

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Technologická optimalizace návrhu
skladby ploché střechy ve vybraných
podmínkách**

Karolína Prouzová

2017

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico

Prohlášení

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

V Praze 28.5.2017

.....

Karolína Prouzová

Poděkování

„Zde bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomášovi Váchalovi, za odbornou konzultaci a vedení této bakalářské práce. Dále panu Ing. Lubošovi Káněmu z firmy DEK, za poskytnutí podkladů a odborné konzultace.“



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Prouzová	Jméno: Karolína	Osobní číslo: 424418
Zadávací katedra: K122 - katedra Technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Technologická optimalizace návrhu skladby ploché střechy ve vybraných podmínkách	
Název bakalářské práce anglicky: Technological design optimization of structure of flat roofs at selected conditions	
Pokyny pro vypracování: Rešeršní část: Rozbor typů plochých střech a detailní popis vybraných skladeb včetně výhod a nevýhod z hlediska technologie Rozbor hydroizolačních systémů použitelných ve skladbách plochých střech (vybraných skladbách) Praktická část: Multikriteriální zhodnocení specifikované skladby ploché střechy s variantním řešením hydroizolačního systému s technologickými parametry porovnávání	
Seznam doporučené literatury: KUTNAR - Ploché střechy, Skladby a detaly - květen 2008, ATELIER DEK Ploché střechy, Karel Chaloupka, Zbyněk Svoboda, Grada Publishing, a.s., 2009 Základní pravidla pro navrhování a realizaci plochých střech a hydroizolace spodní stavby, Vydal Čech klempířů, pokrývačů a tesařů, Praha, 2003	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico	
Datum zadání bakalářské práce: 21.02.2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28.05.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat 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“.

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

Anotace

Technologická optimalizace návrhu skladby ploché střechy ve vybraných podmínkách

Tato práce je zaměřena na vybrané skladby ploché střechy. Zabýváme se zde všeobecně typy plochých střech a dále detailním popisem vybraných skladeb včetně výhod a nevýhod z hlediska technologie. Zaměřujeme se na rozbor hydroizolačních systémů použitelných ve skladbách plochých střech. Hledáme jejich řešení tak, aby byl návrh efektivní, cenově přijatelný a technologicky snadno proveditelný. Součástí práce je multikriteriální zhodnocení specifikované skladby ploché střechy s variantním řešením hydroizolačního systému a s technologickými parametry porovnání.

Klíčová slova:

Plochá střecha, hydroizolační systém, výhody/nevýhody plochých střech, pochozí střecha

Abstract

Technological design optimization of structure of flat roofs at selected conditions

This thesis is focused on selected roofs. The author goes about on the types of flat roofs and then a detailed description of selected type flat roofs including advantages and disadvantages in terms of technology. The author focuses on the analysis of waterproofing systems applicable in the compositions of flat roofs. Author is looking for solutions so as to design an efficient, affordable and technologically simple to implement. The thesis includes multi-criteria evaluation specified composition flat roof with variant solution of waterproofing systems and with the technological parameters comparison.

Keywords

Flat roof, waterproofing system, advantages/disadvantages of flat roofs, walkable roof

Obsah

Úvod	9
1. Rozbor typů střech – obecná charakteristika.....	10
1.1. Druhy plochých střech	10
1.2. Základní vrstvy střešního pláště	12
1.2.1. Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev	13
1.2.2. Jednoplášťové ploché střechy s obráceným pořadím vrstev, DUO střechy.....	14
1.2.3. Dvoupplášťové ploché střechy.....	17
1.3. Vodotěsné izolace	18
1.3.1. Asfaltové pásy.....	19
1.3.2. Fóliové izolace	23
1.3.3. Technologie provádění izolací	24
2. Detailní popis vybraných skladeb	26
2.1. Provozní ploché střechy	26
2.1.1. Plochá střecha s pěším provozem.....	26
2.2. Zelené střešní pláště	30
2.2.1. Plochá extenzivní střecha.....	31
3. Multikriteriální analýza.....	35
3.1. Optimální návrh skladby pomocí multikriteriální analýzy.....	38
4. Poznatky z praxe – chyby	50
Závěr	56
Zdroje a použitá literatura.....	57
Seznam zkratk.....	58
Seznam obrázků	59

Seznam tabulek.....	60
Přílohy	61

Úvod

Domov je pro nás místo, kde se cítíme dobře. Místo, které je chráněné před nepřízní počasí. A tento náš domov se nachází ve středoevropských klimatických podmínkách, kde je spolehlivá střecha nejdůležitější částí stavby.

Střechy jsou jednou z nejvíce namáhaných konstrukcí objektu. Jsou vystaveny účinkům vnějšího a zároveň vnitřního prostředí. Jejich návrh ovlivňuje celkový vzhled objektu a zároveň i jeho využití. Historicky se stavěly spíše střechy sklonité, avšak s rostoucími požadavky společnosti a zároveň i s rostoucími požadavky investorů se do popředí začaly dostávat střechy ploché. Masivní rozvoj nastal v 60. letech v souvislosti s hromadnou bytovou výstavbou. Používané skladby však měly své nevýhody, které pramenily z nedostatku zkušeností realizačních i návrhových. Díky postupu v chemickém průmyslu – zlepšení kvality hydroizolací, inovativním technologickým postupům, a především předáváním „know-how“, tak nyní realizujeme velice kvalitní souvrství plochých střech.

V dnešní době existuje hned několik možných typů plochých střech. Některé slouží víceúčelově pro veřejnost, některé slouží jako privátní terasy a na některé vstupujeme pouze z důvodů údržby. Požadavky se odvíjí od typu objektu, v jaké lokalitě se nacházíme a také požadavky ze strany investora. Proto klademe velký důraz na volbu vhodných materiálů a jejich následné realizace. Skladba takové střechy může působit složitě, ale skládá se z několika základních vrstev, které se opakují v různých variacích v závislosti na zmiňovaných požadavcích.

Cíle bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je seznámení se s typy plochých střech a jejich základními vrstvami, nejen obecně ale i ve vybraných skladbách, především pak s typy vodotěsných izolací, jakožto nejdůležitější součástí skladby. Dále pak nalezení postupu, kterým lze stanovit optimální skladbu střešního pláště plochých střech z několika hledisek – trvanlivost, cena, oprava, doba realizace, spolehlivost, možnost porušení a technologie provádění v závislosti na výstupních požadavcích investora.

1. Rozbor typů střech – obecná charakteristika

Střecha je obalová konstrukce, která chrání objekt neboli vnitřní prostředí, před atmosférickými vlivy. Stává se tak jeho důležitou součástí, neboť ovlivňuje jeho celkovou životnost.

Střešní konstrukce můžeme dělit z více hledisek. V této práci zmíníme nejtypičtější dělení a tím je dělení střech dle sklonů. Tedy na střechy ploché a sklonité. Podle ČSN 73 1901 faktor α označuje sklon vnějšího povrchu střech. Jako střechy ploché se označují ty, jejichž faktor $\alpha \leq 5^\circ$. Střechy s vyšším faktorem $5^\circ < \alpha < 90^\circ$ jsou označovány jako sklonité. Ty pak dále můžeme dělit na šikmé, s faktorem pohybujícím se v rozmezí $5 < \alpha \leq 45^\circ$ a strmé $45^\circ < \alpha < 90^\circ$. V této práci se budeme dále zabývat pouze střechami plochými.

Se současným vývojem dostupných materiálů i technologií se kvalita plochých střech zvyšuje. Je však důležité si uvědomit jejich kladné a stinné stránky.

Výhody:

- možnost účelového využití střech
- zmenšení celkové výšky objektu
- zastřešení členitého půdorysu objektu

Nevýhody:

- odborný návrh skladby ploché střechy (tepelně technický návrh)
- obtížné zjišťování poruch
- kontrola vnitřních vrstev nelze provést bez zásahu do jiných vrstev
- kvalitní provedení napojovacích prvků

1.1. *Druhy plochých střech*

V zásadě ploché střechy můžeme rozdělit dle základního konstrukčního řešení na:

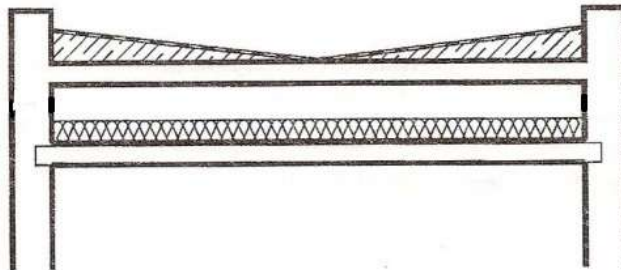
- jednoplášťové
- dvouplášťové

- několikaplášťové

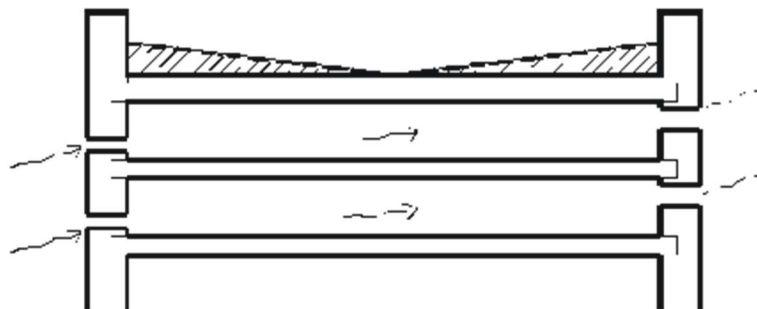
Jednotlivé typy střech jsou uvedeny na schématech: Obr. 1, Obr. 2, Obr. 3.



Obr. 1: Schéma jednoplášťové ploché střechy nevětrané
Zdroj: SOLAŘ, Jaroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita OSTRAVA. Pozemní stavitelství IV., str. 12



Obr. 2: Schéma dvouplášťové ploché střechy nevětrané
Zdroj: SOLAŘ, Jaroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita OSTRAVA. Pozemní stavitelství IV., str. 12



Obr. 3: Schéma několikaplášťové ploché střechy větrané
Zdroj: SOLAŘ, Jaroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita OSTRAVA. Pozemní stavitelství IV., str. 13

Z výše uvedených schémat je vidět, jakými částmi je střecha tvořena. Skládá se vždy z nosné části, dvou nebo více střešních plášťů oddělených vzduchovými vrstvami a doplňkovým prvkem či konstrukcí.

Jednoplášťovou střešou rozumíme takovou, která odděluje vnitřní prostředí objektu od vnějšího pomocí jednoho pláště. Ten může být odvětrávaný nebo neodvětrávaný. Odvětrávaný plášť obsahuje větrací kanálky, které jsou napojeny na vnější prostředí a slouží tak k odvodu vlhkosti ze skladby.

Dvouplášťové střechy, jak již název napovídá, odděluje vnější prostředí od vnitřního dvěma plášti (horní a dolní), mezi kterými je vzduchová mezera, jež může být opět odvětrávaná nebo neodvětrávaná. S ohledem na životní prostředí existuje i temperovaná dvouplášťová střecha. Její podstata tkví v ohřívání proudícího vzduchu ve vzduchové vrstvě střechy unikajícím teplem z objektu, který dále využíváme v energetickém systému budovy. Obdobný systém existuje také u solární střechy, kde je vzduch proudící ve vzduchové vrstvě ohříván pomocí globálního slunečního záření.

Několikplášťové střechy se skládají z více plášťů, které jsou mezi sebou odděleny vzduchovými vrstvami. Bližší specifikaci pak odvíjíme od jejich počtu a dalších charakteristik, jako například tříplášťová střecha s dvěma větranými vrstvami.

Dále ploché střechy dělíme dle jejich funkce na:

- nepochozí
- provozní

Nepochozí plochá střecha je taková, která umožňuje přístup na střechu pouze pro kontrolu stavu konstrukce, zařízení zde umístěných a pro nezbytnou údržbu.

Zatímco provozní střecha je určena pro účely dopravy, rekreace, sportu, umístění speciálního technického vybavení objektů a podobně. Pod tuto kategorii uvažujeme i střešní terasy a střechy se zelenou úpravou. Více o provozních střechách v kapitole 2.

1.2. Základní vrstvy střešního pláště

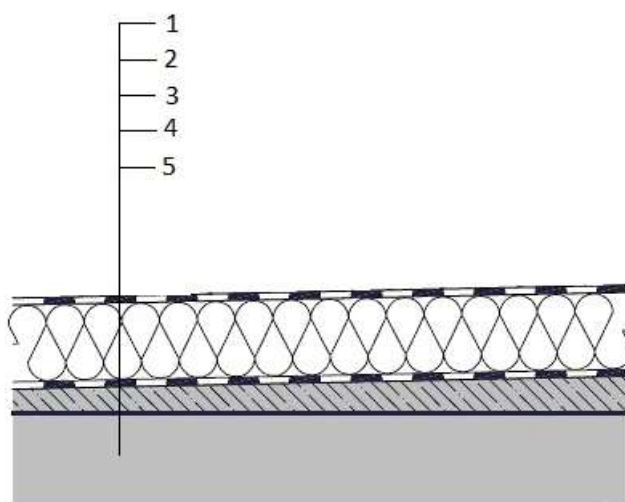
Střešní plášť plochých střech je soubor několika vrstev, které jsou rozebrány a popsány v podkapitolách níže 1.2.1 a 1.2.2. Skladbu můžeme

realizovat klasicky nebo jako střechu s opačným pořadím vrstev, což znamená, že hydroizolační vrstvu provádíme pod vrstvou tepelně izolační.

