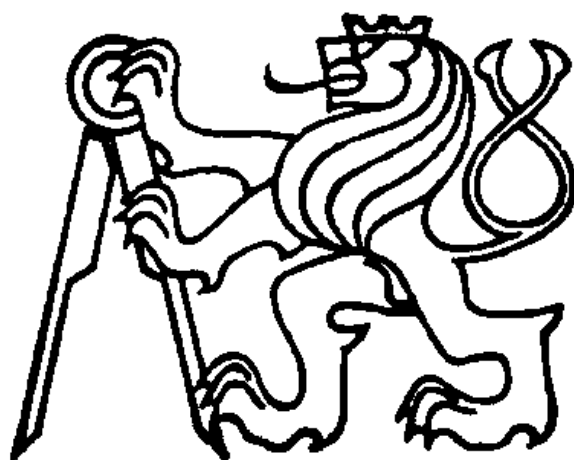


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ROK KONÁNÍ SZZ

2019

Jméno a příjmení

David Zentrich



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Zentrich	Jméno:	David	Osobní číslo:	458735
Fakulta/ústav:	Fakulta stavební				
Zadávající katedra/ústav:	Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví				
Studijní program:	Stavební inženýrství				
Studijní obor:	Management a ekonomika ve stavebnictví				

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Problematika plochých střech z pohledu jejich životního cyklu.

Název bakalářské práce anglicky:

The issue of flat roofs from the point of view of their life cycle.

Pokyny pro vypracování:

Typy plochých střech
Používané materiály
Technologie výstavby
Opravy a údržba

Seznam doporučené literatury:

HOLZAPFEL, Walter. Poruchy střech: [jak je rozeznat, jak jim předcházet, jak je odstraňovat]. Bratislava: Jaga, 2008. ISBN 978-80-8076-067-0.
HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. Ploché střechy. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knihovnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769712.
CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: praktický průvodce. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2916-9.
Schneiderová Heralová, R. a kol.: Kalkulace nákladů ve stavebnictví. 1. vyd. Praha: Česká technika- nakladatelství ČVUT, 2017. 144 s. ISBN 978-80-01-06348-4

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Lucie Brožová, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **28.02.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Lucie Brožová, Ph.D. podpis vedoucí(ho) práce doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D. podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry prof. Ing. Jiří Máca, CSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

_____ Datum převzetí zadání _____ Podpis studenta

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

Bakalářská práce

Problematika plochých střech z hlediska jejich životního cyklu

The issue of flat roofs from the point of view of their life cycle

Vypracoval: David Zentrich

Vedoucí práce: Ing. Lucie Brožová, Ph.D.

Praha 2019

Anotace

Předmětem bakalářské práce na téma „Problematika plochých střech z pohledu jejich životního cyklu“ bylo popsat jednotlivé druhy plochých střech z hlediska jejich realizace a zásad při návrhu, materiálového řešení jednotlivých vrstev střešního pláště a dále jejich případné poruchy a způsob jejich následného odstraňování. V rámci praktické části této bakalářské práce jsou na řešený objekt postupně modelovány tři varianty plochých střech, následná kalkulace jejich investičních nákladů, stanovení nákladového ukazatele na jednotku plochy a vzájemné porovnání a vyhodnocení na základě několika kritérií.

Klíčová slova: Plochá střecha, střešní souvrství, návrh, realizace, porucha, oprava, kalkulace nákladů

Annotation

The subject of the bachelor thesis "The issue of flat roofs from the point of view of their life cycle" was to describe the different types of flat roofs in terms of their implementation and principles in the design, material solution of the individual layers of the roof cladding and their possible failures and the way of their subsequent removal. In the practical part of this bachelor thesis three variants of flat roofs were modeled on the solved object, followed by calculation of their investment costs, setting of cost indicator per unit area and mutual comparison and evaluation based on several criteria.

Keywords: Flat roof, roof formation, design, implementation, failure, repair, cost calculation

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce, cenné rady a připomínky, které mi během konzultací poskytovala a které mi pomohly tuto práci dokončit. Dále bych rád poděkoval developerské společnosti QN Domov s.r.o. za poskytnutí projektové dokumentace řešeného objektu a svým blízkým a všem, kteří mě v mém studiu podporovali.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Problematika plochých střech z hlediska jejich životního cyklu“ vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucí práce Ing. Lucie Brožové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že jsem pro vypracování této práce čerpal pouze ze zdrojů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Souhlasím s užíváním této práce ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským.

V Praze dne 23.5.2019

.....

David Zentrich

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
Úvod	10
Rešerše literatury	11
1 Základní způsoby dělení plochých střech	12
1.1 Dle konstrukčního uspořádání	12
1.2 Dle způsobu využití střešního pláště	12
1.3 Dle plošné hmotnosti souvrství	12
2 Jednoplášťové ploché střechy	13
2.1 Jednoplášťové ploché střechy bez tepelné izolace	13
2.2 Jednoplášťové ploché střechy s tepelnou izolací	14
2.2.1 Provětrávané jednoplášťové ploché střechy	14
2.2.2 Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev	14
2.2.3 Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev	15
2.2.4 Jednoplášťová plochá střecha kombinovaná se střechou s opačným pořadím vrstev – DUO střecha	15
3 Provozní střechy	17
3.1 Pochůzné střechy	17
3.2 Pojížděné střechy	19
3.3 Střešní zahrady	20
3.3.1 Extenzivní zeleň	20
3.3.2 Intenzivní zeleň	20
3.3.3 Zavlažování střešních zahrad	21
3.3.4 Údržba střešních zahrad	21
4 Lehké ploché střechy	22
4.1 Lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z dřevěného bednění	22
4.2 Lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z trapézového plechu	23
5 Dvouplášťové ploché střechy	24
5.1 Nevětrané dvouplášťové ploché střechy	24
5.2 Větrané dvouplášťové ploché střechy	24
6 Víceplášťové ploché střechy	27
6.1 Tříplášťové ploché střechy	27
7 Hydroizolační vrstva	28

7.1	Asfaltové hydroizolační pásy	28
7.1.1	Složení asfaltových hydroizolačních pásů	28
7.1.2	Druhy asfaltových pásů	30
7.2	Hydroizolační fólie	31
7.2.1	Druhy hydroizolačních fólií	31
7.3	Hydroizolační stěrky.....	34
7.3.1	Asfaltové stěrky.....	34
7.3.2	Akrylátové stěrky	34
7.3.3	Polyuretanové stěrky	35
7.3.4	Polyesterové stěrky	35
8	Tepelně izolační vrstva.....	36
8.1	Druhy tepelných izolací používaných v konstrukci ploché střechy	36
8.1.1	Expandovaný polystyren – EPS	36
8.1.2	Extrudovaný polystyren – XPS	36
8.1.3	Minerální vlna	36
8.1.4	Pěnový polyuretan – PUR a PIR	37
8.1.5	Pěnové sklo – CG	37
9	Další funkční vrstvy	38
9.1	Parotěsná vrstva	38
9.2	Expanzní vrstva	38
9.3	Ochranná vrstva	38
9.4	Dilatační a separační vrstva	38
9.5	Stabilizační vrstva.....	39
9.6	Filtrační vrstva	39
9.7	Drenážní vrstva.....	39
10	Odvodnění plochých střech	40
10.1	Gravitační systém.....	40
10.1.1	Výpočet odtoku dešťových vod	40
10.1.2	Stanovení počtu střešních vpustí a dimenze dešťového odpadního potrubí	40
10.2	Podtlakový systém	41
11	Poruchy a opravy plochých střech	43
11.1	Druhy poruch plochých střech	43
11.1.1	Poruchy vzniklé v praxi.....	43

11.1.2	Poruchy vzniklé ze statických důvodů	45
12	Kalkulace nákladů a cenových ukazatelů.....	47
12.1	Popis řešeného objektu	47
12.2	Varianta 1 - stávající střecha řešeného objektu.....	48
12.2.1	Kalkulace stávající střechy – Lehká střecha s nosnou konstrukcí z trapézového plechu; varianta 1	50
12.2.2	Potenciální poruchy střechy	51
12.2.3	Životnost a údržba.....	52
12.3	Varianta 2 - Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev.....	53
12.3.1	Kalkulace modelové střechy – Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev; varianta 2	54
12.3.2	Potenciální poruchy střechy	55
12.3.3	Životnost a údržba.....	57
12.4	Varianta 3 – Větraná dvouplášťová plochá střecha	57
12.4.1	Kalkulace modelové střechy – Větraná dvouplášťová střecha; varianta 3	58
12.4.2	Potenciální poruchy střechy	60
12.4.3	Životnost a údržba.....	61
12.5	Vyhodnocení	62
12.5.1	Stanovení provozních nákladů	62
12.5.2	Vícekritériální vyhodnocení	62
12.5.3	Vyhodnocení výsledků	63
	Závěr.....	64
	Seznam obrázků a tabulek.....	65
	Seznam použité literatury	67

Seznam použitých zkratek

XPS	Extrudovaný polystyren
EPS	Expandovaný polystyren
PE	Polyethylen
UV	Ultrafialové záření
OSB	Dřevostěpková deska
APP	Ataktický polypropylen
SBS	Styren – butadien – styren
PVC	Polyvinylchlorid
mPVC	Měkčený polyvinylchlorid
EVA	Etylen – vinyl – acetát
CPE	Chlorovaný polyethylen
TPO	Termoplastický polyolefin
FPO	Flexibilní polyolefin
ECB	Etylen – kopolymer – bitumen
OCB	Olefin – kopolymer – bitumen
PIB	Polyizobutylen
EPDM	Etylen – propylen – dien – monomer
CR	Polychloropén
IIR	Izoprén – izobutyl
CSPE	chlórsulfonovaný polyetylen
PUR	Pěnový polyuretan
PIR	Pěnový polyizokynát
CG	Pěnové sklo
SDK	Sádrokarton

Úvod

Střecha nad hlavou znamená domov. Chrání nás před deštěm, větrem, zimou a dalšími nepříznivými vlivy počasí, které by mohly narušit naši domácí pohodu. Proto je v našich klimatických podmínkách střecha jednou z nejdůležitějších konstrukcí bytových, občanských a průmyslových staveb.

Ploché střechy byly po dlouhou dobu odborníky i laickou veřejností vnímány jako střechy problémové. Návrh a realizace plochých střech jsou velmi náročné. K tomu, aby střecha úspěšně plnila svou funkci a byla provedena bez závad, je kromě praktických zkušeností nezbytná znalost dané problematiky, a to z teoretického (vlastnosti materiálů, mechanické, fyzikální a chemické zákonitosti, vlivy prostředí), i praktického pohledu (technologické postupy, konstrukční zásady realizace apod.). V dnešní době technického rozvoje, kdy na trh přichází stále nové materiály a nová inovační řešení se spolu s prohlubováním znalostí projektantů i realizačních firem v oblasti plochých střech, tento způsob zastřešení budov stává spolehlivým řešením.

Obecně se za plochou střechu považuje střecha se sklonem vnějšího povrchu $\alpha \leq 5^\circ$. Je to obalová konstrukce, která v dnešní době umožňuje různorodá provozní využití jako například terasy, střešní zahrady formou vegetačních střech, parkoviště a další. [1;2]

Rešerše literatury

1. Identifikování klíčových slov

- Plochá střecha
- Střešní souvrství
- Realizace
- Poruchy
- Oprava
- Kalkulace nákladů

2. Kdo zkoumal popisovaný problém

- Karel Chaloupka, Zbyněk Svoboda, Šárka Šilarová, Lenka Hanzalová, Walter Holzapfel, Marek Novotný, Ivan Misar,

3. Objevené zdroje, jejich obsah a organizace

- Ploché střechy
 - doc. Šilarová zde pojednává o jednotlivých typech plochých střech a jejich způsobu realizace. [1]
- Ploché střechy: praktický průvodce
 - Ing. Chaloupka zde popisuje problematiku plochých střech, kde čerpá ze zkušeností ze své odborné praxe, při návrhu i jejich realizaci. [2]
- Poruchy střech
 - Ing. Holzapfel zde pojednává o poruchách plochých střech, uvádí konkrétní případy z praxe a jejich řešení. [3]

4. Kritické zhodnocení zdrojů

Všechny zdroje jsou dle mého názoru velice dobře použitelné pro zpracování bakalářské, popřípadě i diplomové práce.

1 Základní způsoby dělení plochých střech

1.1 Dle konstrukčního uspořádání

- Jednoplášťové
- Dvoupplášťové
- Víceplášťové

1.2 Dle způsobu využití střešního pláště

- Nepochůzná
- Pochůzná
- Pojížděná
- Střešní zahrada (vegetační střecha)

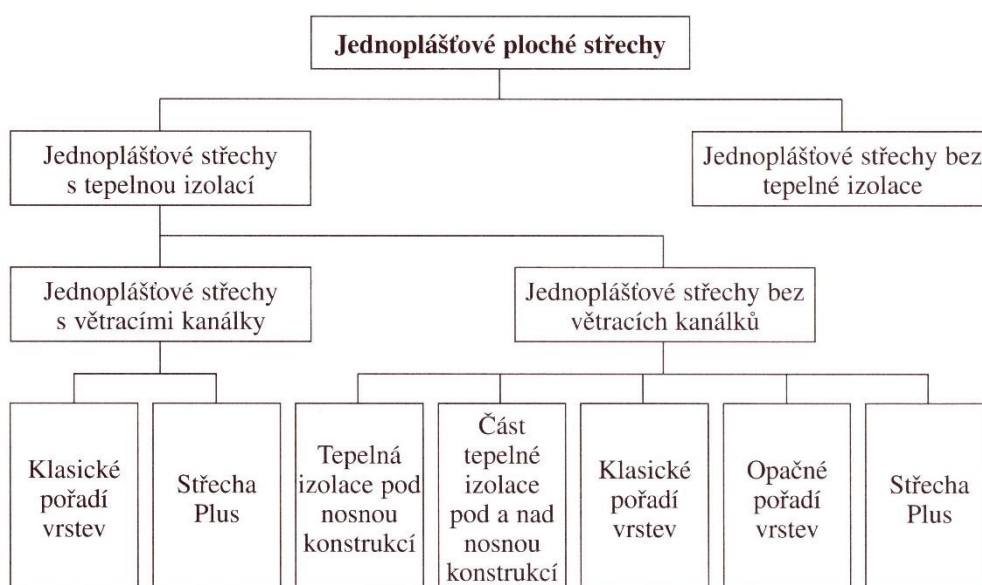
1.3 Dle plošné hmotnosti souvrství

- Těžké (plošná hmotnost $\geq 100 \text{ kg/m}^2$)
- Lehké (plošná hmotnost $\leq 100 \text{ kg/m}^2$)

2 Jednoplášťové ploché střechy

Jednoplášťová střecha se díky své nižší investiční náročnosti, rychlosti realizace a v neposlední řadě i variabilitou povrchových úprav (terasy, střešní zahrady apod.), stala nejrozšířenějším druhem plochých střech. Ve srovnání s ostatními druhy plochých střech je zde jednodušší možnost oprav a dodatečného zateplení a celková tloušťka střešního pláště je menší.

Při návrhu jednoplášťových střech je nutností respektovat zákonitosti stavební fyziky, zejména pak bilanci zkondenzované a vypařené vodní páry. Vlhkostní poměry ve střešním plášti totiž ovlivňují vlastnosti a funkčnost celé konstrukce. V případě nedodržení těchto zásad se postupem času začne chybný návrh jednoplášťové konstrukce projevovat formou poruch ve střešním plášti, které se projevují ztrátou tepelně izolačních schopností, korozí, hnilobou, objemovými změnami apod. [1]



Obrázek 1: Schéma rozdělení jednoplášťových střech [1]

2.1 Jednoplášťové ploché střechy bez tepelné izolace

Používají se především pro nevytápěné budovy, tedy pro budovy bez tepelně technických požadavků. Mezi takové budovy patří například různé sklady, garáže apod. V tomto případě stačí, aby střecha plnila pouze nosnou a hydroizolační funkci. Spád střechy je vytvořen nosnou konstrukcí, a to v závislosti na druhu krytiny. V důsledku absence tepelné izolace dochází v nosné konstrukci k objemovým změnám, které na ni mají negativní vliv. [1]



Obrázek 2: Příklad skladby jednoplášťové střechy bez tepelné izolace [1]

2.2 Jednoplášťové ploché střechy s tepelnou izolací

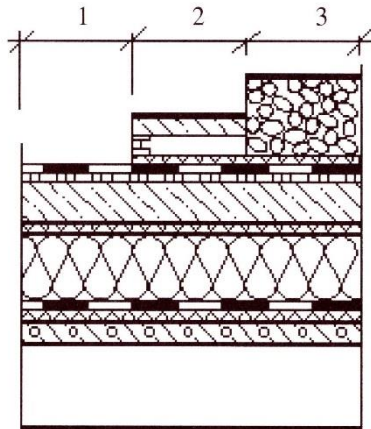
Jedná se o nejrozšířenější druh jednoplášťové ploché střechy. Zejména proto, že se uplatňuje pro zastřešení široké škály občanských a administrativních budov, obecně pro budovy s tepelně technickými požadavky. [1]

2.2.1 Provětrávané jednoplášťové ploché střechy

Ve skladbě těchto střech byl v tepelně izolační vrstvě vytvořen systém větracích kanálků. Ty byly napojeny na vnější prostředí, buď otvory v atice nebo větracími komínky. Pro správnou funkci těchto střech je nezbytné zajistit dostatečné proudění vzduchu, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par uvnitř větracích kanálků. Toho lze dosáhnout například vztlakem teplého vzduchu (výškový rozdíl ve vyústění kanálků). Za vhodnou vzdálenost kanálků se považuje 500-1000 mm s šířkou kanálků alespoň 30 mm. Vzhledem k velkému množství podmínek a zásad, zajišťujících správnou funkci této střechy, a jejich náročné realizace, se od navrhování provětrávaných jednoplášťových střech upustilo. U nově realizovaných střech se provádění větracích kanálků z tepelně technických důvodů nedoporučuje. Dnes se s těmito střechami v praxi setkáme hlavně u rekonstrukcí. [1;2]

2.2.2 Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev

Střešní plášť se zde skládá z hydroizolační vrstvy, která může a nemusí být ochráněna zvláštní ochranou vrstvou, dále z tepelně izolační a spádové vrstvy (někdy se spád střechy provádí pomocí tepelné izolace a tím se tyto dvě vrstvy dají sloučit v jednu), expanzní, parotěsné, dilatační a separační vrstvy. [1]



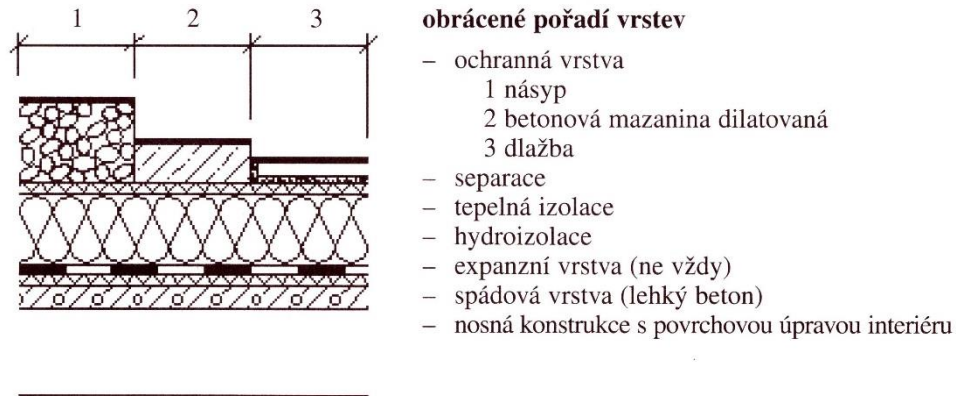
klasické pořadí vrstev

- ochranná vrstva
- 1 bez ochranné vrstvy
- 2 dlažba na podložkách + separace
- 3 násyp + separace
- hydroizolace
- expanzní vrstva
- podkladní beton (dilatovaný)
- separační vrstva
- tepelná izolace
- parotěsnicí vrstva
- expanzní vrstva (ne vždy)
- spádová vrstva (lehký beton)
- nosná konstrukce s povrchovou úpravou interiéru

Obrázek 3: Příklad skladby střešního pláště jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev [1]

2.2.3 Jednoplášťová střecha s opačným pořadím vrstev

Princip této střechy spočívá v umístění hydroizolační vrstvy pod vrstvou tepelně izolační. Je proto naprosto zásadní, aby tepelná izolace byla z materiálu s minimální nasákavostí – tou je z pravidla extrudovaný polystyren (XPS). Desky XPS se pokládají na vazbu na navrženou hydroizolační vrstvu z asfaltových pasů, nebo hydroizolační fólie. V případě použití hydroizolační fólie je nutné brát v úvahu materiálové provedení a v případě potřeby je nutné oddělit hydroizolační fólii vhodnou separační vrstvou.



