ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2019 Bc. Michal Ašenbrener

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Ašenbrener** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **477803**

Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**

Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví**

Studijní program: **Stavební inženýrství**

Studijní obor: **Stavební management**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití zelených střech v bytové a průmyslové výstavbě

Název diplomové práce anglicky:

Use of green roofs in residential and industrial construction

Pokyny pro vypracování:

Rámcová osnova diplomové práce:
- historie zelených střech ve světě a v ČR, typy a skladby zelených střech, výhody a nevýhody
- trendy ve využití zelených střech, příklady využití v ČR a zahraničí
- variantní návrhy skladeb zelených střech na konkrétním stavebním objektu
- ekonomické posouzení variantních návrhů z hlediska LCC
- porovnání se standardním řešením

Seznam doporučené literatury:

BOHUSLÁVEK, P., . HORSKÝ, V. a JAKOUBKOVÁ., Š. Vegetační střechy a střešní zahrady. Vyd. 2. Praha: DEKTRADE, 2009. Skladby a detaily. ISBN 978-80-87215-05-0
MINKE, G. Zelené střechy: plánování, realizace, příklady z praxe. Ostrava: HEL, 2001. ISBN 80-86167-17-8
ČERMÁKOVÁ, B., MUŽÍKOVÁ, R. Ozeleněné střechy. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-1802-6

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Eduard Hromada, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví FSv

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

Datum zadání diplomové práce: **03.10.2018** Termín odevzdání diplomové práce: **06.01.2019**

Platnost zadání diplomové práce: _____

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání _____ Podpis studenta _____

© ČVUT v Praze, Design: ČVUT v Praze, VIC

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma, využití zelených střech v bytové a průmyslové výstavbě, vypracoval samostatně pod dohledem vedoucího diplomové práce a za použití odborné literatury.

V Praze dne …… Bc. Michal Ašenbrener ……

Název diplomové práce

VYUŽITÍ ZELENÝCH STŘECH V BYTOVÉ A PRŮMYSLOVÉ VÝSTAVBĚ

Title of thesis

THE USE OF GREEN ROOFS IN HOUSEHOLD AND INDUSTRIAL CONSTRUCTION

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Eduardovi Hromadovi, Ph.D., za strávený čas při konzultacích a za cenné rady pro mou budoucí profesní kariéru. Poděkování patří také všem pedagogům z Katedry Ekonomiky a řízení ve stavebnictví za získané znalosti ve stavebním oboru.

Abstrakt

Náplní diplomové práce je aktuální téma zelených střech, které se řeší u obchodních center, průmyslových hal, ale také u rodinných objektů, a to i přes to, že daná plocha není tak rozsáhlá, jako například u zmiňovaných hal či obchodních center.

První polovina diplomové práce je zaměřena na historii zelených střech, jak ve světě, tak i v České republice, dále na jejich vývoj, jakým směrem směřují a jaký mají dopad na společnost (pomocí dotazníku).

Druhá polovina diplomové práce se zabývá odbornými tepelně technickými požadavky zelených střech, ekonomickým návrhem a posouzením standardních střech (plochá, šikmá) a zelenými střechami (plochá, šikmá).

Klíčová slova

Zelená střecha, vegetace, vegetační střecha s parterem, terasa, skladba zelených střech

Abstract

The thesis is focused on a topical issue of green roofs, which are dealt with in connection with commercial centres, shopping malls, industrial halls as well as family buildings, despite the fact that such area is not as extensive as the above-mentioned premises.

The first part of the study investigates the history of green roofs in the world and in the Czech Republic. It also deals with the green roofs development, the direction they are aimed at, and last but not least, it reviews their impact on society (by means of a questionnaire).

Additionally, the thesis explores the thermal-technical requirements of green roofs, their economical design and assessment of standard roofs (flat, sloped) and green roofs (flat, sloped).

Key Words

Green roof, vegetation, vegetative roof with parterre, terrace, green roof composition

Obsah

Obsah ... **8**
Seznam použitých zkratek ... **11**
1. Úvod ... **12**
2. Střešní konstrukce ... **13**
3. Historie plochých střech ... **13**
3.1. Historie ve světe ... 13
3.2. Historie v Evropě ... 13
4. Historie plochých zelených střech ... **14**
4.1. Historie ve světě ... 14
4.2. Historie v Evropě ... 14
4.3. Historie v České republice ... 15
5. Druhy střech ... **16**
5.1. Šikmá a strmá střecha ... 16
5.2. Plochá střecha ... 16
6. Rozdělení zelených střech ... **17**
6.1. Podle druhu vegetace ... 17
6.1.1. Biotopní (náletová) střecha ... 17
6.1.2. Extenzivní střecha ... 18
6.1.4. Intenzivní střecha ... 20
6.2. Podle přístupnosti ... 21
6.2.1. Nepochozí střecha ... 21
6.2.2. Pochozí (provozní) střecha ... 21
6.3. Podle převažující funkce ... 21
6.3.1. Pěstební funkce ... 21
6.3.2. Podporující biodiverzitu ... 21
6.3.3. Retenční ... 21

6.3.4. Fotovoltaické (kombinované) ... 21
6.4. Podle skladby vegetace ... 22
6.4.1. Jednovrstvé ... 22
6.4.2. Vícevrstvé ... 22
6.5. Podle sklonu střechy ... 22
6.5.1. Plochá střecha ... 22
6.5.2. Šikmá střecha ... 23
6.5.3. Strmá střecha ... 23
6.6. Podle polohy prostorové vazby na okolní terén ... 23
6.6.1. V úrovni s parterem ... 23
6.6.2. V dotyku s parterem ... 24
6.6.3. Bez dotyku s parterem ... 24
7. Základy navrhování zelených střech ... 24
7.1. Nosná část střechy ... 24
7.2. Hydroizolace ... 26
7.3. Separační vrstva ... 26
7.4. Drenážní (hydroakumulační) vrstva ... 26
7.5. Filtrační vrstva ... 28
7.6. Volba vrstvy substrátu (vegetační vrstva) ... 29
7.6.1. Volba světové strany vegetace ... 30
8. Výhody a nevýhody zelených střech ... 30
8.1. Výhody zelených střech ... 30
8.2. Nevýhody zelených střech ... 31
9. Trendy ve využití zelených střech ... 31
10. Příklady využití zelených střech v ČR a v zahraničí ... 34
10.1. Příklady v České republice ... 34
10.2. Příklady v zahraničí ... 36
11. Praktická část ... 40

11.1. Úvod do praktické části a její metodologie 40

11.2. Použité materiály, programy, literatura ke splnění praktické části 40

12. Návrh střešních konstrukcí 43

12.1. Skladba ploché střechy varianta 1 43

12.2. Skladba ploché polointenzivní zelené střechy varianta 2 49

12.3. Skladba šikmé střechy 56

12.4. Skladba šikmé zelené střechy 61

13. Shrnutí výsledků jednotlivých variant střešních konstrukcí 66

14. Ekonomické porovnání navržených střešních konstrukcí 67

14.1. Investiční náklady 68

14.2. Náklady na údržbu 69

14.3. Náklady na opravy a rekonstrukce 69

14.4. Úspory energie 71

14.5. Stočné srážkových vod 71

14.6. Ekonomické vyhodnocení navrhovaných střech 73

15. Hodnotová analýza navrhovaných konstrukcí 75

15.1. Postup výpočtu efektivnosti 75

15.2. Klasifikační metoda 75

15.3. Hodnotová analýza střech uvedené v diplomové práci 77

15.4. Vyhodnocení hodnotové analýzy 77

16. Vyhodnocení dotazníkového průzkumu 78

Závěr 82

Zdroje 84

Seznam obrázků 89

Seznam tabulek 91

Seznam grafů 93

Seznam použitých zkratek

atd. – a tak dále

apod. – a podobně

BREAM – Building Research Establishment Enviromental Assessment Method

CASBEE – Comprehensive Assessment Systém for Built Enviroment Efficiency

cca – cirka

ČSN – Česká technická norma

GPS – Global Positioning System

LEED – Leadership in Energy & Enviromental Design

např. – například

obr. – obrázek

př. n. l. – před naším letopočtem

RD – Rodinný Dům

Sb. – Sbírky (ve smyslu se zákonem/vyhláškou)

tl. – tloušťka

TZB – technické zařízení budov

ul. – ulice

UV – Ultrafialové záření

Vl. – Vlastní

VS – vegetační střecha

ZS – zelená střecha

1. Úvod

Zelené střechy jsou poslední dobou považovány za aktuální téma při výstavbě novostaveb bytových komplexů, obchodních center, hal, ale také u rodinných domů. Tato diplomová práce si klade za cíl bližší pohled na problematiku zelených střech, jak po praktické stránce, tak po tepelně izolační stránce a po té nejdůležitější, a to po ekonomické stránce.

V teoretické části se zabývám nahlédnutím do historie zelených střech, jak ve světě, tak u nás v České republice. Dalším bodem diplomové práce je úvod do provádění klasických a zelených střech, kde popisujeme nejčastější skladby tak, aby především vyhověly tepelně technickým požadavkům dle normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – část 2: požadavky (2005) a splňovaly tak požadavky pro bydlení a užívání osob. Dále práce také obsahuje statický výpočet podle empirických vzorců z normy ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

V praktické části jsou obsaženy návrhy skladeb, výkresy probíraných střech, tepelně technické požadavky a ekonomický rozpočet těchto střech. Dále zde nalezneme čtyři výkresy, které obsahují dvě konstrukce skladby klasických střech, a to jeden ploché střechy a druhý šikmé střechy, a dvě konstrukce skladby zelených střech, a to opět jeden ploché střechy a druhý šikmé střechy. V další části diplomové práce je kalkulace a porovnání těchto vybraných skladeb střech.

Závěr diplomové práce obsahuje dotazník, jak je vnímána problematika zelených střech respondenty nejen ze stavební akademické obce, ale také z různých magisterských oborů jiného zaměření než stavitelského.

Výstupem diplomové práce je globální porovnání údržby, provozu a realizace standardních a zelených střech z čistě ekonomického hlediska.

2. Střešní konstrukce

Střecha je část konstrukce budovy, která ukončuje stavbu shora. Jejím hlavním úkolem je chránit celý objekt a jeho interiér před nežádoucími povětrnostními vlivy (déšť, sníh, vítr atd.) a odvádět vodu do dešťových svodů, které dříve ústily do splaškové kanalizace. V dnešní době se musí veškerá dešťová voda svádět do nádrží či vsakovacích jímek proto, aby nedocházelo k přetěžování čističek odpadních vod.

Střecha se skládá z nosné konstrukce a střešní krytiny. Nosná konstrukce se rozděluje na plochou nebo sklonitou, která se dále dělí na šikmou a strmou.

3. Historie plochých střech

3.1. Historie ve světe

Ploché střechy se v minulosti realizovaly v oblastech s minimálním výskytem srážek. Takovým místem byl například Egypt, kde se již v 3. tisíciletí př. n. l. objevily ploché střechy, které zastřešovaly mastaby (mastaba – hrobka určená pro egyptské dvořany a úředníky). Konstrukce těchto plochých střech se skládala z kamenných desek kladených na sraz nebo na pero a drážku. [5]

3.2. Historie v Evropě

V Evropě mají ploché střechy také dlouhou tradici. První stavby s plochými střechami se objevují v Řecku již v 7. stolení př. n. l., kde byly tímto způsobem zastřešovány chrámy, a to pomocí dřevěných kulatin, na kterých byla ukládána udusaná hlína. Staří Římané jsou známi svou architekturou, pro kterou je typické budování teras na střechách domů bohatých měšťanů. [5]

V jiných evropských zemích bylo využití plochých střech komplikováno nevhodnými klimatickými podmínkami. Především sníh znemožňoval výstavbu plochých střech, protože je vysoce zatěžuje. V dřívějších dobách nebyly k realizaci dostupné spolehlivé materiály na překlenutí větších rozpětí, které by unesly tak velké zatížení. Teprve v 18. století přichází na trh železobeton s dostatečnou pevností na to, aby se daly realizovat ploché střechy i v ostatních zemích v Evropě. Dalším problémem byl průsak dešťové vody skrze železobetonovou konstrukci. Zmíněnou technickou záležitost vyřešil na přelomu 18. a 19. století řecký lékař Eirynnius, který překryl železobetonovou střešní desku dehtovými lepenkami, což

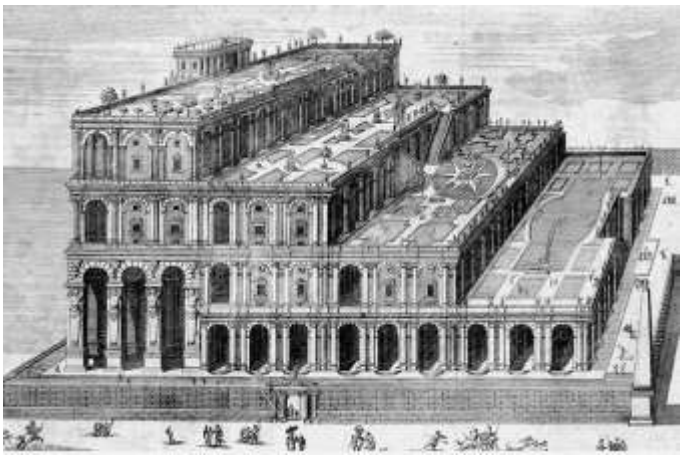
jsou předchůdci dnešních asfaltových lepenek. Vyřešení těchto dvou konstrukčních záležitostí ovlivnilo rozvoj plochých střech především v Německu. V posledních třiceti letech pak prochází navrhování a provádění plochých střech velkým technickým vývojem. [5]

4. Historie plochých zelených střech

4.1. Historie ve světě

První zmínky o zelených střechách se objevují dlouhou dobu před naším letopočtem v období říše starobabylonské. Babylonie je název jižní části Mezopotámie (dnešní Irák), kde centrem Babylonie bylo město Babylón na řece Eufratu. Tato říše byla v historických pramenech poprvé zmiňována již v dobách akkadské říše ve 24. století př. n. l.

Při vykopávkách ve zmiňovaných oblastech byly objeveny reliéfy z přelomu 8. a 7. století př. n. l., na kterých jsou vyobrazeny několikapatrové visuté terasy se zahradami s vlastním zavlažovacím systémem. Jedná se o jeden ze sedmi divů starověkého světa nazývaný Visuté zahrady královny Semiramis. (obrázek 1.) Tyto zahrady byly založeny na klenbách paláce v Babylónu. [1], [2]



Obrázek 1 Visuté zahrady – Babylon, [2]

4.2. Historie v Evropě

V Evropě se začaly zelené střechy objevovat v 11. století. Zajímavou stavbou je pak z roku 1400 Medicejský palác v Itálii a z roku 1487 zámek Fridricha III., který byl postaven ve Francii. V našem sousedním státě, v Německu, se začaly zelené

střechy budovat od poloviny 19. století na vícepodlažních bytových a domovních blocích (obrázek 2.). Několik takových střech se dodnes dochovalo v Berlíně. [2]

Obrázek 2 Bytová zástavba v Berlíně – Německo, [2]

4.3. Historie v České republice

Pozůstatky zelených střech se v České Republice dochovaly na zámku Konopiště nebo na konírně zámku v Lipníku nad Bečvou (obrázek 3.) a pocházejí z počátku 20. století. Samotný zámek v Lipníku nad Bečvou byl postaven roku 1609 a zmíněná střecha konírny o ploše přibližně 600 m^2 byla dostavěna přibližně o 300 let později, v letech 1910–1911. Realizace byla provedena podle projektu firmy Eduarda Asta z Opavy.

Obrázek 3 Konírna na zámku v Lipníku nad Bečvou, [2]

V současné době se navrhování vegetačních střech velice rozšiřuje. Lidé chtějí využívat dříve nevyužívaný prostor střešní konstrukce a také pochopili, že tyto prostory jsou vhodné na relaxaci v rušných ulicích měst. Ze stavebního hlediska je provádění zelených střech náročné na dodržení všech technických požadavků, zejména na nosnost a vodotěsnost celé konstrukce, a také na dodržení tepelné techniky dle normy ČSN 73 0540. Zemina je velmi dobrý izolant, ovšem velkou nevýhodou je jí vysoká objemová hmotnost (1 800 kg/m^3) [6] oproti polystyrénu (30 kg/m^3) [6] či jinému druhu tepelného izolantu. S její hmotností narůstají

problémy s únosností celkové střešní konstrukce. Skladba zelené střechy se také výrazně liší od skladby standardní střešní konstrukce.

5. Druhy střech

Střešní konstrukce se dělí podle:

Velikosti sklonu

α < 5° - ploché střechy

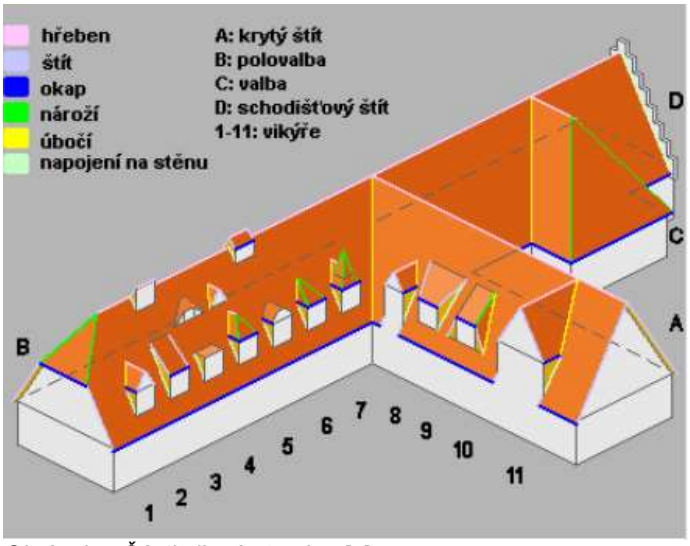
5° < α < 45° – šikmé střechy

45° < α – strmé střechy

Počtu plášťů

Jednoplášťové

Víceplášťové



Obrázek 4 Části šikmé střechy, [4]

5.1. Šikmá a strmá střecha

Zpravidla se šikmá a strmá střecha skládá z částí:

- Střešní krytina (plechová, keramická, betonová, šindel),
- Kontralatě,
- Pojistná hydroizolace,
- Paronepropustná fólie,
- Latě,
- Krokve – pokud je obytné podkroví, tak vyplněná tepelnou izolací mezi krokvemi a alespoň 5 cm nad krokve,

Hlavní názvy sklonité střechy:

Krov, Hřeben, Nároží, Úžlabí, Štít, Okap, Valba, Polovalba, Vikýř, Střešní okno, Krytý štít, Schodišťový štít [4]

5.2. Plochá střecha

Zpravidla se plochá střecha skládá z částí:

- Provozní vrstva – pochozí, nepochozí, provozní, vegetační vrstva (zelená střecha**)**,
- Hydroizolační vrstva – vodotěsná vrstva chránící podstřešní konstrukce,
- Roznášecí vrstva – zajišťuje roznesení zatížení d nosných částí objektu,

- Separační vrstva – odděluje dvě části vrstev střešního pláště,
- Tepelně izolační vrstvu – zajišťuje tepelnou pohodu při užívání budovy osobami,
- Parotěsnou vrstvu – zamezuje pronikání vodní páry z interiéru do střešního pláště,
- Spádovou vrstvu – lehčený beton, z tepelné izolace (musí být nad parotěsnou vrstvou),
- Nosná konstrukce střechy – železobetonová deska, konstrukce typu MIAKO, betonové panely.

