tím nejméně závažným kritériem je lokalizace defektů, na čemž se shodli jak stavbyvedoucí, tak odborníci z realizačních firem.

Odborníci z realizačních firem kladou větší váhu na náročnost provádění včetně řešení detailů, na dobu realizace a na možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek. Naopak stavbyvedoucím záleží více na životnosti, které přikládají skoro dvakrát větší váhu než odborníci z realizačních firem. Dále pak větší váhu přikládají kontrole kvality, lokalizaci defektů a možnostem oprav, což by se u stavbyvedoucích dalo předpokládat vzhledem k tomu, že mají zodpovědnost za správnou realizaci a střechu kontrolují.

5.1.3.2 Vyhodnocení analýzy dle odborníků

Celkové výsledky analýzy z rozesílaných dotazníků do realizačních firem a stavbyvedoucím viz tab. 10 a 11.

Tab. 10 - Celkové výsledky analýzy od odborníků – asfaltové pásy

Kritéria výběru	Průměrná váha kritéria	Asfaltové pásy										Průměrné body	
		Body z jednotlivých dotazníků									Body celkem		Počet voličů
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Cena	26,1	0	0	22	30	25	20	0	0	0	97	9	10,8
Doba realizace	10,4	10	0	18	10	15	0	0	0	0	53		5,9
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12,2	0	12,5	0	20	15	10	0	0	0	57,5		6,4
Životnost	16,7	0	12,5	0	0	0	35	0	20	15	82,5		9,2
Kontrola kvality	9,3	0	0	8	0	0	10	0	0	0	18		2,0
Lokalizace defektů	7,1	0	12,5	8	0	5	5	0	0	5	35,5		3,9
Možnosti oprav	9,6	3	12,5	16	5	5	0	15	10	15	81,5		9,1
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	8,7	0	12,5	10	10	10	5	10	12	5	74,5		8,3
SOUČET	100,0											55,5 %	

Tab. 11 - Výsledky analýzy od odborníků – hydroizolační fólie

Kritéria výběru	Průměrná váha kritéria	Hydroizolační fólie										Průměrné body	
		Body z jednotlivých dotazníků									Body celkem		Počet voličů
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Cena	26,1 %	60	12,5	0	0	0	0	20	5	40	137,5	9	15,3
Doba realizace	10,4 %	0	12,5	0	0	0	10	5	8	5	40,5		4,5
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12,2 %	5	0	10	0	0	0	15	12	10	52		5,8
Životnost	16,7 %	10	0	8	10	15	0	25	0	0	68		7,6
Kontrola kvality	9,3 %	5	12,5	0	10	10	0	5	18	5	65,5		7,3
Lokalizace defektů	7,1 %	3	0	0	5	0	0	5	15	0	28		3,1
Možnosti oprav	9,6 %	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5		0,6
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	8,7 %	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4		0,4
SOUČET	100,0 %												44,5 %

Výše uvedené tabulky znázorňují body získané ve všech 9 dotaznících pro obě varianty výběru, přičemž zeleně jsou zvýrazněny dotazníky zástupců realizačních firem a žlutě dotazníky stavbyvedoucích. Všechny body z jednotlivých dotazníků jsou sečteny a následně vyděleny počtem hodnotitelů, abychom získali průměrnou hodnotu bodů pro variantu výběru v daných kritériích. K nejlepšímu řešení dojdeme součtem všech průměrných bodů každého kritéria. Varianta, která má více bodů je tou nejvhodnější.

Dle subjektivních názorů odborníků z praxe vychází jako nejlepší řešení hydroizolačních systémů plochých střech povlaková izolace z asfaltových pásů a to v poměru 55,5% ku 44,5%.

Dále bylo zjištěno i nejlepší řešení pro oba druhy rozhodovatelů zvlášť. Výsledky analýzy od zástupců realizačních firem jsou uvedeny v tab. 12 a 13 a od stavbyvedoucích v tab. 14 a 15.