Obrázek 4: Příklad skladby střešního pláště jednoplášťové střechy s obráceným pořadím vrstev [1]

Jedním z problémových faktorů u obrácených střech je stabilita střešního pláště. Vzhledem k tomu, že tepelně izolační vrstva není nijak kotvena, je potřeba zajistit její polohu ve střešním plášti. V případě přívalových dešťů, kdy by vlivem působení vztlaku vody na tepelně izolační desky XPS došlo ke změně jejich polohy ve střešním plášti, stejně tak jako při sání větru. Zajištění stability tepelné izolace se standardně provádí přitížením. Z tohoto důvodu se navrhuje vrstva kačírku nebo další provozní souvrství. [2]

Dalším problémovým faktorem je netěsnost spár tepelně izolačních desek XPS a následné protékání chladné srážkové vody spárami, při dešti nebo tání sněhu. Chladná voda tak proteče až na hydroizolaci a způsobí její ochlazení a v důsledku toho, pod ní může nastat okamžitá kondenzace. K této skutečnosti je potřeba přihlédnout při návrhu a dimenzování tepelné izolace. [1]

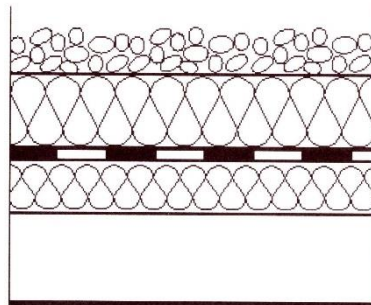
2.2.4 Jednoplášťová plochá střecha kombinovaná se střechou s opačným pořadím vrstev – DUO střecha

Jedná se o klasickou jednoplášťovou plochou střechu, s povlakovou hydroizolací a vhodnou tepelnou izolací, na kterou je umístěna další tepelně izolační vrstva. Stejně jako u běžné obrácené střechy je přidána tepelná izolace v přímém styku s vlhkostí a srážkovou vodou, proto ji vždy navrhujeme z extrudovaného polystyrenu (XPS).

DUO střecha se dá s výhodou využít v následujících případech:

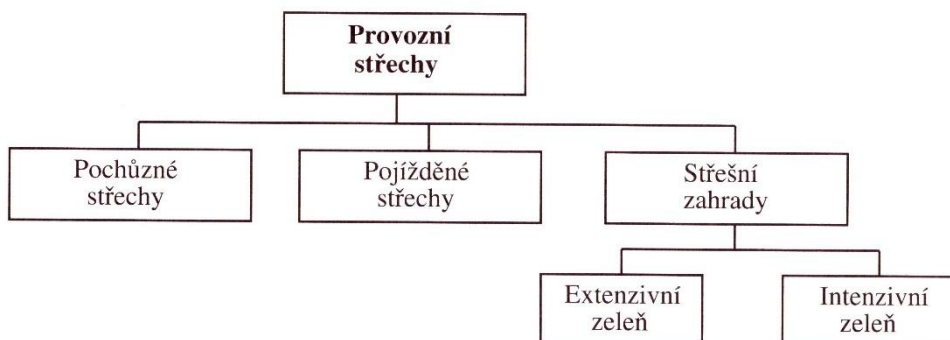
- V případě, kdy je vznesen požadavek na vytvoření obrácené střechy na nosné konstrukci s malou tepelnou akumulací. DUO střecha je varianta obrácené střechy, kde je zamezeno podchlazení nosné konstrukce v důsledku protékání srážkové vody spárami tepelné izolace, a tím i vzniku hygienických závad v důsledku kondenzace.

- V případě, že chceme na jednoplášťové střeše realizovat terasu, nebo jiné provozní souvrství a z pohledu pevnosti v tlaku nevyhoví navržená tepelná izolace (například ESP). V tomto případě by docházelo nejen k porušení tepelné izolace, ale i povlakové hydroizolace. Toto se týká například teras s dlažbou na tercích. V těchto případech je vhodné navrhnout DUO střechu a využít tak pevnosti v tlaku XPS. Umístěním desek o tloušťce alespoň 50 mm na stávající jednoplášťovou střechu, bude zajištěno spolehlivé roznesení bodového zatížení z terců pod dlažbou do podkladu.
- V případě, že stávající klasické jednoplášťové střechy již nevyhovují současným tepelně technickým požadavkům. V těchto případech je nutné přidanou tepelnou izolaci přitížit, stejně jako tomu je u klasické střechy s obrácením pořadí vrstev. Podmínkou je dostatečná únosnost nosné konstrukce. [2]



Obrázek 5: Příklad skladby střešního pláště jednoplášťové střechy kombinované se střechou s opačným pořadím vrstev – DUO střecha [1]

3 Provozní střechy



Obrázek 6: Schéma rozdělení provozních střech [1]

Provozní střechy poskytují možnost dalšího využití střech k provozním nebo odpočinkovým aktivitám. Umožňují využít střechu jako pochůznou nebo pojížděnou terasu, sportovní hřiště, parkoviště, bazén nebo různé odpočinkové plochy. Vysoce využívanou formou provozní střechy je také střešní zahrada.

Skladba provozní střechy se většinou navrhuje jako jednoplášťová, zcela výjimečně jako dvouplášťová. Skladba střešního pláště a materiálové řešení jednotlivých vrstev se navrhuje vždy s ohledem na druh provozu.

Provozní střechy mají své nesporné **výhody** z architektonického a environmentálního hlediska (rozšířená využitelnost stavby, příznivý vliv na životní prostředí u vegetačních střech), stejně tak i z konstrukčního hlediska (ochrana hydroizolace před vnějšími vlivy). Mezi hlavní **nevýhody** provozních střech patří vysoké investiční náklady, technologická náročnost a nákladné případné opravy. [1]

3.1 Pochůzné střechy

Jedná se o typ provozní střechy určený k trvalému využívání osobami. Nejčastěji se navrhuje na terasách, balkonech, lodžích a na střechách budov. Využívá se například na střechách halových budov, kde se doporučuje vymezit speciální pruhy pro častější pohyb osob zajišťující obsluhu technického zařízení budov.

Materiálové varianty provedení provozní vrstvy:

- **Dlažba na terčích**

Pochůznou vrstvu většinou tvoří dlažba – betonová, keramická, teracová, kamenná a gumová, popřípadě i z jiných mrazuvzdorných materiálů zajišťujících bezpečný pohyb osob. Podmínkou je pevný podklad, tj. tepelná izolace XPS nebo pěnové sklo. V případě použití jiných tepelných izolací je nutné navrhnout roznášecí vrstvu z betonové mazaniny, čímž je ale vnesen do výstavby „mokrý“ proces, který s sebou nese řadu nevýhod a omezení.

Podložky neboli terče existují ve dvou variantách nerektifikované a rektifikované (s proměnnou výškou 40-225 mm) a kladou se prostřednictvím separační vrstvy na povlakovou hydroizolaci v případě střechy s klasickým pořadím vrstev nebo

na tepelnou izolaci v případě obrácené střechy. Z důvodu možného zatlačování podložek do hydroizolace a její následné poškození se u střech s klasickým pořadím vrstev nedoporučuje navrhovat dlažbu na podložkách. Možným řešením je použití podložek s co největší roznášecí plochou.

- **Dlažba do maltového lože**

Jde o nejstarší způsob provádění, který je uplatňován zejména u střech s klasickým pořadím vrstev. Na povlakovou hydroizolaci je nutné položit dilatační a zároveň separační vrstvu, na které se provede betonová mazanina. Tu je nutné dilatovat v maximální ploše 2x2 m, po obvodě a u prostupujících konstrukcí. Na ni se již pokládá dlažba do maltového lože, které je nutné dilatovat stejně jako betonovou mazaninu. Doporučuje se použití mrazuvzdorného betonu a malty.

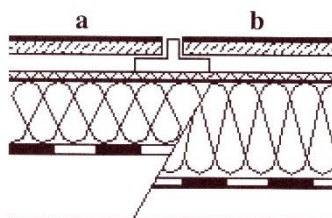
- **Betonová mazanina**

U méně náročných staveb je možné navrhnout betonovou mazaninu jako finální pochůznou vrstvu. Je nutné ji dilatovat v maximální ploše 2x2 m a pro delší životnost se doporučuje použít mrazuvzdorné materiály. V závislosti na druhu provozu je možné vyztužení litých vrstev. Betonovou mazaninu je nutné od povlakové hydroizolace oddělit separační, dilatační někdy i drenážní vrstvou.

- **Dlažba do podsypu**

Vhodná dlažba o vyšší půdorysné ploše (alespoň 500x500 mm) se optimálně klade na zhutněný podsyp z kačírku frakce 4-8 mm. Hydroizolační vrstvu nebo tepelně izolační vrstvu v případě obrácené střechy je nutné oddělit separační vrstvou – ochranná textilie nebo PE fólie. Obvykle se navrhuje podsyp tloušťky 80 mm. Tento způsob není příliš častý u střech s klasickým pořadím vrstev, používá se spíše u obrácených nebo DUO střech.

Dále se dají uplatnit jiné další úpravy. Například nejrůznější roštové konstrukce, které jsou výhodné svou malou hmotností. [1]



1. – dlaždice
- podložka
- separační vrstva – celoplošná (např. umělohmotné rouno)
- a) souvrství jednopláštové střechy – s kombinovaným pořadím vrstev
- b) souvrství jednopláštové střechy s obráceným pořadím vrstev
- nosná stropní konstrukce včetně vnitřní úpravy

Obrázek 7: Příklad skladby střešního pláště pochůzné střechy – dlažba na terčích [1]

3.2 Pojížděné střechy

Pojížděné střechy jsou střechy určené k trvalému užívání, zpravidla pro pojíždění a parkování vozidel. Takovýto provoz na střeše působí na střešní souvrství koncentrovanými silami přes kola vozidel (tlak) a dále silovými účinky brzdových a akceleračních sil (smyk). Zvláštním případem jsou střechy určené pro železniční dopravu nebo přistávání helikoptér, zde je provozní namáhání střešní skladby odlišné, zpravidla jen tlakové.

Pro správnou funkci pojížděných střech je důležité použít materiály odolné tlakovému a smykovému namáhání, stejně tak zajistit jednotnost vrstev pro lepší smykovou pevnost.

Materiálové varianty provedení provozní vrstvy:

- **Litý asfalt, asfaltobeton**

Nejčastější způsob realizace provozní vrstvy. Umisťuje se na vhodný podklad, tj. tuhá roznášecí vrstva – betonová nebo železobetonová deska. Pokládá se obvykle ve dvou vrstvách na separační a dilatační vrstvu odolávající vysokým teplotám při kladení asfaltu. Hydroizolační vrstva musí být dostatečně ochráněna před vysokými teplotami při provádění, k tomu se dají s výhodou použít speciální asfaltové pásy, které umožňují přímou pokládku litého asfaltu.

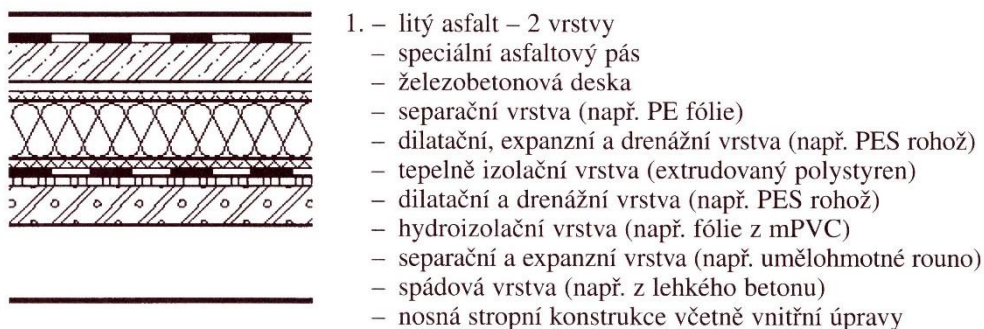
- **Dlažba**

Navrhuje se z betonu, kladená do podsypu. Dlažbu lze klást i na terče, podmínkou je použití speciálních dlaždic s vyšší únosností. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je malá ochrana hydroizolace nebo tepelné izolace u obrácených střech, primárně proti únikům ropných a jiných agresivních látek z vozidel.

- **Betonová nebo železobetonová deska**

Ve speciálních případech provozů s vysokým provozním zatížením, se navrhuje jako provozní vrstva vždy betonová nebo železobetonová deska, vždy s ochranným nátěrem.

[1]



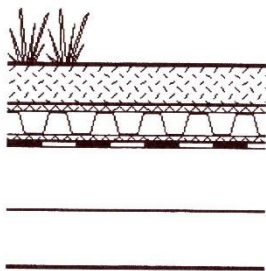
Obrázek 8: Příklad skladby střešního pláště pojížděné střechy – litý asfalt [1]

3.3 Střešní zahrady

Střešní zahrady neboli vegetační střechy jsou čím dál více využívaným prvkem dotvářejícím estetiku celé stavby. Dají se nejrůzněji kombinovat s dalšími typy provozních střech. Konstruktivní zásady při jejich návrhu jsou stejné jako u ostatních provozních střech, tj. vegetační souvrství se realizuje až po provedení vrstev střešního pláště.

Mezi nesporné **výhody** střešních zahrad patří například: Ochrana souvrství střešního pláště před mechanickým poškozením a UV zářením. Plní funkci doplňkové tepelné i akustické izolace. Některé typy vegetačních střech, díky schopnosti vegetační vrstvy pojmout až 50 % dešťových srážek, snižují špičkové zatížení kanalizační sítě v období přívalových dešťů. A v neposlední řadě mají příznivý vliv na životní prostředí.

Při realizaci střešních zahrad je zapotřebí použít spolehlivou hydroizolaci – speciální asfaltové pásy nebo hydroizolační fólie odolné vůči prorůstání kořenů. Podmínkou je také dostatečná únosnost nosné konstrukce, která umožňuje přitížení vegetačním souvrstvím. Při návrhu skladby střešního pláště střešních zahrad je důležité zohlednit způsob ozelenění střechy. Rozlišujeme zde extenzivní a intenzivní zeleň. [1;2]



3. – vegetační vrstva
- filtrační vrstva (např. geotextilie)
- hydroakumulační a drenážní vrstva (např. plastová nepopávaná fólie)
- dilatační a separační vrstva (např. ochranná textilie)
- souvrství jednovrstevné střechy s klasickým pořadím vrstev a parozábranou
- nosná stropní konstrukce včetně vnitřní úpravy

Obrázek 9: Příklad skladby střešního pláště vegetační střechy [1]

3.3.1 Extenzivní zeleň

Jeto nejčastější typ zeleně, který není potřeba udržovat a obvykle se nerealizuje se zavlažujícím systémem. Má malou výšku a rozrůstá se do šířky s plošnou hmotností vlastního vegetačního souvrství v rozmezí 90-200 kg/m². Patří sem například mechy, trávy a kobercové trvalky. Potřebná výška substrátu pro tento typ zeleně je zpravidla 60-150 mm v závislosti na technologii a druhu rostlin. Tento druh zeleně slouží k pobytu osob, proto se velice často kombinuje s pochůznými střechami (terasy).

3.3.2 Intenzivní zeleň

Tento druh zeleně se vyznačuje svou vyšší výškou a potřebuje pravidelnou péči a údržbu. Potřebná výška substrátu pro tento typ zeleně je zpravidla více než 300 mm a umožňuje tak pěstovat jak zatravněné plochy, tak i keře a stromky. To znamená větší rozmanitost zeleně střešní zahrady, ale i nutnost vlastního zavlažovacího systému. Plošná hmotnost vegetačního souvrství je zde minimálně 400 kg/m². [2]

Dalším způsobem, jak realizovat zeleň na střeše je využitím přemístitelných kontejnerů, nádob nebo velkoobjemových květináčů.

3.3.3 Zavlažování střešních zahrad

Na rozdíl od střešních zahrad s extenzivní zelení, kde obvykle postačí k zavlažování samotná dešťová voda, u zeleně intenzivní je zapotřebí zavlažovat uměle. To lze zajistit různými zavlažovacími systémy, které nasměrují potřebné množství vody na potřebnou plochu střešní zahrady, a to vždy v požadovaný čas.

Nadpovrchové zavlažování je obvykle zajištěno tzv. postřikovači s nastavitelným úhlem (20-360°) a nastavitelnou délkou dostřiku, které skrání zeleň ze vzduchu. To je vhodné řešení zejména jedná-li se o travní koberce.

Podpovrchové zavlažování je častější u zeleně s vyšší vrstvou substrátu, kde jsou pod povrchem vedeny perforované hadice, tzv. kapkové hadice, ze kterých vykapává voda. V tomto případě může být zavlažování řízeno počítačem přes vlhkostní čidla umístěna ve střešním substrátu.

Předpokladem pro správnou činnost zavlažovacího systému je správně dimenzovaný přívod vody a jeho správný návrh a realizace. Při návrhu zavlažovacího systému se doporučuje výška střešního substrátu alespoň 150 mm, v závislosti na použitém systému. V zimním období je potřeba celý systém vypustit a zazimovat, dle požadavků daného systému. [1;2]

3.3.4 Údržba střešních zahrad

Údržbou střešních zahrad rozumíme jak údržbu samotné zeleně, tak údržbu střechy, zejména pak prvků sloužících k odvodnění střechy. Střešní vpusti nebo odtokové žlaby, včetně svislých dešťových potrubí je třeba pravidelně kontrolovat a čistit od naplavenin nebo náletové zeleně a zajistit tak jejich správnou funkci. Samozřejmostí je pravidelná kontrola hydroizolace v detailech a navazujících klempířských konstrukcí a včasná oprava případných závad. [2]

4 Lehké ploché střechy

Dle normy za lehké ploché střechy považujeme střechy s plošnou hmotností nižší než 100 kg/m^2 (od vnitřního líce po tepelnou izolaci včetně). Jedná se o specifický druh plochých střech, u kterých je důležitá správná volba použitých výrobků zejména u hydroizolační a tepelněizolační vrstvy a parozábrany.

Nízká plošná hmotnost lehkých plochých střech s sebou přináší ale i jisté **nevýhody**. Pro svou nízkou plošnou hmotnost je potřeba střešní plášť lehkých střech kotvit, proti účinkům sání větru a zajistit tak jeho stabilitu. Dalším úskalím lehkých střech, vyplývajícím z jejich nízké hmotnosti jsou horší akustické parametry – zvuková neprůzvučnost. Dále jejich významně nižší schopnost akumulace tepla, díky které rychleji reagují na vnější změnu teploty vzduchu.