6. Rozdělení zelených střech

Zelené střechy (green roof) se rozdělují:

- Podle druhu vegetace – biotopní, extenzivní, polointenzivní a intenzivní,
- Podle přístupnosti – nepochozí, pochozí,
- Podle převažující funkce – retenční, pěstební, kombinované s fotovoltaikou
- Podle skladby vegetace – jednovrstvé, vícevrstvé,
- Podle sklonu
- Podle polohy prostorové vazby na okolní terén – v úrovni s parterem, v dotyku s parterem, bez dotyku s parterem. [12]

6.1. Podle druhu vegetace

6.1.1. Biotopní (náletová) střecha

V tomto případě se na zelených střechách nepočítá se zakládáním rostlin, jedná se o náletovou vegetaci, podle které se tento typ střechy také nazývá. Díky tomu odpadají náklady na pořizování rostlinného materiálu a na práci při její výsadbě. Je mezi všemi druhy vegetace nejméně nákladná na údržbu. Pro její optimální růst je potřeba výška zeminy mezi 40 – 120 mm, což představuje hmotnost 80 – 220 kg/m^2. Pokud by výška zeminy přesáhla 120 mm docházelo by k růstu vyšších rostlin, které by pro svůj vývoj neměly dostatečný zdroj živin a docházelo by k jejich záhubě. Běžná biotopní (náletová) zeleň dokáže přežít i v nadměrných výkyvech klimatu a zejména odolává vláhovým výkyvům. „*Biotopní střechy často samovolně vznikají na inverzních střechách, na kterých je nejsvrchnější vrstva*

střechy tvořena štěrkem, který přitěžuje tepelnou izolaci z extrudovaného polystyrénu". [17]

Pro urychlení vzniku biotopní vegetace je vhodná kombinace vegetačních substrátů štěrku, zeminy, kůry, písku, řezanky a větviček slámy.

- Nosná konstrukce střechy (se spádem), Parozábrana, Tepelná izolace } Základní tři skladby,
- Hydroizolační folie, lepenka – zabraňuje pronikání vody do konstrukce,
- Ochranná vrstva – zabraňuje poškození hydroizolační fólie,
- Vegetační substrát.

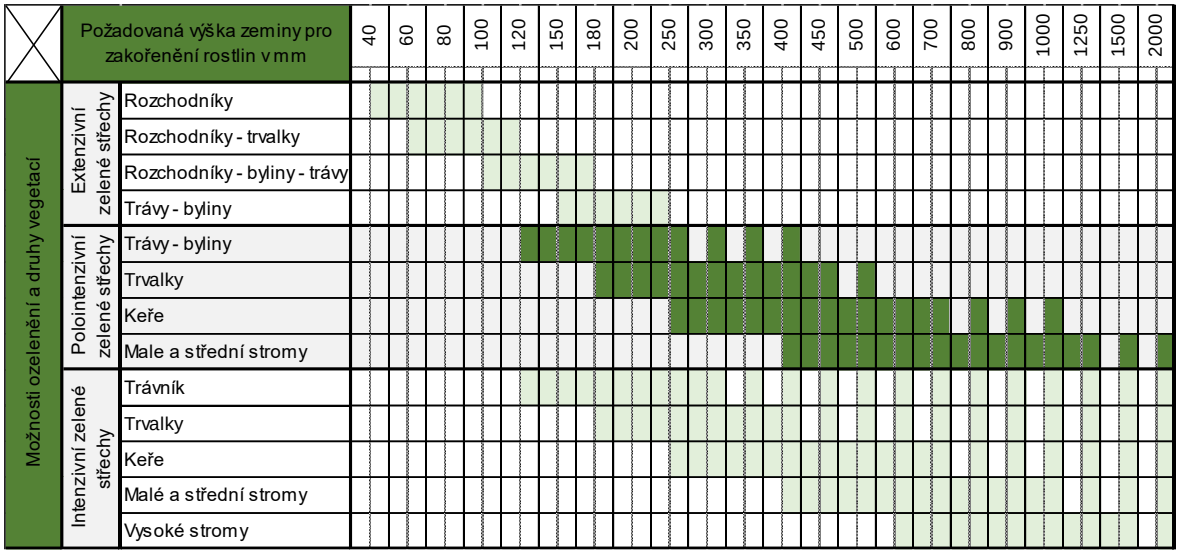
6.1.2. Extenzivní střecha

Extenzivní střecha obsahuje porosty s nízkým indexem vzrůstu. Jedná se především o rostliny jako jsou např. rozchodníky, trvalky, tráva, malé bonsaje, malé keříčky, mechy a další druhy porostů. Tyto střechy nepotřebují zásah člověka v takové míře jako ostatní porosty, zavlažování je zajištěno přirozeným způsobem. Tato vrstva vegetace roste na výšce zeminy 40 – 250 mm (Tabulka č.1) o hmotnosti 80 - 450 kg/m^2. [7], [8]

Obrázek 5 Extenzivní střecha, [7]

Charakteristické složení extenzivní zelené střechy:

- Nosná konstrukce střechy, Parozábrana, Tepelná izolace } Základní tři skladby,
- Hydroizolační folie, lepenka – zabraňuje pronikání vody do konstrukce,
- Ochranná vrstva – zabraňuje poškození hydroizolační fólie,
- Drenážní vrstva – zadržuje dešťovou vodu a přebytečnou vodu odvede do odtokových kanálků,
- Filtrační vrstva – zabraňuje ucpávání a zanášení drenážní vrstvy,
- Vegetační substrát – z pravidla minerální substrát s vyšším obsahem živin a organických složek zejména hrubších frakcí.



Tabulka 1 Výška potřebné zeminy na druhy vegetace zelených střech, [12]

6.1.3. Polointenzivní střecha

Polointenzivní střecha patří k nejrozšířenějšímu druhu zelených střech, protože umožňuje zahradničení. Zahrnuje porosty se středním indexem vzrůstu, jedná se především o rostliny jako jsou trávy, trvalky, keře většího vzrůstu, malé a střední stromy apod. Střechy polointenzivního typu potřebují pravidelný zásah člověka: hnojení, sekání, stříhání a zalévání. Tento druh střechy se dá přirovnat k plnohodnotné okrasné zahradě. Pro růst vegetace je potřebná výška zeminy 120 – 1 250 mm (Tabulka č.1) o hmotnosti 220 – 2 250 kg/m^2. [7], [8]

Obrázek 6 Polointenzivní střecha , [8]

Charakteristické složení extenzivní zelené střechy:

- Nosná konstrukce střechy, Parozábrana, Tepelná izolace } Základní tři skladby,
- Hydroizolační folie – zabraňuje pronikání vody do konstrukce,
- Ochranná vrstva – zabraňuje poškození hydroizolační fólie,

- Drenážní vrstva – zadržuje dešťovou vodu a přebytečnou vodu odvede do odtokových kanálků,
- Filtrační vrstva – zabraňuje ucpávání a zanášení drenážní vrstvy,
- Vegetační substrát – z pravidla minerální substrát s vyšším obsahem živin a organických složek zejména jemnějších frakcí.

6.1.4. Intenzivní střecha

Intenzivní střecha zahrnuje zelené porosty s vysokým indexem vzrůstu. Jedná se o rostliny jako jsou např. trávy, keře většího vzrůstu, střední a velké stromy a další druhy porostů. Střechy intenzivního typu potřebují zásah člověka jako je hnojení, sekání, stříhání, zalévání. Tento druh střechy se dá přirovnat k plnohodnotné okrasné přírodě. Tato vrstva vegetace roste na výšce zeminy 120 – 2 000 mm (Tabulka č.1) o hmotnosti 220 – 3 600 kg/m^2. [7], [8]

Obrázek 7 Intenzivní střecha, [7]

Charakteristické složení extenzivní zelené střechy:

- Nosná konstrukce střechy, Parozábrana, Tepelná izolace } Základní tři skladby,
- Hydroizolační folie – k zabránění pronikání vody do konstrukce,
- Ochranná vrstva – Zabraňuje poškození hydroizolační fólie,
- Drenážní vrstva – Zadržuje dešťovou vodu a přebytečnou vodu odvede do odtokových kanálků,
- Filtrační vrstva – Zabraňuje ucpávání a zanášení drenážní vrstvy,
- Vegetační substrát – Z pravidla minerální substrát s vyšším obsahem živin a organických složek zejména jemnějších frakcí.

6.2. Podle přístupnosti

6.2.1. Nepochozí střecha

Nepochozí střecha se chápe jako taková střecha, která umožňuje lidem pouze kontrolu technického stavu střešní konstrukce. Dále slouží pro umístění, kontrolu či opravu technologického zařízení jakou jsou vzduchotechnické jednotky, klimatizační jednotky apod.

6.2.2. Pochozí (provozní) střecha

Pochozí (provozní) střecha se chápe jako taková střecha, která slouží pro pohyb osob za účelem relaxace, pobytu a užívání prostoru jako terasy. Do tohoto typu konstrukce spadají i zelené (vegetační) střechy.

6.3. Podle převažující funkce

6.3.1. Pěstební funkce

Zelené střechy se zaměřením na zahradnické nebo zemědělské práce, či k jinému soukromému využití.

6.3.2. Podporující biodiverzitu

Navrhované zelené střechy kladené s důrazem na rozmanitost rostlinných a živočišných druhů.

6.3.3. Retenční

Střechy určené k maximálnímu zadržení dešťové vody, čímž dochází ke zpomalování odtoku dešťové vody do kanalizace. Zadržená voda v prostoru zelených střech se částečně odpařuje a ochlazuje své okolí, a jen malé množství odtéká do kanalizace, a proto nezatěžuje čističky odpadních vod.

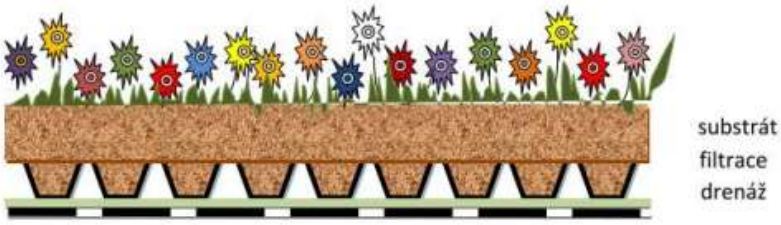
6.3.4. Fotovoltaické (kombinované)

Střechy, které počítají s návrhem vegetační střechy v kombinaci s fotovoltaickými panely. Tím se zlepšuje ekonomická bilance budovy, kam je dodávána elektrická energie z obnovitelného zdroje. Zvyšuje pozitivní ekologický dopad na životní prostředí.

6.4. Podle skladby vegetace

6.4.1. Jednovrstvé

Podle této skladby se jedná o jednoduchou a úspornou střechu s násypem vegetačního substrátu ≤ 100 mm a se sklonem > 2 %.

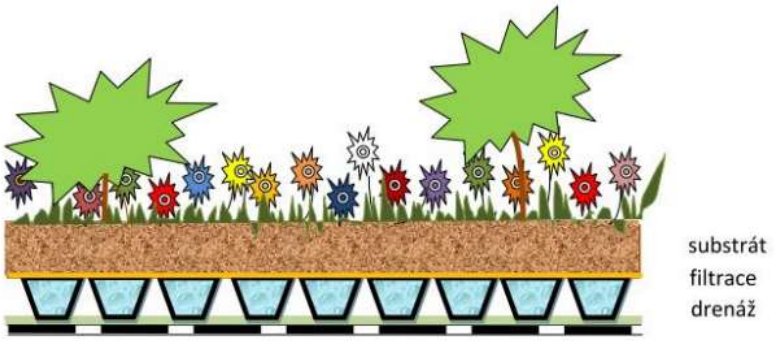


Obrázek 8 Jednovrstvá skladba vegetace, [9]

Nejvhodnější vegetací jsou suchomilné rostliny pěstované v hrubozrnném substrátu, který plní drenážní funkci. Pro drenážní vrstvu se u toho typu volí například nopová fólie nebo síť drenážních kanálků. Při dodržení tohoto složení vrstev odpadá filtrační vrstva. [9]

6.4.2. Vícevrstvé

Jedná se o luční střechy nebo o střešní zahrady. Rozdíly jsou v údržbě zeleně, a především ve výšce vegetačního substrátu. U lučních střech je potřeba výška zeminy mezi 150 – 250 mm a u střešních zahrad od 250 – 2 000 mm. V obou případech se jedná o provozní střechy, které počítají s výskytem vozidel, či jiných dopravních prostředků. Můžeme je považovat za veřejnou plochu určenou ke shlukování lidí podobně jako jsou parky a jiná veřejná prostranství. [9]



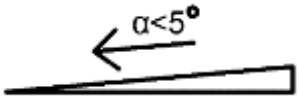
Obrázek 9 Vícevrstvá skladba vegetace, [9]

6.5. Podle sklonu střechy

Sklony střešních konstrukcí se v České republice řídí normou ČSN 731901 z roku 2011.

6.5.1. Plochá střecha

Plochá střecha se rozumí taková střecha, která má sklon vnějšího povrchu α < 5°.



Obrázek 10 Vl. zpracování

6.5.2. Šikmá střecha

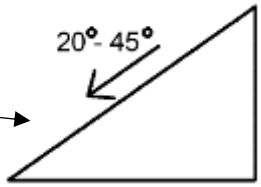
Šikmá střecha se rozumí taková střecha, která má sklon vnějšího povrchu 5° < α ≤ 45°.

S ohledem na vegetační střešní konstrukce dělíme šikmost střechy na:

Střechy s mírným sklonem -> 5° - 20°,

Střechy s velkým sklonem -> 20° - 45°.

Obrázek 11 Vl. zpracování



Obrázek 12 Vl. zpracování

6.5.3. Strmá střecha

Strmá střecha se rozumí taková střecha, která má sklon vnějšího povrchu 45° < α ≤ 90°.

Obrázek 13 Vl. zpracování

6.6. Podle polohy prostorové vazby na okolní terén

6.6.1. V úrovni s parterem

Střešní zahrady v úrovni s parterem představují jednu z velmi cenných ploch fungující jako veřejné shromažďovací prostory. Uživatelé těchto prostor mnohdy ani netuší, že se prochází po zakryté konstrukci podzemního objektu. Proto se konstrukce tohoto typu staly neodmyslitelnou součástí městské zástavby. Pod stropem objektů se zpravidla nacházejí podzemní garáže, zastávky metra, obchodní pasáže atd. U tohoto typu střechy se nejčastěji volí intenzivní druh vegetace. [8], [12]

Obrázek 14 Cloud Gate tzv. "Been" ("fazole"), Chicago, [13]

6.6.2. V dotyku s parterem

Střešní zahrady v dotyku s parterem představují jednu z velmi cenných ploch pro architekty. Mohou v těchto podmínkách začlenit objekt do přírody, prostředí či krajiny, aniž by bylo narušeno okolní prostředí. V dnešní době je moderní postavit objekt vyrůstající ze země tak, aby nebylo poznat, kde začíná dům a končí příroda. To právě umožňuje architektům projevit nekonečnou škálu možností řešení. U tohoto typu střechy se nejčastěji volí extenzivní druh vegetace. [8], [12]

Obrázek 15 RD v dotyku s parterem, [10]

6.6.3. Bez dotyku s parterem

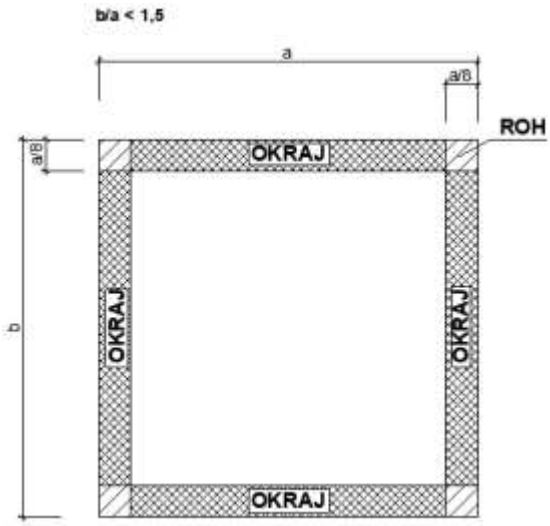
Střešní zahrady bez dotyku s parterem jsou nejrozšířenějším typem střešních zahrad. Využití střešní konstrukce je pak dle požadavků investora. Podle funkce zelené střechy se poté volí druh vegetace, zda bude intenzivní, jednoduchá intenzivní či extenzivní. Při výběru druhu vegetace se musí respektovat provozní a kompoziční omezení objektu a nároky uživatele, funkce objektu nebo kombinace těchto dvou požadavků. [12]

Obrázek 16 Bez dotyku s parterem, [7]

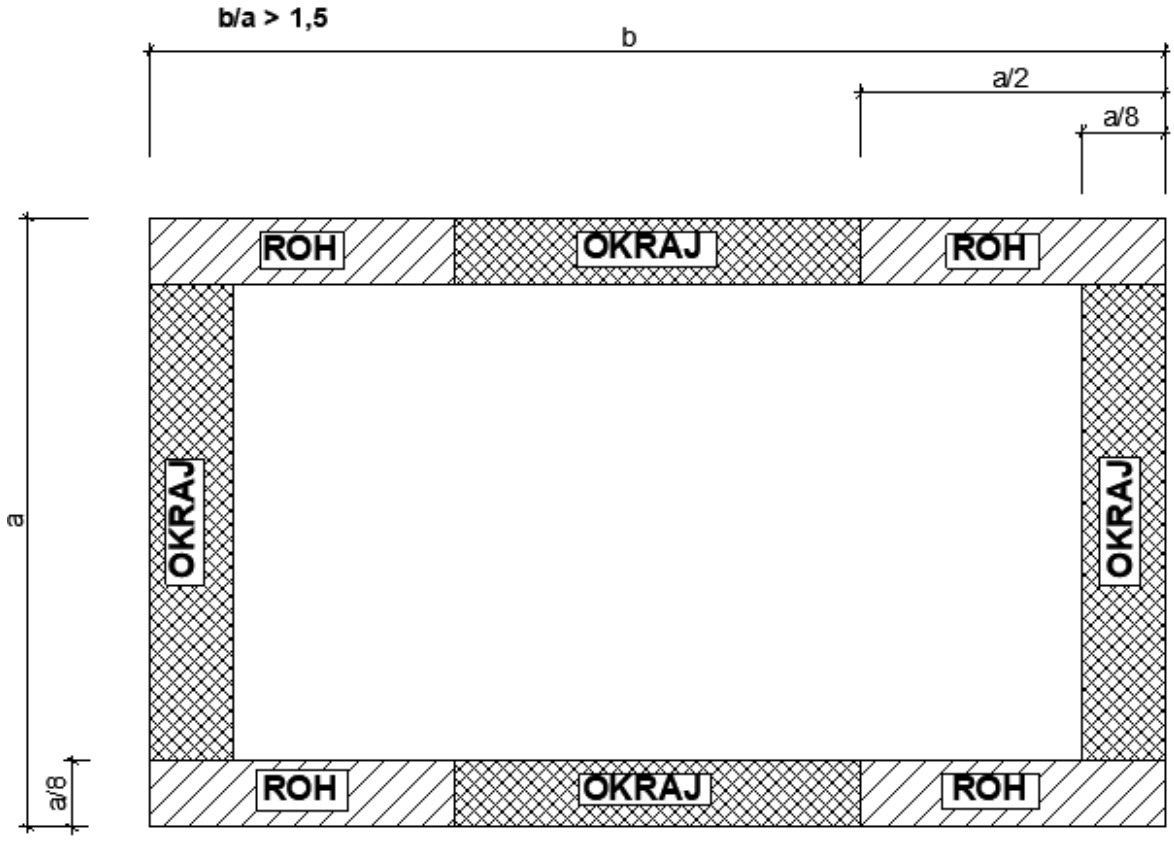
7. Základy navrhování zelených střech

7.1. Nosná část střechy

Nosná část konstrukce musí splňovat podmínky podle normy ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb a dále podle dalších částí normy 1–5, podmínky pro zatížení sněhem, větrem a teplotou. U zelených střech se klade větší důraz na zatížení srážkami z důvodů nasákavosti zeminy na vegetačních konstrukcích. [14]



Obrázek 17 Vl. zpracování [22]



Obrázek 18 Vl. zpracování, [22]

Vliv větru ovlivňuje růst rostlin v okrajové části střešní konstrukce. Čím vyšší je objekt, tím stoupá zatížení větrem. Proto je nutné dbát na přitížení v jednotlivých oblastech střechy. Podle Německých pěstitelů střešních zahrad se doporučuje minimální bezpečnostní pruh 1000 mm od vnějšího okraje atiky (obrázek 17, 18) s minimálním přitížení 80 kg/m^2. Ve vnitřní oblasti se pak doporučuje poloviční minimální zatížená než u okrajové oblasti, a to 40 kg/m^2. [22]

7.2. Hydroizolace

Hydroizolaci na zelených střechách je nutné navrhovat s ohledem na druh plánované vegetace. Při návrhu je nutné dodržet normu ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb – Základní ustanovení. Střechy tohoto druhu jsou namáhány tlakovou vodou a je nutné k tomuto problému přistupovat s nejvyšší opatrností.