1.2.1. Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev

Základním typem jednoplášťových plochých střech jsou střechy s klasickým pořadím vrstev. Ty jsou zobrazeny na Obr. 4. Uvedenou skladbu, však neberme jako dogmu. Jde nám především o demonstraci vrstev, které doprovází zmiňovaný typ střechy.

Skladbu můžeme odlehčit vynecháním samotné spádové vrstvy, která je nejčastěji tvořena lehčeným betonem. V případě volby odlehčení konstrukce, ji můžeme vytvořit dvěma způsoby. Buď přímo z nosné konstrukce jejím vyspádováním, nebo z tepelné izolace, kde vytvoříme tzv. spádové klíny. Ve skladbě se můžeme setkat i s vrstvou separační, například při použití hydroizolační fólie z mPVC, která musí být oddělena od tepelné izolace z pěnového polystyrenu. Děje se tomu z důvodů chemické „migrace“ pružných částic z fólie.



Obr. 4: Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev

Zdroj: CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.68

(1) hydroizolační vrstva – jedná se o izolaci, která chrání vnitřní prostředí a skladbu střešního pláště před účinky atmosférických vlivů a taktéž před vodou provozní či technologickou, sorpční a difúzní vlhkostí

(2) tepelně izolační vrstva – zamezuje, aby ve vnitřním prostředí nedocházelo k tepelným ziskům, nebo naopak tepelným ztrátám

(3) parotěsná vrstva – je velice důležitou součástí skladby konstrukce. Omezuje či zamezuje pronikání vody z vnitřního prostředí do střešního pláště.

(4) spádová vrstva – vytváří sklon střešní roviny, který je třeba pro odvod vody. Tato vrstva by neměla nějak významně přitěžovat konstrukci, proto ji lze provést ve formě tepelně izolační pomocí spádových klínů.

(5) nosná konstrukce – je část střechy, která zajišťuje přenos veškerého zatížení do přilehlých nosných konstrukcí. Tedy zatížení od střešního pláště, popř. střešních pláštů, užitého zatížení, doplňkových konstrukcí, zatížení vlivem atmosférických srážek, sněhu a zatížení větrem. Nosnou konstrukci může tvořit i nosná konstrukce stropu posledního podlaží objektu.

1.2.2. Jednoplášťové ploché střechy s obráceným pořadím vrstev, DUO střechy

Definici obrácených střech nalezneme v normě ČSN 73 1901:199, jako střechy s hydroizolační vrstvou loženou pod vrstvou tepelně izolační. Při návrhu těchto typů střech je nutné ve skladbě použít tepelnou izolaci z extrudovaného polystyrenu. XPS vykazuje několikanásobně větší pevnost v tlaku oproti polystyrenu expandovanému a taktéž disponuje lepšími vlastnostmi z hlediska nenasákavosti. Desky při realizaci klademe volně na povlakovou hydroizolaci, a proto jej musíme dostatečně přitížit. Z tohoto důvodu skladbu využíváme především u zelených střech. Zvýšenou pozornost bychom měli věnovat i typu hydroizolace a pokud to skladba vyžaduje, oddělit vrstvy separační vrstvou. Pro názornost je skladba uvedena na Obr. 5.

Prvotně se nám obrácená skladba může zdát zvláštní, ale má mnoho výhod, např.:

- jednodušší skladba střešního pláště (bez parozábrany, volná pokládka XPS) ¹
- jednodušší pokládka jednotlivých vrstev střešního pláště ²
- izolace proti vodě je chráněna proti mechanickému poškození a není vystavena účinkům teplotních změn
- jednodušší oprava jednotlivých vrstev

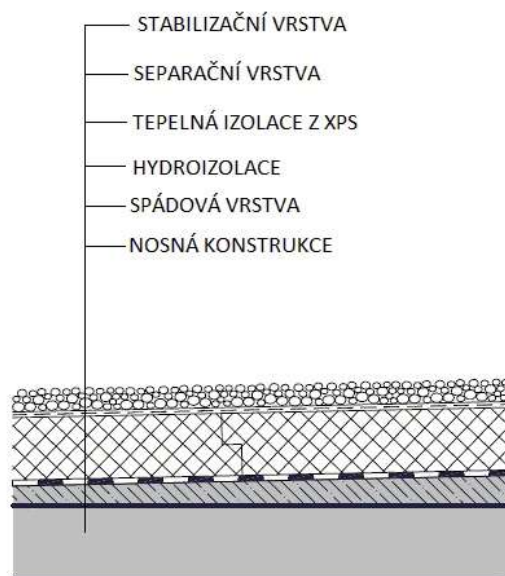
¹ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.90

² CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.90

- díky XPS je možné provést dlažbu na podložkách či užití střechy jako parkoviště

A jako každá skladba s sebou nese i určité nevýhody, kterými jsou:

- XPS klademe volně, skladba tak vyžaduje určité přitížení, které lze vyřešit např. kačírkem, dlažbou apod. Tím nám ovšem stoupá požadavek na větší únosnost nosné části střechy
- z tepelného hlediska, je nutné dát si pozor na proudící chladnou dešťovou vodu. Vliv proudící vody mohou významně omezit speciálně systémové difuzně otevřené separační fólie, které zajišťují separační a drenážní funkci nad deskami z XPS ³
- cenový dopad – XPS dražší než EPS
- obrácené střechy nelze realizovat na dřevěném bednění či trapézovém plechu ⁴, mohlo by docházet k degradaci materiálu



Obr. 5: Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev (obrácená střecha)
Zdroj: CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.68

stabilizační vrstva – její funkcí je zajistit dostatečné přitížení tepelné izolace, aby nedošlo k jejímu pohybu. Tato vrstva může být chápána taktéž jako provozní vrstva (vrstva při vnějším líci skladby) a její volba typu závisí na uvažovaném provozu.

³ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.91

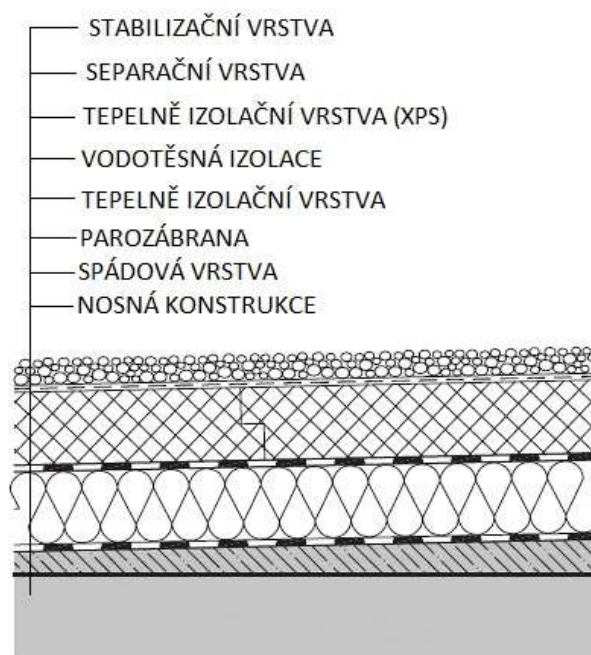
⁴ CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.91

separační vrstva – odděluje vrstvy z důvodů chemického, výrobního či mechanického tepelně izolační, hydroizolační, spádová a nosná vrstva viz. Obr. 4

DUO střecha je „hybrid“ klasické jednoplášťové střechy se střechou s opačným pořadím vrstev, kde na tepelnou vrstvu (např. z EPS) přidáváme další tepelnou vrstvu z XPS. Názornou skladbu tohoto typu střechy jsme uvedli na Obr. 6.

Realizace DUO střechy má několik důvodů:

- podchlazení dešťovou vodou protékající pod vrstvou tepelné izolace, kvůli které není zajištěn tepelně technický požadavek
- využití střechy – nedostatečně únosná tepelně izolační vrstva
- stávající skladba nevyhovuje normovým požadavkům tepelně technické normy ČSN 730540 a je nutné takovou skladbu doteplit



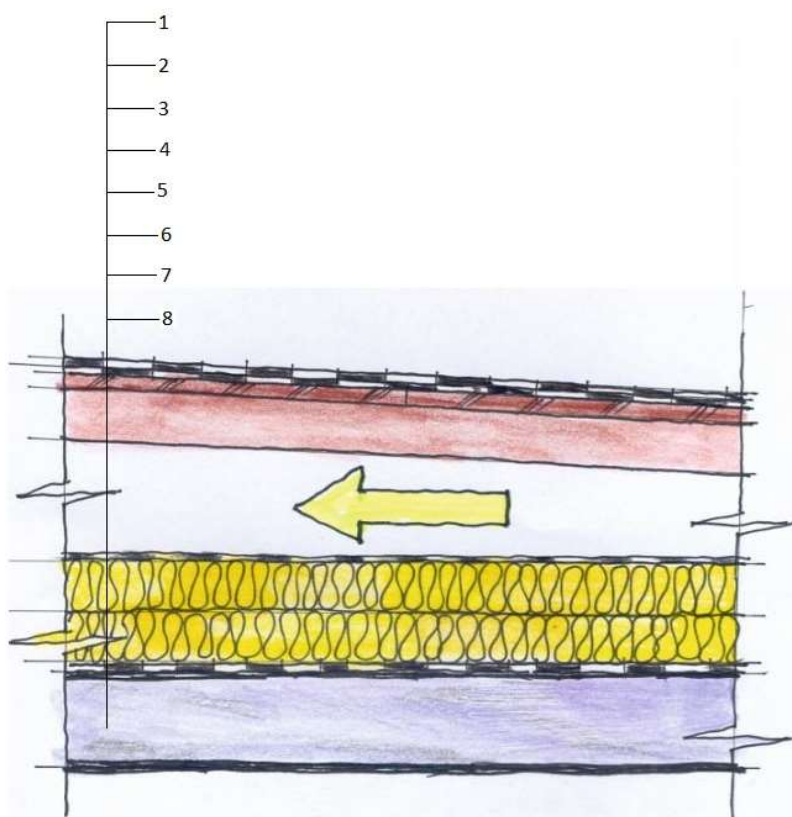
Obr. 6: DUO střecha

Zdroj: CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. *Ploché střechy: Praktický průvodce.*, str.70

Pozn.: Funkce jednotlivých vrstev již byly popsány na obrázcích uvedených výše.

1.2.3. Dvouplášťové ploché střechy

Jak jsme již zmínili v části 1.1, jedná se o skladbu, která je tvořena horním a dolním pláštěm, mezi nimiž je vytvořena vzduchová vrstva, která může být odvětrávaná nebo nevětraná. Z hlediska stavební fyziky jsou nevětrané střechy rizikové. Hrozí zde možnost kondenzace vlhkosti a následná degradace souvrství. V současnosti proto realizujeme dvouplášťové odvětrávané ploché střechy. Horní (vnější) plášť bývá ve sklonu a zajišťuje primární odvod vody ze střechy a zároveň skloněný spodní povrch horního pláště podporuje větrání vzduchové mezery. Dolní plášť pak zajišťuje tepelně technické požadavky. Jednu z možných variant jsme uvedli na Obr. 7.



Obr. 7: Schéma dvouplášťové větrané ploché střechy

Zdroj: Převzato a upraveno z *Střešní konstrukce – přehled, ploché střechy*. Dostupné z: http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2030

- (1) hydroizolační vrstva
- (2) expanzní vrstva - umožňuje vyrovnání rozdílů tlaků vodní páry
- (3) nosná vrstva - dřevěné bednění, keramické, pórobetonové, ŽB panely
nosná konstrukce horního pláště - zděná, dřevěná, ocelová konstrukce
- (4) vzduchová mezera - může být neprůlezná, průlezná, průchozí. Pokud uvažujeme mezeru průchozí, bavíme se o střechě s půdním prostorem.
- (5) ochranná vrstva - difúzně otevřená

(6) tepelně izolační vrstva

(7) parotěsná vrstva

(8) nosná konstrukce

dutina ve svislé obvodové konstrukci – umožňuje proudění vzduchu a z vnější strany musí být zakryta prvkem, zamezujícím vniknutí zvířat do skladby

1.3. Vodotěsné izolace

Střechu a její jednotlivé části navrhujeme tak, aby odolaly různým druhům skupenství vody. Nepropustnosti střechy pro vodu v kapalném stavu dosahujeme užitím nepropustných materiálů. V dnešní době jich nalezneme na trhu nepřeberné množství, a tak bývá obtížné, vybrat si vhodný systém právě pro danou střechu.

Jako hydroizolační vrstvu ve skladbě plochých střech využíváme především povlakových izolací:

- asfaltové pásy
- hydroizolační fólie

V ojedinělých případech můžeme použít i nátěrových, stěrkových nebo stříkaných izolací. Jako jejich velké plus můžeme brát vznik bezešvé, kompaktní izolace, avšak zkušenosti s nimi jsou rozporuplné. Do skladby plochých střech je neuvažujeme. Technické rozdíly asfaltových pásů a fólií jsou uvedeny v Tab. 1.