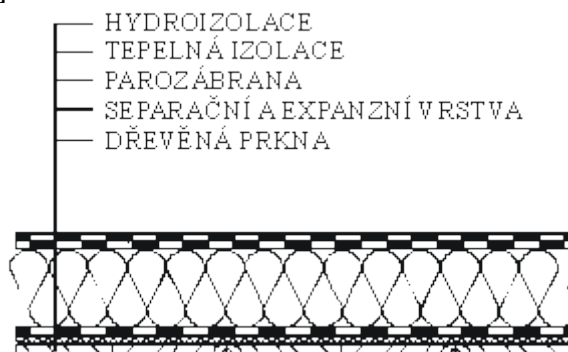
Mezi lehké ploché střechy obecně zařazujeme střechy, které mají nosnou konstrukci z dřevěného bednění nebo z trapézového plechu. [1]

4.1 Lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z dřevěného bednění

Tento druh konstrukčního řešení lehké ploché střechy lze použít pro variantu bez tepelné izolace, tedy pro střechu pouze s povlakovou hydroizolací, nebo pro klasické ploché střechy s tepelnou izolací a parozábranou.

Za lehkou plochou střechu s nosnou konstrukcí z dřevěného bednění můžeme považovat i horní plášť u dvouplášťových střech. V tomto případě je podmínkou dostatečné odvětrání vzduchovou mezerou, jinak velice rychle dochází k degradaci dřevěného bednění a velmi výraznému snížení životnosti konstrukce.

U tohoto druhu střech se k realizaci dřevěného bednění používají zpravidla dřevěná prkna tl. min. 24 mm nebo dřevoštěpkové desky OSB tl. min. 22 mm nebo vodovzdorná překližka. Hydroizolaci u těchto střech většinou tvoří hydroizolační fólie nebo kvalitní asfaltový pás s nosnými vložkami, zpravidla se používají modifikované asfaltové pásy. Tepelnou izolaci u střech na dřevěném bednění tvoří běžné tepelně izolační materiály, jako je například expandovaný polystyren (EPS) nebo izolace z minerální vlny, kterou je ale v případě použití potřeba kotvit k dřevěnému bednění. V případě provádění asfaltových pásů přímo na tepelnou izolaci je potřeba použít expandovaný polystyren (EPS) s nakaširovaným asfaltovým pásem na horním líci. [1]

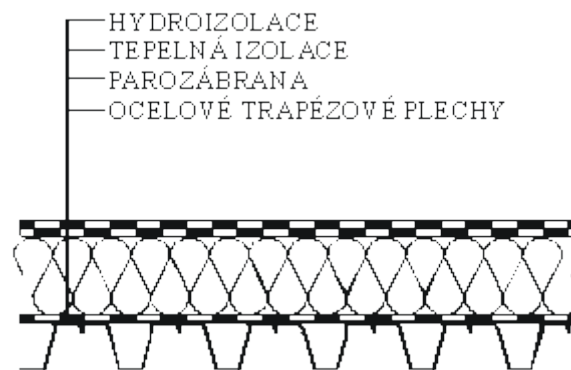


Obrázek 10: Příklad skladby střešního pláště lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z dřevěného bednění [5] <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/pict/0518.gif>

4.2 Lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z trapézového plechu

Toto materiálové řešení lehké ploché střechy se provádí výhradně s tepelnou izolací, a to kvůli velice nízké hodnotě tepelného odporu trapézového plechu. Z tohoto důvodu také není vhodné provádět horní plášť dvouplášťových střech s nosnou konstrukcí z trapézového plechu, neboť důsledkem nízkého tepelného odporu plechu, docházelo téměř zákonitě k poruchám takovýchto dvouplášťových střech.

Tento typ střechy umožňuje realizaci i za nepříznivých klimatických podmínek (zimní období), lze konstruovat bez „mokrého“ procesu a v případě použití asfaltových pásů s minimální prací s plynovými hořáky. Pro tyto střechy je nezbytný návrh správné technologie a svědomitý výběr použitých materiálů. [1]



Obrázek 11: Příklad skladby střešního pláště lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z trapézového plechu [5] <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/pict/0519.gif>

Nejčastěji se používá pozinkovaný plech a pro snížení rizika vyboulení a deformace používá minimální tloušťka plechu 0,88 mm, obvykle však 1 mm. Důležité je zvolit profil trapézového plechu s co největší dosedací plochou (hodní pásnice plechu), která má být minimálně 50 mm široká. Takový plech pak pokládáme širší dosedací plochou nahoru. Obecně je vhodné volit co největší formát plechových tabulí, aby se co nejvíce zamezilo pronikání vlhkosti z interiéru spárami do střešního souvrství. Vzhledem k tomu, že střecha je tvořena z desítek nebo stovek plechových tabulí, tudíž je zde vysoký počet spár, je nutné na trapézový plech vždy umístit parozábranu. Tabule trapézového plechu se pak vzájemně spojují šrouby nebo nýty ve vzdálenosti 333-500 mm.

Z důvodu sání větru jsou nezbytnou součástí této střechy kotevní prvky. Jejich počet a rozmístění závisí na statickém výpočtu, obecně se doporučuje alespoň 3ks/m^2 . Kotevní prvky se umísťují do horní dosedací plochy trapézového plechu, tudíž jejich rozteč je závislá na rozteči vln trapézového plechu. [1]

5 Dvouplášťové ploché střechy

Dvouplášťová plochá střecha je taková střecha, která odděluje interiér budovy od exteriéru dvěma střešními pláštěmi. Mezi těmito pláštěmi je zpravidla vzduchová mezera, která je větraná (větrané dvouplášťové střechy), nebo nevětraná (nevětrané dvouplášťové střechy). Minulosti u nás byly dvouplášťové ploché střechy rozšířenější než v zahraničí, a to hlavně z důvodu malé materiálové základy tepelných a vodotěsných izolací. Dvouplášťová střecha se považuje obecně za spolehlivější než střecha jednoplášťová.

Oproti střeše jednoplášťové jsou návrh, realizace nebo případné rekonstrukce dvouplášťových střech složitější a technicky náročnější. Pro zajištění správné funkce dvouplášťové střechy je zapotřebí dodržet zásady provádění a tím zamezit následným poruchám, jejichž oprava bývá často velice nákladná jak finančně, tak technicky. [2]

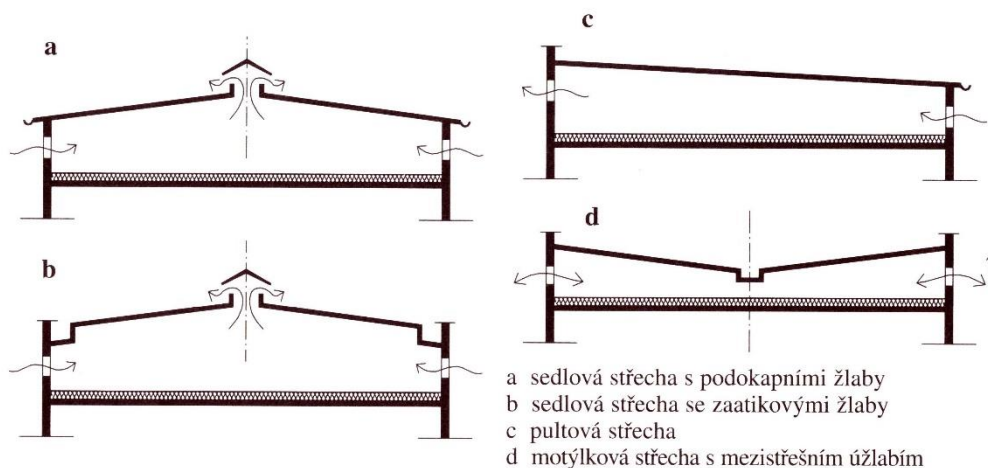
5.1 Nevětrané dvouplášťové ploché střechy

Jedná se o typ dvouplášťové střechy, jejíž vzduchová mezera není provětrávaná. Neprovětrávaná vzduchová mezera, se dá svým charakterem považovat za méně účinnou tepelnou izolaci. Dalo by se tedy říct, že jde o obdobu klasické jednoplášťové střechy a také se jako jednoplášťová střecha posuzuje z hlediska tepelné techniky. Nevětrané vzduchové mezery jsou ovšem velice rizikovým prvkem z pohledu kondenzace vlhkosti, proto se doporučuje takovéto střechy nenavrhopvat. To bere v potaz i stavební norma, která doporučuje místo dvouplášťových střech, kde nelze zajistit účinné větrání vzduchové mezery, navrhovat střechy jednoplášťové, pokud vyhoví daným požadavkům. [1;2]

5.2 Větrané dvouplášťové ploché střechy

Jde o nejrozšířenější typ dvouplášťových střech, kdy přes otvory ve svislé obvodové stěně proudí vzduchovou mezerou vzduch. Tento pohyb vzduchu vzduchovou mezerou je způsoben tlakem větru na návětrné straně střechy a sání větru na závětrné straně, nebo rozdílem teplot vzduchu ve vzduchové mezeře.

Důležitou roli hraje také návrh odvodnění ploché střechy, který ovlivňuje výšku provětrávané mezery. Jako vhodné se podle tohoto kritéria jeví střechy pultové nebo sedlové se zaatikovými nebo podokapními žlaby. Nevhodné jsou střechy motýlkové s mezistřešním úžlabím, kde často bývá zamezeno proudění vzduchu.



Obrázek 12: Příklady větraných dvouplášťových střech [1]

- **Horní plášť**

Horní plášť je zpravidla tvořen povlakovou hydroizolační vrstvou, která je položena na nosné konstrukci horního pláště. Tu tvoří dřevěné, železobetonové nebo keramické panely nebo z důvodu nižší životnosti méně využívané dřevěné bednění. Konstrukce horního pláště je uložena na systému podpěr: dřevěné vazníky, plnostěnné spádové klíny nebo jiné konstrukce. Z důvodu nízkého tepelného odporu horního pláště, hrozí kondenzace vlhkosti na spodním líci dřevěného bednění a následně jeho degradace. Ze stejného důvodu je naprosto nevhodné jako nosnou konstrukci horního pláště používat trapézový plech, který má téměř nulový tepelný odpor a téměř zákonitě zde dochází ke kondenzaci. [1]

- **Větraná vzduchová mezera**

Většinou u dvouplášťových větraných střech bývá neprůlezná, ale může být i průlezná. Minimální výška větrané vzduchové mezery by měla být vždy alespoň 100 mm nejlépe však 250 mm. Vzduchová mezera by měla být vždy průběžná, bez zbytečných překážek, které by zamezovaly účinnému proudění vzduchu mezi větracími otvory. Správnou funkci větrané mezery zásadně ovlivňuje rozmístění a velikost větracích otvorů. Jejich velikost můžeme stanovit i empiricky jako $1/100-1/400$ plochy střechy. Dále její tvar. Spodní líc horního pláště, pokud je ve spádu, napomáhá žádoucímu proudění vzduchu vzduchovou mezerou, proto by se spád horního pláště měl vždy provádět systémem podpěr (dřevěné vazníky), nikoliv nosnou konstrukcí horního pláště. [1;2]

- **Spodní plášť**

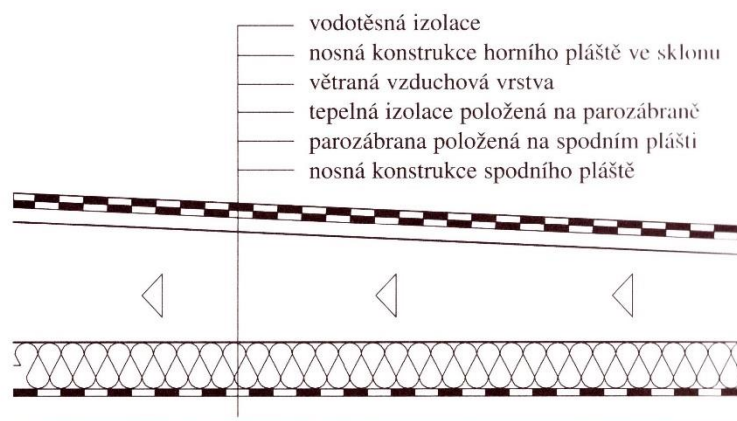
Spodní neboli vnitřní plášť tvoří stropní konstrukce a tepelná izolace a bývá zpravidla vodorovný. Pod tepelnou izolaci se v některých případech umísťuje parozábrana. Podmínkou pro správnou funkci větrané dvouplášťové střechy je nezbytné, aby byl její spodní plášť vzduchotěsný, tím je pak zajištěno účinné proudění vzduchu vzduchovou mezerou. Tato podmínka bývá problémem zejména u dřevěných konstrukcí vnitřního pláště. [2]

- **Svislá obvodová stěna**

Jsou v ní umístěny větrací otvory, přes které proudí vzduch větranou vzduchovou mezerou. Vymezuje prostor střechy a je-li vyvedena nad povrch střechy tvoří zároveň atiku. Navrhuje a provádí se tak, aby bylo zamezeno kondenzaci na jejím vnitřním povrchu. Její tepelný odpor by měl být vždy výrazně vyšší než tepelný odpor horního pláště střechy, vzhledem ke vzniku tepelných mostů na styku svislé obvodové střechy a obvodového pláště objektu.

Mezi hlavní **výhody** dvouplášťových větraných střech patří jejich rychlá montáž ve všech klimatických podmínkách. Jsou vhodné pro budovy s vlhkým provozem nebo budovy s vysokou relativní vlhkostí vzduchu. Jejich horní plášť spolu se vzduchovou mezerou výrazně snižují kolísání teploty v interiéru pod střechou, hlavně v letních měsících. Lze použít i sypké nebo stlačitelné tepelněizolační materiály.

Hlavní **nevýhody** dvouplášťových větraných střech jsou jejich technická a investiční náročnost. V případě potřeby doplnění tepelné izolace je obvykle potřeba demontovat horní plášť. Vyšší konstrukční výška oproti jednoplášťové střeše, nákladnější oprava chyb a nutná vyšší pracovní kázeň při realizaci. [1;2]



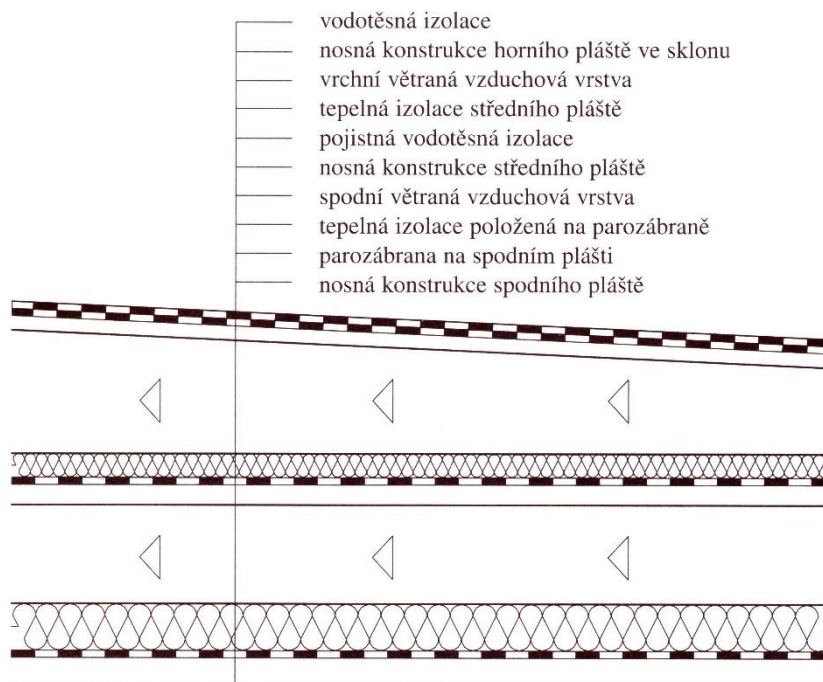
Obrázek 13: Příklad skladby střešního pláště větrané dvouplášťové ploché střechy [1]

6 Víceplášťové ploché střechy

6.1 Tříplášťové ploché střechy

Tříplášťové ploché střechy jsou vzácné a provádí se velice zřídka. Vhodné jsou například v případě, kdy je nutné omezit odtávání sněhu na střeše nebo když je potřeba zvýšit bezpečnost střechy z hlediska vodotěsné izolace. Její návrh je možný také v případě, když je potřeba omezit ohřívání podstřešních prostor v letních měsících.

Pro návrh tříplášťové střechy platí stejné zásady a je potřeba dodržet stejné postupy jako u střechy dvouplášťové. [1]



Obrázek 14: Příklad skladby střešního pláště větrané tříplášťové ploché střechy [1]

7 Hydroizolační vrstva

Hlavním úkolem každé střechy je ochránit stavbu před srážkovou vodou. Z tohoto pohledu je hydroizolační vrstva nejdůležitějším prvkem ve skladbě střešního souvrství. Tvoří spolehlivý, zcela vodotěsný povlak – povlaková hydroizolace.

Na hydroizolační vrstvu zpravidla působí ve veliké míře namáhání od klimatických vlivů (děšť, sníh, kroupy, UV záření atd.). Z tohoto důvodu je nezbytné, aby každá hydroizolace dokázala dlouhodobě těmto vlivům odolávat. Její životnost lze výrazně prodloužit v případě použití ochranných prvků, jako je například vrstva kačírku nebo konstrukční vrstvy u obrácených střech. U střešních zahrad je potřeba zvolit takový druh hydroizolace, který je dlouhodobě odolný proti prorůstání kořenů rostlin. Pokud tomu tak není, je potřeba hydroizolační vrstvu doplnit o vhodnou ochrannou vrstvu, která hydroizolaci ochrání před kořeny rostlin.

Hydroizolační vrstvu lze v dnešní době provést hydroizolačními pásy, nebo hydroizolačními stěrky. Hydroizolační pásy mají svou hlavní výhodu v tom, že jsou vyráběny ve výrobních závodech s konstantní tloušťkou a garantovanou kvalitou. Oproti tomu tloušťka hydroizolační stěrky i její výsledná kvalita je závislá na zkušenosti samotných izolatérů při jejím provádění. [1]

7.1 Asfaltové hydroizolační pásy

Asfaltové hydroizolační výrobky jsou ve stavebnictví nejrozšířenější a zároveň patří mezi nejstarší. Díky velkému rozmachu této technologie je dnes oproti minulosti daleko větší nabídka různých asfaltových výrobků. Spolu s rozšířením nabídky došlo i ke zvýšení kvality a s tím i tížené životnosti asfaltových pásů.

7.1.1 Složení asfaltových hydroizolačních pásů

Základní konstrukční skladba asfaltového pásu je tvořena:

- Horní asfaltovou krycí hmotou
- Nosnou vložkou
- Spodní asfaltovou krycí hmotou

Je nutno podotknout, že v praxi najdeme i asfaltové pásy bez nosné vnitřní vložky. Na horní nebo spodní asfaltovou krycí vrstvu mohou být použity různé povrchové úpravy. Běžně se horní krycí vrstva pokrývá drcenou břidlicí ve formě posypu, která slouží jako ochrana pásu proti UV záření a tím prodlužuje jeho životnost. Spodní krycí vrstva se zpravidla opatřuje separační spalitelnou PE folií, která zabraňuje slepení asfaltu při transportu a manipulaci s pásem ve formě role. [1;6]

7.1.1.1 Asfaltová krycí hmota

Asfaltová hmota se vyrábí pomocí ropného asfaltu a minerálních plniv. Do modifikovaných asfaltů se ještě přidávají modifikátory. Pro speciální druhy asfaltových pásů, například samolepící, asfaltový pás určený do prostor s rizikem požáru nebo asfaltové pásy určené pro střešní zahrady, se přidávají další přísady a aditiva, tak aby daný druh asfaltového pásu vyhověl požadovaným parametrům. [1;6]

7.1.1.1.1 Oxidované asfalty

Jedná se o tradiční surovinu pro výrobu asfaltových pásů. Pásy z tohoto druhu asfaltu nejsou odolné proti UV záření, proto je potřeba je chránit vhodnou povrchovou úpravou. Při jejich natavování na svislých plochách mohou snadno stékat a ztěžovat tak samotnou pokládku. Dají se považovat za nejlevnější řešení, což je vykoupeno relativně nízkou životností. [1]

7.1.1.1.2 Modifikované asfalty

V minulosti se hledaly cesty, jak odstranit známé nedostatky jinak kvalitních oxidovaných asfaltových pásů. Výsledkem tohoto snažení jsou modifikované asfaltové pásy.