Od 1.11.2007 platí v České republice norma ČSN EN 13 948 (727656) Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech – Stanovení odolnosti proti prorůstání kořenů. Norma je založena na metodě vyvinuté Asociací Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL). [15]

7.3. Separační vrstva

Fóliová hydroizolace musí být okamžitě opatřena ochrannou vrstvou, která ji chrání před mechanickým poškozením při provádění následných stavebních prací a pokládání další technologie. [16], [17]

K ochraně hydroizolační vrstvy se z pravidla používají pasivní opatření a na její ochranu se využívají dvě možnosti:

a) celkovou plochu ochránit cementovou vrstvou v tloušťce cca 50 mm,

b) pokrytím syntetickou geotextílií o minimální gramáži 500 g/m^2. [16]

7.4. Drenážní (hydroakumulační) vrstva

Drenážní vrstva slouží jako hydroakumulační vrstva a při nadbytku vody odvádí přebytečné množství vody ke střešním vpustím, které odvádí vodu do retenčních nádrží, odkud lze vodu použít znovu na zalévání, či dále jako užitkovou. Slouží také jako prostor pro růst kořenů a zvyšuje index ochrany vrstev, které leží pod ní. Odvod přebytečné vody je nutný také proto, že pro většinu rostlin je přemoření vodou letální. Kořeny u mnoha rostlin, které jsou neustále ponořené do vody, uhnívají, protože nemají přístup ke kyslíku a rostliny následně odumírají. [15], [16], [17]

Drenážní vrstvu volíme podle sklonu střešní konstrukce. Na plochých střechách se při silných přívalových deštích zadržuje voda, a tak omezuje kořenové dýchání vegetace. Z tohoto důvodu je potřeba s touto drenážní vrstvou počítat při sklonu střechy $\alpha<5°$. Při sklonu střechy $\alpha>5°$ není drenážní vrstva nutná. [17], [16]

Matriály pro drenážní vrstvy lze dělit na dvě skupiny:

MATERIÁL PRO DRENÁŽNÍ VRSTVU	
SYPKÉ MATERIÁLY	DRENÁŽNÍ DESKY, ROHOŽE
štěrkopísek, štěrk	strukturované rohože
láva, pemza	plastové nopové fólie
keramzit, cihlová drť	plastové nopové fólie s filtrační textilií
expandovaná břidlice	plastové nopové fólie s perforacemi v horním povrchu
expandit	tvarované desky z pěnových plastů

Tabulka 2 Materiálové rozdělení drenážní vrstvy [16]

Sypké materiály se používají v tloušťce od 3 do 10 cm v závislosti na druhu zvolené vegetace na stropní konstrukci budovy. Výšku 3-5 cm volíme na extenzivní zeleně, výšku 5-10 cm pro zeleně intenzivní.

ZATÍŽENÍ DRENÁŽNÍMI VRSTVAMI			
MATERIÁLOVÁ SKUPINA, DRUH MATERIÁLU	**VELIKOST ZRNA**	**PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ NA 1 cm tl. VRSTVY**	
	(mm)	(kg/m^2)	(kN/m^2)
SYPKÉ MATERIÁLY			
štěrkopísek	4/8 - 8/16	16 - 18	0,16 - 0,18
láva	1/5 - 4/12	11 - 14	0,11 - 0,14
pemza, čištěná	2/4 - 4/12	7 - 8	0,07 - 0,08
pemza, nečištěná	2/4 - 4/12	11 - 12	0,11 - 0,12
keramzit, nedrcený	4/8 - 8/16	5 - 6	0,05 - 0,06
expandovaná břidlice, nedrcená	4/8 - 8/16	6 - 8	0,06 - 0,08
keramzit, drcený	2/4 - 4/8	6 - 8	0,06 - 0,08
expandovaná břidlice, drcená	2/4 - 4/8	6 - 8	0,06 - 0,08

Tabulka 3 VI. Zdroj - Zatížení drenážními vrstvami – Sypké materiály, [22]

Má-li být v této drenážní vrstvě zadržována užitková nebo dešťová voda, pak její maximální výška vodní hladiny může být do 1/4 tloušťky drenážní vrstvy

(max. do 2/3 tl). Nevýhodou sypké drenážní vrstvy je její objemová hmotnost (od 2,658 t/m^3 do 2,691 t/m^3). [17]

Plastové nopové fólie (0,95 t/m^3 [19]) se nejčastěji volí s rozdílnou velikostí nopku nebo lze použít desky z pěnový plastů (polystyrénů) (od 0,010 t/m^3 do 0,030 t/m^3 [20]). Míra zadržení vody v nopku nebo v prolisovaném polystyrénu záleží na sklonu střešní konstrukce. Nopové fólie nebo polystyrénové desky jsou pro tyto účely perforované a mají při horní vrstvě drážku, která odvádí přebytečnou vodou do vpustí odvodňovacího systému střešní konstrukce. [16], [17]

ZATÍŽENÍ DRENÁŽNÍMI VRSTVAMI			
MATERIÁLOVÁ SKUPINA, DRUH MATERIÁLU	TI. VRSTVY	PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ CELKOVÉ VRSTVY	
	(cm)	(kg/m^2)	(kN/m^2)
DRENÁŽNÍ ROHOŽE			
rohože se strukturou rouna	1,0	5,6 - 7,5	0,056 - 0,075
rohože z nopkové umělé hmoty	1,2	2,1 - 2,3	0,021 - 0,023
rohože z pletiva	1,0	2,2 - 2,3	0,022 - 0,023
rohože z pletiva	2,2	2,2 - 2,3	0,022 - 0,023
rohože z vloček pěnové hmoty	3,5	5,6 - 5,9	0,056 - 0,059

Tabulka 4 Vl. zdroj - Zatížení drenážními vrstvami - Rohože, [22]

7.5. Filtrační vrstva

Filtrační vrstva brání vyplavování jemných částic ze substrátu do drenážní vrstvy či hydroakumulační vrstvy, zamezuje znečištění vrstvy, zvyšuje kapacitu odvodňovacích kanálků, a především zabraňuje úbytku sypkých vrstev. Filtrační vrstva nesmí bránit prorůstání a růstu kořenů, aby se mohly kořeny dostat ke zdroji dešťové či zavlažovací vodě. Dále musí být odolná proti biologické korozi.

Pro vegetační (zelené) střechy se v současné době používají tkané či netkané textilie. Vlákna se skládají z různých délek a spojování vláken může být provedeno mechanickým, chemickým či tepelným způsobem, nebo kombinací všech. Textilní vrstva o hmotnosti od 100 do 200 g/m^2 se používá zejména u tloušťky

substrátu do 250 mm. U substrátu s větší hmotností se používají textilní vrstvy větších hmotností z důvodu:

- nižší deformace textilie nad volným prostorem v drenážní vrstvě,
- větší pevnosti v tahu,
- lepších mechanických vlastností,
- většího množství zachytávaných částic ze substrátu.

Pokud je hydroakumulační vrstva pod filtrační vrstvou, tak se přesahy okrajů doporučují minimálně 150 mm z důvodu zabránění pronikání částic do hydroakumulační vrstvy. V případě, že hydroakumulační vrstva není pod filtrační vrstvou, stačí přesah textilie 100 mm. Na krajích se textilie vyvádí k hornímu povrchu substrátu, a protože textilie nejsou ošetřeny proti UV záření, měla by být zakryta maximálně do týdne od rozbalení a položení na drenážní (hydroakumulační) vrstvu.

7.6. Volba vrstvy substrátu (vegetační vrstva)

Volba substrátu a tloušťka této vrstvy závisí na požadavcích plánované vegetační vrstvy. Různé druhy substrátů vegetační vrstvy se od sebe liší objemovou hmotností, propustností (mm/min) a maximálních nasákavostí vody (%).

- Anorganickou (minerální),
- Organickou (humus).

Substrát musí být propustný, aby nedocházelo k vytváření „kaluží“ při horním povrchu, a proto se u střešních substrátů zejména sleduje procento objemu, které může obsadit voda. Pro suchomilné rostliny je to ≥35 % objemu a pro ostatní rostliny ≥45 % objemu. Pokud by došlo k nedostatečné vodní kapacitě, docházelo by k vysychání vegetační vrstvy (substrátu) a tím k nepravidelnému růstu rostlin či k jejich zániku.

Vzduch je další potřebnou složkou pro růst rostlin. Pro suchomilné rostliny musí být obsah vzduchu ≥25 % objemu substrátu a pro ostatní rostliny ≥20 % objemu substrátu. Při celkovém nasycení substrátu vodou, by nemělo procento vzduch klesnou pod 10 % objemu.

Hodnota pH pro suchomilné rostliny je mezi hodnotou 6,5 – 9,5. Pro ostatní rostliny je tato hodnota 5,5 – 8,0.

Poslední rozhodující složkou pro růst rostlin je obsah soli v substrátu. Pro suchomilné rostliny je potřeba obsah soli ≤3,5 g/l a pro ostatní rostliny musí být obsah soli ≤2,5 g/l.

Rostliny, které jsou náročnější na údržbu, se řeší individuálně a přistupuje se k nim jednotlivě, podle druhu a jejich potřeb. Každá speciální rostlina potřebuje samostatnou péči, která se musí přizpůsobit podmínkám místa růstu. [15], [17]

7.6.1. Volba světové strany vegetace

Sluneční záření ovlivňuje především odpařování vody z vegetační střechy, a proto je dobré volit vhodnou skladbu rostlin. Na střechách, které jsou natočeny k jihu a tím na ně více dopadají sluneční paprsky, může docházet k rychlejšímu vysychání rostlin než u střech se sklonem na severní stranu. Z tohoto důvodu se při jejich osazování musí volit rozdílná společenství rostlin. [22]

8. Výhody a nevýhody zelených střech

Hlavní význam vegetačních střech je v dnešní době spojený s humanizací a ekologizací lidských obydlí. V roce 1989 bylo v Německu postaveno téměř milión metrů čtverečných vegetačních střech. V některých oblastech Německa musí dokonce být průmyslové haly či budovy ozeleněny povinně. Stejný zákon platí také ve Švýcarských městech především u novostaveb, ale také u stávajících budov, a i u historických budov je požadováno 20 % ozelenění střešních ploch.

8.1. Výhody zelených střech

- Ochrana střešní izolace před klimatickými změnami, UV zářením a mechanickým poškozením -> prodloužení životnosti střešního opláštění,
- zvýšení protipožární odolnosti střešní konstrukce,
- zlepšení akustické izolace vlivem vegetačního souvrství a zamezení pronikání hlučnosti do prostor pod střešní konstrukcí,
- zadržování vodních srážek, u intenzivní ZS až 90 %, 30 % až 50 % u extenzivních VS. Nabízí se možnost úspory odvádění srážkových vod do splaškové kanalizace či přepadových retenčních nebo vsakovacích nádrží,
- redukce nákladů na vytápění a chlazení
- zvlhčování a ochlazování okolního prostředí postupným odpařováním vodních srážek,

- v městské zástavbě přispívá k obohacováním vzduchu kyslíkem a vázáním oxidu uhličitého, dochází tak ke zlepšování energetické bilance měst,
- obohacení mikroklimatu v zastavěných částech města a nahrazování zde chybějící přírodní části,
- využití jako parků a pro shromažďování osob,
- pozitivní psychologický vliv na člověka,
- estetické účely. [21]

8.2. Nevýhody zelených střech

- Zatížení střešní konstrukce – při výstavbě nových objektů se zahrne do statických výpočtů nosné části střechy, ovšem problémem je realizace zelených střech u rekonstruovaných objektů. Těmto objektům se musí dodatečně zesilovat nosná střešní konstrukce, a tak dochází k navýšení ceny rekonstrukce. Ne vždy je navýšení únosné a možné, někdy dochází k absolutnímu rozebrání nosné střešní konstrukce a k vybudování nové,
- vyšší pořizovací cena na základě zesílení nosné části střešní konstrukce
- více vrstev skladby při realizaci střešního pláště,
- řešení mnoha detailů, aby po realizaci nedocházelo k zatékání či prolínání srážkové nebo závlahové vody do konstrukce,
- nákladná oprava – sebrání vegetační vrstvy, hledání vadného spoje. [34]

9. Trendy ve využití zelených střech

Navrhování zelených střech se častěji využívá v oblasti certifikování stavebních objektů ke zlepšení environmentálního prostředí. Pro certifikování budov jsou na trhu tři významné společnosti, které mohou udělovat certifikát budovy. Těmi jsou, nejrozšířenějším systémem hodnocení budov na světě LEED (Leadership in Energy & Enviromental Design) založen Americkou neziskovou organizací USGBC (U.S. Green Building Council), BREAM (Building Research Establishment Enviromental Assessment Method) poprvé publikován vládní Britskou agenturou BRE (Building Research Establishment), CASBEE (Comprehensive Assessment Systém for Built Enviroment Efficiency) vyvinuta Japonskou společností fungující od roku 2001.

V současné době nemůžeme říci, že je jen v módě myslet na přírodu, ale že je opravdu důležité k ní přistupovat jako k nepostradatelnému zdroji pro život

člověka a z tohoto důvodu přicházejí do popředí inovace jako jsou zelené střechy. Jak bylo popsáno v předešlých kapitolách, tak pomáhají v městské zástavbě přispívat k obohacování vzduchu kyslíkem a vázáním oxidu uhličitého, čímž dochází ke zlepšování energetické bilance měst. Zelené střechy dále účinně zadržují vodní srážky, zelená střecha s intenzivní vegetací až 90 %, 30 % až 50 % s extenzivních vegetačních střech. Vypařování zadržené vody ochlazuje městské prostředí a zadržená a vypařená voda snižuje množství odváděných srážkových vod do splaškové kanalizace či přepadových retenčních nebo vsakovacích nádrží. Tyto záležitosti pomáhají člověku, aby se mu lépe dýchalo v dnešních přeplněných městech.

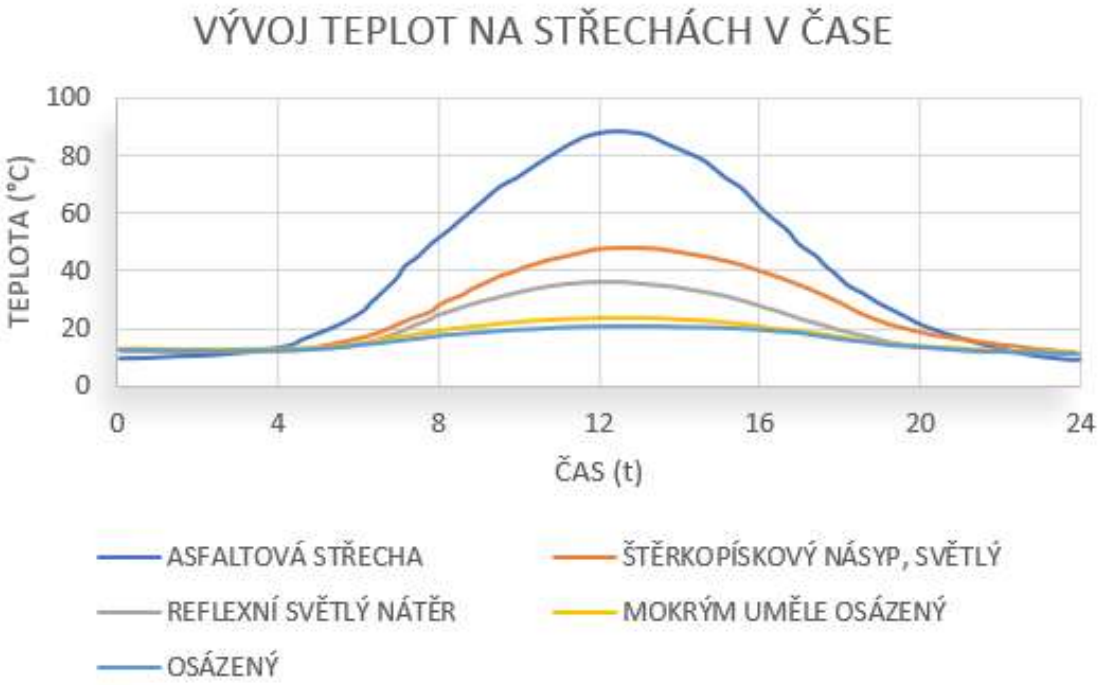
Pro investory, kteří chtějí budovat zelené střechy, je důležité slovo „úspora“, a to je další hledisko, kterým zelené střechy mohou přispívají ke kvalitnímu životu člověka. V dalších kapitolách si budeme demonstrovat nákladovou cenu na realizaci ploché a šikmé střechy tak, abychom dodrželi všechny platné předpisy a normy.

Obrázek 19 Rozdíly teplot mezi klasickou a zelenou střechou, [2]

Na obrázku 19 vidíme dvě střechy. První je pokryta klasickou asfaltovou lepenkou, která dokáže rozpálit střechu až na 80 °C (obrázek 20), což způsobí přehřátí stavební konstrukce. Střecha objektu tak „topí“ ve dne i v noci a vysoké teploty mají negativní dopad na zdraví člověka.

Na druhé střeše je vidět vzrostlá vegetace, která dokáže snížit teplotu střešní konstrukce v letních měsících až o 55 °C (obrázek 20) a tím zabraňuje přehřívání obytných místností. V bytové výstavbě by teplota v interiéru neměla překročit 27 °C, a to ani v horkých letních dnech. Tyto podmínky nejsou v České republice

dodržovány a téměř polovina bytové zástavby se přehřívá a je příčinou vzniku městských tepelných ostrovů.