S vodotěsností střech souvisí i zajištění kvalitního odvodu vody z jejich povrchu. Proto skladby doplňujeme o odvodňovací systémy. Využíváme systému vtoků nebo mezistřešních či zaatikových úžlabí. Jejich množství a dimenzi provádíme výpočtem dle platných norem. Pravidlem však bývá návrh minimálně dvou vtoků. Tím zajistíme odvod vody i v případě poruchy jednoho z nich. Dále můžeme odvodňovací systém doplnit o bezpečnostní přepady umístěné v atikách střech a zvýšit spolehlivost systému. V případě naakumulované vody dochází k jejímu odvodu pomocí chrličů.

Tab. 1: Základní porovnání technologií asfaltových pásů a fólií

Vlastnosti	Asfaltové hydroizolační pásy	Hydroizolační fólie
Pokládka	- v jedné vrstvě - dvouvrstvá	- pouze v jedné vrstvě
Způsob pokládky	- natavením - volná pokládka s kotvením - dtto se stabilizační vrstvou - samolepící za studena - nalepení lepidlem	- volná pokládka s kotvením - dtto se stabilizační vrstvou - samolepící fólie - nalepením
Tloušťka hydroizolace	- jednovrstvá tl. cca 5 mm - dvouvrstvá tl. min. 7,2 mm	tl. 1,2 mm a více
Plošná hmotnost	- jednovrstvá cca 6 kg/m ² - dvouvrstvá 9 až 12 kg/m ²	1,5 až 3 kg/m ²
Faktor difuzního odporu	$\mu = 15\ 000$ až $60\ 000$	$\mu = 12\ 000$ až $260\ 000$
Ekvivalentní difuzní tloušťka	$s_d =$ cca 130 až 510 m	$s_d =$ cca 15 až 390 m

Zdroj: CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. *Ploché střechy: Praktický průvodce.*, str.12

1.3.1. Asfaltové pásy

Pojem asfalt, lépe řečeno přírodní asfalt, má dlouhou historii. Jeho název se odvíjel od místa, kde se těžil. V okolí Mrtvého moře jsme ho nazývali „bitumen“, v Albánii zase „asfalt“. V České republice se můžeme někdy setkat s pojmem bitumen, avšak norma tento pojem nezná. Předchůdcem dnešních asfaltových pásů byly nátěry z dehtů a smoly, které se nanášely pouhým nátěrem na konstrukci a do něhož jsme posléze, přímo na stavbě, začaly vkládat lepenky. Od 20. století jsme dehty začaly nahrazovat ropnými oxidovanými asfalty. Na přelomu 40. a 50. let pak vznikla nynější podoba těžkých asfaltových pásů.

V současné době jich máme k dispozici nepřeberné množství. Vzájemně se liší tloušťkou, typem použitého asfaltu, typem nosné vložky a povrchovou úpravou. S těmito rozdíly dále souvisí odlišné vlastnosti jednotlivých pásů, včetně jejich užití. Základní vrstvy jsou následující:

- event. horní povrchová úprava (keramický granulát, drcená břidlice, samolepící úprava asfaltu + separační fólie)

- horní krycí asfaltová vrstva
- nosná vložka
- spodní krycí asfaltová vrstva
- event. povrchová úprava spodního povrchu ⁵

Dle tloušťky a provedení pásy dělíme na tyto typy:

- pásy typu A
- pásy typu R
- pásy typu S ⁶

Asfaltové pásy typu A mají nosnou vložku ze speciální papírové lepenky nebo skleněné rohože, která je impregnovaná primárním asfaltem. Tento typ pásu nemá žádnou krycí asfaltovou vrstvu a jeho tloušťka nepřesáhne 1 mm. Pásy typu A jsou nevhodné pro užití ve skladbě plochých střech, jako hydroizolační vrstvy hlavní nebo pojistné. Využíváme je především jako podkladní, vyrovnávací, separační nebo ochranné vrstvy.

Asfaltové pásy typu R jsou opatřeny výztužnou vložkou, která je oboustranně opatřená tenkou asfaltovou krycí vrstvou tloušťky do 1 mm. Celková tloušťka pásu není větší než 2,5 mm. Ani typ R není vhodný jako hlavní nebo pojistná hydroizolační vrstva. U plochých střech je využíváme pro vytvoření expanzní vrstvy. Ta slouží k vyrovnání rozdílu tlaků vodní páry mezi místem střešního pláště a vnějším prostředím. Někteří výrobci však tento typ pásů využívají do dvouvrstvých systémů.

Asfaltové pásy typu S obsahují obě krycí asfaltové vrstvy, které jsou v tloušťce minimálně 1 mm a celková tloušťka pásu se pak pohybuje v rozmezí 3,7 – 5 mm.

Z hlediska funkčnosti definujeme asfaltové pásy dle druhu použitého asfaltu a výztužné vložky. V Tab. 2 si povšimněme, jaký vliv má typ použitého asfaltu na ohebnost pásů a taktéž na teplotu tavného bodu. Dále jsou v tabulce

⁵ Převzato a upraveno: HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. Konstrukce pozemních staveb 40: zastřešení., str. 42

⁶ Převzato a upraveno: HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. Konstrukce pozemních staveb 40: zastřešení., str. 42

uvedeny hodnoty, kdy materiál ještě nedosáhl bodu měknutí dle zkušební „KK“ (kulička, kroužek) metody.

Pro pochopení užití terminologie si uvedeme význam pojmů oxidovaný, modifikovaný APP a SBS pás. Asfalt vzniká rafinací ropy, která se skládá z dvoufázové destilace. První fáze je atmosférická destilace a druhá vakuová, jejímž výsledkem je primární asfalt. Ten dále upravujeme oxidací a vzniká tzv. oxidovaný asfalt. Jako další možnost úpravy využíváme extrakci vakuového zbytku jejímž výsledkem je asfalt extrahovaný. Pokud do směsi těchto dvou asfaltů přidáme modifikátory (určité přísady) vzniká tak asfalt modifikovaný neboli asfalt se zlepšenými užitnými vlastnostmi. Zkratka APP znamená, že do takovéto směsi byl přidán kaučuk – ataktický/amorfní polypropylén. Díky této přísadě pás odolává účinkům UV záření. Zkratka SBS znamená, že do směsi byl přidán syntetický termoplastický kaučuk neboli *styrén – butadien – styrén*. Obecně se však nedoporučuje kombinovat asfaltové pásy APP a SBS, z důvodů rozdílných vlastností a následných vzniků závad.

Nevýhodou oxidovaných asfaltů bývá nedostatečná odolnost vůči UV záření a mají relativně nízký bod měknutí. Z tohoto důvodu je možné stečení ze svislých ploch. V návaznosti na tyto skutečnosti, také můžeme říci, že mají nízkou životnost. Naopak modifikované asfaltové pásy mají delší životnost, lepší pružnost a zpracovatelnost.

Dále můžeme pásy dělit dle již zmiňované použité vložky ve skladbě samotného pásu. A to na pásy se:

- skelnou tkaninou
- skelným rounem
- PES (polyesterové) rounem
- PES tkaninou (málo obvyklé).⁷

Vložky jsou velice důležitá součást pásů, jelikož ovlivňují jejich paropropustnost, prostorovou stabilitu – jak při výrobě, tak při pokládce, tavnou teplotu, popř. možnost mechanického kotvení, protipožární vlastnost a odolnost proti prorůstání kořínků. Nosnou vložku odlišujeme podle jejího

⁷ Převzato: FAJKOŠ, Antonín. Historie a současnost hydroizolačních materiálů [online]

materiálu a plošné hmotnosti. Její materiál také ovlivňuje vlastnosti jakožto nasákavost, pevnost a tažnost. Umisťujeme ji do střední třetiny tloušťky pásu. V dnešní době jsme schopni vytvořit i spřažené vložky, které se k sobě připevňují pomocí lepidel. Tento druh vložek následně tvoří kombinaci výhod jednotlivých typů vložek.

Vložky můžeme taktéž rozdělit do dvou skupin:

- nasákavé
- nenasákavé

Do nasákavé skupiny řadíme materiály:

- jutová tkanina, plst'
- sulfátové papíry

Do nenasákavé skupiny řadíme materiály:

- rohože a tkaniny ze skleněných vláken
- polyesterové rohože, tkaniny
- kovové a plastové fólie
- kombinace ⁸

Tab. 2: Ohebnost pásů ovlivněná druhem použitého asfaltu

Druh asfaltu	Ohebnost za studena [°C] (nevznikají trhliny)	Bod měknutí [°C]
oxidovaný	0 až +5	85 až 90
modifikovaný APP	-5 až -15	135 až 150
modifikovaný SBS	-15 až -35	110 až 125

Zdroj: FAJKOŠ, Antonín. *Historie a současnost hydroizolačních materiálů* [online]

⁸ Převzato a upraveno: SOLAŘ, Jaroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita OSTRAVA. Pozemní stavitelství IV., str. 30

1.3.2. Fóliové izolace

Fóliové izolace jsou pro nás jedním z mladších materiálů. Jejich počátek souvisí především s rozvojem aplikované organické chemie v počátku minulého století.

Členění hydroizolačních fólií určených do skladeb střech, je uvedeno v normě ČSN EN 13956 Hydroizolační pásy a fólie – Plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolace střech – Definice a charakteristiky.⁹ Tato norma dělí fólie do tří skupin:

- termoplasty
- elastomery (kaučuky)
- termoplastické elastomery¹⁰

V České republice nejvíce užíváme typy fólií na bázi plastů (termoplastů). Spadají sem typy PVC – P, EVAC a PP nebo PE. Jejich značení vychází z druhu použitého změkčovadla. Tyto typy fólií reagují na změny teploty. Při nižších hodnotách ztrácejí ohebnost, a naopak při vzrůstajících teplotách měknou. Toho využíváme pro spojování jednotlivých pásů k sobě, kdy pomocí horkého vzduchu aktivujeme povrch. Další vlastností je jejich pružnost. Pozor si musíme dát, v případě, kdy fólie natahujeme. Nemusí se posléze vrátit do své původní délky. Jako velkou přednost oproti asfaltovým pásům je možnost jejich recyklace.

Elastomerní fólie jsou vyráběny na bázi syntetických kaučuků. Jejich charakteristickou vlastností je elastičnost neboli při protažení se vrátí do původního stavu. Z tohoto důvodu není možné jejich spojování horkým vzduchem. Vzájemně je tedy spojujeme pomocí lepidel nebo lepících pásek. Avšak naproti zmiňovaným nevýhodám fólií na bázi plastů je můžeme kombinovat s asfaltem.

Termoplastické elastomery tvoří v poměru k předchozím skupinám malou část používaných typů fólií. Jsou kombinací elastomerních a termoplastických fólií, které umožňují svařování horkým vzduchem.

⁹ VYKYDAL, Libor. Hydroizolační fólie pro ploché střechy.

¹⁰ Převzato: FAJKOŠ, Antonín. Historie a současnost hydroizolačních materiálů [online]

Hydroizolační fólie můžeme taktéž rozdělit dle jejich konstrukce na:

- vyztužené
- s vložkou
- nevyztužené
- speciální ¹¹

U vyztužených fólií ukládáme výztuž buď z vnitřní nebo vnější strany. Při vnitřním vyztužení se fólie skládá ze tří vrstev: horní dílčí fólie, výztužná část (polyesterová vlákna) a dolní dílčí fólie. Horní část odolává UV záření, dolní část tedy není natolik namáhána a může být klidně vytvořena z recyklovaných surovin. Z této skutečnosti vyplývá, že není možné klást pásy, jak nás zrovna napadne, ale musíme dodržet určitá pravidla. Pro zamezení vzniku chyb jsou strany fólie barevně odlišeny. Fólie s vnějším vyztužením vznikají tzv. kašírováním (trvalé spojení stejných nebo odlišných materiálů, jejímž cílem je vytvořit na povrchu ochrannou nebo dekorativní vrstvu a tím tak zlepšit užité vlastnosti). Jedná se o vrstvu z polyesterového rouna nebo skelné rohože na spodní straně fólie.

Fólie s vložkou jsou obdobnou verzí fólií vyztužených. Jejich rozdíl spočívá v náhradě výztužného materiálu z polyesterových vláken za skleněné rouno.

Pod pojem speciální fólie řadíme takové, které jsou opatřeny horní protiskluzovou úpravou. Využívají se u nepochozích střech, kdy potřebujeme provést údržbu technologií umístěných na střechách a chceme zajistit bezpečnost obsluhy. Do této skupiny spadají taktéž fólie s fotoelektrickými články.

1.3.3. Technologie provádění izolací

Oba systémy izolací mají podobný způsob aplikace. Asfaltové pásy můžeme zakomponovat do skladby několika způsoby:

- natavením

¹¹ Převzato: SOLAŘ, Jaroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita OSTRAVA. Pozemní stavitelství IV., str. 30

- volnou pokládkou
 - s kotvením
 - se stabilizační vrstvou
- pás je opatřen samolepící vrstvou
- lepením ¹²

Jako u každé jiné technologie i zde jsme limitováni teplotními podmínkami, které jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Teploty při realizaci asfaltových hydroizolací

	Teplota při pokládce min	Teplota při pokládce max
oxidované	+10 °C	+50 °C
SBS natavitelné	+5 °C	+50 °C
SBS samolepící	+10 °C	+50 °C

Zdroj: přednáška KÁNĚ L., Přehled HI konstrukcí, DEK a.s. – Ateliér DEK, 2015

Fóliové izolace provádíme obdobným způsobem:

- volnou pokládkou
 - s kotvením
 - se stabilizační vrstvou
- lepením
- fólie je opatřena samolepící vrstvou ¹³

V jejich aplikaci jsme taktéž limitováni teplotními podmínkami, avšak nejsou natolik striktní jako u asfaltových izolací. Fóliové izolace na bázi termoplastů můžeme pokládat při teplotách -5 °C, elastomerní s volnou pokládkou dokonce do -10 °C. Vždy je ovšem důležité řídit se technologií jejich spojování a interními předpisy výrobce.