7.1.1.1.2.1 Modifikované asfalty APP

Tyto pásy vznikají přidáním ataktického polypropylenu (APP) v množství 17-25 %. Vyznačují se vysokou odolností proti UV záření (nevyžadují další povrchové úpravy), dobrou zpracovatelností za vysokých teplot, větší tuhostí pásů oproti modifikaci SBS a celkově vyšší životností.

Za nevýhody těchto pásů považujeme jejich plastickou deformaci a jejich nižší tangenciální pevnost ve spojích v průběhu stárnutí. [1;6]

7.1.1.1.2.2 Modifikované asfalty SBS

Tyto pásy vznikají přidáním kaučuku styren – butadien – styren (SBS) v množství 8-15 %. U asfaltových pásů bez nosné vložky a plniv je množství SBS až 22 %. Vyznačují se lepší zpracovatelností na nízkých teplot, svou elastickou deformací a celkově vyšší životností. Dále možností kombinace s klasickými oxidovanými asfaltovými pásy a u pásů s vhodnou nosnou vložkou i možností mechanického kotvení k podkladu.

Mezi nevýhody těchto pásů patří jejich obecně vyšší cena oproti pásům APP. Nejsou odolné vůči UV záření, vyžadují další povrchové úpravy a při nízkém stupni modifikace mohou stékat při pokládce na svislých plochách. [1]

Tabulka 1: Porovnání obecných vlastností asfaltových pásů

Zdroj: Vlastní

	Asfaltové oxidované pásy	Asfaltové pásy APP	Asfaltové pásy SBS
Ohebnost	0°- 4 °C	-15 °C	-25 °C
Stálost za tepla	+70 °C	+130 °C	+100 °C
Bod měknutí (KK)	+80 °C	+150 °C	+120 °C

7.1.1.2 Plnivo

Minerální plnivo, které je obsaženo v krycí hmotě oxidovaného i modifikovaného asfaltového pásu, zvyšuje bod měknutí, snižuje stékavost asfaltové hmoty a zlepšuje stabilitu asfaltového pásu při skladování. Jako minerální plnivo se používá: [1]

- rozemletá břidlice
- vápencová moučka
- čedičová moučka
- vyhovující elektrárenský popílek

7.1.1.3 Nosná vložka

Nosná vložka asfaltových pásů se nachází zpravidla mezi horní a spodní asfaltovou krycí hmotou, tzn. ve střední třetině souvrství asfaltového pásu. Při výběru vhodného asfaltového pásu bývá význam nosné vložky velice často podceňován. Je důležité zvolit správný druh nosné vložky z materiálového hlediska v závislosti na způsobu pokládky a způsobu konečného namáhání asfaltového pásu ve střešním souvrství. Typ nosné vložky ovlivňuje technické vlastnosti, spolehlivost a životnost asfaltového pásu. [1]

Používané materiály pro nosné vložky:

- Strojní hadrová lepenka
- Skelná rohož
- Polyesterová rohož
- Kovová nosná vložka

7.1.2 Druhy asfaltových pásů

7.1.2.1 Asfaltové pásy typu A

Tento typ asfaltových pásů se používal zejména v minulosti. Dnes se s tímto asfaltovým pásem setkáme zejména v podobě podkladní, separační, vyrovnávací nebo ochranné vrstvy. Je tvořen nosnou vložkou, která je naimpregnovaná asfaltovou hmotou. Takto naimpregnovaná nosná vložka se poté položila do nátěru z horkého asfaltu a tím se vytvořilo hydroizolační souvrství. Jejich tloušťka je přibližně 1 mm, proto se nedají považovat za plnohodnotné asfaltové pásy s krycí asfaltovou hmotou. [1;6]

7.1.2.2 Asfaltové pásy typu R

Jde o asfaltové pásy s hadrovou nosnou vložkou nebo nosnou vložkou ze skelné rohože. Nosná vložka je z obou stran opatřena krycí asfaltovou hmotou tloušťky 1 mm. Celková tloušťka asfaltového pásu nepřesáhne 3 mm. Pokládku těchto pásů nelze provést natavením plynovým hořákem, ale jejich položením do nátěrů horkého asfaltu. Tyto asfaltové pásy se dají použít také na kaširování tepelněizolačních prvků z expandovaného polystyrenu (EPS). [1;6]

7.1.2.3 Asfaltové pásy typu S

V současnosti nejpoužívanější typ asfaltových pásů pro vytvoření povlakových hydroizolací plochých střech. Je tvořen vhodnou nosnou vložkou opatřenou z obou stran krycí asfaltovou hmotou o tloušťce více než 1 mm. Celková tloušťka takové pásu by pak měla být více než 3 mm. Podle zahraniční i české normy by samolepící asfaltové pásy měly mít

minimální tloušťku aspoň 3 mm. Natavitelné asfaltové pásy minimálně 4 mm a speciální asfaltové pásy pokládáné v jedné vrstvě alespoň 5 mm. [1;6]

7.2 Hydroizolační fólie

Spolu s asfaltovými pásy jsou hydroizolační fólie široce používanou variantou povlakové hydroizolace plochých střech. Oproti asfaltovým pásům, které se natavují plynovým hořákem, jde o výrazně čistší technologii, kde se spoje provádí většinou horkým vzduchem, zřídka kdy vulkanizací nebo samolepicí technologií a zpravidla se pokládají v jedné vrstvě.

Tloušťka hydroizolačních fólií se pohybuje mezi 1,2 – 2,0 mm, výjimečně i 3 mm (hydroizolační fólie s podílem asfaltu). S jejich malou tloušťkou souvisí jejich nízká plošná hmotnost, která je většinou do 3 kg/m², ale také jejich náchylnost na mechanické porušení nebo propálení při pokládce, což vyžaduje přísnou kázeň na stavbě při realizaci. Oproti asfaltovým pásům je potřeba, zejména u polymerních fólií, dbát na vzájemnou nesnášenlivost s určitými stavebními hmotami.

Předností hydroizolačních fólií je jejich tvárnost, průtažnost a vynikající ohebnost umožňující jak absorpci a přenos pohybů ve spodních vrstvách střešního souvrství, tak relativně nenáročné vypracování tvarově náročných detailů. Jsou odolné proti UV záření a jejich odolnost vůči teplotním vlivům se pohybuje v rozmezí -40 až +130 °C. [1]

7.2.1 Druhy hydroizolačních fólií

Díky stálému vývoji a v oblasti stavebních materiálů se mezi konkurenčními výrobky (asfaltové pásy a hydroizolační fólie) postupně začínají vzájemně přejímat vlastnosti a tím vzájemně doplňovat nedostatky těchto materiálů. Zavedením polymerní modifikace asfaltových pásů se zvyšuje například jejich zpracovatelnost v širším teplotním rozmezí, což byla dříve přednost fólií. Naopak do některých fólií se začal přidávat určitý podíl asfaltu, čímž se zlepšila jejich odolnost vůči mechanickému poškození. Tímto způsobem se vytvořila celá řada dnes již běžně využívaných materiálů. [1]

7.2.1.1 Termoplastické hydroizolační fólie

Jedná se o dnes nejčastěji používaný typ hydroizolačních fólií. Jejich modul pružnosti je silně závislý na teplotě. Při teplotě 380–450 °C, dle typu fólie, dochází ke zplastizování, kterého se využívá při provádění spojů fólie horkovzdušným agregátem. Jsou recyklovatelné.

Při provádění detailů atik a světlíků, liniových fixacích nebo zakončení termoplastické foliové hydroizolace se využívá tzv. poplastovaných plechů. Jedná se různé konstrukční prvky jako jsou pásy, lišty nebo úhelníky z pozinkovaného plechu obvyklé tloušťky 0,6 mm potažené na horní straně plastem tl. 0,6 – 0,8 mm – stejným materiálem jako je příslušná fólie. Takto poplastovaný plech umožňuje pevné přivaření fólie, které tvoří vodotěsný spoj. [1]

7.2.1.1.1 Hydroizolační fólie na bázi PVC s tekutými změkčovadly (mPVC)

Výroba těchto fólií probíhá převážně kalandrováním neboli válcováním, a to v tloušťkách 1,2 až 2,0 mm. Pro mechanické kotvení jsou opatřeny ztužující mřížkou z polyesterových vláken. Polyvinylchlorid (PVC) je tvořen z 57 % z kamenné soli a 43 % z ropy a ve své podstatě je to tuhý nepoddajný materiál. V případě hydroizolačních fólií je tento materiál změkčen. To se provádí pomocí monomerických nebo polymerických změkčovadel.

- Monomerická změkčovadla tvoří olejové ftaláty, které při styku s asfaltem a dehtem a menší míře i pěnovým polystyrenem (EPS) unikají do okolí. V praxi se tento nepříznivý jev řeší umístěním separační vrstvy mezi oba materiály a případně použitím jiné vhodné tepelné izolace.
- Polymerická změkčovadla naopak od monomerických nejsou tak náchylná na unikání materiálu fólie a jsou proto snášenlivá s asfaltem, dehtem a pěnovým polystyrenem (EPS), což je vykoupeno jejich vyšší cenou. [8]

7.2.1.1.2 Hydroizolační fólie typu EVA/PVC

Tento typ hydroizolačních fólií vznikl jako náhrada poruchových fólií s migrujícími monomerními změkčovadly. Tekutá změkčovadla byla nahrazena tuhými, kdy základ materiálové báze tvoří z 60 % etylen – vinyl – acetát (EVA) a z 35 % PVC. Zbýlých 5 % tvoří stabilizátory, pigmenty a plniva. Vyrábějí se v tloušťce 1,8 – 2,2 mm a tažnost homogenní fólie je nad 320 % (kaširovaná fólie má tažnost 70 %). Kotví se mechanicky, lepením nebo pomocí zatěžovací vrstvy, případně lze použít samolepicí fólie. V roce 2000 byl uveden na trh tento druh fólie, který je na horním povrchu opatřen solárními články umožňující využití slunečního záření. [1]

7.2.1.1.3 Hydroizolační fólie na bázi polyetylenchloridů (CPE)

Materiálová báze tohoto typu fólií je tvořena PVC a chlorovaným polyetylenem (CPE) v poměru 30:70. Dále jsou obsaženy stabilizátory, pigmenty, retardéry a v malé míře monomerní změkčovadla, která zlepšují zpracovatelnost.

Fólie CPE mají velmi dobré požárně technické vlastnosti. Mají velmi dobrou odolnost vůči povětrnostním a chemickým vlivům (ropné produkty). Ve výchozí směsi je jako stabilizátor použito olovo, proto jsou tyto fólie považovány za neekologické. Další nevýhodou je podstatně náročnější pokládka ve srovnání s fóliemi mPVC nebo EVA/PVC. Tažnost těchto fólií se pohybuje okolo 23 % a jsou vyráběny v tloušťce 1,2 – 3,5 mm. [1]

7.2.1.1.4 Hydroizolační fólie na bázi polyolefinů (PO)

Jsou označovány TPO (termoplastické polyolefiny) nebo FPO (flexibilní polyolefiny). Dobře se snáší s asfaltem a pěnovým polystyrenem a díky absenci zdraví škodlivých látek také vyhovují současným ekologickým požadavkům. Z velice podobného materiálu jako jsou tyto fólie se vyrábějí například i potravinářské obaly. Vyrábí se v tloušťce 1,2 – 2,0 mm a pro mechanické kotvení jsou vyztuženy mřížkou z polyesterových vláken a skelnou rohoží.

Hlavní nevýhodou polyolefinických fólií je jejich obtížnější svařitelnost a vyšší tuhost oproti fóliím na bázi PVC. Faktor difuzního odporu dosahuje hodnoty až 220 000 a tažnost těchto fólií se pohybuje okolo 20 % (u fólií s vložkou ze skelných vláken je to až 500 %). [1;7]

7.2.1.2 Termoplastické fólie s nízkým obsahem asfaltu

Tato skupina hydroizolačních fólií je jakousi přechodovou fází mezi polymerními fóliemi a asfaltovými pásy. Jejich vlastnosti a způsob pokládky je závislý na množství asfaltové báze obsažené ve fólii. Při vyšším podílu asfaltu, mají fólie charakter spíše asfaltového pásu a při nižším obsahu asfaltu se charakterem podobají spíše klasickým fóliím.

7.2.1.2.1 Fólie na bázi ECB a OCB

Fólie ECB (etylen – kopolymer – bitumen) a OCB (olefin – kopolymer – bitumen) jsou charakteristické svou relativně vyšší tuhostí a s tím související vyšší odolností proti mechanickému poškození. S jejich vyšší tuhostí ovšem souvisí i obtížnější pokládka a zpracování tvarově komplikovanějších detailů a ve srovnání s fóliemi na bázi PVC i obtížnější svařitelnost.

Jsou zpravidla tvořeny směsí ropných asfaltů a polyolefinů. Díky absenci migrujících monomerních změkčovadel jsou plně snášitelné s asfaltem a jak už napovídá jejich materiálové složení, tak i s pěnovými polystyreny (EPS). Vyrábí se v tloušťkách 1,2 – 2,3 mm, u fólií OCB někdy i přes 3 mm v závislosti na obsahu živичné báze. Tažnost těchto fólií se pohybuje okolo 400 % a tepelná stálost do +150 °C. [1;7]

7.2.1.3 Elastomerní fólie

Tato skupina hydroizolačních fólií je známá svým plně elastickým chováním v důsledku kterého, je ve většině případů nelze tepelně tvarovat ani horkovzdušně svařovat. V důsledku toho se pro tyto fólie nevyrábí ani poplastované klempířské výrobky, na které by se tyto fólie navařily. Stejně jako fólie na bázi ECB a OCB neobsahují migrující změkčovadla a je možné je kombinovat s asfaltovými výrobky a expandovaným polystyrenem (EPS). [1;9]

7.2.1.3.1 Fólie na bázi polyizobutylenu (PIB)

Tento typ fólie je svými vlastnostmi a chováním na pomezí elastomerů a termoplastů a je známý svou mimořádně dlouhou životností. Jsou vzájemně spojovány pomocí samolepících přesahujících pruhů. Takovýto samolepící spoj nabývá svou plnou mechanickou pevnost v závislosti na teplotě prostředí po 12 až 24 hodinách. Tloušťka se pohybuje okolo 2,5 mm z toho 1,5 mm je homogenní PIB fólie a 1 mm je zespolu nakaširované polyesterové rouno. Tažnost této fólie je vyšší než 80 % a teplotní stálost od -40 do +130 °C. Nevýhodou je jejich velmi vysoký faktor difuzního odporu až 260 000 a jejich vysoká cena. [1;9]

7.2.1.3.2 Fólie na bázi etylen – propylen – dien – monomer – kaučuku (EPDM)

Jedná se o nejpoužívanější typ elastomerních fólií. Spojují se speciálními lepidly nebo vložením vulkanizovaného pásku mezi spoj a jeho následnou aktivací horkým vzduchem, čímž dojde ke spojení fólií. Vyrábějí se v tloušťkách 1,15 – 1,5 mm, v případě nakaširovaného polyesterového rouna až 2,3 mm. Díky jejich malé tloušťce jsou náchylné na protržení a mechanické poškození. Jejich tažnost je až 600 % a faktor difuzního odporu 30 000 – 60 000. Jsou odolné proti UV záření a jejich teplotní stálost tzn. setrvání v elastickém stavu je od -30 do +130 °C. [1;9]

7.2.1.3.3 Fólie na bázi CR a IIR

Fólie CR (polychloropénový kaučuk) a IIR (izoprén-izobutylový kaučuk) jsou méně používané typy hydroizolačních fólií. Mají společný způsob spojování, který se provádí pomocí speciálních lepidel nebo vložením samolepících pásků do přesahů. Nejsou vyztužené a zespolu nemají nakaširované polyesterové rouno. [9]

7.2.1.4 Termoplasticko – elastomerní fólie

Jedná se o úzkou skupinu materiálů, které ve svých vlastnostech nesou znaky jak termoplastických fólií, především jejich svařitelnost horkým vzduchem, tak pružné chování elastomerních fólií.

7.2.1.4.1 Termoplasticko – elastomerní fólie na bázi etylen – propylen – dien – monomer – kaučuku (EPDM)

Na rozdíl od elastomerních fólií na bázi vulkanizovaného EPDM se tyto fólie dají běžně svařovat horkým vzduchem, díky tomu je můžeme kombinovat s prvky z poplastovaného plechu a vykazují vysokou chemickou odolnost. Rovněž neobsahují žádná migrující změkčovadla, což je dělá snášenlivé s asfaltem a expandovaným polystyrenem (EPS). Vyrábí se v tloušťce 1,2 mm s nakaširovaným polyesterovým roumem pak 2,2 mm. Nejsou vyztužené a jejich tvárnost je zachována až do -45 °C. Tažnost těchto fólií je přes 300 % a faktor difuzního odporu je až 60 000. [1;9]

7.2.1.4.2 Termoplasticko – elastomerní fólie na bázi chlórsulfonovaného polyetylen (CSPE)

Tento typ hydroizolačních fólií bývá vyztužen polyesterovou mřížkou. Vzájemné spojování fólií probíhá jejich nahřáním a po spojení přesahů dochází ke dodatečné vulkanizaci. Tím se spoj stává pevným. [9]

7.3 Hydroizolační stěrky

Hydroizolační stěrky spadají do skupiny povlakových hydroizolací a v dnešní době je na stavbách můžeme vidat stále častěji. Nástříkem nebo nátěrem šterkové hmoty na podklad vznikne bezešvá hydroizolace, jejíž hlavní výhodou je rychlá realizace, odpadá zde většina tvarově náročných detailů v podobě koutů, prostupů a napojení. Z materiálového hlediska rozeznáváme stěrky asfaltové, polyuretanové, akrylátové a polyesterové. [1;10]

7.3.1 Asfaltové stěrky

Materiálovým základem je kvalitní asfalt a přísady, díky kterým je možné stěrkovou hmotu nanášet na podklad za studena. Podle konkrétních podmínek se navrhuje počet vrstev. Při realizaci nové stěrkové hydroizolace se stěrková hmota vyztužuje polyesterovou tkaninou a aplikuje v několika vrstvách až do výsledné tloušťky 4 mm. [1]

7.3.2 Akrylátové stěrky

Jde o jednosložkové vodou ředitelné stěrky na bázi akrylátových disperzí. Používají se především na renovace a rekonstrukce ve dvou vrstvách s rozestupem alespoň 4 hodiny mezi jednotlivými vrstvami. Je důležité zajistit bezprašný, čistý, suchý a odmaštěný povrch a bezprostředně po a před nanášením jednotlivých vrstev nesmí pršet. Více savé podklady je třeba před aplikací stěrkové hmoty penetrovat zředěným akrylátovým nátěrem v poměru 1:1.