Obrázek 20 Vl. zdroj; Graf s vývojem teplot v čase jednoho dne, [22]

Městské tepelné ostrovy zaznamenávají vyšší nárůst teplot než okolní méně zastavěné prostory. Například v Praze byla v roce 2015 naměřena vyšší teplota průměrně o 2,5 °C oproti okolní přírodě.

Z obrázku 20 také vyplývá, že vegetační střecha šetří energii na vytápění a chlazení a tím pádem šetří náklady na energie potřebné pro vytápění a chlazení objektu jako celku.

Další výhodou je, že vznikají komerční i nekomerční prostory, jejichž součástí jsou prostory pro pohyb osob ve smyslu odpočinkovém, relaxačním, anebo jako terasy volně přístupné pro návštěvníky objektů. [23], [24], [26]

Důležitým trendem u zelených střech jsou energetické úspory, pozitivní psychologický vliv na člověka, přispívání k lepšímu environmentálnímu prostředí, úspory na vytápění a chlazení, rozšíření společenských prostor a v neposlední řadě relaxační pobyt na odlehlém vyvýšeném místě.

10. Příklady využití zelených střech v ČR a v zahraničí

10.1. Příklady v České republice

Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, zelené střechy se stávají čím dále větším trendem. Zelené střechy nejsou trendem jen v projektech soukromého sektoru, ale vzbuzují zájem i u koncipování budov státní sféry, která by právě měla jít soukromému sektoru příkladem, aby podporovala budování zeleně ve městech, a posilovala čistotu ovzduší a vytvářela shromažďovací prostory.

Obrázek 21 Fakulta životního prostředí, Zemědělská universita Praha, [27]

Nejaktuálnějšími projekty vegetačních střech v Praze, které bojují o zelenou střechu roku 2018, jsou např. Fakulta životního prostředí, Zemědělské univerzity v Praze (Kamýcká 1176, 165 00 Praha Suchdol) (obrázek 21), která své terasy využila pro vznik zelených ploch, cest a prostorů s lavicemi na odpočinek či jako shromažďovací prostor osob k rozvíjení diskuze na volném prostranství. Fakulta pro své zaměstnance a studenty vytvořila necelých 450 m^2 plochy, kam mohou vyjít na vzduch v době odpolední pauzy či přestávek mezi přednáškami. [27]

Další zúčastněnou zelenou střechou v soutěži Zelená střecha roku 2018 je Národní zemědělské muzeum v Praze (Kostelní 1300/44, 170 00 Praha 7 – Holešovice), jehož budova byla vyhlášena kulturní památkou (Obrázek 22)

Obrázek 22 Národní zemědělské muzeum, Praha, [27]

Na budově postavené mezi lety 1937 a 1940 zvolili při rekonstrukci polointenzivní a intenzivní vegetační střechu, kdy prostor využili ke shromažďovacímu a reprezentativnímu účelu. Zajímavostí je, že nová střešní terasa je vynesena příhradovými ocelovými vazníky nad stávající střechu. Ocelové vazníky jsou osazeny na hlavních železobetonových rámech historické budovy. [27]

Systém zavlažování je na Národním zemědělském muzeu zajištěn automatickým systémem závlah. O nakládání s dešťovou vodou se starají dvě retenční nádrže. Údržbu zatravněných ploch zajišťuje solární sekačka vybavená systémem navigace GPS. [27]

V České republice dnes již najdeme mnoho projektů, které mají realizovanou vegetační střechu:

- Střešní terasa administrativní budovy DELTA (Praha 4, mezi ulicemi Vyskočilova a Václava Sedláčka) s plochou ZS 1500 m^2,
- Kanceláře Balabenka Office Building (Praha 8, ul. Českomoravská 2408),
- Galerie Harfa (Českomoravská 2420/15a, 190 00 Praha 9), která na střeše má nejen vegetaci, ale také dětské hřiště, sezení pro místní restaurace a fast

food-y, kluziště na lední brusle, a především velký Dino park pro návštěvníky Galerie,

- Velký Špalíček (Brno, ul. Dominikánská),
- Rektorát VUT (Brno ul. Antonínská).

V České republice se delší dobu vyskytuje program Nová zelená úsporám, který se zabývá zateplováním fasád a přispívá majitelům objektů určitou částkou na zateplování objektů, a tak snižuje náklady na energie a šetří životní prostředí. V roce 2017 se rozšířil dotační program Nová zelená úsporám o podporu zelených střech. Od tohoto roku je možné získat dotaci na realizaci zelených střech jak u bytových objektů, tak u rodinných domů. Na zelené střechy, které přispívají k úspoře energie na vytápění a chlazení, a to zejména v období klimatických výkyvů venkovních teplot, je udělována dotační podpora až 500 Kč/m^2 půdorysné plochy vegetačního souvrství zelené střechy.

10.2. Příklady v zahraničí

Pokud se podíváme nejdříve do Evropy, tak Švýcarsko, Rakousko, ale především Německo jsou představitelé budování zelených střech. Německo je v současné době (stejně tak tomu bylo i v minulosti) centrem, odkud vycházejí nejmodernější inovace zelených střech do celé Evropy a v podstatě do celého světa. Tento vývoj a expanze zelených střech je způsobena německými zákony, které napomáhají k jejich výstavbě. Německá města podporují a poskytují finanční prostředky nebo nepřímé náhrady, např. odpouštění nebo snižování různých daní nebo poplatků, na výstavbu zelených střech. Pokud některá města neposkytují finanční podporu, tak darují alespoň bezplatné poradenství právě na zmiňovanou výstavbu zelených střech. V hlavním městě Německa, Berlíně, platí zákon, který povoluje stavbu s příliš velkou plochu jen v případě výstavby vegetační střechy. [30]

<u>Příklady green roof okolo ČR:</u>

- pojišťovací společnost Allianz, Německo, (obrázek 23), [28]

Obrázek 23 Objekt společnosti Allianz, Německo, [28]

- Bytový komplex ve Stuttgart-u, Německo, (obrázek 24), [29]
- Bytová zástavba v Berlíně, (obrázek 25), [30]
- Zahradní dům v Linz-u, Rakousko, (obrázek 27), [31]
- Tramvajový sklad ve Švýcarsku, (obrázek 26), [32]

Obrázek 24 Bytový komplex Stuttgart, Německo, [29]

Obrázek 25 Bytový komplex Berlín, Německo, [30]

Obrázek 27 Zahradní dům Linz, Rakousko, [31]

Obrázek 26 Tramvajový sklad, Švýcarsko, [32]

Příklady green roof ve světě:

Projektování a budování zelených střech se ve větším měřítku rozjíždí v zahraničních státech z jichž zmiňovaného důvodu, a to je snížení základu daně na objektech se zelenými střechami a dále také snížením nákladů na vytápění a chlazení objektů. [33]

Jako první příklad bychom uvedli Rostlinné konzervační centrum vědy v Chicagské botanické zahradě, ve Spojených Státech Amerických ve státě Illinois (obrázek 28), které má rozlohu 9 280 m^2 zelené střešní zahrady. Střecha je rozdělena na dva úseky. První úsek je osazen původními rostlinami a druhý úsek je osázen odrůdami typickými pro používaní zelených střech. Pozemky jsou využívány k provedení rozsáhlého výzkumu o tom, jak různé odrůdy zeleně se pohybují v prostředí střech. [33]

Obrázek 29 Rostlinné konzervační centrum botanické zahrady v Chicag-u, Spojené Státy Americké, [33]

Další příklad nalezneme ve městě Chongqing v Číně, kde je stavba Chongqing Taoyuanju Community Center (obrázek 29), kde zelená střecha tohoto centra spojuje tři samostatné struktury Chongqing Taoyuanju Community Center, včetně kulturních, atletických a veřejných zdravotních zařízení navzájem a dále s okolní krajinou. [33]

Obrázek 28 Chongqing Taoyuanju Community, Chongging, Čína, [33]

Třetím příkladem je Kalifornská akademie věd, ve Spojených Státech Amerických ve městě San Francisco (obrázek 30), kde byla 2,5 akrová obytná zelená střecha dokončena v roce 2008 a která dostala ocenění LEED Double Platinum. Na střeše se nachází zhruba 1,7 milionu domorodých rostlin, meteorologická stanice, solární panely a její velikost zdvojnásobuje plochu výukových prostor, které jsou využívány jako venkovní učebny. [33]

Obrázek 30 Budova Akademie věd v Kalifornii, Spojené Státy Americké, [33]

Další ukázky:

- StreetDome, Haderslev, Dánsko, (obrázek 31), [33]
- Olympijský sochařský park, Seattle, (obrázek 32), [33]
- Muzeum Moesgaard, Hojbjerg, Dánsko, (obrázek 34), [33]
- Meera Sky Garden House, Singapur, (obrázek 33), [33]

Obrázek 31 StreetDome v Haderslev-u, Dánsko, [33]

Obrázek 32 Olympijský sochařský park, Seattle, [33]

Obrázek 34 Muzeum Moesgaard v Hojbjerg-u, Dánsko, [33]

Obrázek 33Meera Sky Garden House, Singapur, [33]

11. Praktická část

11.1. Úvod do praktické části a její metodologie

V praktické části se budeme věnovat ekonomickému návrhu metodou LCC (Life Cost Cycle), ze kterého vyplyne, jaká střecha je ekonomicky nejvýhodnější, z důvodu realizace, z důvodu environmentálního nebo z hlediska hodnocení nezávislých respondentů odpovídající v dotazníku vytvořeném autorem práce.

Nejprve si zvolíme dva typy střech standardního provedení a poté dva typy vegetačního provedení. Při návrhu poukážeme na tepelnou techniku střech, všechny je navrhneme tak, aby splňovaly veškeré požadavky normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Nosnou část střech vypočítáme dle základních empirických vzorců uvedených v normě ČSN EN 1991-1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

Na těchto navržených střechách vyhodnotíme ekonomickou náročnost realizace a údržby. Pro všechny navržené střechy provedeme analýzu, která z vybraných střech je z autorova pohledu nejoptimálnější a poté tuto problematiku vyhodnotíme Hodnotovou analýzou.

11.2. Použité materiály, programy, literatura ke splnění praktické části

Jednotlivé typy střechy vytvoříme samostatně v grafickém programu ArchiCAD studen version. K vytvoření tabulek, pro výpočet nosných částí střešní konstrukce a pro určení tepelné ochrany budovy, použijeme program Microsoft Excel. Jako literaturu k vytvoření nosných částí a výpočet pro tepelnou techniku použijeme normy ČSN EN 1991-1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb a ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov.

Pro vytvoření dotazníku použijeme internetového odkazu www.survio.com, dotazník rozešleme v elektronické podobě mezi respondenty, bude tedy pouze v multimediální verzi.

Ocenění jednotlivých střešních konstrukcí je vytvořeno v rozpočtovém programu KROS Plus (plná verze) a výsledky jsou vloženy do diplomové práce. U konstrukcí jsou uvedeny ceny konkrétního stavebního prodejce DEK. Ceny, které tyto tabulky obsahují, jsou počítány bez dílčích detailů jako jsou vpusti, okraje atik

nebo odvětrávací komínky. Celková cena představuje cenu střechy na 1 m^2. Náklady na údržbu zelených střech jsou stanoveny pomocí online poptávky na internetu u firem, které se specializují na správu a údržbu nemovitostí.

Použité vzorce v praktické části diplomové práce:

Vzorec pro výpočet plošného charakteristického zatížení $\boldsymbol{g_k}$ (kN/m^2)

$$\boldsymbol{g_k} = \boldsymbol{\rho_V} * \boldsymbol{h} \tag{1}$$

ρ_V *objemová hmotnost konkrétní vrstvy* (kN/m^3)

h *výška konkrétní vrstvy* (m)

Vzorec pro výpočet plošného návrhového zatížení $\boldsymbol{g_d}$ (kN/m^2)

$$\boldsymbol{g_d} = \boldsymbol{g_k} * \boldsymbol{\gamma_G} \tag{2}$$

γ_G *součinitel zatížení (koeficient dle* ČSN EN 1991 = *1,35)*

Vzorec pro tepelný odpor konstrukce $\boldsymbol{R_T}$ ($[(m^2 * K)/W]$)

$$\boldsymbol{R_T} = \boldsymbol{R_{si}} + \boldsymbol{R} + \boldsymbol{R_{se}} \tag{3}$$

R_{si} *odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce* ($[(m^2 * K)/W]$)

R_{se} *odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce* ($[(m^2 * K)/W]$)

R *tepelný odpor vrstvy* ($[(m^2 * K)/W]$)

$$\boldsymbol{R} = {}^{\boldsymbol{d}}/_{\boldsymbol{\lambda}} \tag{4}$$

d *výška konkrétní vrstvy* (m)

λ *součinitel tepelné vodivosti* ($[(m * K)/W]$)

Vzorec pro určení tepelného odporu konstrukce $\boldsymbol{U}$ ($[W/(m^2 * K)]$)

$$\boldsymbol{U} = {}^{\boldsymbol{1}}/_{\boldsymbol{R_T}} \tag{5}$$

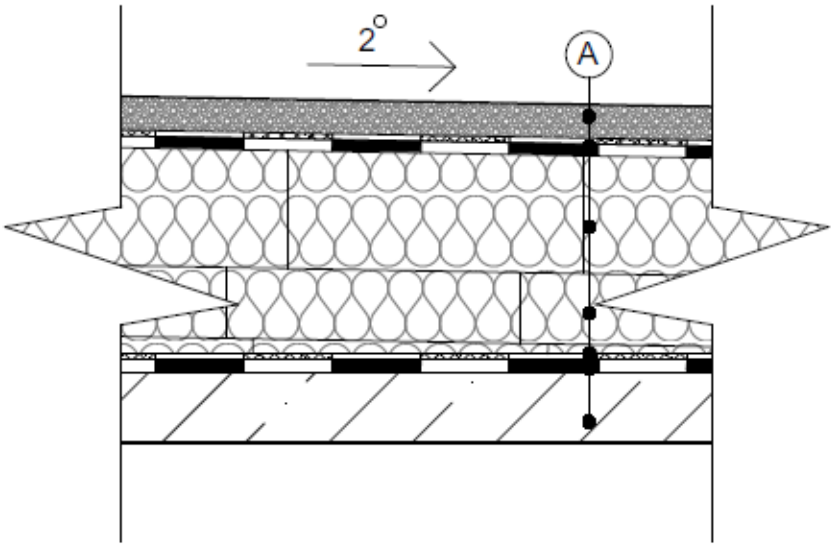
Hodnoty R_{si} a R_{se} dle normy ČSN 73 0540 – 3 Návrhové hodnoty a veličiny

KLIMATICKÉ OBDOBÍ	**DRUH KONSTRUKCE A POVRCH KONSTRUKCE**	**TVAR A ORIENTACE POVRCHU KONSTRUKCE**		**ODPOR PŘI PŘESTUPU TEPLA R_{si} a R_{se} ($[(m^2 * K)/W]$)**	
				PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ VLHKOSTI RIZIKA RŮSTU PLÍSNÍ	**PRO VÝPOČTY ŠÍŘENÍ TEPLA**
1	2	3		4	**5**
ZIMNÍ I LETNÍ	VNĚJŠÍ POVRCH STAVEBNÍ KONSTRUKCE A VÝPLNĚ OTVORU	-		0,04	**0,04**
	VNITŘNÍ POVRCH STAVEBNÍ KOSTRUKCE	VODORVNÝ POVRCH PŘI TEPELNÉM TOKU	ZDOLA NAHORU	0,25	**0,10**
			SHORA DOLŮ	0,25	0,17

Tabulka 5 Návrhové hodnoty prostupu tepla konstrukcemi z normy ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budov

12. Návrh střešních konstrukcí

12.1. Skladba ploché střechy varianta 1



A
- PRANÉ ŘÍČNÍ KAMENIVO FRAKCE 16-32mm tl. 70 mm
- GEOTEXTÍLIE FILTEK 500 tl. 1 mm
- FÓLIE DEKPLAN 77 tl. 5 mm
- GEOTEXTÍLIE FILTEK 300 tl. 1 mm
- TEPELNÁ IZOLACE EPS 100 (se spádovými klíny) tl. 250 mm
- PAROZÁBRANA GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL tl. 2 mm
- PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER tl. 1 mm
- NOSNÁ KONSTRUKCE STŘECHY tl. 150 mm

Vypracoval	Odp.projektant	Schválil	Společnost	
Bc.Michal Ašenbrener				
Okres: Okres	**Obec:** Obec			
Investor: Investor				
Akce: Novostavba rodinného domu			**Stupeň**	DPS
			Datum	Datum
			Formát	A4
Místo: Místo			**Měřítko**	1:10
Obsah: Detail střešní konstrukce			**Č.výkresu:**	č.v.
			Č.zakázky:	č.z.

Obrázek 35 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 1

Stropní konstrukce Varianta 1 (Var.1) je nejrozšířenějším typem v halové a bytové výstavbě. Výhodou této střešní konstrukce je lehkost a díky tomu i rychlost provádění prací. U ploché střechy Var.1 je výhodou její nízká hmotnost a s tím spojené i nižší náklady na provádění. Celková hmotnost včetně vlastní tíhy stropní konstrukce činí 634 kg/m^2. Při této hmotnosti stačí subtilnější železobetonová stropní konstrukce, která zatížení roznese do nosného sloupového (stěnového) systému.