¹² Tab. 1

¹³ Tab. 1

2. Detailní popis vybraných skladeb

2.1. *Provozní ploché střechy*

Pod tímto pojmem vedeme veškeré střešní pláště umožňující určitý provoz. V zásadě ho můžeme definovat do dvou typů:

- s pěším provozem
 - veřejným
 - soukromým
- s dopravním provozem
 - veřejným
 - soukromým

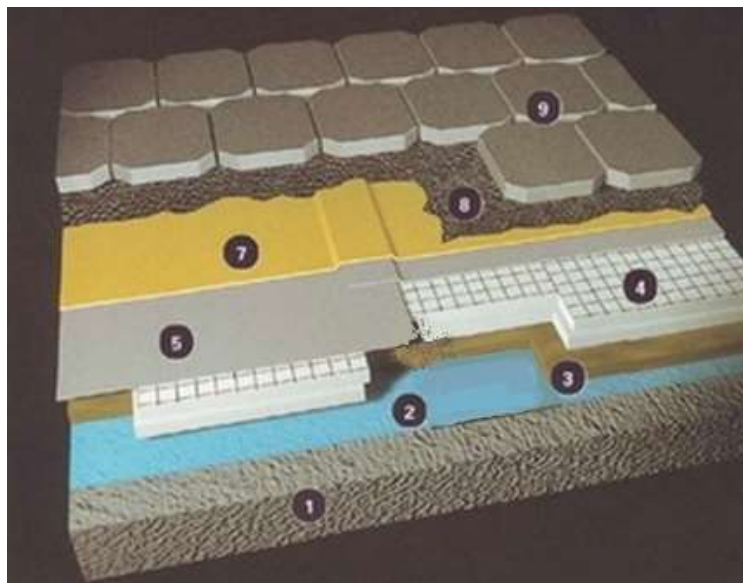
V případě veřejného dopravního provozu lze střechu využívat například jako parkoviště. V případě pěšího provozu jako sportovní hřiště, zahradu apod. V případě soukromého dopravního provozu lze střechu využít jako plošinu pro heliport a pěší provoz je obdobný jako u veřejného sektoru.

S typem provozu je třeba si dát velký pozor na užitná zatížení a tomu uzpůsobit nosnou konstrukci. Jiná zatížení bude vyvozovat střecha pojížděná automobily oproti střeše, která bude využívána jako terasa. Návrh jednotlivých skladeb střech vychází z požadavků vnitřního a vnějšího prostředí a provozu. Jedná se tedy o velice individuální proces.

V rámci této práce si v následujících podkapitolách rozebereme dva typy plochých střech – ploché střechy s pěším provozem a zelenou extenzivní střechu.

2.1.1. *Plochá střecha s pěším provozem*

Naše vybraná skladba vychází z jednoplášťové ploché střechy s klasickým pořadím vrstev, která je doplněna o vrstvu potřebnou k uložení betonové dlažby. Střecha je využívána jako soukromá terasa s pěším provozem. Její skladba je uvedena na Obr. 8, včetně materiálové specifikace.



Obr. 8: Skladba provozní ploché střechy s pěším provozem
Zdroj: studijní podklady SPŠ stavební arch. Jana Letzela, Náchod

- (1) nosná konstrukce – ŽB stropní deska opatřená penetračním nátěrem (asfaltový nátěr Dekprimer)
- (2) parotěsná vrstva – asfaltový pás (modifikovaný) Elastek 40 special mineral s vložkou z polyesterové rohože
- (3) podložka zamezující šíření kročejového hluku – Rigifloor 4000
- (4) tepelně izolační vrstva – polystyren EPS 100 + separační vrstva - Filtek 300 g/m²
- (5) hydroizolační fóliová vrstva – hydroizolační fólie PVC-P Alkorplan 35177 vhodná k přitížení
- (7) separační vrstva – geotextílie Filtek 500 g/m²
- (8) štěrkové lože – podsyp frakce 4-8
- (9) provozní plocha – betonová dlažba

U této skladby nepředpokládáme dynamická zatížení nebo jiná zatížení významně ovlivňující nosnou konstrukci. Jako parotěsnou vrstvu jsme využili modifikovaný asfaltový pás, který je opatřen ze spodní strany separační PE fólií. Tento typ pásu se aplikuje natavením. Z hlediska technologie provádění je natavování pásů náročnější metodou oproti metodě samolepících pásů. Jednou z nevýhod je i manipulace s otevřeným ohněm. Proto musíme dbát na dodržování BOZP.

Další vrstvou je podložka zamezující šíření kročejového hluku. Ve skladbě může a nemusí být obsažena. Do této skladby jsme ji použili z důvodů požadavků investora na zajištění akustické pohody v interiéru.

Tepelně izolační vrstvu tvoří polystyren EPS, který je ložen na sraz ve dvou vrstvách, je stabilizován lepením a zároveň jeho druhá vrstva tvoří spád pro odvod vody. Obě vrstvy izolantu jsou ze stejného materiálu, kde spodní vrstva je z konstantní tloušťky a vrchní část z klínů. Při kladení vrstev je důležité dodržet překrytí spár. Díky tomu eliminujeme tepelné úniky. Využití polystyrenu současně také jako spádové vrstvy má své výhody, jako např.: snížení hmotnosti skladby, suchý proces, rychlost realizace, zlepšení tepelně technických parametrů skladby. Značnou nevýhodou u tepelných klínů je omezení v rámci výrobních limitů dílců a pro větší plochy se můžeme dostat na nesmyslnou tloušťku klínů. V takovém případě je vhodnější volit spádovou vrstvu pomocí lehčených betonů apod.

V souladu s materiálovou specifikací musíme použít separační vrstvu, která zamezuje přímému styku polystyrenu s fólií. Tím zamezíme migraci složek z fólie a později tak nedochází k její degradaci. Hydroizolační vrstvu tvoří PVC-P fólie položená v jedné vrstvě a je vhodná pro přitížení. V našem případě přitěžujeme šterkem a betonovou dlažbou. Pásky jsou mezi sebou svařovány horkovzdušnou pistolí. V případě větších ploch, lze využít svařecí automat. Mezi výhody fólie patří chemická odolnost, menší plošná hmotnost, systémové dílce (vtoky, ukončovacími prvky, ...), vynikající svařitelnost, tvárnost, nízký difúzní odpor a nevyžaduje údržbové práce typické pro pásy z oxidovaného asfaltu. Nevýhodou fólie je její malá odolnost vůči mechanickému poškození a propálení. Provádíme ji v jedné vrstvě, kde její tloušťka nepřesáhne 1,5 mm, a proto je náchylnější k protržení v porovnání a asfaltovými pásy, kde dosahujeme tloušťek 7,5 mm díky dvouvrstvému systému. Taktéž je třeba, aby pokládka byla prováděna výhradně proškolenými odborníky. Systém fólie je velice náchylný na kvalitu provedení samotné pokládky, a především provedení detailů.

Abychom neporušili hydroizolační vrstvu ostrými hranami kačírku, umísťujeme do skladby další separační vrstvu tvořenou geotextílií, která odolává plísním, bakteriím a běžným chemikáliím. Je nutné, aby geotextílie disponovala těmito vlastnostmi, protože při deštích dochází k splavování veškerých nečistot, a právě geotextílie je tím nejvíce zatížena.

Také je vhodné zde zmínit celkové výhody a nevýhody dané skladby. Z hlediska technologie je výhodné kladení dlažby do štěrkového lože tím, že do skladby nevnášíme mokrý proces, lze ji provést i za nižších teplot, nejsou nutné dilatace a snadno dosáhneme vodorovnosti dlažby. Jedná se o skladbu, která je poměrně jednoduchá a finančně nenáročná. Naproti tomu nevýhodou je možnost nepravidelného sedání štěrku, jehož možnému vymývání a propadání dlažby. Také může dojít ke snadnému uchycení semínek rostlin ve spárách dlažby a tím tak k růstu vegetace. A v neposlední řadě, nelze využít keramickou dlažbu.

2.2. Zelené střešní pláště

Zelené střechy se v současné době stávají fenoménem městských zástaveb. Můžeme to usuzovat z rostoucího zájmu o LEED certifikáty, kde je vyžadován určitý udržitelný rozvoj staveb. Zelené střechy taktéž dotváří pocit spojení s přírodou, avšak z hlediska technologie provedení, je řadíme do varianty realizačně náročnějších plochých střech.

Zelené střechy můžeme rozdělit do dvou typů:

- extenzivní
- intenzivní

Mezi extenzivní zelené střechy řadíme takové, kde tloušťka substrátu, který je vhodný pro pěstování rostlin, nepřekročí tloušťku 300 mm. Obvykle se pohybuje v rozmezí od 60 do 150 mm, dle zvolené technologie a druhu rostlin. Takováto mocnost substrátu umožňuje sadbu pouze nenáročných travin a mechů. Rostliny musí snést extrémní podmínky na střeše, především v letním období, kdy jsou zavlažovány pouze deštěm. Tento typ střech využíváme především z estetického hlediska a z důvodů ekologického, kdy nám jsou náhradou za zastavěnou plochu. Plošná hmotnost vegetačního souvrství se pohybuje od 90 do 200 kg/m².

Přechodnou střechou mezi extenzivní a intenzivní střechou můžeme považovat střechu jednoduchou s intenzivní zelení. Zde se výška substrátu pohybuje od 150 až 300 mm. Má blíže ke střeše intenzivní, jelikož zde můžeme použít předem specifikovaných dřevin. Skladba je doplněna o zavlažovací systém. Plošná hmotnost vegetačního souvrství se pohybuje v rozmezí od 200 do 400 kg/m².

Naproti tomu u intenzivních zelených střech navrhujeme vrstvu substrátu minimálně 300 mm. Ve větších mocnostech pak můžeme vysadit nejen traviny, ale i stromy a keře. U intenzivní zelené střechy je třeba dostatečně pevná hydroizolace, abychom zamezili možnému prorůstání kořenů dřevin. Plošná hmotnost vegetačního souvrství se pohybuje od 400 kg/m² a více. Do vegetačního souvrství se započítávají vrstvy:

- vlastní střešní zeleň

- střešní substrát
- filtrační vrstva
- hydroakumulační vrstva
- drenážní vrstva
- ochranná vrstva. ¹⁴

Od vodotěsné izolace po nosnou konstrukci se posléze bavíme o souvrství střešního pláště.

Zelené střechy mají své určité výhody a nevýhody:

Výhody:

- snižování množství CO₂ v ovzduší, a naopak produkce kyslíku
- filtrují škodliviny ve vzduchu
- zabraňují přehřívání střech
- zadržují srážkovou vodu a tím „odlehčují“ kanalizaci
- vytvářejí životní prostor pro hmyz
- chrání střešní konstrukci před výkyvy teplot oproti jednoplášťové střeše s klasickým pořadím vrstev
- za určitých podmínek je lze využít i pro zahrádkářskou činnost

Nevýhody:

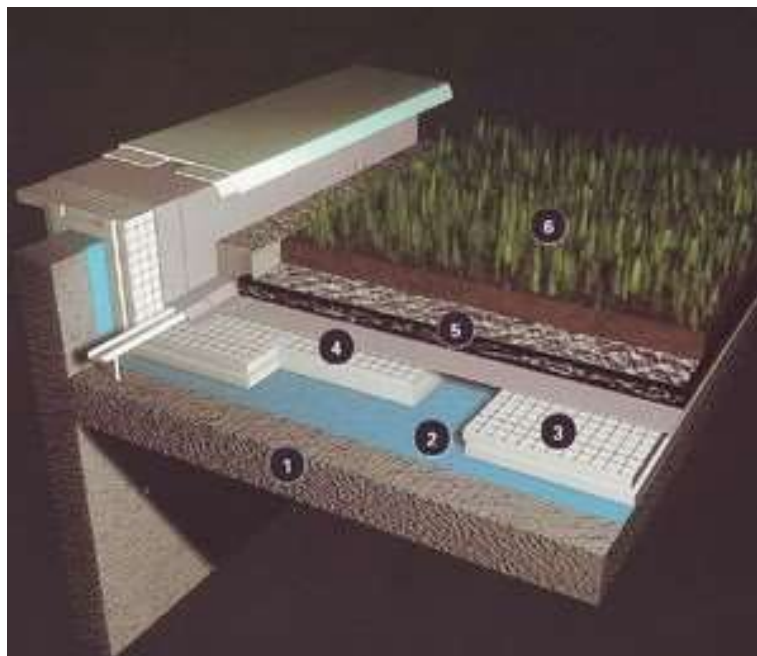
- konstrukční náročnost – dbát na kvalitu provedení hydroizolační vrstvy
- nutnost navýšení statické únosnosti nosné konstrukce střechy
- náročná sanace hydroizolační vrstvy – těžká přístupnost
- údržba

2.2.1. Plochá extenzivní střecha

Zelené střechy vyžadují větší pozornost při návrhu hydroizolační vrstvy. Nejenže navržená izolace musí střechu chránit proti tlakové vodě, ale musí odolávat i prorůstání kořínků. Při návrhu musíme vzít v potaz taktéž možnost uchycení náletové zeleně. S tím ovšem úzce souvisí údržba střechy. V této

¹⁴ Převzato z CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: Praktický průvodce., str.224

kapitole se budeme věnovat jednotlivým vrstvám extenzivní zelené střechy, které jsou uvedeny na Obr. 9 včetně materiálové specifikace.