Dají se aplikovat i ve třech vrstvách a plnit tak funkci hydroizolační vrstvy. V tomto případě je ale nezbytné její vyztužení polyesterovou tkaninou. [1;11]

7.3.3 Polyuretanové stěrky

Aplikují se ve dvou vrstvách, nátěrem a následným válečkováním v celkové tloušťce alespoň 1,2 mm. Rozestup mezi nanášením jednotlivých vrstev je 24 hodin. Používají se především na rekonstrukce a opravy stejně jako stěrky akrylátové. [1]

7.3.4 Polyesterové stěrky

Polyesterové hydroizolační stěrky jsou známé svou vysokou kvalitou a velice nízkým faktorem difuzního odporu. Jsou tvořeny polyesterovými pryskyřicemi a nanáší se ve dvou vrstvách s rozestupem cca 24 hodin v celkové tloušťce 2,0 – 2,5 mm. [1]

8 Tepelně izolační vrstva

Tepelná izolace je významnou a důležitou součástí souvrství střešního pláště plochých střech. Slouží nejen k zajištění tepelné ochrany budovy, ale v některých případech tvoří i spádovou vrstvu v podobě spádových klínů. Pro dodržení tepelně technických požadavků (pro ploché střechy $U_N = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) je klíčové správné dimenzování tepelné izolace a správná volba materiálu. [1]

8.1 Druhy tepelných izolací používaných v konstrukci ploché střechy

Z materiálového hlediska je možností hned několik, ale například u obrácených plochých střech, kde je tepelná izolace v přímém styku s vlhkostí a srážkovou vodou, jsme omezeni pouze na extrudovaný polystyren (XPS). Volba materiálu ovlivňuje jak konečnou cenu střešní konstrukce, tak i některé konstrukční úpravy, například nutnost umístění parozábrany nebo použití hydroizolačního pásu s vyšší tažností. [1]

8.1.1 Expandovaný polystyren – EPS

Běžně se značí EPS a číslem, které značí jeho napětí v tlaku při 10 % deformaci. Jedná se o nejpoužívanější a nejvíce známý tepelně izolační materiál z pěněného plastu. Základní surovinou je polymerizovaný monomer styren s cca 7 % pentanu, který slouží jako nadouvadlo. Vyrábí se expanzí granulátu, který se pomocí syté páry napění, většinou v kovových formách a dále se řeže na požadované rozměry daného výrobku. Takto napěněný materiál je značně mezerovitý, což negativně ovlivňuje jeho mechanické vlastnosti a nasákavost, a to zejména u polystyrenu s nižší objemovou hmotností.

V důsledku způsobu výroby ale EPS vykazuje značné objemové změny – smršťování 0,2 – 0,4 %. To je po zabudování do konstrukce nežádoucí, a proto je nezbytné nechat čerstvý EPS odležet (stabilizovat), a to na alespoň 6 týdnů. Po této době jsou již objemové změny minimální a je možné jej dále tvarovat na požadované rozměry. Takový polystyren se nazývá stabilizovaný a označuje se písmenem S nebo značkou Stabil. [1;2;12;13]

8.1.2 Extrudovaný polystyren – XPS

Extrudovaný polystyren se označuje značkou XPS a číslem, které stejně jako u EPS značí jeho napětí v tlaku při 10 % deformaci. Materiálová báze extrudovaného polystyrenu je v podstatě stejná jako u polystyrenu expandovaného, ale konečný výrobek je vyráběn odlišnou technologií. Prvotní granulát je v extrudéru roztaven a následně jsou do něj vháněny rozpínavé plyny. Výsledný materiál je homogenní s uzavřenou strukturou pórů, což zaručuje téměř nulovou nasákavost, což je bezesporu jeho hlavní přednost. Dále se vyznačuje svou velkou pevností v tlaku.

Jeho nejčastější aplikace v plochých střechách je u střech s obráceným pořadím vrstev anebo při realizaci DUO střech, kde se využívá jeho nulové nasákavosti. [1;14]

8.1.3 Minerální vlna

Vedle expandovaného polystyrenu je tepelná izolace z minerální vlny jednou z nejrozšířenějších tepelných izolací aplikovaných v plochých střechách. Vyrábí se z čediče, spongilitu, dolomitu a křemence nebo jiných kvalitativně vyhovujících materiálů. Tyto suroviny se spolu s koksem a vysokopecní struskou dávkuje v přesném poměru do pece, kde se

při teplotě přes 1500 °C taví. Do roztavené suroviny, která protéká přes rozvláknovací stroje se přidává fenolfoemaldehydové pojivo spolu s dalšími modifikačními přísadami případně silikonový nebo minerální olej pro hydrofobizaci. Vzniklá surovina se lisováním tvaruje a stlačuje a dále putuje do vytvrzovací komory, kde se ochlazuje na teplotu 200 °C, čímž je umožněno polymeraci použitého pojiva a následné stabilizaci materiálu.

Hlavní výhodou tohoto izolačního materiálu je především jeho vysoká požární odolnost, vysoká chemická odolnost, odolnost proti UV záření. [2;15;16;17]

8.1.4 Pěnový polyuretan – PUR a PIR

Vyrábí se vysokotlakým směřováním dvou základních prvků – izokyanátu a polyolu s dalšími přísadami. Materiál má velmi dobré tepelněizolační vlastnosti, což je způsobeno kombinací fyzikálněchemického napěňování a obsahuje až 90 % uzavřených pórů. PUR pěna skvěle odolává i výraznějším teplotním změnám, -190 °C až 140 °C bez výrazných objemových změn (do 0,5 %) a je známa svou širokou škálou použití. V praxi se setkáváme s označením PIR, což je pěnový polyizokynát s vyšším obsahem izokynátu v základní směsi. Tím je dosaženo vyšší objemové stálosti polyuretanu. [1;2;18]

8.1.5 Pěnové sklo – CG

Základní surovinou je speciální aluminio-silikátové sklo, které je rozemleto na velmi jemný prášek a následně je smícháno s ještě jemněji namletým uhlíkovým práškem. Tato směs je v tenké vrstvě v tunelové peci zahřáta na teplotu 1000 °C, při které dojde k roztavení směsi a zároveň k oxidaci částic uhlíku na CO₂. Tím se ve směsi vytvoří bublinky, které až dvacetinásobně zvětší objem směsi. Další variantou výroby je tavení odpadních střepek za přidání určitých přísad. Výsledný izolační materiál je nehořlavý, nenasákavý má relativně vysokou únosnost v tlaku a je zcela recyklovatelný. Odolává UV záření a chemickým vlivům. Na druhou stranu je pěnové sklo poměrně křehké, což má za následek složitější manipulaci a formátování desek. [1;2;19]

Tabulka 2: Porovnání vlastností tepelných izolací

Zdroj: Vlastní

	Objemová hmotnost (kg.m ⁻³)	Nasákavost (%)	Součinitel tepelné vodivosti (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Napětí v tlaku při 10 % deformaci (kPa)	Reakce na oheň
EPS	12-35	5	0,038	70-200	E
XPS	30-150	≤ 0,5	0,038	300	E
Minerální vlna	115-160	3	0,040	30-70	A1
PUR/PIR	28	2	0,028	120	E
Pěnové sklo	120	0	0,040	440	A1

9 Další funkční vrstvy

9.1 Parotěsná vrstva

V prostorách s vyšší relativní vlhkostí vzduchu (bazény, kuchyně a průmyslové provozy) proniká vodní pára z interiéru skrz stropní konstrukci do souvrství střešního pláště až k hydroizolaci, kde se vlhkost hromadí a v místech s teplotou pod hodnotou rosného bodu, hrozí kondenzace těchto vodních par. Tím mohou být negativně ovlivněny vlastnosti zabudovaných stavebních materiálů a v krajním případě mohou být i poškozeny. Z tohoto důvodu je potřeba umístit do skladby střešního pláště parozábranu, která omezí difúzi vodních par skrz konstrukci střechy. Ve skladbě ji obvykle umístíme co nejbližší interiéru pod tepelně izolační vrstvu. S parozábranou se můžeme setkat ve formě asfaltového pásu nebo polyethylenové fólie.

Kondenzace vodních par ve střešním souvrství je možná, ale jen do jisté míry v souvislosti s odpařováním vodních par z konstrukce v letním období. Toto povolené množství je pro jednovrstevnou a dvouvrstevnou střechy stanoveno normou ČSN 73 0540-2:2007. [1;2;20]

9.2 Expanzní vrstva

Do střešního souvrství se navrhuje pod hydroizolační vrstvu s cílem zabránit vzniku vydutí neboli puchýřů mezi podkladem a povlakem. Aby expanzní vrstva správně plnila svou funkci a bylo umožněno vyrovnávání tlaků, musí být napojena na vnější prostředí po obvodu střechy nebo po ploše pomocí speciálních kanálek. Expanzní vrstva se navrhuje vždy v případě, že je hydroizolace umístěna na betonový podklad a plní tak zároveň i dilatační funkci.

V případě krytiny z asfaltových pásů je expanzní vrstva tvořena speciálním perforovaným asfaltovým pásem. Dále se dá použít volně položený asfaltový pás s mikroventilační úpravou, umělohmotné rouno (cca 300 kg/m²) mechanicky kotvené nebo kaširované asfaltové pásy opatřené polyesterovým rounem na spodní straně. [1;21]

9.3 Ochranná vrstva

Úkolem ochranné vrstvy je ochránit především hydroizolační vrstvu před nepříznivými vlivy, které by ji mohli nějakým způsobem poškodit. Mezi tyto vlivy patří například UV záření, extrémně vysoké teploty, oxidace ozónem, různé mikroorganismy, prorůstání kořenů u střešních zahrad apod.

Může být tvořena nátěry nebo nástřiky ze speciálních asfaltových nebo akrylátových hmot, násypy z kameniva za podmínky umístění separační vrstvy pod násyp a provozní úpravy u provozních střech, tj. dlažba, vegetace atd. V případě násypů tvoří ochranná vrstva i vrstvu stabilizační, ovšem s nevýhodou přetížení střechy a ztížení přístupu k hydroizolaci. [1;21]

9.4 Dilatační a separační vrstva

Dilatační vrstva se navrhuje mezi dvě sousední vrstvy v případě, že je potřeba umožnit jejich vzájemné pohyby. Tyto pohyby mohou souviset se změnou teploty, vlhkosti nebo zatížení. Je vhodné ji slučovat se separační vrstvou. Tvoří ji asfaltové pásy typu A a R s nenasákavou vložkou, nenasákavé polypropylenové nebo polyesterové textilie nebo plastové fólie. Dále sypané hydrofobní nebo hydrofilní materiály, o zrnitosti cca 2 mm a celkové tloušťce alespoň 10 mm.

Separáční vrstva se umistuje mezi dvě sousední vrstvy střešního plste a tm je odděluje z mechanického, technologického, chemického nebo jiného důvodu. V praxi se umistuje například mezi tepelnou izolaci XPS a ochrannou vrstvu z kameniva (u střech s obrcenm porad vrstev) nebo mezi penov polystyrén a nkter druhy hydroizolačních fólií. Tvoří ji obvykle textilie, lepenky, plastové fólie, voskovane papíry apod. [1;21]

9.5 Stabilizační vrstva

Stabilizační vrstva se navrhuje v případech, kdy je potřeba zajistit tešn plst proti sn větru. Hmotnost je proto u stabilizační vrstvy rozhodujícím faktorem a je stanovena normou ČSN 73 0035. Navrhuje se zpravidla na vhodnou separační vrstvu a jen v prpad, že stabilita střešního plste není zabezpečena jinak například kotevnmi prvky. Tvoří ji obvykle kamenivo ve formě kačírku, především u obrácených střech, dlažba, vegetační souvrství apod. [21]

9.6 Filtrační vrstva

Navrhuje se u střešních zahrad a zabraňuje odplavovnstic zeminy vodou. Navrhuje se z materiálů odolných biologick korozi a z vodopropustnch materiálů, tj. tkané a netkané textilie, rohože ze skleněných vláken apod. [21]

9.7 Drenážní vrstva

Drenážní vrstva slouží k zachycen a odvodu přebytečné vody (sražkove vody) ze souvrství nad hydroizolační vrstvou. Umistuje se především do souvrství provozních střech – pochůzných a pojížděných střech a střešních zahrad. Tvoří ji sypané materiály frakce 16-32 mm, rzne tkané a netkané textilie, rohože, plastové tvarované desky apod. [21]

10 Odvodnění plochých střech

Mimo použití správných stavebních materiálů, správných technologických postupů a bezchybné provedení nejrůznějších stavebních detailů je způsob odvodnění ploché střechy dalším ze zásadních bodů, bez kterého se neobejde žádná střecha. Správná geometrie střechy, dimenzování střešních vpustí a odpadního potrubí jsou nezbytné pro správnou funkci ploché střechy.

10.1 Gravitační systém

Tento systém je založen na svévolném beztlakém proudění srážkové vody po stěnách odpadního potrubí. U gravitačního systému se uvažuje stupeň plnění odpadního potrubí maximálně 0,33. [22]

10.1.1 Výpočet odtoku dešťových vod

Předtím než se začne navrhovat dimenze odpadního potrubí, musí se nejdříve stanovit odtok dešťových vod z odvodňované plochy střechy, tj. množství srážkové vody, které musí pojmut systém odpadního potrubí. Tento průtok stanovíme dle vztahu:

$$Q_r = i \cdot A \cdot C \quad [l \cdot s^{-1}]$$

i je intenzita deště v $[l/s \cdot m^2]$, pro ploché střechy uvažujeme hodnotu $0,03 l/s \cdot m^2$.
 A je půdorysný průmět odvodňované plochy nebo účinná plocha střechy v $[m^2]$
 C je součinitel odtoku dešťových vod, bezrozměrné číslo. Závisí na sklonu střechy a schopnosti střechy zadržovat vodu. [1]

Tabulka 3: Součinitel odtoku dešťových vod [1]

Druh odvodňované plochy, popř. druh úpravy povrchu	Sklon povrchu střechy a na něm závislý součinitel C		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
Střechy s propustnou horní vrstvou tlustší než 100 mm	0,5	0,5	0,5
Střechy ostatní	1,0	1,0	1,0

10.1.2 Stanovení počtu střešních vpustí a dimenze dešťového odpadního potrubí

Při navrhování gravitačního odvodnění je potřeba kromě vlastního dimenzování průměrů střešních vpustí a jejich počtu, kdy je možné využít technické údaje od výrobce, řídit se základní zásadou. Při návrhu je potřeba počítat s možností zanesení střešní vpustí nebo odpadního potrubí, proto se pro odvodnění každé střechy navrhuje minimálně dvě střešní vpustí. Malé střešní plochy je možné odvodnit jen jednou střešní vpustí pod podmínkou, že bude vždy doplněna pojistným přepadem nebo chrličem. Střešní vpustí rozlišujeme svislé a vodorovné, při stejné jmenovité světlosti se jejich odtokové kapacity se liší.

Potřebný počet střešních vpustí se vypočte dle vztahu

$$n = \frac{Q_r}{Q_{vtoku}}$$

Q_r je odtok dešťových vod v $[l \cdot s^{-1}]$

Q_{vtoku} je výrobcem stanovená odtoková kapacita vpusti dané světlosti DN v $[l \cdot s^{-1}]$

Z hlediska umístování střešních vpustí je potřeba dodržovat několik zásad. Střešní vpusti by se neměly umísťovat do závětrných koutů střech a do bezprostřední blízkosti atik nebo jiných vystupujících konstrukcí. Minimální vzdálenost hrdla vpusti od takovýchto konstrukcí je 0,5 m. Při dodržení této vzdálenosti je zabezpečeno bezproblémové opracování prostupu potrubí souvrstvím střešního pláště a napojení na hydroizolační vrstvu, případně parozábranu.

Jmenovitou světlost odpadního potrubí stanovíme podle jeho hydraulické kapacity Q_{RWP} , při daném stupni plnění, kterou obvykle uvádí výrobce v tabulkách.

Platí, že maximální odtok dešťových vod Q_r musí být menší než hodnoty hydraulické kapacity Q_{RWP} . Obvykle je ale kapacita celého odvodňovacího systému závislá spíše na odtokové kapacitě vpusti než na hydraulické kapacitě odpadního potrubí. [1;2;22]

Tabulka 4: Hydraulické kapacity dešťového odpadního potrubí [1]

Jmenovitá světlost vnitřního odpadního potrubí DN	Hydraulická kapacita Q_{RWP} [$l \cdot s^{-1}$] stupeň plnění $f = 0,30$
70	3,20
90	4,80
100	8,10
125	12,6
150	25,0

10.2 Podtlakový systém

U podtlakového systému je na rozdíl od gravitačního systému, uvažováno s plným stupněm plnění v důsledku kterého, vzniká v potrubí podtlak. Podtlak je zajištěn speciálními vpustěmi, které umožňují úplné zaplnění potrubí a hydraulickým vyvážením celého odvodňovacího systému – rozdíl výšek mezi střešní vpustí a přechodem na gravitační kanalizaci. Vzniklý podtlak odsává vodu z ležatého potrubí, které je vedeno v nulovém spádu, jeho maximální hodnota je 0,08 MPa.

- Velikost podtlaku se určí dle vztahu

$$p_k = p_s - \sum R \quad [Pa]$$

p_s je statický tlak v $[Pa]$

$\sum R$ je celková tlaková ztráta v $[Pa]$

- Statický tlak stanovíme dle vztahu

$$p_s = \rho \cdot g \cdot h_k \quad [Pa]$$

ρ je měrná hmotnost vody v $[kg \cdot m^{-3}]$

g je tíhové zrychlení v $[m \cdot s^{-1}]$

h_k je rozdíl výšek mezi střešní vpustí a kritickým bodem (místo přechodu vodorovného potrubí na svislé) v $[m]$

- Celkovou tlakovou ztrátu stanovíme dle vztahu

$$\sum R = R \cdot la \quad [Pa]$$

R je tlaková ztráta na 1 m délky potrubí v $[Pa]$

la je výpočtová délka potrubí $[m]$

Dimenze potrubí se navrhuje podle diagramu, kde na vodorovné ose je rychlost proudění a na svislé ose je světlý průměr potrubí. Rychlost proudění musí být vyšší než $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, tím se zabezpečí samočistitelnost potrubí. Výpočet dimenzí potrubí je u složitých podtlakových systémů náročný a zdlouhavý, proto se s výhodou provádí pomocí výpočtových softwarů, které dokáží dimenze potrubí navrhnout.

Mezi hlavní výhody podtlakového systému oproti gravitačnímu patří úspora trubního materiálu, možnosti vedení vodorovného potrubí s nulovým spádem a v neposlední řadě není potřeba prostupů skrze základy a revizních šachet v důsledku absence svodného potrubí. [1;23]

11 Poruchy a opravy plochých střech

Plochá střecha může být velmi problémová konstrukce z hlediska poruch a jejich odstraňování. Oprava vzniklých poruch je často velmi nákladná a technicky náročná záležitost a vyžaduje odbornou způsobilost. Nejspolehlivější řešení je proto profesionálně zpracovaný návrh potřebných oprav a pečlivý výběr použitých materiálů a realizační firmy.