SKLADBA PLOCHÉ KLASICKÉ STŘECHY VAR. 1				
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**OBJ.HM.(kg/m^3)**	**PLOŠ.HM.(kg/m^2)**
01	PRANÉ ŘÍČNÍ KAMENIVO FRAKCE 16-32mm	70	2 648	185,36
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 500	1	500	0,5
03	FÓLIE DEKPLAN 77	5	1 400	7
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	1	300	0,3
05	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100 (se spádovými klíny)	250	250	62,5
06	PAROZÁBRANA GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2	1 400	2,8
07	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER	1	1 000	1
08	NOSNÁ KONSTRUKCE STŘECHY	150	2 500	375
	CELKEM	480	9 998	634

Tabulka 6 Skladba střešní konstrukce varianty 1 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou)

01. Prané říční kamenivo – slouží jako ochrana hydroizolační fólie před mechanickým poškozením, má také protipožární funkci

02. Geotextílie – separační vrstva oddělují hydroizolaci od říčního kameniva

03. Hydroizolační fólie – zabraňuje pronikání vody do konstrukce

04. Geotextílie – separační vrstva oddělují hydroizolaci od říčního kameniva

05. Tepelná izolace – 2 vrstvy kladené na vazbu tvořící spádovou vrstvu

06. Parozábrana – z asfaltových pásů jako parotěsná pojistná izolace

07. Přípravný nátěr – penetrační vrstva pro zlepšení přilnavosti parozábrané vrstvy

08. Nosná konstrukce střechy – monolitická silikátová vrstva (železobetonová nosná konstrukce střechy)

Výpočet stálého plošného zatížení na střešní konstrukci

SKLADBA PLOCHÉ KLASICKÉ STŘECHY VAR. 1					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ g_k (kN/m²)**	**SOUČINITEL ZATÍŽENÍ γ_G**	**NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ g_d (kN/m²)**
01	PRANÉ ŘÍČNÍ KAMENIVO FRAKCE 16-32mm	70	1,85	1,35	2,50
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 500	1	0,01		0,01
03	FÓLIE DEKPLAN 77	5	0,07		0,09
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	1	0,00		0,00
05	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100 (se spádovými klíny)	250	0,63		0,84
06	PAROZÁBRANA GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2	0,03		0,04
07	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER	1	0,01		0,01
08	NOSNÁ KONSTRUKCE STŘECHY	150	3,75		5,06
	CELKEM	480	6,34		8,57

Tabulka 7 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 1

Výpočet součinitele prostupu tepla (ČSN 73 540 – 2 Tepelná ochrana budov)

VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA						
				$R_i = d_i / \lambda_i$	U = 1 / R	
OZN.	**POPIS**	**d_i [m]**	**λ_i [W/m.K]**	**R [(m².K)/W]**	**U (W/m²*K)**	**U < $U_{pas,20}$**
01	PRANÉ ŘÍČNÍ KAMENIVO FRAKCE 16-32mm	0,07	0,95	0,074	-	-
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 500	0,001	-	-	-	-
03	FÓLIE DEKPLAN 77	0,005	0,16	0,031	-	-
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	0,001	-	-	-	
05	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100 (se spádovými klíny)	0,25	0,037	6,757	-	-
06	PAROZÁBRANA GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,002	0,2	0,010	-	-
07	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER	0,001	-	-	-	-
08	NOSNÁ KONSTRUKCE STŘECHY	0,15	1,74	0,086	-	-
	CELKEM	0,48	3,087	6,958	**0,144**	0,15 - 0,10

Tabulka 8 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 1

Položkový rozpočet na 1m^2 konstrukce střechy

Kód položky	Popis	MJ	Množství	Index ceny	Celková cena
HSV	**Práce a dodávky HSV**				**1 514,52**
4	**Vodorovné konstrukce**				**1 325,70**
411321515	Stropy deskové ze ŽB tř. C 20/25	m3	0,150	1,000	435,00
411351011	Zřízení bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce	m2	1,000	1,000	322,00
411351012	Odstranění bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce	m2	1,000	1,000	94,30
411354311	Zřízení podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 15 cm	m2	1,000	1,000	127,00
411354312	Odstranění podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 15 cm	m2	1,000	1,000	36,20
411361821	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505	t	0,008	1,000	311,20
998	**Přesun hmot**				**188,82**
998011004	Přesun hmot pro budovy zděné v do 36 m	t	0,383	1,000	188,82
PSV	**Práce a dodávky PSV**				**1 217,46**
712	**Povlakové krytiny**				**734,72**
712311101	Provedení povlakové krytiny střech do 10° za studena lakem penetračním nebo asfaltovým	m2	1,000	1,000	8,46
11163150	lak asfaltový penetrační	t	0,001	1,000	0,00
712341559	Provedení povlakové krytiny střech do 10° pásy NAIP přitavením v plné ploše	m2	1,000	1,000	87,00
62832001.DEK	Oxidovaný asfaltový pás s vložkou ze skelné rohože DEKBIT V60 S35 (role/10m2)	m2	1,150	1,000	70,50
712361701	Provedení povlakové krytiny střech do 10° fólií položenou volně s přilepením spojů	m2	1,000	1,000	46,70
28322056.DEK	Hydroizolační fólie z PVC-P ALKORPLAN 35177 k přitížení 1,5 mm	m2	1,150	1,000	187,45
712391171	Provedení povlakové krytiny střech do 10° podkladní textilní vrstvy	m2	1,000	1,000	35,50
69311068	geotextilie netkaná PP 300g/m2	m2	1,150	1,000	26,11
712391171	Provedení povlakové krytiny střech do 10° podkladní textilní vrstvy	m2	1,000	1,000	35,50
69311082	geotextilie netkaná PP 500g/m2	m2	1,150	1,000	43,47
712391382	Provedení povlakové krytiny střech do 10° násypem z hrubého kameniva tl 50 mm	m2	1,000	1,000	5,66
58343933	kamenivo drcené hrubé prané frakce 16-32 třída B	t	0,083	1,000	30,96
712391482	Příplatek k povlakové krytině střech do 10° ZKD 10 mm násypu z hrubého kameniva	m2	2,000	1,000	1,26
58343933	kamenivo drcené hrubé prané frakce 16-32 třída B	t	0,033	1,000	12,31
998712104	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 36 m	t	0,124	1,000	143,84
713	**Izolace tepelné**				**482,74**
713141131	Montáž izolace tepelné střech plochých lepené za studena 1 vrstva rohoží, pásů, dílců, desek	m2	1,000	1,000	101,00

28375987.ISV	Isover EPS 100F 200mm, λD = 0,037 (W·m-1·K-1),1000 x 500 x 200 mm, fasádní desky pro kontaktní zatepl.systémy ETICS se zvýšenými požadavky a další k-ce s běžnými požadavky na zatížení. Trvalá zatížitelnost v tlaku max. 2000 kg/m2 při def. < 2%.	m2	**1,020**	1,000	299,37
28375945.ISV	Isover EPS 100F 50mm, λD = 0,037 (W·m-1·K-1),1000 x 500 x 50 mm, fasádní desky pro kontaktní zatepl.systémy ETICS se zvýšenými požadavky a další k-ce s běžnými požadavky na zatížení. Trvalá zatížitelnost v tlaku max. 2000 kg/m2 při def. < 2%.	m2	**1,020**	1,000	74,95
998713104	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 36 m	t	0,007	1,000	7,42

Tabulka 9 Výpočet ceny varianty 1

Náklady na provoz střechy

VARIANTA 1							
NÁKLADY NA ÚDRŽBU	**1. ROK**			**6-20 LET**			**1-20 LET**
POPIS ÚDRŽBY	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**
VYČIŠTĚNÍ NEČISTOT	1,0	0,3	0,3	1,0	0,4	0,4	7,7
ČIŠTĚNÍ SVODŮ	1,0	0,6	0,6	1,0	0,8	0,8	15,5
VODOTĚSNOST PROSTUPŮ	0,2	0,1	0,0	1,0	0,1	0,1	2,7
VIZUÁLNÍ KONSTROLA	1,0	0,2	0,2	2,0	0,3	0,6	10,8
CELKOVÉ NÁKLADY PO 20-TI LETECH							36,7
PRŮMĚRNÉ ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU V HORIZONTU 20-TI LET							1,8

Tabulka 10 Provozní náklady střechy varianty 1

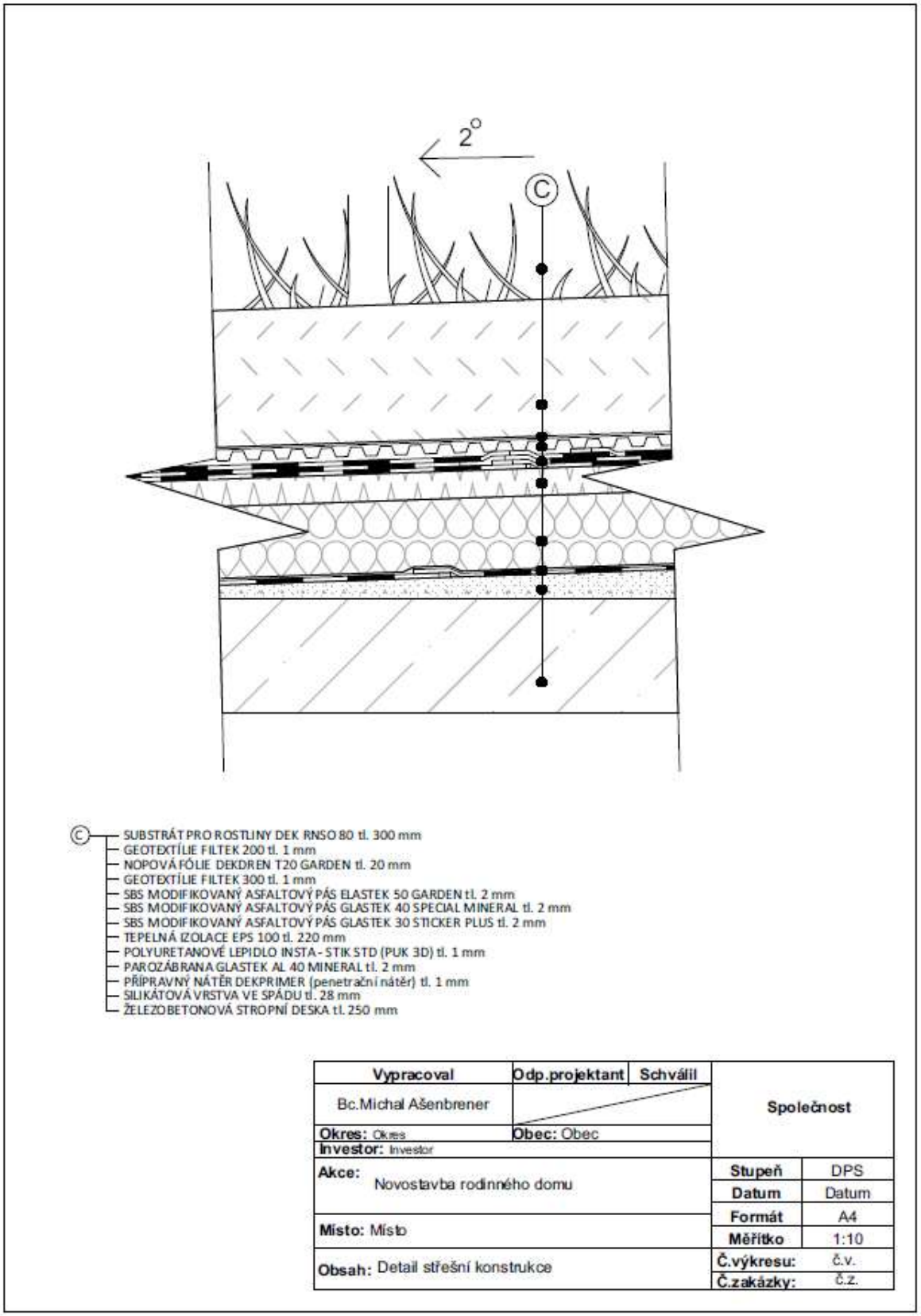
Náklady na provoz střechy varianty 1 jsou především na vizuální kontrolu. Tato kontrola stanoví četnost oprav či potřeby čištění. U těchto střech především dochází k ucpávání dešťových svodů náletovými nečistotami jako jsou listy, plastové sáčky či podobné materiály. Dále dochází po čase k výskytu mechu, který se musí odstranit, aby se prodloužila životnost střechy. Dále dochází ke ztrátě ochrany zámečnických konstrukcí vlivem působení klimatických změn a je potřeba obnovit jejich ochranu.

Ceny v tabulce 11 byly stanoveny pomocí konzultace s odbornou firmou. Ceny obsahují cenu materiálu včetně ceny práce.

CENA ZA 1 m^2					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**MJ**	**tl. (mm)**	**JC (Kč)**	**CC (Kč)**
01	PRANÉ ŘÍČNÍ KAMENIVO FRAKCE 16-32mm	t	70	380,0	26,6
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 500	m^2	1	53,0	53,0
03	FÓLIE DEKPLAN 77	m^2	5	200,4	200,4
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	m^2	1	31,8	31,8
05	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100 (se spádovými klíny)	m^2	250	738,1	738,1
06	PAROZÁBRANA GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	m^2	2	141,8	141,8
07	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER	m^2	1	72,4	72,4
08	NOSNÁ KONSTRUKCE STŘECHY vč. VÝZTUŽE	m^3	150	2 977,0	798,6
				CELKEM ZA 1 m^2	2 063

Tabulka 11 Celková cena varianty 1 konkrétního dodavatele

12.2. Skladba ploché polointenzivní zelené střechy varianta 2



Obrázek 36 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 2

Střešní konstrukce varianta 2 (Var.2) je jednou z nejrozšířenějších stavebních konstrukcí mezi zelenými střechami. Její skladba dovoluje pěstovat nejen rozchodníky, netřesky či další podobné suchomilné rostliny, ale také keře a stromy menšího vzrůstu. Často se volí pro možnost variability tloušťky zemního substrátu. Využívá se především na terasy bytové výstavby. Pro halovou výstavbu by se volila extenzivní střecha s nízkou výškou substrátu, a to z důvodu nižšího zatížení konstrukce střechy na 1m^2.

POLOINTENZIVNÍ ZELENÁ STŘECHA				
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**OBJ.HM. (kg/m^3)**	**PLOŠ.HM. (kg/m^2)**
01	SUBSTRÁT PRO ROSTLINY DEK RNSO 80	300	1 800	540
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 200	1	200	0
03	NOPOVÁ FÓLIE DEKDREN T20 GARDEN	20	950	19
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	1	300	0
05	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS ELASTEK 50 GARDEN	2	1 400	3
06	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2	1 400	3
07	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER PLUS	2	1 400	3
08	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100	220	30	7
09	POLYURETANOVÉ LEPIDLO INSTA - STIK STD (PUK 3D)	1	1 250	1
010	PAROZÁBRANA GLASTEK AL 40 MINERAL	2	1 400	3
011	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER (penetrační nátěr)	1	1 000	1
012	SILIKÁTOVÁ VRSTVA VE SPÁDU	28	700	20
013	ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA	250	2 500	625
	CELKEM	830	14 330	1 224

Tabulka 12 Skladba střešní konstrukce varianty 2 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou)

01. Substrát – substrát pro polointenzivní střešní konstrukci

02. Geotextílie – filtrační vrstva před hydroakumulační vrstvou

03. Hydroakumulační vrstva – zachycuje dešťovou vodu

04. Geotextílie – separační vrstva oddělující hydroakumulační vrstvu od hydroizolačních modifikovaných pásů

05. 3x hydroizolační modifikovaný asfaltový pás – zabraňuje pronikání vody do konstrukce, zabraňuje prorůstání kořínků

08. Tepelná izolace – 2 vrstvy kladené na vazbu

09. Polyuretanové lepidlo – pro ukotvení tepelné izolace

010. Parozábrana – z asfaltových pásů jako parotěsná pojistná izolace

011. Přípravný nátěr – penetrační vrstva pro zlepšení přilnavosti parozábrané vrstvy

012. Silikátová vrstva – z lehkého betonu pro vytvoření spádové vrstvy

013. Nosná konstrukce střechy – monolitická silikátová vrstva (železobetonová nosná konstrukce střechy)

Výpočet stálého plošného zatížení na střešní konstrukci

POLOINTENZIVNÍ ZELENÁ STŘECHA					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ g_k (kN/m^2)**	**SOUČINITEL ZATÍŽENÍ γ_G**	**NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ g_d (kN/m^2)**
01	SUBSTRÁT PRO ROSTLINY DEK RNSO 80	300	5,40	1,35	7,29
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 200	1	0,00		0,00
03	NOPOVÁ FÓLIE DEKDREN T20 GARDEN	20	0,19		0,26
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	1	0,00		0,00
05	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS ELASTEK 50 GARDEN	2	0,03		0,04
06	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	2	0,03		0,04
07	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER PLUS	2	0,03		0,04
08	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100	220	0,07		0,09

09	POLYURETANOVÉ LEPIDLO INSTA - STIK STD (PUK 3D)	1	0,01		0,02
010	PAROZÁBRANA GLASTEK AL 40 MINERAL	2	0,03		0,04
011	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER (penetrační nátěr)	1	0,01		0,01
012	SILIKÁTOVÁ VRSTVA VE SPÁDU	28	0,20		0,26
013	ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA	250	6,25		8,44
	CELKEM	830	12,24		16,53

Tabulka 13 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 2

Výpočet součinitele prostupu tepla (ČSN 73 540 – 2 Tepelná ochrana budov)

VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA						
				$R_i = d_i / \lambda_i$	U = 1 / R	
OZN.	**POPIS**	**d_i [m]**	**λ_i [W/m.K]**	**R [(m².K)/W]**	**U (W/m²*K)**	**U < $U_{pas,20}$**
01	SUBSTRÁT PRO ROSTLINY DEK RNSO 80	0,3	0,7	0,429	-	-
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 200	0,001	-	-	-	-
03	NOPOVÁ FÓLIE DEKDREN T20 GARDEN	0,02	0,35	0,057	-	-
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	0,001	-	-	-	-
05	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS ELASTEK 50 GARDEN	0,002	0,21	0,010	-	-
06	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	0,002	0,21	0,010	-	-
07	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER PLUS	0,002	0,21	0,010	-	-
08	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100	0,22	0,037	5,946	-	-
09	POLYURETANOVÉ LEPIDLO INSTA - STIK STD (PUK 3D)	0,001	1,5	0,001	-	-
010	PAROZÁBRANA GLASTEK AL 40 MINERAL	0,002	0,2	0,010	-	-
011	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER (penetrační nátěr)	0,001	-	-	-	-

012	SILIKÁTOVÁ VRSTVA VE SPÁDU	0,028	0,28	0,100	-	-
013	ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA	0,25	1,74	0,144	-	-
	CELKEM	0,83	5,437	6,715	**0,149**	0,15 - 0,10

Tabulka 14 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 2

Položkový rozpočet na 1m^2 střešní konstrukce

Kód položky	Popis	MJ	Množství	J. cena indexovaná	Celková cena
HSV	**Práce a dodávky HSV**				**1 758,94**
4	**Vodorovné konstrukce**				**1 514,90**
411311311	Klenby z betonu prostého tř. C 8/10	m3	0,050	2 700,00	135,00
411321414	Stropy deskové ze ŽB tř. C 25/30	m3	0,150	3 000,00	450,00
411351011	Zřízení bednění stropů deskových tl do 25 cm bez podpěrné kce	m2	1,000	322,00	322,00
411351022	Odstranění bednění stropů deskových tl do 50 cm bez podpěrné kce	m2	1,000	108,00	108,00
411354313	Zřízení podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 25 cm	m2	1,000	145,00	145,00
411354314	Odstranění podpěrné konstrukce stropů výšky do 4 m tl do 25 cm	m2	1,000	43,70	43,70
411361821	Výztuž stropů betonářskou ocelí 10 505	t	0,008	38 900,00	311,20
998	**Přesun hmot**				**244,04**
998011004	Přesun hmot pro budovy zděné v do 36 m	t	0,495	493,00	244,04
PSV	**Práce a dodávky PSV**				**2 655,52**
711	**Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům**				**483,22**
711491173	Provedení izolace proti tlakové vodě vodorovné z nopové folie	m2	1,000	36,30	36,30
69334010.DEK	DEKDREN L40 Garden profilovaná (nopová) fólie s perforací	m2	1,200	370,81	444,97
998711103	Přesun hmot tonážní pro izolace proti vodě, vlhkosti a plynům v objektech výšky do 60 m	t	0,002	973,00	1,95
712	**Povlakové krytiny**				**924,25**
712311101	Provedení povlakové krytiny střech do 10° za studena lakem penetračním nebo asfaltovým	m2	1,000	8,46	8,46
11163150	lak asfaltový penetrační	t	0,001	48 600,00	0,00
712341559	Provedení povlakové krytiny střech do 10° pásy NAIP přitavením v plné ploše	m2	1,000	87,00	87,00
62831116	pás těžký asfaltovaný IPA400/H-PE S40	m2	1,150	90,40	103,96
62833159	pás těžký asfaltovaný G 200 S40	m2	1,150	136,00	156,40
62832134	pás těžký asfaltovaný V60 S40	m2	1,150	106,00	121,90
712361701	Provedení povlakové krytiny střech do 10° fólií položenou volně s přilepením spojů	m2	1,000	46,70	46,70
28322000	fólie hydroizolační střešní mPVC, tl. 2 mm š 1200 mm šedá	m2	1,150	279,00	320,85
712391171	Provedení povlakové krytiny střech do 10° podkladní textilní vrstvy	m2	1,000	35,50	35,50