Tab. 12 - Výsledky analýzy od odborníků z realizačních firem – asfaltové pásy

Kritéria výběru	Průměrná váha kritéria	Asfaltové pásy							
		Body z jednotlivých dotazníků					Body celkem	Počet voličů	Průměrné body
		1	2	6	7	8			
Cena	26,1 %	0	0	20	0	0	20	5	4,0
Doba realizace	10,4 %	10	0	0	0	0	10		2,0
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12,2 %	0	12,5	10	0	0	22,5		4,5
Životnost	16,7 %	0	12,5	35	0	20	67,5		13,5
Kontrola kvality	9,3 %	0	0	10	0	0	10		2,0
Lokalizace defektů	7,1 %	0	12,5	5	0	0	17,5		3,5
Možnosti oprav	9,6 %	3	12,5	0	15	10	40,5		8,1
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	8,7 %	0	12,5	5	10	12	39,5		7,9
SOUČET	100,0 %								45,5 %

Tab. 13 - Výsledky analýzy od odborníků z realizačních firem – hydroizolační fólie

Kritéria výběru	Průměrná váha kritéria	Hydroizolační fólie							
		Body z jednotlivých dotazníků					Body celkem	Počet voličů	Průměrné body
		1	2	6	7	8			
Cena	26,1 %	60	12,5	0	20	5	97,5	5	19,5
Doba realizace	10,4 %	0	12,5	10	5	8	35,5		7,1
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12,2 %	5	0	0	15	12	32		6,4
Životnost	16,7 %	10	0	0	25	0	35		7,0
Kontrola kvality	9,3 %	5	12,5	0	5	18	40,5		8,1
Lokalizace defektů	7,1 %	3	0	0	5	15	23		4,6
Možnosti oprav	9,6 %	0	0	5	0	0	5		1,0
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	8,7 %	4	0	0	0	0	4		0,8
SOUČET	100,0 %								54,5 %

Pro odborníky z realizačních firem vyšlo jako nejlepší řešení varianta pro povlakovou izolaci hydroizolační fólie a to v poměru 54,5% ku 45,5%.

Tab. 14 - Výsledky analýzy od stavbyvedoucích – asfaltové pásy

Kritéria výběru	Průměrná váha kritéria	Asfaltové pásy						Průměrné body
		Body z jednotlivých dotazníků				Body celkem	Počet voličů	
		3	4	5	9			
Cena	26,1 %	22	30	25	0	77,0	4	19,3
Doba realizace	10,4 %	18	10	15	0	43,0		10,8
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12,2 %	0	20	15	0	35,0		8,8
Životnost	16,7 %	0	0	0	15	15,0		3,8
Kontrola kvality	9,3 %	8	0	0	0	8,0		2,0
Lokalizace defektů	7,1 %	8	0	5	5	18,0		4,5
Možnosti oprav	9,6 %	16	5	5	15	41,0		10,3
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	8,7 %	10	10	10	5	35,0		8,8
SOUČET	100,0 %							68,0

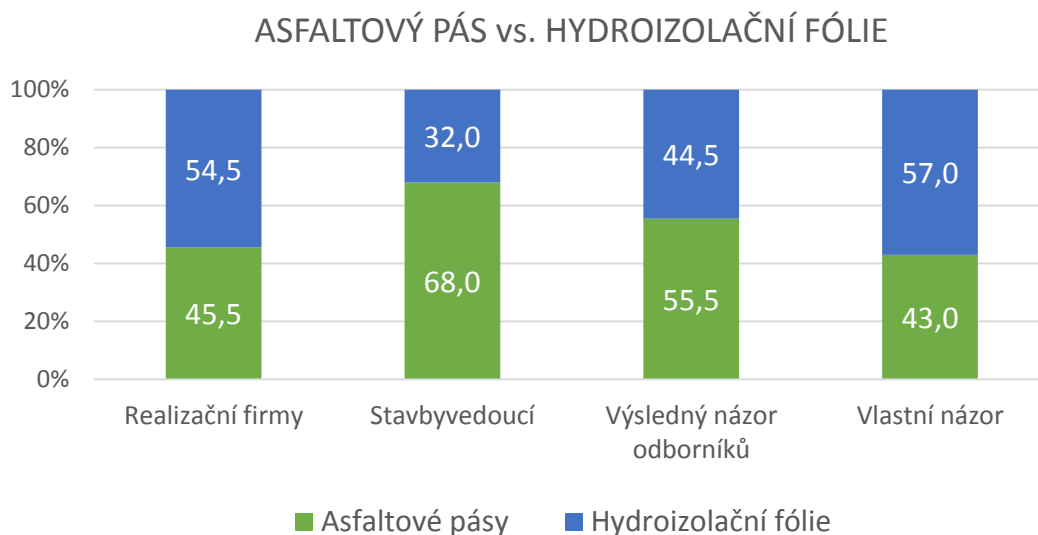
Tab. 15 - Výsledky analýzy od stavbyvedoucích – hydroizolační fólie