Obr. 9: Skladba ploché extenzivní střechy

Zdroj: studijní podklady SPŠ stavební arch. Jana Letzela, Náchod

- (1) nosná konstrukce – ŽB stropní deska opatřená asfaltovou penetrační emulzí
- (2) parotěsná vrstva – asfaltový pás s hliníkovou vložkou Glastek Al 40 Mineral
- (3) tepelně izolační vrstva – polystyren EPS 200S
- (4) hydroizolační vrstva -
 - samolepící asfaltový pás Glastek 30 Sticker plus
 - asfaltový pás Glastek 40 Special Mineral
 - asfaltový pás Elastek 50 Garden
 - separační vrstva – ochranná geotextílie Filtek 300 g/m²
- (5) drenážní vrstva - nopová fólie Dekdren T20 Garden
 - filtrační geotextílie Filtek 200 g/m²
- (6) substrát se zelení

V případě uvedené skladby můžeme předpokládat hmotnost 60-300 kg/m². Proto musíme zajistit dostatečnou únosnost nosné konstrukce. Také nesmíme zapomenout, že substrát nebude ložen až k okraji atiky, ale po obvodě bude proveden pás kameniva v šířce minimálně 30 cm. Stejně tak, jako bylo uvedeno v předchozí skladbě, i zde je využito parotěsné vrstvy ve formě asfaltových pásů, které jsou natavovány.

Tepelně izolační vrstva je navržena ze stabilizovaného polystyrenu, který je ložen ve dvou vrstvách, k podkladu a mezi sebou stabilizován pomocí kotevního systému. Obě vrstvy izolantu jsou ze stejného materiálu. Spodní vrstva je z konstantní tloušťky a vrchní část z klínů, které nám zajišťují potřebný spád pro odvod vody. Opět musíme dodržet překrytí spár. Tuto vrstvu bychom mohli navrhnout i jako kombinaci dvou typů izolantů. Tím bychom docílili lepších tepelně izolačních vlastností a také bychom snížili stlačitelnost vrstvy. Čím menší stlačitelnost izolant vykazuje, tím menší je pravděpodobnost tvorby trhlin v hydroizolaci s tím související. Tvrdší izolant bychom pak kladli blíže provozní vrstvě. Výhody a nevýhody izolační vrstvy jsou stejné, jako jsme uváděli v kapitole 2.1.1 plus zde přibyla nevýhoda vyšších nákladů spojených s kotevním systémem. Je třeba, aby kotva prošla přes obě vrstvy, která má díky spádu rozdílné výšky. Z toho vyplývá potřeba užití několika typů kotvicího systému.

Hydroizolační vrstva je tvořena třívrstevným systémem asfaltových pásů. První pás hydroizolační vrstvy připevňujeme na polystyren pomocí samolepícího pásu. Výhodou lepících pásů je rychlost a absence práce s otevřeným ohněm. Druhá vrstva pásu je již natavována a taktéž poslední vrstva. Z pohledu nezasvěceného člověka se počet pásů může zdát nadbytečný. Výhodou tohoto návrhu je vysoký stupeň zajištění vodotěsnosti a odolnosti vůči mechanickému poškození, především pak prorůstání kořenů. Dále je třeba si uvědomit nutnost dodržení návodů od výrobce. V tomto případě výrobce doporučuje použít vrchní pás ve třívrstevném systému. Dalším důležitým prvkem je odolnost vůči vlivu hnilobného procesu. Samotné nevýhody asfaltových pásů je jejich náročnost provedení detailů, práce s otevřeným ohněm, omezení pokládky klimatickými vlivy a horší paropropustnost. Oproti tomu výhody jsou: snášenlivost s polystyrenem, dobrá opravitelnost i po několika letech, dají se natavit na oplechování a také snadná kontrola spoje díky asfaltovému návalku.

S položením hydroizolace jsme uzavřely část souvrství střešního pláště. Vrstvy výše spadají do vegetačního souvrství, které má kromě funkce zajištění růstu rostlin i výhodu a tou je prodloužení životnosti střešní izolace. Souvrství začíná ochrannou geotextílií, na kterou položíme nopovou fólii. Ta

zde vytváří drenážní vrstvu, která slouží k odvedení přebytečné vody ke střešním vtokům. Zároveň může sloužit k akumulaci vody, zajištění prostoru pro růst kořenů a samozřejmě přispívá k ochraně vrstev, které leží pod ní. Na nopové fólii je umístěna geotextilie. Ta vytváří filtrační vrstvu, která zamezuje vyplavování jemných částic ze substrátu a tím tak zamezuje zanášení drenážní vrstvy, omezování kapacity odvodňovacích prvků a úbytku sypkých vrstev.

I zde uvedeme celkové výhody a nevýhody této skladby. Již jsme v této práci zmiňovali největší výhodu zelených střech, kterou je doplnění ubývajících ploch zeleně a není tomu jinak i v případě této skladby. Také nesmíme opomenout estetickou stránku, dále slouží jako doplňková tepelná a zvuková izolace a tím tak redukuje náklady na topení či chlazení, zadržuje srážkovou vodu a tím opět přispívá ke snížení výdajů za odvod vody, zvyšuje požární bezpečnost objektu. Ale i s takovým množstvím výhod skladba nese i nevýhody: vyšší náklady na realizaci a větší zatížení nosné konstrukce.

3. Multikriteriální analýza

Abychom si určili, vhodnou skladbu, především volbu hydroizolační vrstvy u provozní střechy, využijeme multikriteriální analýzy. Jedná se o metodu, která se používá při rozhodování mezi několika alternativami a má vždy jeden jasný výstup. Metoda pracuje s několika pojmy - alternativa, kritérium a váha. Pojem alternativa v našem případě představuje variaci skladeb vybraného typu střešního pláště. Kritérium je pro nás vlastnost, na jehož základě se daná alternativa hodnotí a následně probíhá výběr. Každému kritériu je přiřazena váha, která vyjadřuje důležitost jednotlivých kritérií vzhledem k ostatním.

Pro nás jsou nejzávažnější body hodnocení:

- cena
- životnost
- technologie provádění
- doba realizace
- opravitelnost
- spolehlivost
- možnost mechanického poškození

K analýze využijeme kritériální matici, která je uvedena v Tab. 4, kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria.¹⁵ Dále si určíme váhy kritérií pomocí kvantitativního párového srovnání kritérií neboli Saatyho metody. Při této metodě použijeme pro hodnocení kritérií devítibodovou stupnici relativních důležitostí i s mezistupni. Každou dvojici kritérií v S matici porovnáme mezi sebou a přiřadíme k nim preference i -tého a j -tého kritéria. Pakliže i -té a j -té kritérium jsou si rovna, je $s_{ij}=1$. Hodnoty preferencí i -tého kritéria před j -tým kritériem jsou uvedeny v Tab. 5. Pokud preferujeme j -té kritérium před i -tým, zapisujeme do matice převrácené hodnoty, tzn. $s_{ij}=1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij}=1/5$ při silné preferenci.

¹⁵ Převzato a upraveno: ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko-matematické metody, str.151

Váhy můžeme početně odhadnout více způsoby. My použijeme metodu logaritmických nejmenších čtverců. Nejprve vypočteme hodnoty b_i jako geometrický průměr řádků S matice:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Následně vypočteme váhy normalizací hodnot b_i :

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Multikriteriální analýza je jediná metoda, která ve své podstatě zahrnuje veškeré vlastnosti daného výrobku, materiálu nebo konstrukce a tím tak můžeme dosáhnout kvalitního a spolehlivého výběru.

Na několika určitých skladbách, viz. kapitola 3.1, si uvedeme, jak by měl vypadat optimální návrh skladby potažmo hydroizolace. Jednotlivé příklady se liší v technologii položení dlažby, typu povlakové izolace a tepelné izolace.

Tab. 4: Kriteriační matice

Varianty (V)	Kritéria (K)			
	K ₁	K ₂	K _{..}	K _n
V ₁	y ₁₁	y ₁₂	y _{1..}	y _{1n}
V ₂	y ₂₁	y ₂₂	y _{2..}	y _{2n}
V _{..}	y _{..1}	y _{..2}	y _{...}	y _{..n}
V _n	y _{n1}	y _{n2}	y _{n..}	y _{nn}

Zdroj: Převzato a upraveno z ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*, str.151

Tab. 5: Saatyho stupnice relativních důležitostí

Intenzita relativních důležitostí	Definice důležitosti
1	rovnocenná kritéria i a j
3	slabě preferované kritérium i před j
5	silně preferované kritérium i před j
7	velmi silně preferované kritérium i před j
9	absolutně preferované kritérium i před j
2, 4, 6, 8	mezistupně

Zdroj: ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*, str. 160

3.1. Optimální návrh skladby pomocí multikriteriální analýzy

Jak budeme skladby hodnotit, jsme si již vysvětlili v předchozí kapitole. Nejprve si popíšeme kritéria a následně si uvedeme skladby. Jedná se o variace možností provedení střechy z kapitoly 2.1.1.

A. Cena

V dnešní době je cena velice důležitým faktorem při volbě materiálů nebo systémů, potažmo vůbec samotného získání zakázky. Investor se vždy snaží dosáhnout co nejnižší ceny, a to kolikrát na úkor kvality. V případě hydroizolačních systémů, je však vhodné zamyslet se nad tím, zdali chceme šetřit za každou cenu, nebo je pro nás do budoucna lepší v momentě výběru zainvestovat větší obnos peněz a tím tak zajistit určitou kvalitu a ušetřit na budoucích sanacích.

B. Životnost

Celkově skladbu střech navrhujeme v úzké souvislosti s funkční dobou objektu. Zmiňované typy povlakových izolací se s postupem času každá chovají jinak, ale obě stárnou. U asfaltových pásů může vlivem času dojít k uvolňování posypu, spojů a míst napojení na svislé konstrukce a taktéž ke vzniku trhlin. Jako jistou výhodou u asfaltových pásů můžeme vnímat, že k poškození nedochází okamžitě. Vyjma poškození sáním větru. Oproti tomu u fóliových izolací se stárnutí projevuje déle. Když však dojde k poruše, musíme jednat okamžitě. Taktéž dochází k lokálním nebo plošným poruchám, tedy ke vzniku trhlin, rozlepování spojů a korozi doplňujících prvků. Značnou nevýhodou se projevují velkoplošné opravy. Nelze je totiž provádět.

C. Technologie provádění

Obě technologie si vyžadují odbornost provádějícími firmami potažmo zaměstnanci. Pro pokládku asfaltových pásů si postačíme s běžně dostupným propanbutanovým hořákem včetně příslušenství. Většina firem zabývajících se voděodolnými systémy tak zvládne jejich pokládku. Naopak pro realizaci fólií potřebujeme speciální vybavení včetně řádného proškolení pracovníků ze strany výrobce či dodavatele materiálu. Fóliové systémy jsou závislé na

chemickém složení a tím se tak jednotlivé typy mohou od sebe lišit. V souvislosti s touto skutečností může dojít ke změně technologie pokládky. Standardem je však horkovzdušná pistole s příslušenstvím. Důležitou součástí technologie provádění je i fakt že u asfaltových pásů pracujeme s otevřeným ohněm, zatímco u fólie ne. V současné době, díky vývoji technologií, můžeme využít i samolepících pásů v kombinaci s kotvením. A to u obou systémů.

D. Doba realizace

Pokládka fóliového systému je rychlejší oproti asfaltovým pásům. Fóliové systémy totiž můžeme provádět pouze v jedné vrstvě a zároveň obsahují prvky pro detaily a jejich opracování tak zabere menší množství času. Asfaltové pásy bohužel takové prvky nemají, a tak opracování atik, výlezů, různých vyústění na střechu zabere mnohem více času. Dále je pak ve většině případů provádíme ve dvou vrstvách.

E. Opravitelnost

Zásahy do povlakové izolace z asfaltových pásů můžeme spolehlivě realizovat. Postižené místo jednoduše přeplátujeme. Aplikace novějšího materiálu nevyžaduje speciální úpravy nebo přípravy. U asfaltových pásů s postupem času nedochází k materiálovým změnám. Naproti tomu jakýkoliv zásah do fólie je mnohem rizikovější, a to zejména u těch, které jsou napřímo namáhány klimatickými vlivy. U některých typů fólií může postupem času dojít ke změnám v jejich chemickém složení, úniku změkčovadel a následnému zkrěhnutí.

F. Spolehlivost

U asfaltových pásů můžeme spolehlivost zvýšit využitím dvouvrstvé pokládky. U fóliových izolací tuto možnost nemáme. Obecně ale nelze říci, který systém je spolehlivější.