69311060	geotextilie netkaná PP 200g/m2	m2	1,150	15,10	17,37
69311068	geotextilie netkaná PP 300g/m2	m2	1,150	22,70	26,11
713	**Izolace tepelné**				**1 248,05**
713141135	Montáž izolace tepelné střech plochých lepené za studena bodově 1 vrstva rohoží, pásů, dílců, desek	m2	1,000	70,50	70,50
59030510	lepidlo podlahové polyuretanové	kg	2,040	411,00	838,44
28375986.ISV	Isover EPS 100F 180mm, λD = 0,037 (W·m-1·K-1),1000 x 500 x 180 mm, fasádní desky pro kontaktní zatepl.systémy ETICS se zvýšenými požadavky a další k-ce s běžnými požadavky na zatížení. Trvalá zatížitelnost v tlaku max. 2000 kg/m2 při def. < 2%.	m2	1,020	264,55	269,84
28375944	deska EPS 100 fasádní λ=0,037 tl 40mm	m2	1,020	59,60	60,79
998713104	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 36 m	t	0,008	1 060,00	8,48

Tabulka 15 Výpočet ceny varianty 2

Náklady na provoz střechy

VARIANTA 2							
NÁKLADY NA ÚDRŽBU	**1. ROK**			**6-20 LET**			**1-20 LET**
POPIS ÚDRŽBY	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**
VYČIŠTĚNÍ NEČISTOT	1,0	0,3	0,3	1,0	0,4	0,4	7,7
ČIŠTĚNÍ SVODŮ	1,0	0,6	0,6	1,0	0,8	0,8	15,5
VODOTĚSNOST PROSTUPŮ	0,2	0,1	0,0	1,0	0,1	0,1	2,7
SEČENÍ TRÁVY	6,0	2,2	13,2	6,0	3,1	18,5	364,3
CHEM. ODPLEVENÍ	0,5	3,0	1,5	0,5	4,2	2,1	41,4
HNOJENÍ	1,0	2,0	2,0	1,0	2,8	2,8	55,2
SPOTŘEBA VODY	2,0	10,0	20,0	2,0	14,0	28,0	552,0
VIZUÁLNÍ KONSTROLA	1,0	0,2	0,2	2,0	0,3	0,6	10,8
CELKOVÉ NÁKLADY PO 20-TI LETECH							1049,6
PRŮMĚRNÉ ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU V HORIZONTU 20-TI LET							52,5

Tabulka 16 Provozní náklady střechy varianty 2

Tento typ zelené střechy (varianta 2) je pro údržbu střech nejnáročnější. Polointenzivní střecha se chová jako klasická zahrada či park, který potřebuje standardní zahradnickou údržbu. Jedná se především o sečení trávy, úpravy keřovitých porostů či stromů. S tím se nese i hnojení zatravněných ploch a zavlažování střechy.

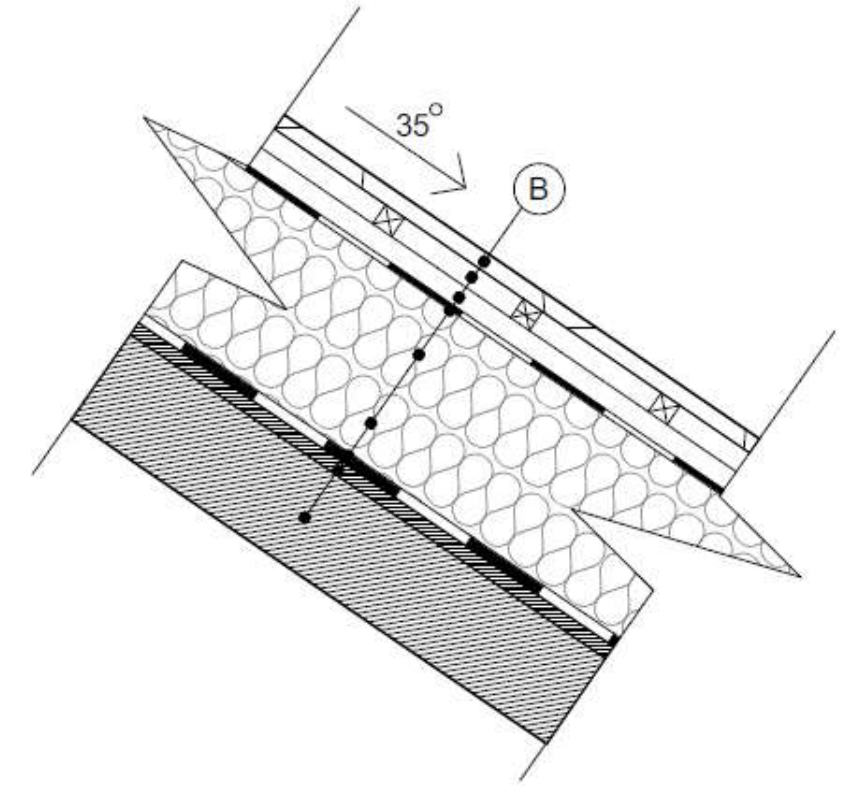
Náklady na údržbu jsou odlišné u soukromých objektů, kde si správu a údržbu nemovitosti obstarávají sami majitelé, a u státních objektů, kde si údržbu objednávají u soukromých firem, které mají ceny mnohem vyšší. Uvedené náklady v tabulce 17 jsou plánovány pro soukromé objekty. Je zde počítáno se standardními službami, jako je sečení trávy od jara do podzimu, letní stříhání keřů a podzimní stříhání stromů.

Ceny v tabulce 17 byly stanoveny pomocí konzultace s odbornou firmou. Ceny obsahují cenu materiálu včetně ceny práce.

POLOINTENZIVNÍ ZELENÁ STŘECHA - cena za 1 m²					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**MJ**	**tl. (mm)**	**JC (Kč)**	**CC (Kč)**
01	SUBSTRÁT PRO ROSTLINY DEK RNSO 80	m^3	300	4 564,1	1 369,2
02	GEOTEXTÍLIE FILTEK 200	m^2	1	21,2	21,2
03	NOPOVÁ FÓLIE DEKDREN T20 GARDEN	m^2	20	145,2	145,2
04	GEOTEXTÍLIE FILTEK 300	m^2	1	31,8	31,8
05	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS ELASTEK 50 GARDEN	m^2	2	224,7	224,7
06	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL	m^2	2	141,8	141,8
07	SBS MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER PLUS	m^2	2	141,1	141,1
08	TEPELNÁ IZOLACE EPS 100	m^2	220	537,0	537,0
09	POLYURETANOVÉ LEPIDLO INSTA - STIK STD (PUK 3D)	m^2	1	5 368,8	53,7
010	PAROZÁBRANA GLASTEK AL 40 MINERAL	m^2	2	141,8	141,8
011	PŘÍPRAVNÝ NÁTĚR DEKPRIMER (penetrační nátěr)	m^2	1	72,4	72,4
012	SILIKÁTOVÁ VRSTVA VE SPÁDU	m^3	28	2 317,2	115,9
013	ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA vč. VÝZTUŽE	m^3	250	2 977,0	1 096
				CELKEM ZA 1 m^2	4 092

Tabulka 17 Celková cena varianty 2 konkrétního dodavatele

12.3. Skladba šikmé střechy



B
- KRYTINA tl. 25 mm
- LATĚ/BEDNĚNÍ tl.40 mm
- KONTRALATĚ + VRUTY TOPDEK ASSY tl. 40 mm
- DEKTEN MULTI-PRO tl. 1 mm
- TEPELNÁ IZOLACE TOPDEK 022PIR tl. 200 mm
- TOPDEK AL BARRIER tl. 1 mm
- PALUBKY/DESKY NA BÁZY DŘEVA (PERO-DRÁŽKA) tl. 22 mm
- KROKVE tl. 210 mm

Vypracoval	Odp.projektant	Schválil	Společnost	
Bc.Michal Ašenbrener				
Okres: Okres	Obec: Obec			
Investor: Investor				
Akce: Novostavba rodinného domu			Stupeň	DPS
			Datum	Datum
Místo: Místo			Formát	A4
			Měřítko	1:10
Obsah: Detail střešní konstrukce			Č.výkresu:	č.v.
			Č.zakázky:	č.z.

Obrázek 37 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 3

Střešní konstrukce varianta 3 (Var.3) se používala na bytových jednotkách ještě před používáním plochých střech z prefabrikovaných dílců z vyztuženého betonu nebo při aplikaci monolitických konstrukcí. S těmito střechami se setkáváme především v městské zástavbě, kde objekty tvoří řadovou zástavbu a tvoří tak ulice. Výhodou je její lehkost a díky tesařským spojům je možné zastřešit širokou škálu rozpětí. Další nezanedbatelnou výhodou je využitelnost prostoru pod střechou, tzv. podkroví.

SKLADBA ŠIKMÉ STŘECHY				
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**OBJ.HM. (kg/m^3)**	**PLOŠ.HM. (kg/m^2)**
01	KRYTINA - KERAMICKÁ	25	1 800	45
02	LATĚ/BEDNĚNÍ	40	400	16
03	KONTRALATĚ + VRUTY TOPDEK ASSY	40	400	16
04	DEKTEN MULTI-PRO	1	900	1
05	TEPELNÁ IZOLACE TOPDEK 022PIR	200	250	50
06	TOPDEK AL BARRIER	1	110	0
07	PALUBKY/DESKY NA BÁZY DŘEVA (PERO-DRÁŽKA)	22	500	11
08	KROKVE	210	400	84
	CELKEM	540	4 760	223

Tabulka 18 Skladba střešní konstrukce varianty 3 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou)

01. Krytina – nejrozšířenější pálená keramická krytina

02. Latě/bednění – var.3 uvažuje se skladbou s latěmi

03. Kontralatě – zajišťují vzduchovou mezeru a provětrávání skladby střechy

04. Difúzní fólie – zajišťující propustnost vodních par z konstrukce, ale zabraňuje průniku vody do konstrukce

05. Tepelná izolace – 2 vrstvy kladené na vazbu

06. Parozábrana – dovoluje pronikání vodní páry z interiéru do exteriéru

07. Palubky – tvoří bednění pro uložení parozábrany a také podhledovou část interiéru

08. Krokve – nosná část střešní konstrukce

Výpočet stálého plošného zatížení na střešní konstrukci

STÁLÉ PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ g_k (kN/m^2)**	**SOUČINITEL ZATÍŽENÍ γ_G**	**NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ g_d (kN/m^2)**
01	KRYTINA	25	0,45	1,35	0,61
02	LATĚ/BEDNĚNÍ	40	0,16		0,22
03	KONTRALATĚ + VRUTY TOPDEK ASSY	40	0,16		0,22
04	DEKTEN MULTI-PRO	1	0,01		0,01
05	TEPELNÁ IZOLACE TOPDEK 022PIR	200	0,50		0,68
06	TOPDEK AL BARRIER	1	0,00		0,00
07	PALUBKY/DESKY NA BÁZY DŘEVA (PERO-DRÁŽKA)	22	0,11		0,15
08	KROKVE	210	0,84		1,13
	CELKEM	539	2,23		3,01

Tabulka 19 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 3

Výpočet součinitele prostupu tepla (ČSN 73 540 – 2 Tepelná ochrana budov)

VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA						
				$R_i = d_i / \lambda_i$	U = 1 / R	
OZN.	**POPIS**	**d_i [m]**	**λ_i [W/m.K]**	**R [(m^2.K)/W]**	**U (W/m^2*K)**	**U < $U_{pas,20}$**
01	KRYTINA	0,025	1,01	0,025	-	-
02	LATĚ/BEDNĚNÍ	0,04	0,22	0,182	-	-
03	KONTRALATĚ + VRUTY TOPDEK ASSY	0,04	0,22	0,182	-	-
04	DEKTEN MULTI-PRO	0,001	-	-	-	-
05	TEPELNÁ IZOLACE TOPDEK 022PIR	0,2	0,037	5,405	-	-
06	TOPDEK AL BARRIER	0,001	-	-	-	-
07	PALUBKY/DESKY NA BÁZY DŘEVA (PERO-DRÁŽKA)	0,022	0,098	0,224	-	-
08	KROKVE	0,21	0,22	0,955	-	-
	CELKEM	0,539		6,973	**0,143**	0,15 - 0,10

Tabulka 20 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 3

Položkový rozpočet na 1m^2 střešní konstrukce

Kód položky	Popis	MJ	Množství	J. cena indexovaná	Celková cena
PSV	**Práce a dodávky PSV**				**3 611,83**
713	**Izolace tepelné**				**343,58**
713151132	Montáž izolace tepelné střech šikmých kladené volně nad krokve rohoží, pásů, desek sklonu do 45°	m2	1,000	38,40	38,40
28372321	deska EPS 100 pro trvalé zatížení v tlaku (max. 2000 kg/m2) tl 200mm	m2	1,020	294,00	299,88
998713104	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 36 m	t	0,005	1 060,00	5,30
762	**Konstrukce tesařské**				**2 625,92**
762332131	Montáž vázaných kcí krovů pravidelných z hraněného řeziva průřezové plochy do 120 cm2	m	2,000	130,00	260,00
60512001	řezivo jehličnaté hranol jakost I do 120cm2	m3	0,120	4 680,00	561,60
762342214	Montáž laťování na střechách jednoduchých sklonu do 60° osové vzdálenosti do 360 mm	m2	1,000	47,60	47,60
60514101	řezivo jehličnaté lať jakost I 10-25cm2	m3	0,120	5 180,00	621,60
762395000	Spojovací prostředky pro montáž krovu, bednění, laťování, světlíky, klíny	m3	0,120	853,00	102,36
762421026	Obložení stropu z desek OSB tl 22 mm nebroušených na pero a drážku šroubovaných	m2	1,000	393,00	393,00
762842131	Montáž podbíjení střech šikmých vnějšího přesahu š do 0,8 m z palubek	m	1,000	256,00	256,00
61191120	palubky obkladové SM profil klasický 12,5x96mm A/B	m2	1,000	156,00	156,00
998762104	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech v do 36 m	t	0,156	1 460,00	227,76
765	**Krytina skládaná**				**642,33**
765111014	Montáž krytiny keramické drážkové sklonu do 30° na sucho přes 10 do 11 ks/m2	m2	1,000	195,00	195,00
59660430	taška ražená drážková posuvná režná základní 27,7 x 46,5 cm	kus	8,000	34,20	273,60
765121503	Příplatek k montáži krytiny betonové za připevňovací prostředky za sklon přes 30° do 40°	m2	1,000	74,30	74,30
765191013	Montáž pojistné hydroizolační fólie kladené přes 20° volně na bednění nebo tepelnou izolaci	m2	1,000	30,60	30,60
28329293	membrána podstřešní (reakce na oheň - třída E) 115 g/m2, barva červená	m2	1,100	31,20	34,32
998765104	Přesun hmot tonážní pro krytiny skládané v objektech v do 36 m	t	0,029	1 190,00	34,51

Tabulka 21 Výpočet ceny varianty 3

Náklady na provoz střechy

VARIANTA 3							
NÁKLADY NA ÚDRŽBU	**1.ROK**			**6-20.LET**			**1 - 20 LET**
POPIS ÚDRŽBY	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**
VYČIŠTĚNÍ NEČISTOT	1,0	0,3	0,3	1,0	0,4	0,4	7,7
ČIŠTĚNÍ SVODŮ	1,0	0,6	0,6	1,0	0,8	0,8	15,5
VÝMĚNA TAŠEK	0,01	195,0	2,0	0,01	273,0	2,7	53,8
VIZUÁLNÍ KONSTROLA	1,0	0,2	0,2	2,0	0,3	0,6	10,8
CELKOVÉ NÁKLADY PO 20-TI LETECH							87,8
PRŮMĚRNÉ ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU V HORIZONTU 20-TI LET							4,4

Tabulka 22 Provozní náklady střechy varianty 3

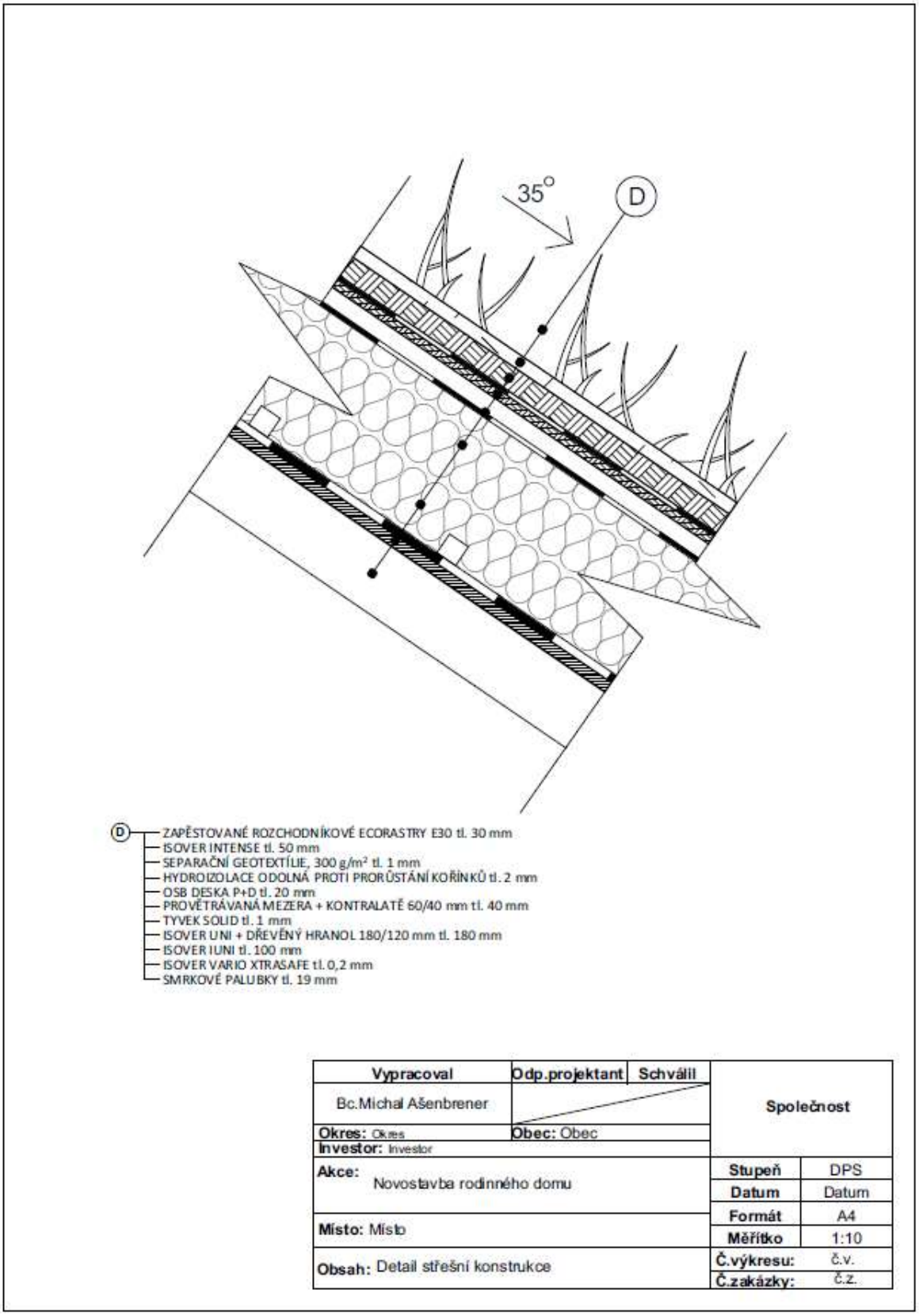
Varianta 3 je mezi šikmými střechami nejrozšířenější. Její souvrství, které je zateplené nad krokvemi, patří k často používaným typům především z důvodu estetického, kdy investor zachovává přiznaný podhled krokevní soustavy. Náklady na údržbu této varianty 3 jsou minimální. Jedná se především o čištění svodů a o vizuální kontrolu, popřípadě o výměnu několika kusů poškozených tašek.