Kritéria výběru	Průměrná váha kritéria	Hydroizolační fólie						Průměrné body
		Body z jednotlivých dotazníků				Body celkem	Počet voličů	
		3	4	5	9			
Cena	26,1 %	0	0	0	40	40,0	4	10,0
Doba realizace	10,4 %	0	0	0	5	5,0		1,3
Náročnost realizace včetně řešení detailů	12,2 %	10	0	0	10	20,0		5,0
Životnost	16,7 %	8	10	15	0	33,0		8,3
Kontrola kvality	9,3 %	0	10	10	5	25,0		6,3
Lokalizace defektů	7,1 %	0	5	0	0	5,0		1,3
Možnosti oprav	9,6 %	0	0	0	0	0,0		0,0
Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)	8,7 %	0	0	0	0	0,0		0,0
SOUČET	100,0 %							32,0

Pro stavbyvedoucí vychází jako nejlepší řešení použití asfaltových pásů v poměru 68% ku 32%.

5.1.4 Celkové vyhodnocení analýzy

Celkové znázornění výběru hydroizolačního systému plochých střech obsahující vlastní názor i názory odborníků viz graf 15.



Graf 3 - Graf výběru hydroizolačního systému plochých střech

Z grafu vyplývá, že můj vlastní názor se přibližuje spíše názoru zástupců realizačních firem, kterým také vyšla jako nejvhodnější varianta hydroizolačního systému hydroizolační fólie.

5.1.4.1 Vyhodnocení jednotlivých kritérií

Hodnocení lepší varianty v kritériích se u analýzy od odborníků v některých případech výrazně liší od zhodnocení kritérií dle teoretické části této práce. Porovnání názoru v kritériích:

Cena

Dle zhodnocení kritérií ve vlastní analýze by většinou měla být povlaková izolace z hydroizolačních fólií levnější. Celkově se na tom shodli i odborníci. Hydroizolační fólie získaly 15,3 bodů a asfaltové pásy 10,8 bodů. Výhra hydroizolačních fólií není úplně jednoznačná, protože cenu ovlivňuje velké množství faktorů, takže se v mnohých případech může hydroizolační fólie ukázat jako dražší varianta. Jeden z dotázaných stavbyvedoucích uvedl, že i přes to, že materiál hydroizolačních fólií je levnější, realizační firmy si často účtují vyšší náklady spojené s prováděním detailů. To následně vede k tomu,

že cena za realizaci střešního pláště s hydroizolační fólií často převyšuje cenu střechy s asfaltovými pásy.

Doba realizace

Z teoretické části mé práce vyplývá, že by měla být realizace povlakové izolace z hydroizolační fólie rychlejší než z asfaltových pásů a to hlavně z důvodu jednovrstvé pokládky. Odborníci se na tomto faktu však neshodli. Hydroizolační fólie získaly 4,5 bodů a asfaltové pásy 5,9 bodů. Obdobně jako u ceny je to způsobeno realizací detailů, které v případě hydroizolačních fólií výrazně zpomalují rychlost pokládky.

Náročnost realizace včetně řešení detailů

Na základě zhodnocení kritérií ve vlastní analýze lze říci, že pokládka asfaltových pásů je méně náročná než pokládka hydroizolačních fólií. To je hlavně z toho důvodu, že asfaltové pásy mají víceméně stejný způsob pokládky nezávisle na výrobci na rozdíl od hydroizolačních fólií. Odborníci udělili hydroizolačním fóliím 5,8 bodů a asfaltovým pásům 6,4 bodů. Nejednoznačnost výsledku může být způsobená tím, že realizační firmy jsou pro práci s danými materiály vyškolené a mají v tom praxi. Pro stavbyvedoucí je naopak snazší sehnat subdodavatele na pokládku asfaltových pásů, jelikož to nevyžaduje tak vysokou odbornost a úroveň technologické kázně.