G. Možnost mechanického poškození

Obecně můžeme říci, že fólie se snadněji poškodí. Po jejím položení musíme dbát na vyšší opatrnost pohybu po izolaci, při nanášení dalších vrstev

skladby střechy a následně při užívání. Asfaltové pásy jsou přeci jen méně náchylné na proražení.

Popis jednotlivých skladeb

Jak již bylo zmíněno, jako výchozí skladbu jsme si zvolili střechu s pochozí vrstvou z betonové dlažby. Pro najetí optimální skladby, jsme si zvolili dva scénáře, kde v prvním případě (scénář A) chceme skladbu, která bude obecně optimálním návrhem dle daných požadavků. Neupřednostňujeme žádné kritérium. V druhém scénáři (scénář B) klademe důraz na dobu realizace, životnost a cenu. Životnost je pro nás na prvním místě, druhým důležitým bodem je cena a nejmenší váhu z těchto tří má doba realizace. Z výchozí skladby variantně vytvoříme 8 skladeb. Ve čtyřech skladbách je dlažba ložena na rektifikované podložky v dalších čtyřech skladbách do kameniva. Hydroizolační vrstva je tvořena buď z asfaltových pasů nebo z měkčeného PVC. Jako tepelný izolant využíváme materiálů EPS a XPS. Máme zde možnost využít i minerální vatu, tu však vypouštíme z hodnocení, jelikož by samotná nesplnila požadavky na pevnost pro provozní střechu. U hodnocení izolantů bereme jako stěžejní informaci tepelně technické vlastnosti a v rámci skladeb se tak jejich tloušťka může měnit. Parotěsná vrstva bude ve všech skladbách stejná a bude tvořena modifikovaným asfaltovým pásem. Pro snadnější představení si jednotlivých kritérií, uvažujeme terasu o rozměrech 10 x 10 m.

- Skladba 1:
 - pochozí vrstva: dlažba uložena na podložky
 - HI vrstva: asfaltové pásy
 - ELASTEK 50 SPECIAL DEKOR
 - GLASTEK 30 STICKER ULTRA
 - TI vrstva: Isover EPS 100S, tloušťka 140 mm + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 2:
 - pochozí vrstva: dlažba uložena na podložky
 - HI vrstva: mPVC– MAPEPLAN T M + kotevní prvky

- TI vrstva: Isover EPS 100S, tloušťka 140 mm + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 3:
 - pochozí vrstva: dlažba uložená na podložky
 - HI vrstva: asfaltové pásy
 - ELASTEK 50 SPECIAL DEKOR
 - GLASTEK 30 STICKER ULTRA
 - TI vrstva: XPS- Isover Styrodur 2800 C + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 4:
 - pochozí vrstva: dlažba uložená na podložky
 - HI vrstva: mPVC- MAPEPLAN T M + kotevní prvky
 - TI vrstva: XPS- Isover Styrodur 2800 C + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 5:
 - pochozí vrstva: dlažba uložená do kameniva
 - separační vrstva: FILTEK 500 g/m²
 - HI vrstva: asfaltové pásy
 - ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL
 - GLASTEK 30 STICKER ULTRA
 - TI vrstva: Isover EPS 100S, tloušťka 140 mm + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 6:
 - pochozí vrstva: dlažba uložená do kameniva
 - separační vrstva: FILTEK 500 g/m²
 - HI vrstva: PVC- P Dekplan 77
 - separační vrstva: FILTEK 500 g/m²
 - TI vrstva: Isover EPS 100S, tloušťka 140 mm + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 7:
 - pochozí vrstva: dlažba uložená do kameniva
 - separační vrstva: FILTEK 500 g/m²
 - HI vrstva: asfaltové pásy

- ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL
 - GLASTEK 30 STICKER ULTRA
- TI vrstva: XPS- Isover Styrodur 2800 C + spádové klíny EPS 100S
- Skladba 8:
 - pochozí vrstva: dlažba uložená do kameniva
 - separační vrstva: FILTEK 500 g/m²
 - HI vrstva: PVC- P Dekplan 77
 - separační vrstva: FILTEK 500 g/m²
 - TI vrstva: XPS- Isover Styrodur 2800 C + spádové klíny EPS 100S

Některá kritéria jsme si pro lepší názornost uvedli do Tab. 6. V ceně je obsažen materiál vč. montáže. Zároveň zde uvádíme i dobu realizace, která je vyjádřená v Normohodinách a v závorce jsou uvedeny dny, kdy uvažujeme s osmi hodinovou pracovní směnou. Rozbor uvedených hodnot je uveden v Příloze 1.

Tab. 6: Cena a doba realizace jednotlivých skladeb

Skladba	Cena D+M [Kč]	Doba realizace [Nh]
Skladba 1	130 207	105 (13 dní)
Skladba 2	150 967	149 (19 dní)
Skladba 3	186 711	105 (13 dní)
Skladba 4	207 471	149 (19 dní)
Skladba 5	104 824	78 (10 dní)
Skladba 6	98 886	73 (9 dní)
Skladba 7	161 328	78 (10 dní)
Skladba 8	155 390	73 (9 dní)

Pozn.: Ceny materiálů převzaty z DEK a.s., ceny montáže a spotřeba Nh převzaty ze sborníku RTS

Pro snadnější orientaci v požadavcích jsme si je sepsali do tabulky. V Tab. 7 jsou požadavky uvedeny v porovnání s ostatními a ohodnoceny stupnicí 1 až 5 (1 = nejhorší, 5 = nejlepší).

Tab. 7: Porovnání skladeb dle stanovených kritérií pro oba scénáře

Kritéria → Skladby ↓	Cena	Životnost	Technologie provádění	Doba realizace	Opravitelnost	Spolehlivost	Možnost mech. poškození
	Skladba 1	4	3	1	3	5	4
Skladba 2	3	3	5	4	4	2	3
Skladba 3	2	3	1	3	5	4	4
Skladba 4	1	3	5	4	4	2	3
Skladba 5	4	3	1	2	3	5	3
Skladba 6	5	3	5	1	2	1	2
Skladba 7	2	3	1	2	3	5	3
Skladba 8	3	3	5	1	2	1	2

Dále si stanovíme váhy jednotlivých kritérií pro scénář A, kdy využijeme kritériální matici a Saatyho devítibodového ohodnocení.

Tab. 8: Aplikace kritériální matice pro scénář A

Kritéria		Cena	Životnost	Technologie provádění	Doba realizace	Opravitelnost	Spolehlivost	Možnost mech. poškození
		A	B	C	D	E	F	G
Cena	A	1	5	1/3	1/5	3	1/7	1/7
Životnost	B	1/5	1	7	5	1/3	3	3
Technologie provádění	C	3	1/7	1	5	5	1/3	3
Doba realizace	D	5	1/5	1/5	1	5	1/5	3
Opravitelnost	E	1/3	3	1/5	1/5	1	1/5	1/5
Spolehlivost	F	7	1/3	3	5	5	1	3
Možnost mech. poškození	G	7	1/3	1/3	1/3	5	1/3	1

Výpočet vah dle metody nejmenších čtverců pro scénář A:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

$$b_a = \sqrt[7]{1 * 5 * \frac{1}{3} * \frac{1}{5} * 3 * \frac{1}{7} * \frac{1}{7}} = 0,574$$

$$b_b = \sqrt[7]{\frac{1}{5} * 1 * 7 * 5 * \frac{1}{3} * 3 * 3} = 1,545$$

$$b_c = \sqrt[7]{3 * \frac{1}{7} * 1 * 5 * 5 * \frac{1}{3} * 3} = 1,403$$

$$b_d = \sqrt[7]{5 * \frac{1}{5} * \frac{1}{5} * 1 * 5 * \frac{1}{5} * 3} = 0,930$$

$$b_e = \sqrt[7]{\frac{1}{3} * 3 * \frac{1}{5} * \frac{1}{5} * 1 * \frac{1}{5} * \frac{1}{5}} = 0,340$$

$$b_f = \sqrt[7]{7 * \frac{1}{3} * 3 * 5 * 5 * 1 * 3} = 2,447$$

$$b_g = \sqrt[7]{7 * \frac{1}{3} * \frac{1}{3} * \frac{1}{3} * 5 * \frac{1}{3} * 1} = 0,887$$

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

$$v_a = \frac{0,574}{8,126} = 0,071$$

$$v_b = \frac{1,545}{8,126} = 0,190$$

$$v_c = \frac{1,403}{8,126} = 0,173$$

$$v_d = \frac{0,930}{8,126} = 0,114$$

$$v_e = \frac{0,340}{8,126} = 0,042$$

$$v_f = \frac{2,447}{8,126} = 0,301$$

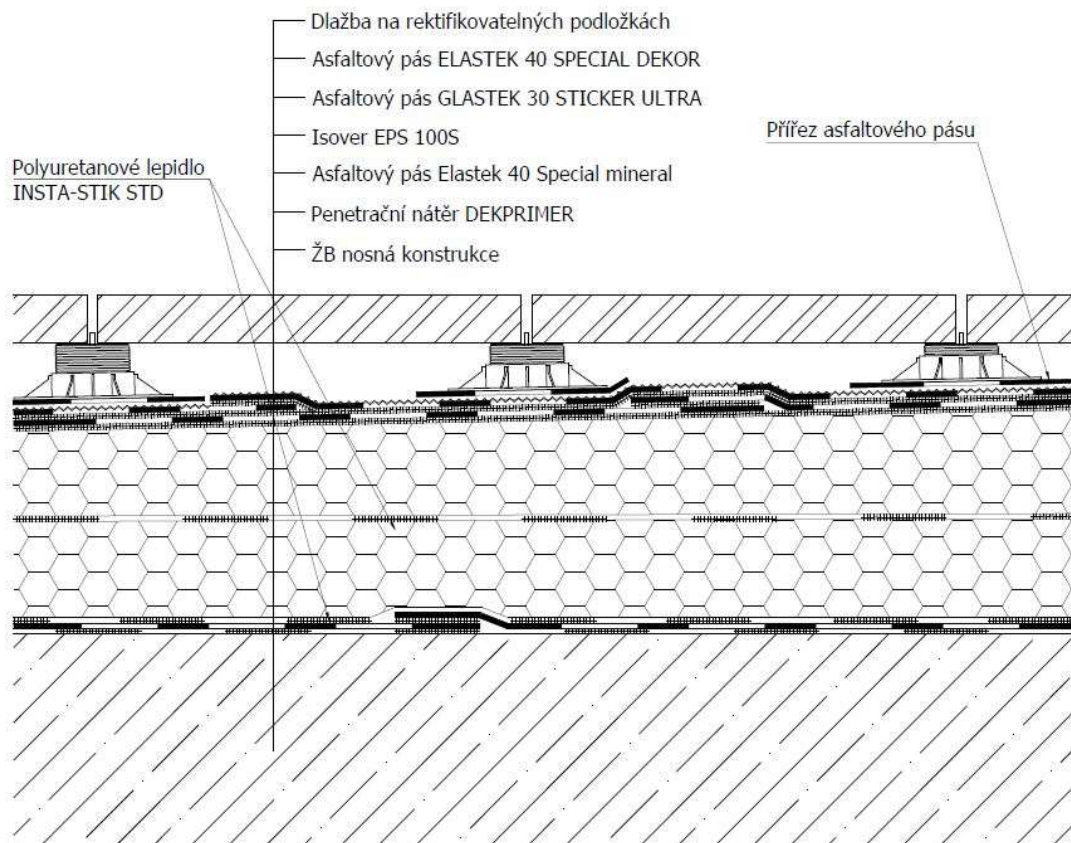
$$v_g = \frac{0,887}{8,126} = 0,109$$

Tab. 9: Výsledek porovnání jednotlivých skladeb pro scénář A

Kritérium	Váhy	Skladba 1	Skladba 2	Skladba 3	Skladba 4	Skladba 5	Skladba 6	Skladba 7	Skladba 8
A	0,071	4	3	2	1	4	5	2	3
B	0,190	3	3	3	3	3	3	3	3
C	0,173	1	5	1	5	1	5	1	5
D	0,114	3	4	3	4	2	1	2	1
E	0,042	5	4	5	4	3	2	3	2
F	0,301	4	2	4	2	5	1	5	1
G	0,109	4	3	4	3	3	2	3	2
Celkem		3,22	3,20	3,08	3,06	3,21	2,51	2,17	2,37

Z výsledků provedené multikriteriální analýzy variant pro scénář A vyplývá, že nejvhodnější skladbou pro námi určený příklad střechy, je Skladba 1. Největší váhy získaly kritéria životnost, technologie provádění a spolehlivost, které pak v kombinaci s vysokým obodováním požadavků vyšly nejlépe pro Skladbu 1 (dlažba na podložkách, asfaltové pásy, EPS). Zajímavé je, že Skladba 2 a Skladba 5 jsou v těsné blízkosti s výslednou skladbou. U Skladby 2 výslednému číslu hodnocení pomohla rychlost realizace, která je u fólií rychlejší oproti asfaltovým pasům. Skladba 5 naopak měla vysoké ohodnocení ve spolehlivosti. Na základě výsledků bychom také mohli říci, že vhodnější volbou pro hydroizolační vrstvu, pro řešenou střechu, jsou asfaltové pásy nežli fóliová izolace.

Schéma výsledné skladby je uveden na Obr. 10.