Ceny v tabulce 23 byly stanoveny pomocí konzultace s odbornou firmou. Ceny obsahují cenu materiálu včetně ceny práce.

SKLADBA ŠIKMÉ STŘECHY					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**MJ**	**JC (Kč)**	**CC (Kč)**
01	KRYTINA	25	m²	420,8	420,8
02	LATĚ/BEDNĚNÍ	40	m²	134,0	134,0
03	KONTRALATĚ + VRUTY TOPDEK ASSY	40	m²	134,0	134,0
04	DEKTEN MULTI-PRO	1	m²	130,6	130,6
05	TEPELNÁ IZOLACE TOPDEK 022PIR	200	m²	542,1	542,1
06	TOPDEK AL BARRIER	1	m²	136,5	136,5
07	PALUBKY/DESKY NA BÁZY DŘEVA (PERO-DRÁŽKA)	22	m²	398,1	398,1
08	KROKVE	210	bm	100,0	200,0
CELKEM ZA 1 m²					2 096,1

Tabulka 23 Celková cena varianty 3 konkrétního dodavatele

12.4. Skladba šikmé zelené střechy



Obrázek 38 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 4

Střešní konstrukce varianta 4 (Var.4) je nejrozšířenější konstrukce pro svoji lehkost (nijak výrazně nepřitěžuje střešní konstrukci) a také díky tomu, že tato extenzivní střecha potřebuje jen minimální zásah člověka při údržbě střechy. Její provoz je téměř bezúdržbový. Její části se neliší nijak výrazně od klasické skladby střešní konstrukce s keramickými taškami. Rozdíl je pouze ve vrchní části nad tepelnou izolací.

SKLADBA EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY				
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**OBJ.HM. (kg/m^3)**	**PLOŠ.HM. (kg/m^2)**
01	ZAPĚSTOVANÉ ROZCHODNÍKOVÉ ECORASTRY E30	30	1 800	54,0
02	ISOVER INTENSE	50	120	6,0
03	SEPARAČNÍ GEOTEXTÍLIE, 300 g/m^2	1	300	0,3
04	HYDROIZOLACE ODOLNÁ PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘÍNKŮ	2	300	0,6
05	OSB DESKA P+D	20	600	12,0
06	PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + KONTRALATĚ 60/40 mm	40	400	16,0
07	TYVEK SOLID	1	82	0,1
08	ISOVER UNI + DŘEVĚNÝ HRANOL 180/120 mm	180	40	7,2
09	ISOVER IUNI – TEPELNÁ IZOLACE	100	40	4,0
10	ISOVER VARIO XTRASAFE	0,2	80	0,02
11	SMRKOVÉ PALUBKY	19	400	7,6
	CELKEM	445	4 162	108

Tabulka 24 Skladba střešní konstrukce varianty 4 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou)

01. Vegetace – rozchodníkové rostliny

02. Vegetační panely – tenkou vrstvou substrátu

03. Geotextílie – proti mechanickému poškození hydroizolace a oddělení souvrství

04. Hydroizolace – zabraňuje prostupu vody do konstrukce

05. OSB desky – rovný podklad pro hydroizolaci

06. Vzduchová mezera – provětrávání konstrukce

07. Difúzní fólie – zajišťující propustnost vodních par z konstrukce, ale zabraňuje průniku vody do konstrukce

08. Tepelná izolace – dvě vrstvy kladené na vazbu

10. Parozábrana – dovoluje pronikání vodní páry z interiéru do exteriéru

11. Palubky – záklop střešní konstrukce, podhledová část krovu

12. Krokve – nosná část konstrukce

Výpočet stálého plošného zatížení na střešní konstrukci

STÁLÉ PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ g_k (kN/m^2)**	**SOUČINITEL ZATÍŽENÍ γ_G**	**NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ g_d (kN/m^2)**
01	ZAPĚSTOVANÉ ROZCHODNÍKOVÉ ECORASTRY E30	30	0,54	1,35	0,73
02	ISOVER INTENSE	50	0,06		0,08
03	SEPARAČNÍ GEOTEXTÍLIE, 300 g/m^2	1	0,00		0,00
04	HYDROIZOLACE ODOLNÁ PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘÍNKŮ	2	0,01		0,01
05	OSB DESKA P+D	20	0,12		0,16
06	PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + KONTRALATĚ 60/40 mm	40	0,16		0,22
07	TYVEK SOLID	1	0,00		0,00
08	ISOVER UNI + DŘEVĚNÝ HRANOL 180/120 mm	180	0,07		0,10
09	ISOVER IUNI	100	0,04		0,05
10	ISOVER VARIO XTRASAFE	0,2	0,00		0,00
11	SMRKOVÉ PALUBKY	19	0,08		0,10
	CELKEM	443	1,08		1,46

Tabulka 25 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 4

Výpočet součinitele prostupu tepla (ČSN 73 540 – 2 Tepelná ochrana budov)

VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA						
				$R_i = d_i / \lambda_i$	U = 1 / R	
Ozn	**Popis**	**d_i [m]**	**λ_i [W/m.K]**	**R [(m².K)/W]**	**U (W/m²*K)**	**U < $U_{pas,20}$**
01	ZAPĚSTOVANÉ ROZCHODNÍKOVÉ ECORASTRY E30	0,03	0,7	0,043	-	-
02	ISOVER INTENSE	0,05	0,035	1,429	-	-
03	SEPARAČNÍ GEOTEXTÍLIE, 300 g/m²	0,001	-	-	-	-
04	HYDROIZOLACE ODOLNÁ PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘÍNKŮ	0,002	-	-	-	-
05	OSB DESKA P+D	0,02	0,13	0,154	-	-
06	PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + KONTRALATĚ 60/40 mm	0,04	0,0257	1,556	-	-
07	TYVEK SOLID	0,001	-	-	-	-
08	ISOVER UNI + DŘEVĚNÝ HRANOL 180/120 mm	0,18	0,035	5,143	-	-
09	ISOVER IUNI	0,1	0,035	2,857	-	-
10	ISOVER VARIO XTRASAFE	0,0002	-	-	-	-
11	SMRKOVÉ PALUBKY	0,019	0,098	0,194	-	-
	CELKEM	0,3622		9,904	**0,101**	0,15 - 0,10

Tabulka 26 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 4

Položkový rozpočet na 1m² střešní konstrukce

Kód položky	Popis	MJ	Množství	J. cena indexovaná	Celková cena
PSV	**Práce a dodávky PSV**				**3 502,52**
712	**Povlakové krytiny**				**589,81**
712771005	Provedení separační nebo kluzné vrstvy z fólií vegetační střechy sklon přes 25°	m2	1,000	52,50	52,50
69334120	fólie dělící vegetačních střech 190 g/m2, tl 0,2 mm, PE	m2	1,100	10,50	11,55
712771105	Provedení ochranné vrstvy z textilií nebo rohoží volně s přesahem vegetační střechy sklon přes 25°	m2	1,000	43,80	43,80
69334100	rohož ochranná vegetačních střech 600 g/m2, tl 4 mm, PP/PES	m2	1,150	71,60	82,34
712771405	Provedení vegetační vrstvy ze substrátu tloušťky do 100 mm vegetační střechy sklon přes 25°	m2	0,030	66,00	1,98
10321230	substrát vegetačních střech extenzivní s vyšším obsahem organické složky	m3	0,030	2 340,00	70,20
712771525	Položení vegetační nebo trávníkové rohože vegetační střechy sklon přes 25°	m2	1,000	108,00	108,00
69334504-R	sadba rozchodníkových vegetačních střech, tl 20-40, 95% pokrytí	m2	1,000	180,00	180,00
998712104	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 36 m	t	0,034	1 160,00	39,44

713	**Izolace tepelné**				**343,58**
713151132	Montáž izolace tepelné střech šikmých kladené volně nad krokve rohoží, pásů, desek sklonu do 45°	m2	**1,000**	38,40	38,40
28372321	deska EPS 100 pro trvalé zatížení v tlaku (max. 2000 kg/m2) tl 200mm	m2	1,020	294,00	299,88
998713104	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 36 m	t	0,005	1 060,00	5,30
762	**Konstrukce tesařské**				**2 531,1**
762332131	Montáž vázaných kcí krovů pravidelných z hraněného řeziva průřezové plochy do 120 cm2	m	2,000	130,00	260,00
60512001	řezivo jehličnaté hranol jakost I do 120cm2	m3	0,120	4 680,00	561,60
762342214	Montáž laťování na střechách jednoduchých sklonu do 60° osové vzdálenosti do 360 mm	m2	1,000	47,60	47,60
60514101	řezivo jehličnaté lať jakost I 10-25cm2	m3	0,120	5 180,00	621,60
762395000	Spojovací prostředky pro montáž krovu, bednění, laťování, světlíky, klíny	m3	0,120	853,00	102,36
762421026	Obložení stropu z desek OSB tl 22 mm nebroušených na pero a drážku šroubovaných	m2	1,000	393,00	393,00
762842131	Montáž podbíjení střech šikmých vnějšího přesahu š do 0,8 m z palubek	m	1,000	256,00	256,00
61191120	palubky obkladové SM profil klasický 12,5x96mm A/B	m2	1,000	156,00	156,00
998762104	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech v do 36 m	t	0,089	1 460,00	129,94
763	**Konstrukce suché výstavby**				**38,03**
763131751	Montáž parotěsné zábrany do SDK podhledu	m2	1,000	23,40	23,40
28329210	folie podstřešní parotěsná PE role 1,5 x 50 m	m2	1,100	13,30	14,63

Tabulka 27 Výpočet ceny varianty 4

Náklady na provoz střechy

VARIANTA 4							
NÁKLADY NA ÚDRŽBU	**1.ROK**			**6-20 LET**			**1-20 LET**
POPIS ÚDRŽBY	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**ČETNOST ÚDRŽBY (ZA ROK)**	**(Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**	**CELKEM (Kč/m²)**
VYČIŠTĚNÍ NEČISTOT	0,5	0,3	0,1	1,0	0,4	0,4	7,6
ČIŠTĚNÍ SVODŮ	1,0	0,6	0,6	1,0	0,8	0,8	15,5
ZAVLAŽOVÁNÍ	0,5	5,0	2,5	0,5	7,0	3,5	69,0
PODZIMNÍ ÚDRŽBA	1,0	3,0	3,0	1,0	4,2	4,2	82,8
VIZUÁLNÍ KONSTROLA	2,0	0,2	0,4	1,0	0,3	0,3	5,7
CELKOVÉ NÁKLADY PO 20-TI LETECH							174,6
PRŮMĚRNÉ ROČNÍ NÁKLADY NA ÚDRŽBU V HORIZONTU 20-TI LET							8,73

Tabulka 28 Provozní náklady střechy varianty 4

Varianta 4 je ze šikmých střech nejméně nákladná na údržbu a lze ji považovat za nejsnadněji udržovanou a tím finančně nejúspornější. U této extenzivní vegetační střechy se nepředpokládá bohaté osázení vegetací. Se zvýšenou údržbou počítáme pouze v počáteční fázi realizace střechy, kdy dochází k osázení rostlinami, hnojení a závlaze. Po uvedení vegetační střechy do provozu se její náklady na provoz minimalizují, a proto lze tuto variantu 4 označit za téměř bezúdržbovou.

Ceny v tabulce 29 byly stanoveny pomocí konzultace s odbornou firmou. Ceny obsahují cenu materiálu včetně ceny práce.

SKLADBA EXTENZIVNÍ ZELENÉ STŘECHY					
OZN.	**POPIS KONSTRUKCE**	**tl. (mm)**	**MJ**	**JC (Kč)**	**CC (Kč)**
01	ZAPĚSTOVANÉ ROZCHODNÍKOVÉ ECORASTRY E30	30	m^3	4 564,1	136,9
02	ISOVER INTENSE	50	m^2	285,0	285,0
03	SEPARAČNÍ GEOTEXTÍLIE, 300 g/m^2	1	m^2	134,0	134,0
04	HYDROIZOLACE ODOLNÁ PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘÍNKŮ	2	m^2	39,9	39,9
05	OSB DESKA P+D	20	m^2	254,1	254,1
06	PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + KONTRALATĚ 60/40 mm	40	m^2	134,0	134,0
07	TYVEK SOLID	1	m^2	49,0	49,0
08	ISOVER UNI + DŘEVĚNÝ HRANOL 180/120 mm	180	m^2	310	620,0
09	ISOVER IUNI	100	m^2	172	344,0
10	ISOVER VARIO XTRASAFE	0,2	m^2	80	80,0
11	SMRKOVÉ PALUBKY	19	m^2	186,3	186,3
				CELKEM ZA 1 m^2	2 263,3

Tabulka 29 Celková cena varianty 4 konkrétního dodavatele

13. Shrnutí výsledků jednotlivých variant střešních konstrukcí

V následující tabulce 30 jsou porovnány jednotlivé typy plochých a šikmých střech z předešlých kapitol. Tabulka obsahuje náklady na návrhovou životnost střech a náklady na rekonstrukci.

Podrobněji se budeme věnovat jednotlivým položkám v následující kapitole (kapitola 14). V této kapitole rozebereme podrobněji jednotlivé náklady spojené s investičními náklady až po celkovou dobu životnosti střech v čase. Porovnáme náklady mezi střechami klasickými a střechami zelenými.

CHARAKTERESTIKY A HODNOTY VZTAŽNÉ NA 1m² STŘECHY	VARIANTA 1	VARIANTA 2	VARIANTA 3	VARIANTA 4
TYP STŘECHY	PLOCHÁ	PLOCHÁ	ŠIKMÁ	ŠIKMÁ
DRUH STŘECHY	KLASICKÁ	ZELENÁ	KLASICKÁ	ZELENÁ
NÁŠLAPNÁ VRSTVA	ŘÍČNÍ KAMENIVO	POLOINTENZIVNÍ ZELEŇ	KERAMICKÁ TAŠKA	EXTENZIVNÍ ZELEŇ
RETENCE STŘECHY (l)	0	CCA 70 – 75	0	CCA 15 – 20
EKOLOGICKÁ HODNOTA (0-10)	2	7	3	9
TEPELNÁ IZOLACE	EPS			
TL. SKLADBY (mm)	480	830	540	445
NÁVRHOVÁ ŽIVOTNOST (let)	25	72	25	65
HMOTNOST (Kg/m²)	634	1224	223	108
PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ (kN/m²)	8,57	16,53	3,01	1,46
PROSTUP TEPLA (W/m²*K)	0,144	0,149	0,143	0,101
NÁKLADY NA VÝSTAVBU (Kč/m²)	2 732	4 414	3 612	3 503
NÁKLADY NA ÚDRŽBU (Kč/m²/20let)	36,7	1 049,6	87,8	174,6
NÁKLADY NA REKONSTRUKCI (Kč/20let)	2 220	1 520	2 960	780

Tabulka 30 Porovnání jednotlivých typů střech

14. Ekonomické porovnání navržených střešních konstrukcí

Každý návrh stavebního díla by měl zohledňovat náklady životního cyklu. Můžeme říci, že analýza nákladů životního cyklu objektu se soustředí na náklady a optimalizace během celé doby životnosti objektu. Konečný výpočet LCC by měl být základním rozhodujícím faktorem pro investora, projektanta či budoucího uživatele k výběru ideálního technického řešení stavby.

Definice nákladů životního cyklu (LCC) je:

= veškeré náklady vynaložené na pořízení a využití stavby po celou dobu její ekonomické životnosti, včetně ekonomických nároků na její ekologickou likvidaci.

$$\boldsymbol{LCC = IN + PN + UON + LN} \quad (6)$$

LCC *náklady životního cyklu*

IN *pořizovací (investiční) náklady*

PN *provozní náklady*

UON *náklady na obnovu a údržbu*

LN *náklady na likvidaci*

Provozní náklady lze rozdělit do několika podskupin:

Dodávka energií, dodávka vody a odpadní voda, likvidace odpadu, servisní poplatky, pojištění, ostraha a bezpečnost, úklid a údržba zeleně, administrativní poplatky.

Jak již bylo mnohokrát zmiňováno, zelené střechy mají mnoho výhod ale i nevýhod, ty jsou spojeny s vyššími investičními (pořizovacími) náklady, které většinou investora odradí od realizace těchto vegetačních střech. Pokusím se v následujících kapitolách objasnit, jak si tyto druhy vegetačních střech a klasických střech stojí v ekonomickém porovnání v záručním období střech, což je 20 let provozu. V tabulce 31 je rekapitulace nákladů investičních, nákladů na údržbu a náklady na rekonstrukci (náklad na rekonstrukci byl stanoven pomocí konzultace s odbornou firmou, která je na českém trhu přes 20 let). Další náklady byly stanoveny výpočtem v kapitole 12. V další části práce se zabýváme ekonomickými rozdíly zelených střech.

Celkové náklady na výstavbu a provoz střechy za dobu 20 let

NÁKLADY (Kč/m²)	**VARIANTA 1**	**VARIANTA 2**	**VARIANTA 3**	**VARIANTA 4**
INVESTIČNÍ	2 732	4 414	3 612	3 503
NA ÚDRŽBU	36,7	1 049,6	87,8	174,6
NA REKONSTRUKCI	2 220	1 520	2 960	780
CELKOVÉ NÁKLADY	**4 989**	**6 984**	**6 660**	**4 458**

Tabulka 31 Investiční, provozní náklady a náklady na rekonstrukci

14.1. Investiční náklady

Celková cena vypočítaných nákladů vypovídá o celkové náročnosti skladeb a jejího materiálovému složení. V ceně nejsou započítány nutné příplatky za zvláštní části střešního díla, jako jsou atiky, střešní vpusti, instalační prostupy, klempířské výrobky, střešní výlezy či další atypické části střešní konstrukce.

U varianty 2 není v pořizovacích nákladech započteno automatické zavlažování. To se řeší u každého objektu samostatně, protože záleží na využívání střešní konstrukce, zda je střecha volně přístupná a k jakým účelům má sloužit.

14.2. Náklady na údržbu

Náklady na údržbu jsou již stanoveny v předešlé kapitole 12, kde jsou vypočteny pro jednotlivé varianty střech. Náklady na údržbu u vegetačních střech jsou několikanásobně vyšší než u střech klasických. Ovšem někdy se to děje pouze z počátku, kdy náklady na údržbu mohou být vyšší díky potřebě zavlažování. To tvoří vysokou část nákladu na údržbu, kdy ještě záleží na druhu závlahy. Pokud bude uvažováno s manuální závlahou, údržbové náklady vzrostou. Pokud dojde k návrhu automatizovaného zavlažovacího systému, tak můžeme náklady přesunout do investičních. Výrobci zavlažovacích automatických systémů uvádějí návratnost investice většinou mezi 3 až 5 lety.