Životnost

Jak bylo zmíněno ve vlastní analýze, životnost hydroizolačních fólií, zvláště pak těch dražších, bývá výrobci udávána vyšší než životnost asfaltových pásů. Odborníci se však shodli, že asfaltové pásy mají životnost delší. Hydroizolační fólie získaly 7,6 bodů a asfaltové pásy 9,2 bodů. Tento výsledek může souviset především s používáním levnějších typů fólií, které mnohdy vykazují poruchy ještě před uplynutím jejich deklarované životnosti. Mezi tyto poruchy patří nejčastěji obnažování nosné vložky v důsledku migrace změkčovadel.

Kontrola kvality

V tomto kritériu u odborníků poměrně jednoznačně zvítězily hydroizolační fólie, které získaly 7,3 bodů. Naproti tomu asfaltové pásy získaly pouze 2 body. Ke stejnému výsledku jsem došla i ve své analýze. Důvodem je více možností při kontrole těsnosti hydroizolační fólie.

Lokalizace defektů

Odborníci se přiklánějí spíše k tomu, že lze snadněji lokalizovat defekty u povlakové izolace z asfaltových pásů. Hydroizolační fólie obdržely 3,1 bodů a asfaltové pásy 3,9 bodů. To se víceméně shoduje i s mými poznatky. Defekty asfaltových pásů bývají snadno lokalizovatelné ve většině případů. U hydroizolačních fólií záleží na povaze defektu. Například již zmíněné obnažení nosné vložky je vidět na první pohled, ale vlasové trhliny jsou vidět pouze při bližším zkoumání.

Možnosti oprav

Na základě zhodnocení kritérií ve vlastní analýze lze říci, že asfaltové pásy jsou jednoznačně výhodnější z hlediska možnosti oprav. U hydroizolačních fólií je proveditelnost oprav silně omezená jejich chemickým složením. Ke stejnému názoru došli i dotázaní odborníci. Hydroizolačním fóliím udělili pouze 0,6 bodů, naproti tomu asfaltovým pásům udělili 9,1 bodů, což je naprosto jednoznačný výsledek.

Možnost realizace za nepříznivých klimatických podmínek (zima, vlhko)

Dle informací od výrobců bylo v teoretické části uvedeno, že pro možnost realizace za nepříznivých podmínek (především za nízké teploty) jsou lepší hydroizolační fólie. Názor se v tomto velice liší. Odborníci hydroizolačním fóliím udělili pouze 0,4 bodu, kdežto asfaltovým pásům 8,3 bodů. Tento fakt mi byl objasněn jedním ze stavbyvedoucích. Ten uvedl, že ač je realizace hydroizolační fólie při teplotách pod bodem mrazu možná i bez dalších opatření, je při této teplotě velice náročné dodržet technologickou kázeň pracovníků.

5.1.4.2 Shrnutí

Dle získaných informací a na základě své multikriteriální analýzy jsem dospěla k názoru, že jsou obě varianty hydroizolačních systémů srovnatelné – obě jsou spolehlivé.

Zásadní je vždy volba materiálu, ať už jde o hydroizolační fólie, nebo asfaltové pásy. Volba materiálu musí být vždy založena na správném návrhu. Mnoho lidí si volí materiál především podle ceny, což je dosti krátkozraké, protože následná rekonstrukce přináší mnohonásobně vyšší náklady, než je cena kvalitní hydroizolační fólie. V tomto ohledu platí pořekadlo: Nejsem tak bohatý, abych si kupoval levné věci.

Použití kvalitních materiálů ovšem nezaručuje celkovou spolehlivost střešního pláště, ale je pouze první známkou úspěchu. Dalším důležitým faktorem je správná realizace, která závisí na dodržování technologií provádění. To vyžaduje výběr kvalitní izolační firmy, což v dnešní době není zrovna lehký úkol, když uvážíme současnou nízkou řemeslnou kvalifikaci.

5.2 Porucha střechy z asfaltových pásů

Jde o střechu firmy Gühring, která se nachází v Sulkově. Střecha se skládá z několika lodí opatřených na vrcholu podélným světlíkem.