Porucha střešního pláště může vzniknout v důsledku působení jedné dominantní příčiny nebo několika souběžných a jejich diagnostika je často velmi obtížná. Druhy poruch plochých střech a jejich opravy mají často značně individuální charakter a je potřeba k nim tak přistupovat. Při návrhu oprav je proto potřeba vycházet z podrobných průzkumů stávající konstrukce, například pomocí sond, díky které se dá zjistit skutečné provedení střechy, skladbu a tloušťku vrstev. [1;2;24]

11.1 Druhy poruch plochých střech

11.1.1 Poruchy vzniklé v praxi

Mezi poruchy vzniklé v praxi patří poruchy, které jsou zapříčiněny nesprávným návrhem, manipulací s daným materiálem nebo špatnou technologií výstavby. Použité suroviny mají garanci kvality od výrobce a nejsou zatíženy nedostatky z výroby. [24]

11.1.1.1 Projekční poruchy

Tyto poruchy vznikají již v samotné fázi návrhu střechy. Příčinou je většinou nedostatek vstupních údajů a následně špatně zvolená technologie nebo použití stavebních materiálů, nesprávné řešení konstrukčních detailů nebo neopodstatněné šetření. [24]

- **Nesprávné řešení konstrukčních detailů**

Nesprávným řešením konstrukčních detailů po **vnějším obvodě střechy** (římsy, atiky apod.) může vznikat celá řada poruch. Nejčastější poruchou je kondenzace vodních par ve vodorovných koutech ve styku obvodové stěny a nosné konstrukce střechy, která je zapříčiněná tepelným mostem. Ten vzniká v důsledku nedostatečné tepelné izolace atiky či volného okraje, u dvouplášťových střech nedostatečnou tepelnou izolací obvodové stěny v místě vzduchové mezery.

Nesprávným řešením konstrukčních detailů **v ploše střechy** (vpusti, prostupy apod.) mohou vznikat další poruchy. Poruchy se projevují vlhnutím stropu v interiéru nebo vnitřní stěny pod stropem v místech nedostatečné tepelné izolace vpusti nebo prostupů střechou – tepelný most. [25]



Obrázek 15: Kondenzace vodních par v interiéru v důsledku tepelného mostu [26]
https://www.termotech.cz/wp-content/uploads/2018/03/484869598_XS-1200x600.jpg

- **Neopodstatněné šetření**

Tento problém vychází z potřeby co nejvyšších finančních úspor. Ideální nabídka pro každého stavebníka by měla být taková, kde je spojena nejvyšší možná kvalita s nejnižší možnou cenou. Tomuto modelu se bohužel dnešní stavebnictví někdy výrazně vzdaluje a nejlepší nabídka je ta s nejnižší cenou a na kvalitu se už tolik nehledí. Výsledkem je pak například chybějící střešní výlez nebo dokonce chybějící separační nebo ochranná vrstva.

V konkrétním případě absence separační vrstvy mezi pěnovým polystyrenem a povlakovou hydroizolací z mPVC fólie způsobila ztuhnutí fólie a následné popraskání v důsledku migrace změkčovadel. V rámci opravy se na novou tepelnou izolaci (původní byla zaplavena vodou) umístila chybějící separační vrstva a na ni nová povlaková hydroizolace z mPVC. [3;24]

11.1.1.2 Poruchy způsobené neodbornou činností realizační firmy

Tento typ poruch je způsoben nedbalostí nebo nedostatečnou informovaností realizační firmy, špatnou volbou použitých materiálů a technologií. Jde o nedokonalé spojené hydroizolační pásy nebo nedokonalé napojení na další prvky hydroizolačního systému apod. Dále dodatečné mechanické porušení povlakové hydroizolace v důsledku navazujících stavebních prací na střeše. Těmto poruchám předejdeme přísnou pracovní kázní na stavbě a zaměstnáním proškolených pracovníků spolehlivých realizačních firem.

V konkrétním případě se po provedení sondy v netěsné střeše přišlo na chybné provedení hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů realizační firmou. Ta sice položila dvě vrstvy asfaltových pásů tak jak to bylo v projektové dokumentaci, nesvařili je však celoplošně, ale jen v přesazích. Mezi dvěma vrstvami tak v důsledku manipulace s pásy a povětrnostních podmínek stála voda, která kapilárně penetrovala pod přesah. [3;24]



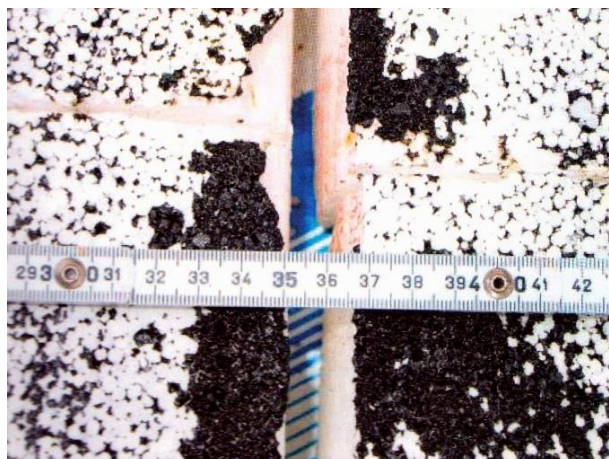
Obrázek 16: Nesprávné provedení hydroizolační vrstvy – pásy nebyly celoplošně nataveny [3]

11.1.2 Poruchy vzniklé ze statických důvodů

Tento typ poruch je způsoben dlouhodobým působením různorodých vlivů na jednotlivé vrstvy souvrství nebo na konstrukci střechy jako celek. Může jít o povětrnostní, chemické a jiné vlivy, poddimenzování nosných konstrukcí na zatížení sněhem různá bodová zatížení od technologického zařízení budovy apod.

11.1.2.1 Poruchy vzniklé přetížením

Tyto poruchy mohou být způsobeny nedostatečnými dimenzemi nosných konstrukcí, změnou způsobu užívání ploché střechy, mimořádným zatížením při realizaci, přidáním dalších vrstev při rekonstrukci nebo stojatou srážkovou vodou při ucpání vpustí. Tyto chyby mohou vznikat jak v projektové fázi, tak v realizační fázi v důsledku nedodržení projektu. Velké průhyby nosné konstrukce pod působícím zatížením mohou způsobit posuny jednotlivých vrstev vůči sobě a tím způsobit poruchy vrstev (roztržení hydroizolační vrstvy, rozevření spár tepelněizolačních desek apod.). Oprava těchto poruch je například v důsledku změny způsobu užívání střechy jen velice těžko řešitelná. [24;25]



Obrázek 17: Rozevření spár v tepelné izolaci v důsledku objemových změn [3]

11.1.2.2 Poruchy vzniklé vlivem sání větru

Tyto poruchy vznikají špatnou volbou typu, počtu a rozmístění kotevních prvků, a to jak v ploše střechy, tak v detailech, nedostatečným spojením jednotlivých vrstev mezi sebou a nedostatečným kotvením nadstřešních konstrukcí a prvků (světlíky, antény apod.). Tyto chyby vznikají nesprávným výpočtem nebo vlivem špatných vstupních údajů. [24;25]

11.1.2.3 Poruchy vzniklé vlivem koroze stavebních materiálů

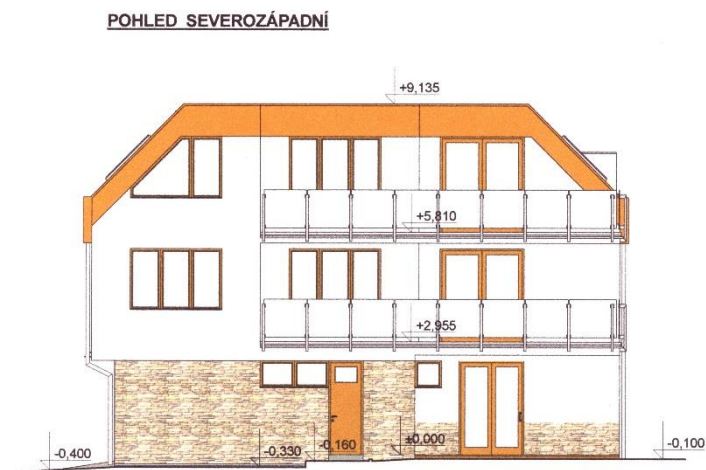
Tento typ poruch je vyvolán například dlouhodobým působením UV záření na povrch asfaltových pásů nebo působením jiných vlivů a jen zřídka jsou způsobeny špatným návrhem nebo nevhodnou volbou materiálu. Většinou jde o rekonstrukce starých již nefunkčních střech z důvodu degradace hydroizolačního souvrství. Při řešení těchto poruch jde jen zřídka kdy použít jako podklad stávající povlaková hydroizolace. V důsledku degradace nebo nasycení vodou je takový podklad rizikový a nepříznivě ovlivňuje nové vrstvy, zvláště v případě nátěrových systémů. Ve většině případů je tedy nezbytné stávající povlakovou hydroizolaci odstranit a nahradit ji novou. Před položením nové hydroizolace je vhodné zkontrolovat spodní vrstvy a posoudit jejich stav a funkčnost. [1;3;25]

12 Kalkulace nákladů a cenových ukazatelů

Předmětem zde bude stanovit výši nákladů na pořízení střeš a vyhodnotit je dle dalších kritérií a vzájemně je porovnat. Na řešeném objektu bytového domu bude nejprve řešena stávající střecha a postupně budou na objekt aplikovány další vybrané druhy plochých střeš, které budou postupně rozpočtovány a řešeny z hlediska možný poruch.

12.1 Popis řešeného objektu

Jedná se o novostavbu bytového domu „Viladům“ Jižní terasy o dvou nadzemních podlažích s podkrovím. Bytový dům obsahuje pět bytových jednotek (3x 4+kk a 2x 3+kk) s celkovou užitnou plochou domu - 623,60 m² (celková užitná plocha bytů – 460 m²) a obestavěným prostorem – 2265 m³. Objekt je zastřešen kombinací ploché a šikmé střešy (předmětem řešení bude pouze plochá střeš). Součástí každé bytové jednotky je minimálně jedna terasa o výměře alespoň 13,1 m². [28]



Obrázek 18: Severozápadní pohled – bytový dům Jižní terasy [28]



Obrázek 19: Jihozápadní pohled – bytový dům Jižní terasy [28]

Novostavba bytového domu je situována v ulici Starokolínská, k.ú. Újezd nad Lesy, Praha 21, parcelní číslo 68/1. Součástí objektu jsou dvě přízemní garáže o 5 garážových stání + další 4 parkovací stání na terénu vně objektu. [28]

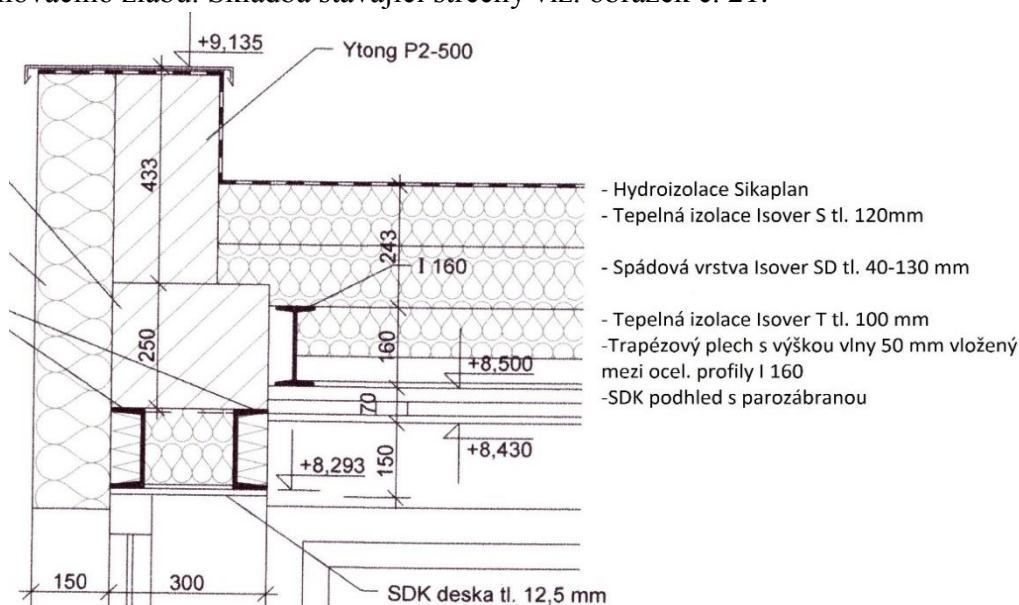


Obrázek 20: Umístění řešeného objektu [27]

https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VratNahled.aspx?encrypted=gt7AtCkeAyLr_H2GPN_zl0EliNAXp95F6FNAi_BnhPIR3COFPRgr-KoyWFS840kNgxBJoBZ64f95TxySgvWQ7h_Nlt9xNK3lmWhELfMqFXtfF84no9Ka2RphJ-pCy-T1N2L-IVEFqROdB-3RghA8sXrBuIGUJ33Q

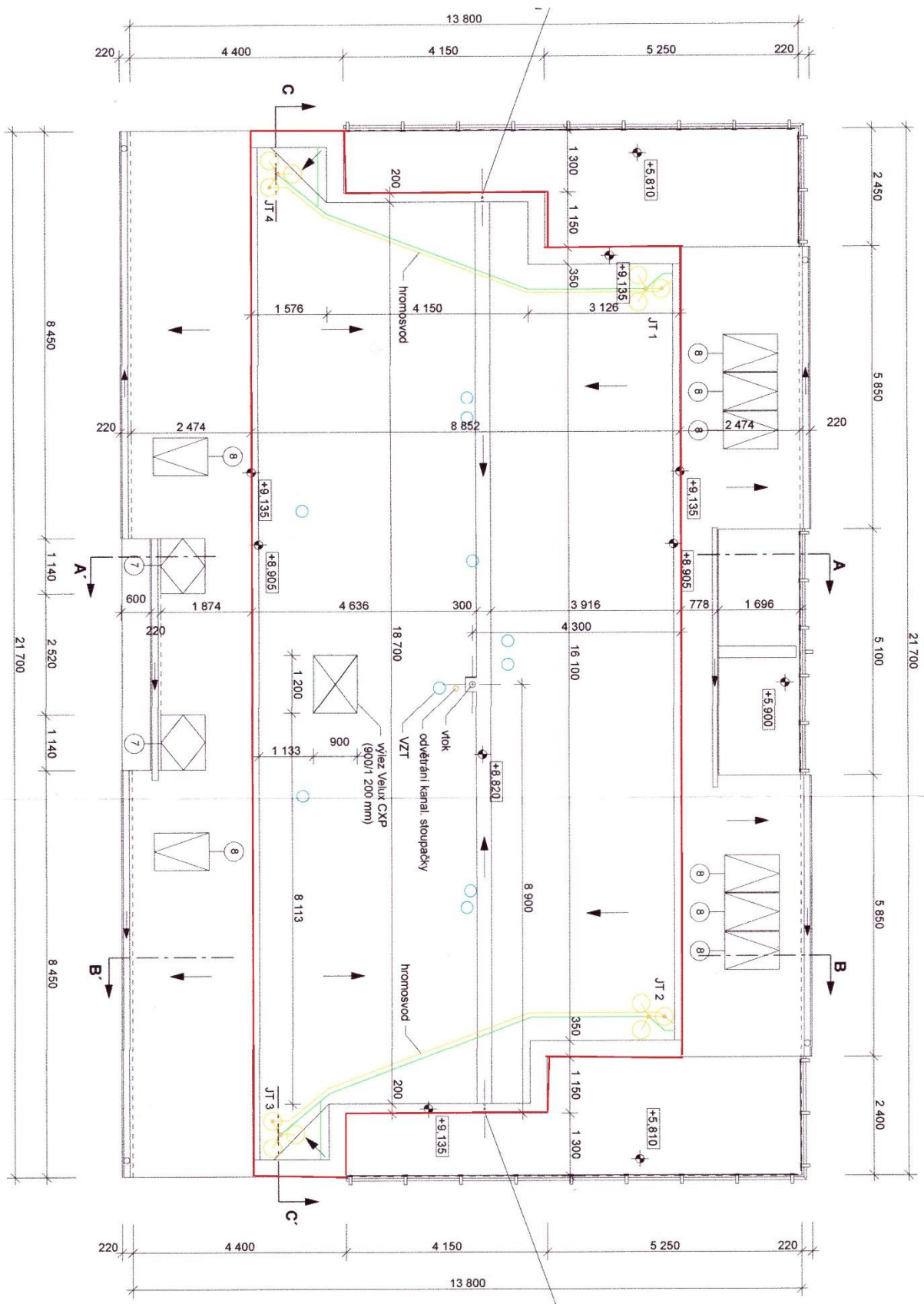
12.2 Varianta 1 - stávající střecha řešeného objektu

Stávající střecha řešeného objektu o výměře **180 m²** je navržena jako lehká plochá střecha s nosnou konstrukcí z válcovaných „I“ profilů a trapézového plechu. Tvarově jde o střechu motýlkového typu s mezistřešním odvodňovacím žlabem a pouze jednou střešní vpustí, kdy je bezpečné odvodnění střechy zajištěno dvěma bezpečnostními přepady umístěnými v čele odvodňovacího žlabu. Skladba stávající střechy viz. obrázek č. 21.



Obrázek 21: Detail atiky stávající střechy – skladba střechy [28]

Na obrázku č. 23 je plochá střecha objektu, tzn. řešená oblast, ohraničená červenou barvou. Postranní části střechy tvoří šikmá střecha z plechových tabulí.



Obrázek 22: Půdorys střechy bytového domu Jižní terasy [28]

12.2.1 Kalkulace stávající střechy – Lehká střecha s nosnou konstrukcí z trapézového plechu; varianta 1

ROZPOČET

Stavba: Viladům Jižní terasy

Objekt: 10016052019 - V1 - Lehká střecha - stávající

Místo: Praha
21

Datum: 16. 5. 2019

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
Náklady z rozpočtu							775 900,27
HSV - Práce a dodávky HSV							108 513,59
4 - Vodorovné konstrukce							108 000,00
6	K	411354219	Bednění stropů ztracené z hraněných trapézových vln v 60 mm plech lesklý tl 1,0 mm	m2	180,000	600,00	108 000,00
					180	180,000	
998 - Přesun hmot							513,59
17	K	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	2,030	253,00	513,59
PSV - Práce a dodávky PSV							667 386,68
712 - Povlakové krytiny							70 099,46
23	K	712361705	Provedení povlakové krytiny střech do 10° fólií lepenou se svařovanými spoji	m2	192,884	134,00	25 846,46
					180	180,000	
					"atika svisle" $0,21 \cdot (3,916 + 0,3 + 4,636 + 1,3 + 1,15) \cdot 2$	4,747	
					"atika vodorovně" $0,36 \cdot (3,916 + 0,3 + 4,636 + 1,3 + 1,15) \cdot 2$	8,137	
					Součet	192,884	
24	M	283429540	system Sikaplan PVC SPL-15G light grey RO 1,54/20	kus	196,742	224,00	44 070,21
25	K	998712102	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 12 m	t	0,191	957,00	182,79

713 - Izolace tepelné

279 472,14

7	K	713141151	Montáž izolace tepelné střešních plochých kladené volně 1 vrstva rohoží, pásů, dílců, desek	m2	540,000	26,70	14 418,00
8	M	631514700	deska minerální izolační tuhá ISOVER T tl.100 mm	m2	183,600	434,00	79 682,40
				180	180,000		
9	M	631515040	deska minerální izolační střešní ISOVER S tl.120 mm	m2	183,600	578,00	106 120,80
10	M	631515R	deska spádová minerální izolační střešní ISOVER SD	m2	183,600	386,00	70 869,60
19	K	998713102	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 12 m	t	10,098	830,00	8 381,34

767 - Konstrukce zámečnické

317 815,08

1	K	767995113	Montáž atypických zámečnických konstrukcí hmotnosti do 20 kg	kg	2 433,900	54,30	132 160,77
				(2,2867+0,1472)*1000	2 433,900		
2	M	130107480	ocel profilová IPE, v jakosti 11 375, h=160 mm	t	2,470	20 400,00	50 388,00
				Hmotnost: 16,20 kg/m			
				2,2867	2,287		
3	M	130108200	ocel profilová UPN, v jakosti 11 375, h=140 mm	t	0,159	20 800,00	3 307,20
				Hmotnost: 16,00 kg/m			
				0,1472	0,147		
4	K	767995114	Montáž atypických zámečnických konstrukcí hmotnosti do 50 kg	kg	2 228,500	32,90	73 317,65
				2228,5	2 228,500		
5	M	130108280	ocel profilová UPN, v jakosti 11 375, h=220 mm	t	2,407	21 900,00	52 713,30
				Hmotnost: 29,40 kg/m			
				2,2285	2,229		
22	K	998767102	Přesun hmot tonážní pro zámečnické konstrukce v objektech v do 12 m	t	5,293	1 120,00	5 928,16

Ukazatel na m²**4 311,- Kč bez DPH**

12.2.2 Potenciální poruchy střechy

Obecně jsou pro správnou funkci a těsnost této střechy, značná úskalí již v projekční fázi, kde je v důsledku nízkého tepelného odporu trapézového plechu a hrozící kondenzace vodních par, nezbytné do střešního souvrství zahrnout parozábranu. U řešeného objektu je parozábrana montována s SDK podhledem.