Obr. 10: Výsledná skladba multikriteriální analýzy
 Zdroj: převzato a upraveno z DEK a.s. – technická podpora

Pro scénář B zůstávají požadavky stejné jako v předchozím scénáři. Dochází však ke změně vah preferovaných kritérií. Opět využijeme kritériální matici a Saatyho devítibodového ohodnocení.

Tab. 10: Aplikace kritériální matice pro scénář B

Kritéria		Cena	Životnost	Technologie provádění	Doba realizace	Opravitelnost	Spolehlivost	Možnost mech. poškození
		A	B	C	D	E	F	G
Cena	A	1	1/9	7	7	7	7	7
Životnost	B	9	1	9	9	9	9	9
Technologie provádění	C	1/7	1/9	1	1/5	3	1/3	1/3
Doba realizace	D	1/7	1/9	5	1	1/3	1/3	1/3
Opravitelnost	E	1/7	1/9	1/3	1/5	1	1/3	3
Spolehlivost	F	1/7	1/9	3	3	3	1	3
Možnost mech. poškození	G	1/7	1/9	3	3	1/3	1/3	1

Výpočet vah dle metody nejmenších čtverců pro scénář B:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

$$b_a = \sqrt[7]{1 * \frac{1}{9} * 7 * 7 * 7 * 7 * 7} = 2,933$$

$$b_b = \sqrt[7]{9 * 1 * 9 * 9 * 9 * 9 * 9} = 6,575$$

$$b_c = \sqrt[7]{\frac{1}{7} * \frac{1}{9} * 1 * \frac{1}{5} * 3 * \frac{1}{3} * \frac{1}{3}} = 0,376$$

$$b_d = \sqrt[7]{\frac{1}{7} * \frac{1}{9} * 5 * 1 * \frac{1}{3} * \frac{1}{3} * \frac{1}{3}} = 0,435$$

$$b_e = \sqrt[7]{\frac{1}{7} * \frac{1}{9} * \frac{1}{3} * \frac{1}{5} * 1 * \frac{1}{3} * 3} = 0,376$$

$$b_f = \sqrt[7]{\frac{1}{7} * \frac{1}{9} * 3 * 3 * 3 * 1 * 3} = 1,037$$

$$b_g = \sqrt[7]{\frac{1}{7} * \frac{1}{9} * 3 * 3 * \frac{1}{3} * \frac{1}{3} * 1} = 0,553$$

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

$$v_a = \frac{2,933}{12,285} = 0,239$$

$$v_b = \frac{6,575}{12,285} = 0,535$$

$$v_c = \frac{0,376}{12,285} = 0,031$$

$$v_d = \frac{0,435}{12,285} = 0,035$$

$$v_e = \frac{0,376}{12,285} = 0,031$$

$$v_f = \frac{1,037}{12,285} = 0,084$$

$$v_g = \frac{0,553}{12,285} = 0,045$$

Tab. 11: Výsledek porovnání jednotlivých skladeb pro scénář B

Kritérium	Váhy	Skladba 1	Skladba 2	Skladba 3	Skladba 4	Skladba 5	Skladba 6	Skladba 7	Skladba 8
A	0,239	4	3	2	1	4	5	2	3
B	0,535	3	3	3	3	3	3	3	3
C	0,031	1	5	1	5	1	5	1	5
D	0,035	3	4	3	4	2	1	2	1
E	0,031	5	4	5	4	3	2	3	2
F	0,084	4	2	4	2	5	1	5	1
G	0,045	4	3	4	3	3	2	3	2
Celkem		3,37	3,04	2,89	2,57	3,31	3,23	2,83	2,75

Z výsledků provedené multikriteriální analýzy variant pro scénář B nejlépe vyšla opět Skladba 1. Je zde třeba zmínit, že ve scénáři B jsme upřednostňovali životnost, cenu a dobu realizace. Stejně tak, jak tomu bylo v předchozím scénáři, i zde vyšla Skladba 5, jako druhá nejlepší volba. Z matice je čitelné, že obě skladby jsou výhodné z hlediska ceny a životnosti.

4. Poznatky z praxe – chyby

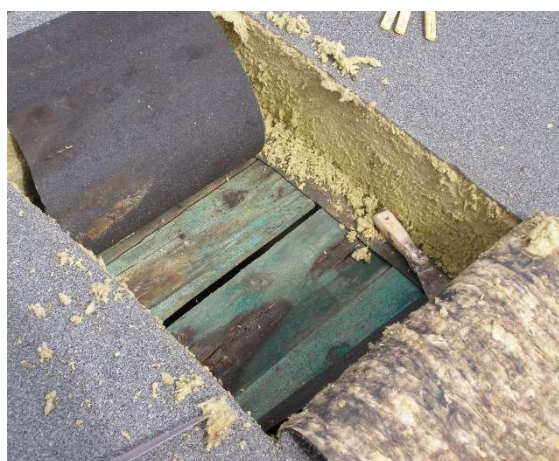
Důvodem zatékání do objektu spojených se střechou může mít více příčin. V této kapitole si uvedeme některé z častých chyb.

A. Chybný návrh skladby

První ukázka je z Kulturního domu v Ústí. Prvotně bychom si mohli myslet, že do skladby zatéká netěsností izolačních pásů, jemuž napovídaly kaluže na střeše, viz. Obr. 12, avšak není tomu tak. Zde došlo k chybnému návrhu skladby, nutno podotknout, že se jedná o dvouplášťovou plochou střechu, ve které docházelo ke kondenzaci vodní páry. Vlhkost zničila nosnou konstrukci skladby střechy, která se začala bortit, viz. Obr. 12 Obr. 11, Obr. 14, Obr. 13.



Obr. 11: Kulturní dům v Ústí – kaluže vody
Zdroj: osobní archiv L. Káně



Obr. 12: Kulturní dům v Ústí – otevřená skladba
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 14: Kulturní dům v Ústí – zborcený trám
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 13: Kulturní dům v Ústí – napadení houbou
Zdroj: osobní archiv Káně L.

B. Chyby v realizaci – asfaltové pásy

V některých případech se můžeme setkat s neznalostí technologie provádění, jako je uvedeno na Obr. 16, kde izolátér evidentně nevěděl, jak pracovat s oxidovanými asfaltovými pásy a po natavení pásů vzniklé spoje dále překryl vrstvou asfaltu. Na Obr. 15 je uveden případ dvojitého systému izolace, kde nedošlo k řádnému spojení obou asfaltových pásů. Obr. 18 vypovídá o nedodržení technologických podmínek, které jsou pro správnou funkci izolace stěžejní. Asfaltové pásy byly položeny na nerovný povrch. Na Obr. 17 je zachycen chybný klad pásů, který je proveden souvisle. Pásy správně klademe „na střídačku“. Na Obr. 19 je ke stabilizaci izolantu použito fasádních hmoždinek. Realizátorská firma se zde buď pokoušela ušetřit na materiálu, nebo šlo o neznalost izolátéra. V případě Obr. 20 je patrné přetavení asfaltového pásu, který vytvořil vlny, jimiž do skladby vniká voda. Vhodným nápravným opatřením u všech případů by bylo využití služeb kontroly práce odborníkem (stavební dozor, autorský dozor), pokud k tomu nejsme sami dostatečně zkušení a správným výběrem realizátorské firmy potažmo izolátéra. V případě Obr. 15 také překontrolování spojů samotným izolátérem.



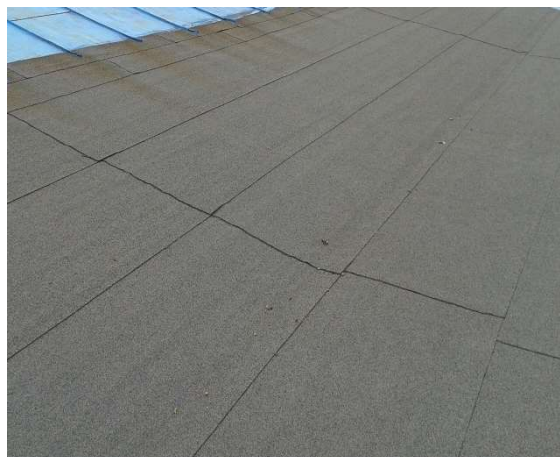
Obr. 16: Chybné provedení asfalt. pásů – překrytí spojů asfaltem
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 15: Chybné provedení asfalt. pásů – nespojení vrstev pásů
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 18: Chybné provedení asfalt. pasů –
nerovný podklad
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 17: Chybné provedení asfalt. pasů – souvislý
klad pásů
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 19: Chybně užito fasádních hmoždinek
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 20: Přetavení asfaltového pásu
Zdroj: osobní archiv Káně L.

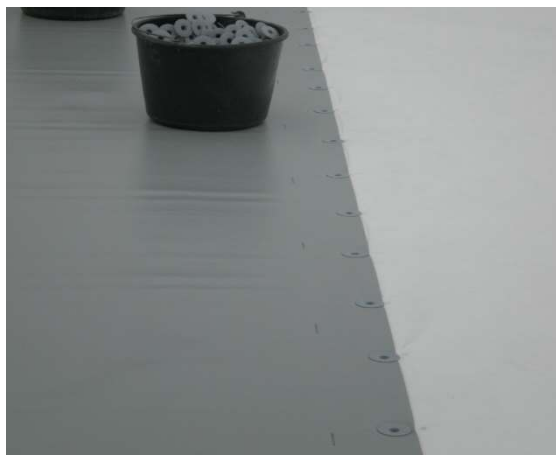
C. Chyby v realizaci – izolační fólie

Stejně tak, jak je tomu u asfaltových pasů i v realizaci spojů fólie může dojít ke vzniku nekvalitního spoje, jak je uvedeno na Obr. 22. Vhodným návrhovým opatřením je opět zajištění kontroly odborníkem nad prováděnou prací a kontrola samotným izolátérem. Před prováděním svařování by mělo vždy dojít k trhací zkoušce, tzn. že provedeme svar na zkušební fólii a ten se pokusíme roztrhnout. Svar se musí přetřhnout ve hmotě, nikoliv ve spoji. Pokud se přetřhne chybně, musíme přenastavit teplotu tavné pistole, popř. zkontrolovat typ fólie a zkoušku provést znovu. Na Obr. 21 je chybně provedeno kotvení fólie. Kotva je uchycena příliš blízko okraji fólie. Zde bychom měli dodržet minimálně 10 cm okraj. Opět je zde návrhovým opatřením kontrola odbornou osobou nad prováděnou prací a taktéž

proškolení izolátéra. Obr. 23 zachycuje skvrny na izolaci. Těmito změnami barvy fólie se projevila migrace pružných složek v místech, kde došlo k posunu separační vrstvy. Navrhované opatření je zde ohlédání si překrytí jednotlivých vrstev separace a zamezení jejímu posunu.



Obr. 22: Chybně provedený spoj
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 21: Chybně provedené kotvení
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 23: Posun separační vrstvy pod hydroizolací
Zdroj: osobní archiv Káně L.

D. Detaily

Kvalitní provedení detailů je velice důležitou součástí správně fungujícího hydroizolačního systému. Na Obr. 24 je styk dvou poplastovaných plechů, kde v místě spoje prochází dilatační spára. Poplastované plechy byly překryty fólií, která neměla dostatečný rozměr, aby se mohla prodloužit či smrštit. Vhodným opatřením se zde nabízí vložení separační vrstvy na plechy a následné překrytí fólie o dostatečném rozměru, který je stanoven výrobcem.

Obr. 25 demonstruje nedořešený detail protažení kabelů skrz provedenou hydroizolaci. Správně by stropní konstrukcí měla vycházet ochranná trubička, ve které by byl kabel veden, jejíž druhý konec by vyústoval směrem dolů. Tím bychom museli z kabelu vytvořit tvar „S“, kde by ve spodní části „S“ docházelo k odkapávání vody a tím bychom zamezili jejímu stečení po kabelu a následně do konstrukce.



Obr. 24: Chybně provedeno překrytí dilatace
Zdroj: osobní archiv Káně L.



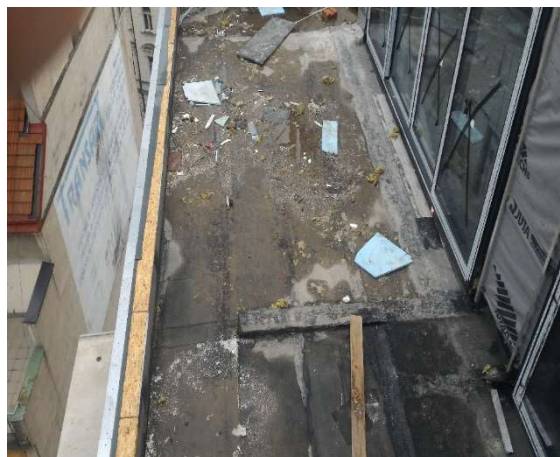
Obr. 25: Chybně vyřešený detail
Zdroj: osobní archiv Káně L.

E. Chybná koordinace

Někdy dojde i k případu, kdy jsme tlačeni časem a koordinace jednotlivých prací se nám nepodaří dotáhnout k dokonalosti. Taková chyba je uvedena na Obr. 26. Dále bychom zde mohli v této souvislosti uvést i úklid pracoviště, viz. Obr. 27. V případě časového skluzu nápravné řešení neexistuje. Nejlepším řešením, je se do takovéto situace nedostat. Jedinou možností, kterou máme, je provést dostatečnou ochranu provedené izolace a zajišťovat úklid na staveništi.