Skladba střechy:

- Žebírkové panely
- Pojistná hydroizolace – oxidovaný pás tl. 2-3 mm s neúnosnou vložkou ze skleného rouna
- Polystyren EPS tl. 160 mm lepený polyuretanovým lepidlem BÖRNER PUK
- SBS modifikovaný pás BÖRNER Poly GGV lepený polyuretanovým lepidlem BÖRNER PUK
- Vrchní APP modifikovaný pás ORION FC GR 5

Na střeše se vyskytla porucha v podobě podélné vlny v oblasti odvodňovacího žlabu viz obr. 41.



Obr. 41 - Podélná vlna u odvodňovacího žlabu (foto autor)

Na základě toho byly provedeny sondy, pomocí nichž bylo zjištěno:

1. V provedených sondách nebylo nalezeno dostatečné množství lepidla, které by zajistilo dostatečné přikotvení k podkladu. V některých

případech vytvrdlo lepidlo dříve, než došlo k jeho kontaktu s lepenými materiály. To je zobrazeno na obr. 42.



Obr. 42 - EPS desky nedostatečně přilepené a s vytvrdlým lepidlem (foto autor)

2. Desky z EPS byly přilepeny k původní parotěsné zábraně, na které se však nacházely nečistoty z původní tepelné izolace z minerálních vláken viz obr. 43.



Obr. 43 - Původní parotěsná zábrana (foto autor)

3. Vrchní pás ORION FC GR nebyl v některých sondách dostatečně přivařen k podkladu.

Důvod poruchy

Hlavní příčinou vzniku podélné vlny v místě úžlabí bylo určeno nedostatečné kotvení k podkladu a tepelné namáhání střešní konstrukce.

Závěr

Tato bakalářská práce si v teoretické části kladla za cíl popsat hydroizolační systémy plochých střech od jejich vzniku až po současnost. Dále bylo úkolem zaměřit se na postupy jejich provádění a poukázat na typické poruchy, které se u nich neustále opakují.

V praktické části bylo úkolem porovnání hydroizolačních systémů z hydroizolačních fólií a asfaltových pásů. Systémy byly porovnány pomocí zjednodušené multikriteriální analýzy, která byla založena na odpovědích odborníků z praxe a na základě vlastního názoru.

Z výsledků jednotlivých dotazníků je patrné, že neexistuje univerzálně lepší řešení. Zkušenosti s danými materiály se někdy liší až diametrálně. Výsledky multikriteriální analýzy jsou objektivní zejména z toho důvodu, že byli popptáni jak odborníci z firem specializující se přímo na pokládku povlakových hydroizolací, tak i stavbyvedoucí, kteří na realizaci na stavbě dohlížejí.

Tato práce může sloužit například jako podklad při rozhodování o výběru hydroizolačního systému plochých střech. Dále může být použita jako pomůcka či doplnění výukových materiálů pro studenty fakulty stavební a v neposlední řadě může tato práce sloužit nezasvěceným osobám, zejména pak drobným investorům, jako návod na co si dát při realizaci pozor.

Seznam použité literatury

- [1] *ASB - portál: Povlakové krytiny plochých střech a jejich problémy* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: https://www.asb-portal.cz/buxus/generate_page.php?page_id=39037
- [2] *ASB - portál: Sanace střešních pláštů* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/sanace-stresnich-plastu>
- [3] *ABS - portál: Zkoušky těsnosti a kontrola fóliových izolací na bázi PVC a TPO* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/zkousky-tesnosti-akontrola-foliovych-izolaci-na-bazi-pvc-atpo>
- [4] *Asfaltové pásy I: Dělení asfaltových pásů. Výrobky pro stavbu* [online]. 2014 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-i-deleni-asfaltovych-pasu/>
- [5] *Asfaltové pásy II: Druhy asfaltů. Výrobky pro stavbu* [online]. 2014 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-ii-druhy-asfaltu-oxidovane-modifikovane/>
- [6] *Asfaltové pásy III: Nosná vložka asfaltových pásů. Výrobky pro stavbu* [online]. 2014 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/asfaltove-pasy-iii-nosna-vlozka-asfaltovych-pasu/>
- [7] BRYCHTA, Jaroslav. *Charakteristické vlastnosti elastomerových asfaltových pásů a fólií z mPVC* [online]. 2015 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/85214-Charakteristicke-vlastnosti-elastomerovych-asfaltovych-pasu-a-folii-z-mpvc.html>
- [8] DEKPLAN střešní fólie: Montážní návod. *Stavebniny DEK* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/MONTAZNI-NAVODY/dekplan-stresni-folie-2016-01.pdf
- [9] *Dow: Roofing application* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.dow.com/en-us/building/construction-applications/roofing>
- [10] *E-book hydroizolace: Průvodce materiály pro hydroizolaci plochých střech* [online]. Coleman S.I. [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.coleman.cz/jak-vybrat-hydroizolaci-spravne/#STAHNOUT>