Další problém by mohl vzniknout ve špatném materiálovém řešení. V tomto případě je hydroizolační fólie na bázi mPVC správně kombinována s tepelnou izolací z minerální vlny, nikoliv s pěnovým polystyrenem, který způsobuje degradaci takovéto hydroizolační fólie.

Po vyloučení projekčních chyb mohou být neodbornou činností realizační firmy způsobeny následující poruchy:

- **Netěsné spojení jednotlivých pásů hydroizolace**
- **Porušení hydroizolace v důsledku nedostatečné pracovní kázně**
- **Netěsné provedení detailů u prostupů střechou**
 - Zatékání, způsobené netěsností hydroizolační vrstvy, by pravděpodobně vyústilo v promočení tepelné izolace z minerální vlny, kterou by bylo třeba nahradit novou tepelnou izolací a tím zachovat její tepelněizolační vlastnost. Netěsná místa je třeba lokalizovat a utěsnit opětovným svařením.

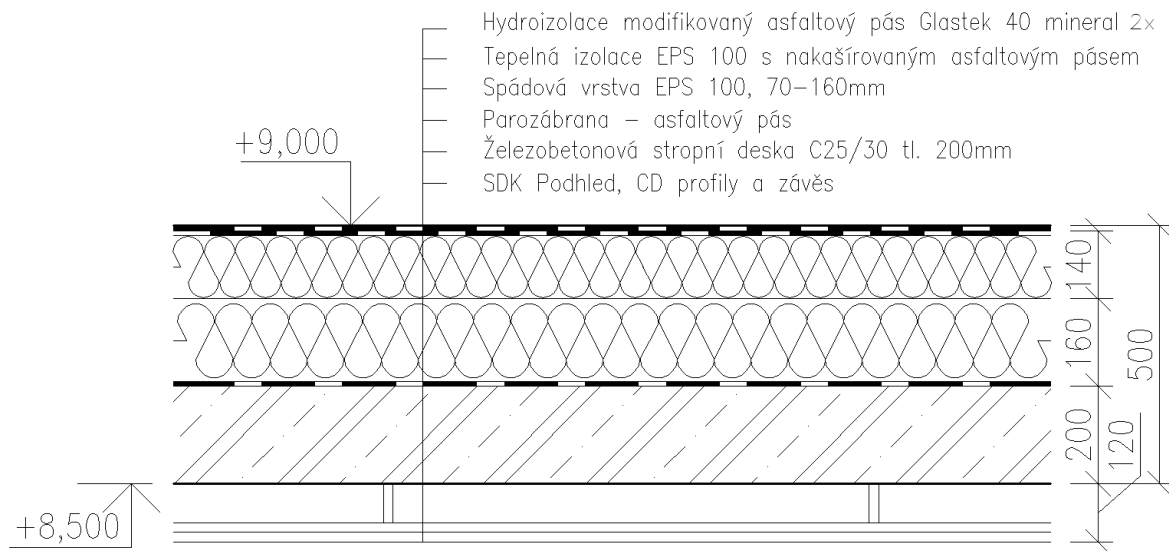
12.2.3 Životnost a údržba

Protože zabudované vrstvy jako je v tomto případě tepelná izolace, nejsou ve styku s povětrností, jejich životnost je mnohem vyšší než životnost exponované hydroizolační vrstvy. U fóliových hydroizolací je zásadním faktorem ovlivňujícím jejich životnost, odolnost proti UV záření. V tomto případě ale výrobce uvádí, že hydroizolační fólie Sikaplan SGK-12 je odolná trvalému vystavení UV záření. Proto se dá v tomto případě životnost odhadnout na minimálně 15 až 20 let.

Údržba této střechy, bude v důsledku příslušného řešení jejího odvodnění pomocí jediné vpusti, bezpochyby zahrnovat čištění odvodňovacího žlabu od náletové zeleně a dalších nečistot a tím zajistit plynulé odvedení vody ze střechy. Dále je vhodná kontrola problémových míst – rohů, detailů, atiky, prostupů střechou apod.

12.3 Varianta 2 - Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev

V této modelové situaci je řešený objekt zastřešen jednoplášťovou střechou s klasickým pořadím vrstev o stejné výměře **180 m²**, podporovanou železobetonovým stropem. Souvrství střešního pláště se skládá z parozábrany z pásů na asfaltové bázi, tepelné izolace z desek pěnového polystyrenu EPS s nakaširovaným modifikovaným asfaltovým pásem, lepených polyuretanovým lepidlem a dvou vrstev modifikovaného asfaltového pásu. Schéma skladby střechy viz obrázek č.23.[3]



Obrázek 23: Skladba jednoplášťové střechy modelované na řešený objekt

Zdroj: Vlastní

12.3.1 Kalkulace modelové střechy – Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev; varianta 2

ROZPOČET

Stavba : Viladům Jižní terasy

Objekt: 20016052019 - V2 - Jednoplášťová střecha

Místo: Praha 21

Datum: 16. 5. 2019

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

P Č	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
--------	-----	-----	-------	----	----------	-----------------	----------------------

**Náklady z
rozpočtu**

646 145,12

HSV - Práce a dodávky HSV

393 437,43

4 - Vodorovné

konstrukce

364 115,55

1	K	411321414	Stropy deskové ze ŽB tř. C 25/30 180*0,2	m3	36,000	2 990,00	107 640,00
2	K	411351011	Zřízení bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce $180+0,2*((3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2+18,7+16,1)$	m2	191,481	317,00	60 699,48
3	K	411351012	Odstranění bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce $180+0,2*((3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2+18,7+16,1)$	m2	191,481	91,20	17 463,07
4	K	411354313	Zřízení podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 25 cm 180	m2	180,000	142,00	25 560,00
5	K	411354314	Odstranění podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 25 cm 180	m2	180,000	42,20	7 596,00
6	K	411361821	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505 3,79	t	3,790	38 300,00	145 157,00
<p>6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní</p>							5 634,00
7	K	632481212	Separční vrstva z asfaltovaného pásu 180	m2	180,000	31,30	5 634,00

998 - Přesun hmot							23 687,88
19	K	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	93,628	253,00	23 687,88
PSV - Práce a dodávky PSV							252 707,69
712 - Povlakové krytiny							86 756,65
25	K	712341559	Provedení povlakové krytiny střech do 10° pásy NAIP přitavením v plné ploše	m2	385,769	85,00	32 790,37
180*2					360,000		
"atika svisle" 0,21*(3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2*2					9,494		
"atka vodorovně" 0,36*(3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2*2					16,275		
Součet					385,769		
26	M	628321R	pás těžký asfaltovaný GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	m2	443,634	117,20	51 993,90
27	K	998712102	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 12 m	t	2,061	957,00	1 972,38
713 - Izolace tepelné							165 951,04
8	K	713141335	Montáž izolace tepelné střech plochých lepené za studena bodově, spádová vrstva	m2	199,338	102,00	20 332,48
24	M	283722060	deska EPS 100 Z kaširovaná V 60 S 35 3000x1000x140 mm	m2	198,000	434,00	85 932,00
Stabilizovaný pěnový polystyren kaširovaný bitumenovými střešními pásy.							
180					180,000		
9	M	283761410	klín spádový Standard 1000 x 1000 mm, EPS 100	m3	21,272	2 750,00	58 498,00
0,07*180+4,636*18,7*0,09*0,5+3,916*16,1*0,09*0,5					19,338		
21	K	998713102	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 12 m	t	1,432	830,00	1 188,56

Ukazatel na m²

3 590,- Kč bez DPH

12.3.2 Potenciální poruchy střechy

U daného typu ploché střechy by mohlo vzniknout hned několik problémů a poruch, a to jak z projekčního, tak z realizačního hlediska.

Potenciální chyby vzniklé v projekční fázi:

- **Boulení nebo zvrásnění v důsledku chybějící expanzní vrstvy**

Úkolem expanzní vrstvy je odbourávat tlak vodní páry, vzniklý při oteplování

uzavřené nebo vniklé vlhkosti. Dále umožňuje pohyb povlakové hydroizolace v důsledku teplotních změn a omezuje přenos posunů a napětí z níže uložených vrstev.

- Expanzní vrstva v podobě speciálních asfaltových pásů se za studena nalepí na tepelnou izolaci, které byl umožněn případný posun. Nová povlaková krytina byla vytvořena ze dvou vrstev modifikovaných asfaltových pásů a obnovila se ukončení a napojení na prostupující konstrukce, vpusti atd.

- **Objemové změny tepelné izolace z EPS**

V případě použití tepelné izolace z EPS hrozí její dotvarování. Expandovaný se postupem času smršťuje, tím by mohly vzniknout netěsné spáry. Tomuto problému se dá předejít použitím stabilizovaného EPS, kde je výsledné dotvarování minimální.

- Rozevřené spáry mezi tepelněizolačními deskami byly vyplněny tepelněizolačním materiálem. Na tuto vrstvu se položí další rolovatelný tepelněizolační pás tl. 30 mm s nakaširovaným asfaltovým pásem. Nová povlaková hydroizolace se provede ve dvou vrstvách asfaltovým modifikovaným pásem.

- **Degradace hydroizolačního pásu**

Použitý hydroizolační pás je vyztužen nosnou vložkou ze skelných vláken. Tyto asfaltové pásy nejsou dlouhodobě odolné proti stojaté vodě, která by se mohla na střeše v důsledku nestandardního řešení odvodnění vyskytovat. Nosná vložka v takovém případě časem nasaje vodu a asfaltový pás se postupně začne rozpadat.

- Degradovaný hydroizolační pás se odstraní a po zkontrolování stavu spodních vrstev se položí nová povlaková hydroizolace ve dvou vrstvách asfaltové modifikované pásy například s polyesterovou nosnou vložkou.

Potenciální chyby vzniklé v realizační fázi:

- **Hydroizolační pásy nebyly celoplošně svařeny**

Tento problém způsobený neodbornou činností realizační firmy by mohl způsobit boulení nebo zvrásnění povlakové krytiny a napomůže kapilárnímu pronikání vody pod koncovými přesahy a na opravovaných místech.

- V případě rozsáhlejšího zatékání do tepelněizolační vrstvy je potřeba ji vyměnit v zasažené oblasti. Pokud nebude možné hydroizolaci odstranit bez poškození tepelné izolace, bude se muset tepelná izolace obnovit v plném rozsahu. Nová povlaková hydroizolace se provede ve dvou vrstvách celoplošně svařenými asfaltovými modifikovanými pásy.

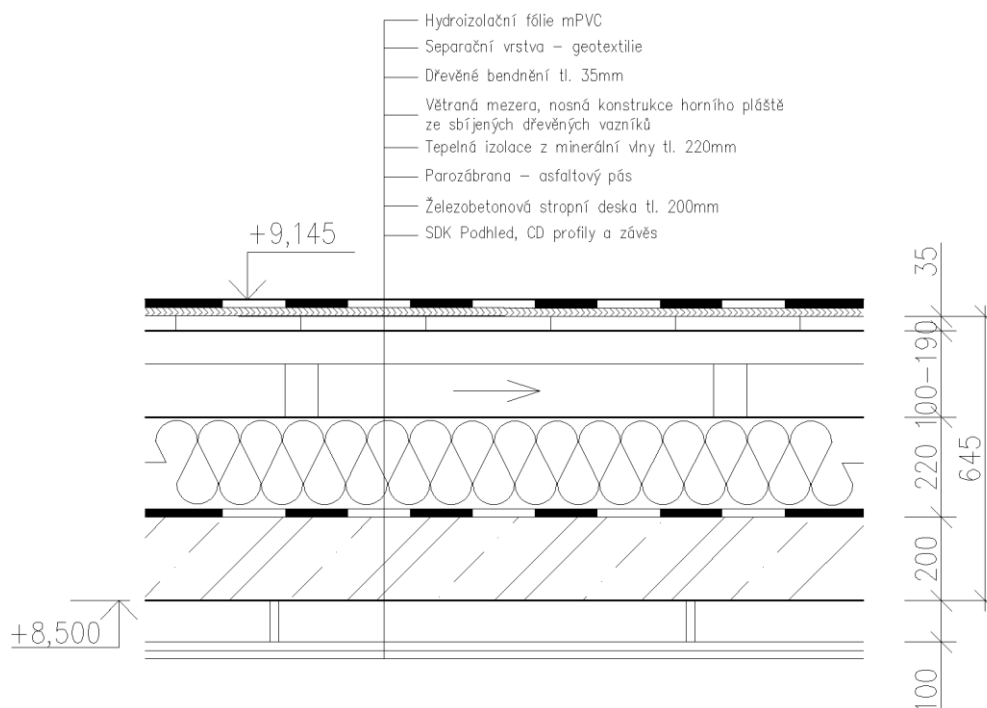
12.3.3 Životnost a údržba

Pokud bude střecha funkční a nevyskytnou se žádné poruchy její životnost bude s nejvyšší pravděpodobností závislá na životnosti nejvíce exponovaných částí a vrstev střechy. Životnost samotného modifikovaného asfaltového pásu, jako nevíce exponované vrstvy, výrobce uvádí 20 až 50 let.

Údržba této střechy bude velice podobná jako u předchozího případu. V důsledku příslušného řešení jejího odvodnění, zahrnuje čištění odvodňovacího žlabu od náletové zeleně a dalších nečistot a tím zajištění plynulého odvedení vody ze střechy. Dále je vhodná pravidelná kontrola problémových míst – rohů, detailů, atiky, prostupů střechou apod.

12.4 Varianta 3 – Větraná dvouplášťová plochá střecha

V tomto případě uvažujeme, že je řešený objekt zastřešen větranou dvouplášťovou střechou o celkové ploše **180 m²**. Způsob odvodnění zůstane zachován. Větrání střechy je zajištěno buď podélně otvory v atice nebo příčně, otvory pod krytinou navazující šikmé střechy. Spodní plášť se skládá z tepelné izolace z minerální vlny položené na parozábraně. Horní plášť, který tvoří dřevěné bednění a hydroizolační fólie podložná textilií, je podporován po 1,0 m dřevěnými sbíjenými vazníky, které přenáší zatížení z horního pláště do železobetonové stropní desky. Schéma skladby střechy viz. obrázek č. 24.



Obrázek 24: Skladba větrané dvouplášťové střechy modelované na řešený objekt
Zdroj: Vlastní

12.4.1 Kalkulace modelové střechy – Větraná dvouplášťová střecha; varianta 3

ROZPOČET

Stavba: Viladům Jižní terasy

Objekt: 30016052019 - V3 - Dvouplášťová střecha

Místo: Praha 21

Datum: 16. 5. 2019

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

Náklady z rozpočtu

635 326,68

HSV - Práce a dodávky HSV

393 441,23

4 - Vodorovné konstrukce

364 115,55

1	K	411321414	Stropy deskové ze ŽB tř. C 25/30 180*0,2	m3	36,000	2 990,00	107 640,00
---	---	-----------	---	----	--------	----------	------------

2	K	411351011	Zřízení bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce 180+0,2*((3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2+18,7+16,1)	m2	191,481	317,00	60 699,48
---	---	-----------	---	----	---------	--------	-----------

3	K	411351012	Odstranění bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce 180+0,2*((3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2+18,7+16,1)	m2	191,481	91,20	17 463,07
---	---	-----------	--	----	---------	-------	-----------

4	K	411354313	Zřízení podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 25 cm 180	m2	180,000	142,00	25 560,00
---	---	-----------	--	----	---------	--------	-----------

5	K	411354314	Odstranění podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 25 cm 180	m2	180,000	42,20	7 596,00
---	---	-----------	---	----	---------	-------	----------

6	K	411361821	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505 3,79	t	3,790	³⁸ 300,00	145 157,00
---	---	-----------	--	---	-------	-------------------------	------------

6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní

5 634,00

7	K	632481212	Separční vrstva z asfaltovaného pásu 180	m2	180,000	31,30	5 634,00
---	---	-----------	---	----	---------	-------	----------

998 - Přesun hmot

23 691,68

8	K	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	93,643	253,00	23 691,68
---	---	-----------	--	---	--------	--------	-----------

PSV - Práce a

dodávky PSV

712 - Povlakové krytiny

241 885,45

91 968,09

33	K	712361705	Provedení povlakové krytiny střech do 10° fólií lepenou se svařovanými spoji	m2	192,884	134,00	25 846,46
----	---	-----------	--	----	---------	--------	-----------

180 180,000

"atika svisle" 0,21*(3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2 4,747

"atka vodorovně"
0,36*(3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2 8,137

Součet 192,884

34	M	283220000	<i>fólie hydroizolační střešní FATRAFOL 804 tl 2 mm š 1200 mm šedá</i>	m2	196,742	279,00	54 891,02
----	---	-----------	--	----	---------	--------	-----------

35	K	712391171	Provedení povlakové krytiny střech do 10° podkladní textilní vrstvy	m2	192,884	33,40	6 442,33
----	---	-----------	---	----	---------	-------	----------

180 180,000

"atika svisle" 0,21*(3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2 4,747

"atka vodorovně"
0,36*(3,916+0,3+4,636+1,3+1,15)*2 8,137

Součet 192,884

36	M	693110020	<i>geotextilie tkaná (polypropylen) PK-TEX PP 25 130 g/m2</i>	m2	221,817	19,30	4 281,07
----	---	-----------	---	----	---------	-------	----------

37	K	998712102	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 12 m	t	0,530	957,00	507,21
----	---	-----------	---	---	-------	--------	--------

713 - Izolace tepelné

61 206,82

16	K	713141151	Montáž izolace tepelné střech plochých kladené volně 1 vrstva rohoží, pásů, dílců, desek	m2	180,000	26,70	4 806,00
----	---	-----------	--	----	---------	-------	----------

180 180,000

17	M	631480R	<i>deska minerální střešní izolační ISOVER R 600x1200 mm tl. 220 mm</i>	m2	183,729	302,00	55 486,16
----	---	---------	---	----	---------	--------	-----------

30	K	998713102	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 12 m	t	1,102	830,00	914,66
----	---	-----------	---	---	-------	--------	--------

762 - Konstrukce tesařské

88 710,54

40	K	762812140	Montáž vrchního záklopu z hoblovaných prken na sraz spáry nekryté	m2	180,000	110,00	19 800,00
----	---	-----------	---	----	---------	--------	-----------

180 180,000

41	M	605151120	<i>řezivo jehličnaté boční prkno jakost III. 2 - 3 cm</i>	m3	6,930	2 930,00	20 304,90
----	---	-----------	---	----	-------	----------	-----------

180*0,035 6,300

42	K	762895000	Spojovací prostředky pro montáž záklopu, stropnice a podbíjení	m3	6,300	94,20	593,46
----	---	-----------	--	----	-------	-------	--------

180*0,035 6,300

43	K	762R	Sbíjené dřevěné vazníky D+ M	m	149,741	240,42	36 000,73
----	---	------	------------------------------	---	---------	--------	-----------

		16,1*3,916+18,7*4,636		149,741			
45	K	762083122	Impregnace řeziva proti dřevokaznému hmyzu, houbám a plísním máčením třída ohrožení 3 a 4	m ³	8,217	856,00	7 033,75
		180*0,035		6,300			
		(16,1*3,916+18,7*4,636)*0,08*0,08*2		1,917			
		Součet		8,217			
44	K	998762102	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech v do 12 m	t	3,829	1 300,00	4 977,70

Ukazatel na m²

3 530,- Kč bez DPH

12.4.2 Potenciální poruchy střechy

I přestože jsou dvouplášťové střechy považovány na spolehlivější než například střechy jednoplášťové, může se zde vyskytnout problémů hned několik, a to jak z projekčního, tak z realizačního hlediska.