Obr. 26: Chybná koordinace
Zdroj: vlastní



Obr. 27: Nedodržení úklidu staveniště
Zdroj: vlastní

F. Poruchy po zpracování

V této části se již bavíme o chybách především způsobené nedostatečnou údržbou. Jeden z mnohých případů je uveden na Obr. 29, Obr. 28.



Obr. 29: Nedostatečná údržba
Zdroj: osobní archiv Káně L.



Obr. 28: Nedostatečná údržba – gule
Zdroj: vlastní

Závěr

V této bakalářské práci jsme rozebrali typy plochých střech, jejich základní vrstvy, především typy vodotěsných izolací a zaměřili jsme se na dvě vybrané, u nichž jsme popsali jednotlivé vrstvy s uvedením výhod a nevýhod z hlediska technologie.

V návaznosti na uvedené poznatky jsme vypracovali postup, který má vést k optimálnímu návrhu skladby pochozí ploché střechy v soukromém užití. Kritéria jsme volili s ohledem na základní požadavky kladené na hydroizolační systémy. Pro postup výpočtu vícekritériální analýzy jsme zvolili Saatyho metodu.

Návrh skladeb tkví v obměně uložení dlažby, typu hydroizolačního systému a také typu tepelného izolantu. Z pohledu investora šlo o najetí rovnováhy požadavků kladených na skladbu a vykázání její kvality. Pro porovnání jsme zvolili dva scénáře, kde ve scénáři A, jsme hledali obecně optimální skladbu s obecně definovanými požadavky. Ve scénáři B, jsme upřednostnili tři kritéria: životnost, cenu a dobu realizace. Nejvyšší váhu měla životnost, potom cena a nižší hodnotu měla doba realizace. Pro oba scénáře vyšla nejvhodnějším řešením stejná skladba. I když jsme ve scénáři A nekladli na žádný z kritérií větší důraz, spolehlivost velice ovlivnila výsledek analýzy. Ve scénáři B výsledek ovlivnila cena a životnost. Dále jsme práci doplnili o poznatky z praxe, na kterých demonstrujeme, že kvalitní skladba souvisí jak s vhodným návrhem, tak s kvalitním provedením.

Také je vhodné podotknout, že každá stavba i investor má jiné podmínky a požadavky. Proto je třeba zvolit si kritéria, které naleznou optimálnější návrh pro daný případ, ale rozhodně lze vždy použít tento postup výběru skladby.

Zdroje a použitá literatura

Použité elektronické dokumenty

FAJKOŠ, Antonín. *Historie a současnost hydroizolačních materiálů* [online]. In: . Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2008, s. 1 [cit. 2017-05-06]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/historie-a-soucasnost-hydroizolacnich-materialu/>

Střešní konstrukce – přehled, ploché střechy. *Učíme v prostoru* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2030

Internetové zdroje

DEK *Stavebniny* [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobocka-praha-zlicin/>

Jak se dívat na plochou střechu [online]. Jaga Media, 2009 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/jak-se-divat-na-plochou-strechu>

Ploché střechy – 4. část. Hydroizolační fólie pro ploché střechy [online]. Vega vydavatelství, 2006 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/ploche-strechy-4-cast/>

Plochá střecha - cesta k úsporám [online]. Jaga Media, 2012 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/plocha-strecha-cesta-k8239usporam>

Skladby pochůzných plochých střech a teras [online]. 2014 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/skladby-pochuznych-plochych-strech-a-teras/>

Systémové skladby střech [online]. 2016 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://www.dekpartner.cz/technicka-podpora/systemove-skladby/strechy?filtr=2&do=skladbyForm-submit>

Použitá tištěná literatura

BOHUSLÁVEK, Petr a KUTNAR - hydro a termo izolace staveb (FIRMA). *KUTNAR - Ploché střechy*. Vyd. 6. Praha: DEKTRADE, 2007

CECH KLEMPÍŘŮ, POKRÝVAČŮ A TESAŘŮ ČR. *Základní pravidla pro navrhování a realizaci plochých střech a hydroizolace spodní stavby*. Praha: Studio Press, 2003. ISBN 80-239-0247-4.

HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. *Konstrukce pozemních staveb 40: zastřešení*. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 978-80-010-2604-5.

CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. *Ploché střechy: Praktický průvodce*. 2009. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2916-9.

SOLAŘ, Jaroslav a Vysoká škola báňská - Technická univerzita OSTRAVA. *Pozemní stavitelství IV*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2005

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o, 2015

VYKYDAL, Libor. Hydroizolační fólie pro ploché střechy. *Střechy, fasády, izolace*. 2017, **24**(1), 18-20.

Seznam zkratk

tzv.	takzvaný
PVC – P (mPVC)	měkčený Poly-Vinyl-Chlorid
APP	ataktický/amorfní polypropylén
SBS	styrén- butadien- styrén
popř.	popřípadě
PP	polypropylen
PE	polyetylen
EVAC	kopolymer etylen-vinyl-acetát
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
např.	například
apod.	a podobně

event.

eventuální

Seznam příloh

Příloha 1: Tabulka cen a pracností skladeb..... 61

Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma jednoplášťové ploché střechy nevětrané.....	11
Obr. 2: Schéma dvouplášťové ploché střechy nevětrané.....	11
Obr. 3: Schéma několikaplášťové ploché střechy větrané.....	11
Obr. 4: Jednoplášťová plochá střecha s klasickým pořadím vrstev..	13
Obr. 5: Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev (obrácená střecha)	15
Obr. 6: DUO střecha.....	16
Obr. 7: Schéma dvouplášťové větrané ploché střechy	17
Obr. 8: Skladba provozní ploché střechy s pěším provozem.....	27
Obr. 9: Skladba ploché extenzivní střechy	32
Obr. 10: Výsledná skladba multikriteriální analýzy	46
Obr. 11: Kulturní dům v Ústí – kaluže vody	50
Obr. 12: Kulturní dům v Ústí – otevřená skladba.....	50
Obr. 13: Kulturní dům v Ústí – napadení houbou	50
Obr. 14: Kulturní dům v Ústí – zborcený trám	50
Obr. 15: Chybné provedení asfalt. pásů – nespojení vrstev pásů	51
Obr. 16: Chybné provedení asfalt. pásů – překrytí spojů asfaltem ...	51
Obr. 17: Chybné provedení asfalt. pásů – souvislý klad pásů	52
Obr. 18: Chybné provedení asfalt. pásů – nerovný podklad.....	52

Obr. 19: Chybně užito fasádních hmoždinek.....	52
Obr. 20: Přetavení asfaltového pásu	52
Obr. 21: Chybně provedené kotvení.....	53
Obr. 22: Chybně provedený spoj.....	53
Obr. 23: Posun separační vrstvy pod hydroizolací	53
Obr. 24: Chybně provedeno překrytí dilatace	54
Obr. 25: Chybně vyřešený detail	54
Obr. 26: Chybná koordinace.....	55
Obr. 27: Nedodržení úklidu staveniště	55
Obr. 28: Nedostatečná údržba – gule.....	55
Obr. 29: Nedostatečná údržba	55

Seznam tabulek

Tab. 1: Základní porovnání technologií asfaltových pásů a fólií	19
Tab. 2: Ohebnost pásů ovlivněná druhem použitého asfaltu.....	22
Tab. 3: Teploty při realizaci asfaltových hydroizolací	25
Tab. 4: Kriteriaální matice.....	36
Tab. 5: Saatyho stupnice relativních důležitostí	37
Tab. 6: Cena a doba realizace jednotlivých skladeb	42
Tab. 7: Porovnání skladeb dle stanovených kritérií pro oba scénáře	43
Tab. 8: Aplikace kriteriaální matice pro scénář A	43
Tab. 9: Výsledek porovnání jednotlivých skladeb pro scénář A.....	45
Tab. 10: Aplikace kriteriaální matice pro scénář B	47
Tab. 11: Výsledek porovnání jednotlivých skladeb pro scénář B.....	49

Přílohy

Příloha 1: Tabulka cen a pracností skladeb

Skladba 1			130 207 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
<i>Cena Materiálu</i>		<i>113 713 Kč</i>	
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
terče (324 ks/100 m ²)	-	58,5	18 954
ELASTEK 40 (50) SPECIAL DEKOR	-	139,6	13 960
30x30 přířez	-		4 053,24
GLASTEK 30 STICKER ULTRA	-	120,4	12 040
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover EPS 100 S, tl. 140	-	204,96	20 496
<i>Cena Montáž</i>		<i>16 494 Kč</i>	
dlažba + terče	0,57	86,64	8 664
natavení asfaltového pásu	0,2	38,97	3 897
lepení asfaltového pásu	0,21	29,39	2 939
montáž EPS	0,07	9,94	994
Skladba 2			150 967 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
<i>Cena Materiálu</i>		<i>120 019 Kč</i>	
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
terče (324 ks/100 m ²)	-	58,5	18 954
Mapeplan fólie	-	205,2	20 520
30x30 přířez	-		6 073,92
kotva 7ks/m ²	-	13,95	1 395
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover EPS 100 S, tl. 140	-	204,96	20 496
<i>Cena Montáž</i>		<i>30 948 Kč</i>	

dlažba + terče	0,57	86,64	8 664
kotvení fólie	0,85	212,9	21 290
montáž EPS	0,07	9,94	994
Skladba 3			186 711 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
<i>Cena Materiálu</i>	<i>170 217 Kč</i>		
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
terče (324 ks/100 m ²)	-	58,5	18 954
ELASTEK 40 (50) SPECIAL DEKOR	-	139,6	13 960
30x30 přířez	-		4 053,24
GLASTEK 30 STICKER ULTRA	-	120,4	12 040
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover Styrodur 2 800C, tl. 140	-	770	77 000
<i>Cena Montáž</i>	<i>16 494 Kč</i>		
dlažba + terče	0,57	86,64	8 664
natavení asfaltového pásu	0,2	38,97	3 897
lepení asfaltového pásu	0,21	29,39	2 939
montáž XPS	0,07	9,94	994
Skladba 4			207 471Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
<i>Cena Materiálu</i>	<i>176 523 Kč</i>		
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
terče (324 ks/100 m ²)	-	58,5	18 954
Mapeplan fólie	-	205,2	20 520
30x30 přířez	-		6 073,92
kotva 7ks/m ²	-	13,95	1 395
klíny EPS 100	-	47,1	4 710

Isover Styrodur 2 800C, tl. 140	-	770	77 000
Cena Montáž	30 948 Kč		
dlažba + terče	0,57	86,64	8 664
kotvení fólie	0,85	212,9	21 290
montáž XPS	0,07	9,94	994
Skladba 5			
			104 824 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
Cena Materiálu	92 360 Kč		
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
kamenivo frakce 4/8	-	4	400
Geotextílie Filtek 500 g/m ²	-	36,74	3 674
ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	115,4	11 540
GLASTEK 30 STICKER ULTRA	-	120,4	12 040
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover EPS 100 S, tl. 140	-	204,96	20 496
Cena Montáž	12 464 Kč		
dlažba do kameniva	0,3	46,34	4 634
natavení asfaltového pásu	0,2	38,97	3 897
lepení asfaltového pásu	0,21	29,39	2 939
montáž EPS	0,07	9,94	994
Skladba 6			
			98 886 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
Cena Materiálu	87 718 Kč		
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
kamenivo frakce 4/8	-	4	400
Geotextílie Filtek 500 g/m ²	-	36,74	3 674
Dekplan 77	-	152,64	15 264

Geotextílie Filtek 500 g/m ²	-	36,74	3 674
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover EPS 100 S, tl. 140	-	204,96	20 496
Cena Montáž	11 168Kč		
dlažba do kameniva	0,3	46,34	4 634
natavení mPVC fólie	0,36	55,4	5 540
montáž EPS	0,07	9,94	994
Skladba 7			
			161 328 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
Cena Materiálu	148 864 Kč		
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
kamenivo frakce 4/8	-	4	400
Geotextílie Filtek 500 g/m ²	-	36,74	3 674
ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL	-	115,4	11 540
GLASTEK 30 STICKER ULTRA	-	120,4	12 040
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover Styrodur 2 800C, tl. 140	-	770	77 000
Cena Montáž	12 464 Kč		
dlažba do kameniva	0,3	46,34	4 634
natavení asfaltového pásu	0,2	38,97	3 897
lepení asfaltového pásu	0,21	29,39	2 939
montáž XPS	0,07	9,94	994
Skladba 8			
			155 390 Kč
Popis	Nh	Kč/m ²	Kč/100 m ²
Cena Materiálu	144 222 Kč		
dlažba 60 x 60	-	395	39 500
kamenivo frakce 4/8	-	4	400

Geotextílie Filtek 500 g/m ²	-	36,74	3 674
Dekplan 77	-	152,64	15 264
Geotextílie Filtek 500 g/m ²	-	36,74	3 674
klíny EPS 100	-	47,1	4 710
Isover Styrodur 2 800C, tl. 140	-	770	77 000
<i>Cena Montáž</i>	<i>11 168Kč</i>		
dlažba do kameniva	0,3	46,34	4 634
natavení mPVC fólie	0,36	55,4	5 540
montáž XPS	0,07	9,94	994