- [11] *ELUC: Kontrola těsnosti hydroizolací* [online]. [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2166>
- [12] FAJKOŠ, Antonín a Miroslav NOVOTNÝ. *Střechy: Základní konstrukce*. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0681-4.
- [13] *Fatrafol: Balkón - Fatrafol 814* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.fatrafol.cz/produkty/izolace-strechy/balkony-terasy/fatrafol-814/>
- [14] *Fatrafol: Mechanicky kotvená střecha - Fatrafol 810* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.fatrafol.cz/produkty/izolace-strechy/mechanicky-kotvena-strecha/fatrafol-810/>
- [15] HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILLAROVÁ. *Ploché střechy*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-71-2.
- [16] Historie plochých střech. *Střechy Praha* [online]. Praha: Střechy Praha, 2014 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <https://www.strechy-praha.cz/historie-plochych-strech>
- [17] *Hydroizolace plochých střech: Poruchy střešních pláštěů*. 1. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5002-6.
- [18] CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. *Ploché střechy: Praktický průvodce*. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2916-9.
- [19] *IMaterialy: Nekompatibilita mezi oxidovaným asfaltom a PVC-P* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/materialy/nekompatibilita-medzi-oxidovany-m-asfaltom-a-pvc-p_41715.html
- [20] Invest - star: *Asfaltové pásy modifikované* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://eshop.invest-star.cz/asfaltove-pasy-modifikovane/>
- [21] NOVOTNÝ, Marek. *A.W.A.L.: Poruchy vzniklé špatným skladováním a manipulací* [online]. 2004 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.awal.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=925>
- [22] NOVOTNÝ, Marek. *A.W.A.L.: Vady a poruchy syntetických fólií, zejména PVC* [online]. 2004 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.awal.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=3090>

- [23] *Obecný technologický postup pokládky natavitelných asfaltových pásů: Icopal* [online]. Praha, 2011 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z:
<http://www.icopal.cz/uploads/ke%20stazeni/pro%20realizacni%20firmy/Technologic k%C3%BD%20postup%20pokl%C3%A1dky%20AP.pdf>
- [24] *Ploché střechy: Přednáška 10. Fakulta stavební - VUT Brno* [online]. Brno, 2014 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z:
http://www.fce.vutbr.cz/PST/kolar.r/files/BH02_prednaska_10_2014_STUDENTI.pdf
- [25] *Podle použité zeleně. Zelené střechy* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z:
<http://zelenestrechy.cz/typy-zelene-strechy/podle-pouzite-zelene/>
- [26] *Pozemní stavitelství IV. Fakulta stavební - Vysoká škola báňská* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z:
<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/5.html>
- [27] *Stavebniny DEK asfaltové pásy: Montážní návod. Stavebniny DEK* [online]. DEK, 2016 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/MONTAZNI-NAVODY/asfaltove-pasy-2016-01.pdf
- [28] *T&N stavební a obchodní s.r.o.: Střešní hydroizolační fólie* [online]. 2008 [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://tnstav.cz/hydroizolace-fatrafol-izolace-zakladove-desky-izolace-proti-tlakove-vode/hydroizolace-strechy-stresni-folie/>