Potenciální chyby vzniklé v projekční fázi:

- **Nedostatečné větrání vzduchové mezery**

Ačkoli je zde dodržena minimální výška vzduchové mezery, tj. 100 mm, jde o nejnižší přípustnou hodnotu. V případě nezabezpečení dostatečného větrání, buď z důvodu malé výšky vzduchové mezery nebo nedostatečně velkými větracími otvory, hrozí ve vzduchové mezeře kondenzace vodní páry. To může vyústit v biologickou korozi dřevěných prvků ve střešním plášti (nosná konstrukce horního pláště a dřevěné bednění).

- Dle rozsahu biologické koroze dřevěných prvků ve střeše, bude nezbytná jejich obnova. Při opětovné realizaci nosné konstrukce horního pláště je třeba zabezpečit dostatečnou výšku větrané mezery nebo zvětšit větrací otvory, aby se zabezpečilo dostatečné větrání.

- **Poddimenzování nosné konstrukce horního pláště**

Zejména v zimních měsících, kdy na střechu může napadnou i několik desítek centimetrů sněhu, je zatížení na střešní konstrukci vysoké. Poddimenzování nosné konstrukce znamená nevyhnutelně značné deformace, které zásadně ovlivní odvod vody ze střechy. Stojatá voda může způsobovat další problémy.

- Nezbytná bude výměna nosné konstrukce horního pláště střechy. To vyžaduje kompletní demontáž horního pláště a dle rozsahu jeho poškození v důsledku velkých deformací i jeho částečnou nebo kompletní výměnu.

Potenciální chyby vzniklé v realizační fázi:

- **Porušená nebo netěsná parozábrana**

Netěsná parozábrana způsobí vniknutí vlhkosti z interiéru do střešního souvrství. V kombinaci s nedostatečným odvětráváním této vlhkosti se dá očekávat vznik biologické koroze na dřevěných konstrukcích ve střeše zejména nad koupelnami, kuchyněmi apod.

- V rámci řešení tohoto problému je nezbytná výměna parozábrany nebo její utěsnění a výměna dřevěných prvků poškozených biologickou korozí. Podle obtížnosti lokalizování netěsných míst v parozábraně a rozsahu biologické koroze je možná i kompletní rekonstrukce střechy.

- **Netěsnost hydroizolace**

Nedostatečné svaření přesahů dvou sousedních pásů nebo netěsnost v detailech způsobí zatékání do střešního pláště, kde nahromaděná vlhkost může poškodit tepelnou izolaci, ale zejména dřevěné prvky – bednění na kterém je hydroizolační vrstva umístěna.

- Utěsnění netěsných míst hydroizolace a dle rozsahu zatékání výměna tepelné izolace a dřevěného bednění poškozeného biologickou korozí.

12.4.3 Životnost a údržba

Při zabezpečení správného větrání vzduchové mezery jde o velice spolehlivý typ střechy. Její životnost bude záviset na životnosti nejvíce exponované vrstvy, kterou bude v tomto případě hydroizolační vrstva z fólie na bázi mPVC. Odhadovaná životnost je 15 – 20let.

Údržba této střechy bude zahrnovat kontrolu odvodňovacího žlabu, případně jeho čištění od náletové zeleně a jiných nečistot. Kontrolovat by se měly i větrací otvory a jejich čištění v případě ucpání. Zvýšená pozornost by měla být věnována složitým stavebním detailům a dalším místům náchylným na netěsnosti a poruchy.

12.5 Vyhodnocení

Tabulka 5: Investiční náklady střech

Zdroj: Vlastní

	Investiční náklad	Podíl na celkových nákladech	Ukazatel na m ²
Náklady na stavební objekt "Viladům" Jižní terasy	11 714 191 Kč	100%	
Varianta 1 - Lehká střecha s nosnou konstrukcí z trapézového plechu - stávající střecha	775 900 Kč	6,624%	4 311,- Kč
Varianta 2 - Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev	646 145 Kč	5,516%	3 590,- Kč
Varianta 3 - Větraná dvouplášťová střecha	635 327 Kč	5,424%	3 530,- Kč

12.5.1 Stanovení provozních nákladů

Pro stanovení nákladů na provoz bylo kontaktováno několik firem zabývajících se čištěním a údržbou střech.

Stanovena byla průměrná hodnota nákladů 64,7 Kč/m², na údržbu ploché střechy s asfaltovými pásy a 45,55 Kč/ m² pro fóliové střechy, zahrnující čištění žlabů a vtoků, nátěr asfaltové střechy, kontrolu spojů a napojení na svislé a prostupující konstrukce. Uvažujeme, že kompletní údržba střechy se provádí vždy jednou ročně.

Roční náklady na údržbu 180 m² ploché střechy, pokryté asfaltovými pásy, jsou 11 641,- Kč bez DPH

Roční náklady na údržbu 180 m² ploché střechy, pokryté mPVC fólií, jsou 8 199,- Kč bez DPH

12.5.2 Vícekriteriální vyhodnocení

Tabulka 6: Vícekriteriální vyhodnocení posuzovaných střech

Zdroj: Vlastní

Posuzovaná kritéria	Normové váhy	Varianty posuzovaných střech			Bodování variant střech			Vyhodnocení variant střech			
		V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	
Investiční náklady (Kč/m ²)	0,5	4 311	3 590	3 530	1	2	3	0,5	1	1,5	
Životnost (roky)	0,4	20	35	20	1	3	1	0,4	1,2	0,4	
Provozní náklady (Kč/m ²)	0,3	45,55	64,70	45,55	3	1	3	0,9	0,3	0,9	
Poruchovost	0,2	nízká	vysoká	vysoká	3	1	1	0,6	0,2	0,2	
Náklady na údržbu (Kč/rok/m ²)	0,1	19,47	13,77	25,55	2	3	1	0,2	0,3	0,1	
								Σ	2,6	3	3,1

Poznámky:

- Investiční náklady stanoveny z rozpočtu na 1 m².
- Životnost stanovena na základě životnosti nejexponovanější vrstvy – hydroizolační vrstvy.
- Provozní náklady stanoveny průměrnou hodnotou na 1 m² na základě poptávky několika externích firem zabývajících se údržbou plochých střech. Údržba uvažována jednou ročně.
- Poruchovost
 - Nízká – Potenciální vznik poruch jen v projekční nebo jen v realizační fázi a jejich četnost dohromady není větší než 3
 - Střední – Potenciální vznik poruch v projekční i realizační fázi a jejich četnost dohromady není větší než 3
 - Vysoká – Potenciální vznik poruch v projekční i realizační fázi a jejich četnost dohromady je větší než 3
- Náklady na údržbu – Po uplynutí životnosti jednotlivých střech je uvažována rekonstrukce degradované hydroizolační vrstvy. Na základě životnosti a pořizovacího nákladu z rozpočtu byl stanoven roční náklad na rekonstrukci degradované vrstvy po uplynutí její životnosti.

12.5.3 Vyhodnocení výsledků

Při takovémto hodnocení je třeba brát v úvahu proměnnost rozhodujících faktorů. Poruchovost střech je podmíněna návrhem v projektové dokumentaci a způsobem realizace. Při bezchybném návrhu a realizaci je pravděpodobnost vzniku poruch téměř nulová. Životnost střech může být stejně jako jejich poruchovost ovlivněna způsobem realizace a materiálovým řešením při návrhu apod.

Z tabulky č. 6 je patrný výsledek vícekriteriálního vyhodnocení.

- Varianta 3 – Větraná dvouplášťová střecha, je nejvýhodnější řešení. Má nejnižší investiční a provozní náklady. Náklady na její rekonstrukci jsou nejvyšší, což je ale kritérium s nejnižší vahou.
- Varianta 2 – Jednoplášťová střecha s klasickým pořadím vrstev, je při uvažování všech kritérií druhá nejvýhodnější. Její výhody můžeme hledat v její vyšší životnosti a nízkých nákladech na rekonstrukci. Náklady na její údržbu jsou ale nejvyšší.
- Varianta 1 – Lehká střecha s nosnou konstrukcí z trapézového plechu, s nejvyššími investičními náklady a druhými nejvyššími náklady na rekonstrukci, je nejméně výhodná varianta zastřešení řešeného objektu.

Při zastřešení řešeného objektu touto lehkou střechou na trapézovém plechu (varianta 1), projektanti při návrhu vycházeli pravděpodobně z její nižší poruchovosti. V případě zastřešení řešeného objektu některou z jiných řešených variant by došlo k následující úspoře investičních nákladů:

- Varianta 2: 129 775,- Kč bez DPH
- Varianta 3: 147 611,- Kč bez DPH

Závěr

Plochá střecha byla dlouhodobě vnímána jako konstrukce problémová, respektive poruchová, a to jak veřejností odbornou, tak i laickou. Většina těchto problémů ale vyplývá z nedostatečných odborných znalostí této problematiky, což se projeví buď v nesprávném návrhu nebo při neodborné realizaci realizační firmou. Ať už projektant zvolí jakýkoli typ ploché střechy s různým materiálovým řešením, vždy je potřeba dodržovat konstrukční zásady a pravidla realizace, která jsou nezbytná pro správnou funkci dané střechy. Proto jedním z předmětů této bakalářské práce bylo nastínit problematiku plochých střech, objasnit původ nejčastějších problémů vyskytujících se u plochých střech různých druhů a naznačit způsob jejich možného řešení.

Dalším předmětem bakalářské práce byla kalkulace investičních nákladů třech variant plochých střech modelovaných na řešeném objektu, a to včetně střechy, kterou je objekt reálně zastřešen. Z příslušných kalkulací, sestavených v softwaru KROS, jednotlivých střech byl vypočten ukazatel na jednotku plochy jednotlivých variant střech, který sloužil k dalšímu vyhodnocování. Na základě stanovených kritérií (investiční náklady, životnost, provozní náklady, poruchovost a náklady na údržbu po uplynutí životnosti) byly jednotlivé varianty střech mezi sebou porovnány a vyhodnoceny bodovací metodou s váhami (viz. tabulka č. 6).

Z tohoto vyhodnocení je patrné, že nejvhodnější je varianta č. 3 – větraná dvouplášťová střecha, která má nejnižší investiční a provozní náklady. Nejhůře se jeví varianta č. 1 – lehká střecha s nosnou konstrukcí z trapézového plechu, která je paradoxně střecha reálně zastřešující řešený objekt. S nejvyššími investičními náklady odpovídajícími 6,624 % z celkových investičních nákladů řešeného stavebního objektu jde z hlediska nákladů o nejméně výhodné řešení. Navržena může být ale z důvodu své spolehlivosti a potenciálních úspor nákladů na opravy poruch v budoucnu.

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Schéma rozdělení jednoplášťových střech [1].....	13
Obrázek 2: Příklad skladby jednoplášťové střechy bez tepelné izolace [1].....	13
Obrázek 3: Příklad skladby střešního pláště jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev [1]	14
Obrázek 4: Příklad skladby střešního pláště jednoplášťové střechy s obráceným pořadím vrstev [1]	15
Obrázek 5: Příklad skladby střešního pláště jednoplášťové střechy kombinované se střechou s opačným pořadím vrstev – DUO střecha [1].....	16
Obrázek 6: Schéma rozdělení provozních střech [1].....	17
Obrázek 7: Příklad skladby střešního pláště pochůzná střechy – dlažba na terčích [1].....	18
Obrázek 8: Příklad skladby střešního pláště pojízdné střechy – litý asfalt [1].....	19
Obrázek 9: Příklad skladby střešního pláště vegetační střechy [1]	20
Obrázek 10: Příklad skladby střešního pláště lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z dřevěného bednění [5].....	22
Obrázek 11: Příklad skladby střešního pláště lehké ploché střechy s nosnou konstrukcí z trapézového plechu [5]	23
Obrázek 12: Příklady větraných dvouplášťových střech [1].....	25
Obrázek 13: Příklad skladby střešního pláště větrané dvouplášťové ploché střechy [1]	26
Obrázek 14: Příklad skladby střešního pláště větrané tříplášťové ploché střechy [1]	27
Obrázek 15: Kondenzace vodních par v interiéru v důsledku tepelného mostu [26]	44
Obrázek 16: Nesprávné provedení hydroizolační vrstvy – pásy nebyly celoplošně nataveny [3]	45
Obrázek 17: Rozevření spár v tepelné izolaci v důsledku objemových změn [3]	45
Obrázek 18: Severozápadní pohled – bytový dům Jižní terasy	47
Obrázek 19: Jihozápadní pohled – bytový dům Jižní terasy	47
Obrázek 20: Umístění řešeného objektu [27].....	48
Obrázek 21: Detail atiky stávající střechy – skladba střechy.....	48
Obrázek 22: Půdorys střechy bytového domu Jižní terasy	49
Obrázek 23: Skladba jednoplášťové střechy modelované na řešený objekt	53
Obrázek 24: Skladba větrané dvouplášťové střechy modelované na řešený objekt	57
Tabulka 1: Porovnání obecných vlastností asfaltových pásů.....	29
Tabulka 2: Porovnání vlastností tepelných izolací.....	37
Tabulka 3: Součinitel odtoku dešťových vod [1].....	40

Tabulka 4: Hydraulické kapacity dešťového odpadního potrubí [1]	41
Tabulka 5: Investiční náklady střech.....	62
Tabulka 6: Multikriteriální vyhodnocení posuzovaných střech	62

Seznam použité literatury

1. HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. Ploché střechy. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769712.
2. CHALOUPKA, Karel a Zbyněk SVOBODA. Ploché střechy: praktický průvodce. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2916-9.
3. HOLZAPFEL, Walter. Poruchy střech: [jak je rozeznat, jak jim předcházet, jak je odstraňovat]. Bratislava: Jaga, 2008. ISBN 9788080760670.
4. SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Iveta STŘELCOVÁ, Stanislav VITÁSEK a Michal STRNAD. Kalkulace nákladů ve stavebnictví. Praha: Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2017. ISBN 9788001063484.
5. Ploché střechy. 302 Found [online]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/5.html>
6. Střechy | atelier-dek.cz. Specializované služby ve stavebnictví | atelier-dek.cz [online]. Copyright © DEK, a.s. [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/strechy-219>
7. Střešní materiály | SOPAT.CZ s.r.o. - střešní izolace, střechy, střešní systémy, sanace střech. SOPAT.CZ s.r.o. - střešní izolace, střechy, střešní systémy, sanace střech | SOPAT.CZ s.r.o. - střešní izolace, střechy, střešní systémy, sanace střech [online]. Dostupné z: <http://www.sopat.cz/stresni-materialy>
8. Fóliové povlakové hydroizolace | TKHIF.cz - Technická komise pro hydroizolační fólie, z.s.. [online]. Dostupné z: <http://www.tkhif.cz/cs/historicky-vyvoj/>
9. Elastomery a termoplastické elastomery. VýrobkyProStavbu.cz | Materiály pro vaši stavbu [online]. Dostupné z: <https://www.vyrobkyprostavbu.cz/hydroizolacni-folie-iii-elastomery-a-termoplasticke-elastomery/>
10. Stavba - TZB-info. Hydroizolační stěrky na minerální bázi [online]. Copyright © Fotolia.com [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/14287-hydroizolacni-sterky-na-mineralni-bazi>
11. Zásady aplikace akrylátových štěrkových hydroizolací | Coleman.cz - materiály pro střechy a fasády. Coleman S.I. - střechy, fasády, izolace [online]. Dostupné z: <http://www.coleman.cz/poruchy-sterkovych-hydroizolaci/>
12. Isover EPS 100. ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace [online]. Copyright © 2019 [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-100>
13. Stavba - TZB-info. Vlastnosti expandovaného polystyrenu [online]. Copyright © Fotolia.com [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>
14. Stavba - TZB-info. Polystyrenové izolace [online]. Copyright © Fotolia.com [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>
15. Isover T. ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace [online]. Copyright © 2019 [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-t>
16. Jak probíhá výroba minerální vlny značky ISOVER | Stavebniny-Rychle.cz. Stavebniny, tepelné izolace | Stavebniny-Rychle.cz [online]. Copyright © 2019

- Stavebniny [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/jak-probiha-vyroba-mineralni-vlny-znacky-isover.html>
17. MONROCK MAX E - Izolace pro ploché střechy | ROCKWOOL. Nehořlavé izolace z kamenné vlny ROCKWOOL [online]. Copyright © February 2017, [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://www.rockwool.cz/produkty/monrock-max-e/?selectedCat=dokumenty>
 18. PUR pěna nebo minerální vata? | Purlive – Rodinné domy a modulární dřevostavby KŮLNA . Purlive – Rodinné domy a modulární dřevostavby KŮLNA [online]. Dostupné z: <https://www.purlive.cz/pur-pena-nebo-mineralni-vata/>
 19. Izolační pěnové sklo - přehled výrobců pěnového skla | Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz [online]. Copyright © 2008 [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/katalog/penove-sklo/>
 20. Navrhování střech nevytápěných a neklimatizovaných zimních stadionů | atelier-dek.cz. Specializované služby ve stavebnictví | atelier-dek.cz [online]. Copyright © DEK, a.s. [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/navrhovani-strech-nevytapenych-neklimatizovanych-zimnich-stadionu-223>
 21. Vrstvy střešního pláště. 302 Found [online]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/3.html>
 22. EDUARD SCHILHART Navrhování odvodnění plochých střech 1 – Gravitační systémy [online]. <https://www.imaterialy.cz/> [19. 10. 2017]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/navrhovani-odvodneni-plochych-strech-1-gravitacni-systemy_45154.html
 23. Odvodnění střech. 302 Found [online]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/2.html>
 24. Vady plochých střech a příklady z praxe [online]. <https://www.imaterialy.cz/> [25. 2. 2009]. Dostupné z: https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/informace-vyrobcu/vady-plochych-strech-a-priklady-z-nbsp-praxe_101521.html
 25. 11. Poruchy střech. 302 Found [online]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/11.html>
 26. Nejčastější příčiny vlhkosti a plísní - Termotech. Domů - Termotech [online]. Copyright © Termotech s.r.o. [cit. 15.05.2019]. Dostupné z: <https://www.termotech.cz/priciny-vlhkosti-a-plisni/>
 27. Informace o pozemku | Nahlížení do katastru nemovitostí. Nahlížení do katastru nemovitostí | Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. Copyright © 2004 [cit. 16.05.2019]. Dostupné z: https://nahlizeniidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=S-AxgS8TOH1gUvSFTHIA1FnEILaaQQz_LwbG0oXx4ksDAv8ShaFp5zdKoRN79nC_X_vypPNh5MQ_C-X5Xv5KiiXbY7TrYgdRyBsFPUSX5mOI25JcRLzQpGTdfUff3cMgm
 28. Projektová dokumentace „Viladům“ Jižní terasy – Újezd nad Lesy parc.č. 68/1, k.ú. Újezd nad Lesy, Praha 21. Architektonická kancelář J+P Tomek Vinohradská 2266/118, Praha 3, 130 00