Seznam obrázků

Obr. 1 - Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev	14
Obr. 2 - Jednoplášťová plochá střecha s opačným pořadím vrstev	15
Obr. 3 - Jednoplášťová plochá střecha DUO	16
Obr. 4 - Jednoplášťová plochá střecha s kompaktní skladbou vrstev	17
Obr. 5 - Skladby pochůzných střech	18
Obr. 6 – Skladby pojižděných střech	19
Obr. 7 - Skladby zelených střech	20
Obr. 8 – Lehké střechy	21
Obr. 9 - Typy větraných dvouplášťových plochých střech	22
Obr. 10 - Skladba dvouplášťové větrané ploché střechy s parozábranou	22
Obr. 11 - Schéma členěné povlakových hydroizolací	23
Obr. 12– Složení asfaltového pásu typu R nebo S	25
Obr. 13 – Klad pásů	29
Obr. 14 – Hydroizolace z asfaltových pásů na stěně (vysoké atice)	31
Obr. 15 - Opracování koutů	32
Obr. 16 - Schéma opracování detailu kruhového prostupu	33
Obr. 17 - Princip kalhotek	33
Obr. 18 - Složení vyztužené hydroizolační fólie	35
Obr. 19 - Složení vyztužené hydroizolační fólie	35
Obr. 20 - Horkovzdušné svařování	41
Obr. 21 - Vytažení hydroizolace na svislou konstrukci	42
Obr. 22 - Vytažení hydroizolace na svislou konstrukci	43
Obr. 23 - Zkouška těsnosti spojů pomocí izolační jehly	45
Obr. 24 - Nevhodné skladování asfaltového pásu na ležato	48
Obr. 25 - Příčné praskání asfaltových pásů	49
Obr. 26 - Objemové změny asfaltových pásů	49
Obr. 27 - Stékání asfaltové krycí hmoty	50
Obr. 28 - Boule na asfaltovém hydroizolačním povlaku	51
Obr. 29 - Tvorba louží na nesprávně vypádané střeše	51
Obr. 30 - Nedostatečně svařený hydroizolační povlak	52
Obr. 31 - Poškození pásu přehřátím	52
Obr. 32 - Popraskaný oxidovaný pás po rozbalení za chladu	52
Obr. 33 - Chybně provedený detail z asfaltového pásu	53
Obr. 34 - Praskání fólie v důsledku migrace změkčovadel a vykreslení vložky	54
Obr. 35 - Detail poruchy hydroizolačního materiálu, kde chybí jeho vrchní část	55
Obr. 36 - Mechanické poškození hydroizolačního povlaku	56
Obr. 37 - Chybné svaření spoje	56
Obr. 38 - Chybně provedené detaily	56
Obr. 39 - Vlnění hydroizolačního povlaku absencí mechanického kotvení	57
Obr. 40 - Degradace asfaltu a hydroizolační fólie	57
Obr. 41 - Podélná vlna u odvodňovacího žlabu	76
Obr. 42 - EPS desky nedostatečně přilepené a s vytvrdlým lepidlem	77
Obr. 43 - Původní parotěsná zábrana	77

Seznam tabulek

Tab. 1 - Srovnání vlastností asfaltových pásů.....	26
Tab. 2 - Tabulka minimálních a maximálních teplot vzduchu, podkladu a materiálu	27
Tab. 3 – Minimální sklony střešních rovin	28
Tab. 4 - Teplota vzduchu svařovacího přístroje	40
Tab. 5 - Základní porovnání hydroizolačních systémů.....	58
Tab. 6 - Rozesílaný dotazník pro zjednodušenou multikriteriální analýzu	60
Tab. 7 - Ceník povlakové izolace od firmy Coleman S.I.	61
Tab. 8 - Váhy kritérií – vlastní názor.....	65
Tab. 9 – Výsledky vlastní analýzy.....	66
Tab. 10 - Celkové výsledky analýzy od odborníků – asfaltové pásy.....	68
Tab. 11 - Výsledky analýzy od odborníků – hydroizolační fólie.....	69
Tab. 12 - Výsledky analýzy od odborníků z realizačních firem – asfaltové pásy	70
Tab. 13 - Výsledky analýzy od odborníků z realizačních firem – hydroizolační fólie	70
Tab. 14 - Výsledky analýzy od stavbyvedoucích – asfaltové pásy.....	71
Tab. 15 - Výsledky analýzy od stavbyvedoucích – hydroizolační fólie	71

Seznam grafů

Graf 1 - Průměrná váha kritérií výběru dle odborníků	67
Graf 2 - Váhy kritérií pro realizační firmy a stavbyvedoucí	67
Graf 3 - Graf výběru hydroizolačního systému plochých střech	72