Dále záleží také na volbě hydroakumulační vrstvy. Na trhu je dostatečná škála výrobců, kteří se zabývají materiály pro tyto vrstvy. Největší tloušťky dokážou pojmout 5 – 12 l/m^2, což ale také záleží na volbě druhu osázené vegetace. Pro extenzivní střechy není potřeba tak hodnotné vrstvy, ale stačí minimální, kde rostliny sázíme tak, aby střecha byla téměř bezúdržbová a neuvažujeme ani se zavlažovacím systémem. Volíme proto rostliny takové, aby přežily i letní extrémní meteorologické výkyvy.

14.3. Náklady na opravy a rekonstrukce

Celková životnost střešní konstrukce (zejména hydroizolace a tepelné izolace) záleží především na vrchní vrstvě střešního pláště. Výrobci jednotlivých vrstev uvádějí kratší dobu životnosti materiálů, než ve skutečnosti vydrží. Je to především proto, aby byly právně chráněni před spotřebiteli. Z tohoto důvodu v této diplomové práci určujeme výměnu celé střešní plochy ve stejný čas.

Zelené střechy prodlužují životnost střešní konstrukce minimálně o 60 %. Tato hodnota představuje procentuální průměr určený ze zdrojů, které jsou použity v této diplomové práci. Někteří výrobci dokonce zaručují dvojnásobnou životnost při použití jejich skladby střechy. Takovou je třeba firma Fatra, která se zabývá výrobou střešních hydroizolací. Životnost celkové skladby střešního pláště u klasických střech je pak počítána na 25 let.

VRCHNÍ VRSTVA:	NÁVRHOVÁ ŽIVOTNOST (rok)
ŘÍČNÍ KAMENIVO	30
TEPELNÁ IZOLACE (a její příslušenství)	25
HYDROIZOLAČNÍ VRSTVY (hl. vodotěsnící vrstva)	25
KERAMICKÁ TAŠKA	30

Tabulka 32 Návrhová životnost hlavních vrstev

Veškeré hodnoty životnosti zelených střech jsou navrhnuty autorem diplomové práce a jsou odvozeny z dostupné literatury, která byla použita v diplomové práci. Životnost zelených střech je započítaná do ceny rekonstrukce v následující tabulce 33.

POPIS POLOŽKY	VARIANTA 1	VARIANTA 2	VARIANTA 3	VARIANTA 4
ODSTRANĚNÍ PŮVODNÍ SKLADBY (Kč/m^2)	201,53	445,36	151,43	192,64
POKLÁDKA NOVÉ SKLADBY (Kč/m^2)	2 732	4 415	3 612	2 503
ŽIVOTNOST SKLADBY (let)	25	72	25	65
REKONSTRUKCE (Kč/m^2)	2 769	5 464	3 700	3 678
REKONSTRUKCE (Kč/m^2/rok)	111	76	148	39
REKONSTRUKCE (Kč/m^2/20 let)	**2 220**	**1 520**	**2 960**	**780**

Tabulka 33 Ceny na rekonstrukci po 20 letech

Hodnoty v tabulce 33 předpokládají lineární rozložení nákladů na rekonstrukci v průběhu celkové doby životnosti každé z variant. Náklady na odstranění původní skladby střešních konstrukcí byly stanoveny po konzultaci s odbornou firmou. Cena pokládky nových vrstev byla stanovena z rozpočtářského programu Kros Plus. V nákladech rekonstrukce je počítáno s celkovým odstraněním izolačních vrstev až na nosnou konstrukci střech. Jak bylo zmiňováno, cena byla stanovena na plochu bez jakýkoliv detailů na náročnost provádění práce. To je dané z důvodu, že náročnost klempířských a jiných specializovaných prací může být na každé střeše odlišná a z toho vyplývá, že rekonstrukce střešních plášťů bude ve skutečnosti o něco vyšší.

14.4. Úspory energie

V této práci nebylo možné přesně stanovit úspory energií, které popisují výhody zelených střech. Je to dané z důvodu posuzování potřeb konstrukce jako celku, čímž se myslí celá obálka budovy, jak stanovuje norma ČSN EN 73 540. Dále také záleží na druhu vytápění a dalších faktorech vlastností objektu.

14.5. Stočné srážkových vod

S hospodařením stočného srážkových (dešťových) vod se zabývá Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizací pro veřejnou potřebu zejména Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, která je prováděcí Vyhláškou k §43 stavebního zákona (č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu) a týká se tedy územního plánování. *„Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití…“,* [36]

Pro výpočet úspory ročního stočného na posuzovaných konstrukcí střech uvažujeme umístění objektu ve městě Chomutov, který se nachází na severozápadě České republiky. Podle ČHMÚ (Český Hydrometeorologický ústav) zde připadá ročnímu úhrnu srážek hodnota 0,667m. Cena stočného ve městě Chomutov je v roce 2018 účtovaná částkou 48,69 Kč,-. [37], [38]

Množství odvádění dešťových vod za jedno roční období:

$$Q = C * q \ (m^3) \qquad (7)$$

Q *odvod dešťových vod*

C *součet redukovaných ploch*

q *dlouhodobý srážkový úhrn*

Druh plochy	Plocha (m^2)	Odtokový součinitel	Redukovaná plocha S_R (m^2)
TYP A	1	0,9	0,9
TYP B	1	0,4	0,4
TYP C	1	0,05	0,05

Tabulka 34 Redukovaná plocha S_R [39]

Typ A – těžce propustné zpevněné plochy, zastavěné plochy např. střechy s nepropustnou horní vrstvou, asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár, zámkové dlažby (v případě možnosti odtoku do kanalizace)

Typ B – propustné zpevněné plochy, např. upravené zpevněné štěrkové plochy, dlažby se širšími spárami vyplněnými materiálem umožňující zasakování (v případě možnosti odtoku do kanalizace)

Typ C – plochy kryté vegetací, zatravněné plochy, např. sady, hřiště, zahrady, komunikace ze zatravňovaných a vsakovacích tvárnic (v případě možnosti odtoku do kanalizace), [39]

VARIANTA SKLADBY	1.	2.	3.	4.
PLOCHA (m^2)	1	1	1	1
ODTOKOVÝ SOUČINITEL	0,9	0,1	0,9	0,3
REDUKOVANÁ PLOCHA S_R (m^2)	0,9	0,1	0,9	0,3
ÚHRN SRÁŽEK (m/rok)	0,667	0,667	0,667	0,667
CENA STOČNÉHO CHOMUTOV	48,69	48,69	48,69	48,69
ROČNÍ POPLATKY (Kč)	**29,32**	**3,25**	**29,32**	**9,74**
ROČNÍ ÚSPORA (Kč/m^2)	**0,00**	**26,00**	**0,00**	**19,48**

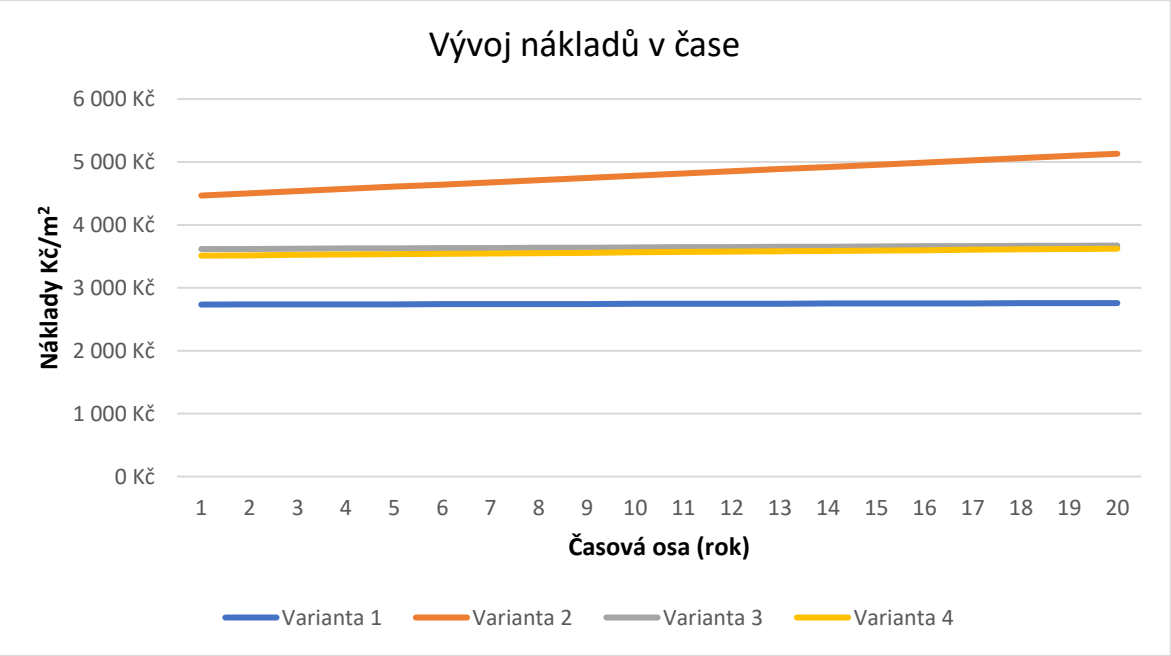
Tabulka 35 Roční úspora stočného

Jak vyplývá z předchozích kapitol a výsledků navrhovaných střech, je zřejmé, že zelené střechy nevychází lépe bez využití městských, státních či evropských dotací. Rozdíl nákladů musí tedy pokrýt investor buď s využitím příspěvku ve formě zmiňovaných dotací nebo další variantou, jak pokrýt investici do zelených střech je navýšení ceny bytů, halových prostor či komerčních prostorů. Investor může navýšit cenu z důvodu prestiže objektu, který získá s výstavbou zelené střechy a dalších úsporných technologií lepší vlastnosti zmiňované v kapitole 9.

14.6. Ekonomické vyhodnocení navrhovaných střech

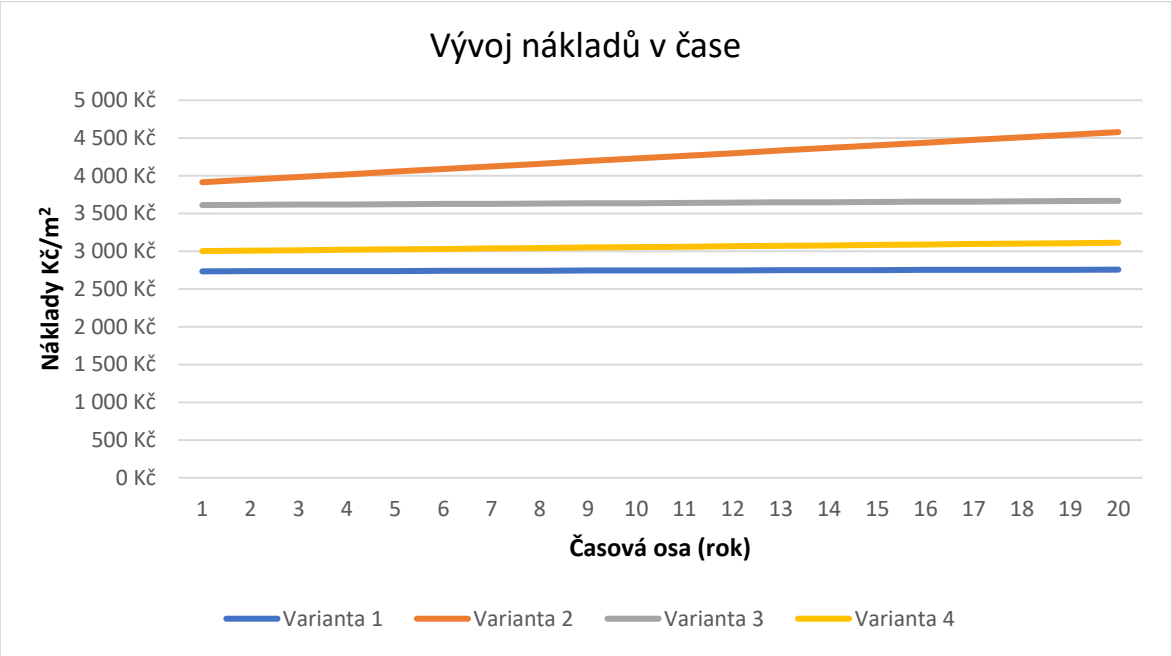
Z následujícího Grafu 1 je vidět průběh nákladů a náklady na provozování střech v horizontu dvaceti let. Z průběhu grafu je patrné, že intenzivní střecha patří mezi nejnákladnější skladbu, co se týče plochých střech. Na druhé straně rozdíly nákladů mezi extenzivní a klasickou šikmou střechou jsou minimální. V Grafu 2 jsou započteny stejné náklady jako u předešlého Grafu 1 s rozdílem, že v druhém grafu je započten příspěvek z dotačního fondu Nová zelená úsporám, který od roku 2017 přispívá na výstavbu či rekonstrukci zelených střech částkou až 500 Kč/m^2 střechy viz kapitola 10.2.

V uvedených grafech níže, není zahrnuta hodnota inflace peněz a časová hodnota peněz, která by byla podmiňujícím faktorem pro přesné stanovení nákladů v průběhu dvaceti let. Ovšem cílem této závěrečné práce není stanovit přesné hodnoty nákladů na konci životnosti konstrukcí střech, ale představit a poukázat na odlišnosti v investičních a provozních nákladech mezi jednotlivými konstrukcemi zelených a klasických střech.



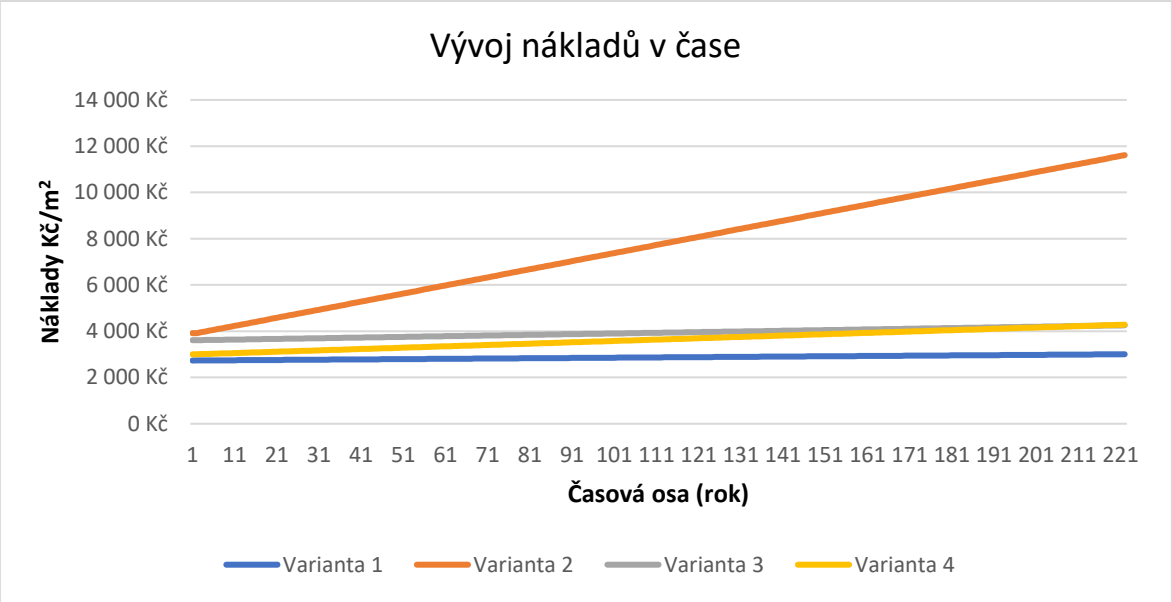
Graf 1 Průběh nákladů v čase za 20 let bez dotace

Investiční náklady Varianty 3 a 4 jsou téměř srovnatelné, ovšem jak je vidět v Grafu 2 při započtení dotace, je cena výstavby vegetační šikmé střechy nižší než výstavba klasické šikmé střechy. Ovšem je také vidět, že s vyššími náklady na údržbu se zelená střecha nepatrně přibližuje ke klasické šikmé střeše.



Graf 2 Průběh nákladů v čase za 20 let vč. dotace

V následujícím Grafu 3, který ukazuje časovou osu 221 let je vidět, že provoz zelené šikmé střechy protne osu klasické šikmé střechy okolo roku 200, kde životnost střech je dávno překonána. Je také vidět, že náklady na provoz mezi střechami varianty 1 a 2 jsou diametrálně odlišné. Varianta 1 nepochozí plochá střecha je téměř bezúdržbová, naproti tomu varianta 2 vegetační plochá střecha je značně nákladná na provoz. Realizovat plán na 200 let je pouze z orientačních důvodů a nelze přesně stanovit náklady v delším časovém horizontu.



Graf 3 Průběh nákladů v čase 221 let vč. dotace

15. Hodnotová analýza navrhovaných konstrukcí

„Hodnotová analýza je účelně sestavený soubor metod, jehož smyslem je hledání a navrhování zlepšeného nebo až zásadně nového řešení analyzovaného objektu s cílem zvýšit jeho efektivnost.

Je založena na analýze všestranném posouzení vztahů mezi užitečností výrobku, materiálovými zdroji, kapitálem, investičními prostředky a disponibilními pracovními zdroji.“ (R. Vysloužil – Uplatnění hodnotové analýzy v praxi), [40]

V této diplomové práci zkoumáme efektivnost navržených typů skladeb plochých a šikmých střech při jejich využívání v bytové výstavbě. V tomto případě jsou připočítány jednotlivé funkce a výhody zmiňovaných střech. Dále pak jsou započteny investiční náklady a provozní náklady, které vycházejí z předešlých kapitol.

Pro stanovení efektivnosti zmiňovaných střech je potřeba určit míru efektivnosti a jednotlivé míry efektivnosti navzájem porovnat. Za optimální řešení je bráno řešení s nejvyšší mírou efektivnosti, kde cílem hodnotové analýzy je stanovit optimální poměr mezi náklady a užitkem střech.

15.1. Postup výpočtu efektivnosti

Výpočet míry efektivnosti:

$$\boldsymbol{E = U/C} \tag{8}$$

E *míra efektivnosti / kritérium efektivnosti*

U *celková užitečnost řešení*

C *celkové náklady*

$$\boldsymbol{U = k * b} \tag{9}$$

k *koeficient významu funkce*

b *koeficient plnění dané funkce*

15.2. Klasifikační metoda

„Klasifikační metodu je třeba zvolit pro stanovení celkové funkčnosti objektu při různém významu funkcí. Stupeň plnění funkcí je kvantifikovaným vyjádřením úrovně uspokojování potřeb provedené pomocí hodnocení funkce. Je to tedy číselný údaj, kterým se vyjadřuje úroveň splnění, překročení nebo dosažení

potřebného optima funkčnosti dané funkce. V případech, kdy jde o vlastnosti neměřitelné, lze kvalifikaci provést pomocí stupnic, které mohou být nominální nebo ordinální a z nich je pak možno odvodit hodnocení ve stupnici kardinální.“ (R. Vysloužil – Uplatnění hodnotové analýzy v praxi), [40]

Pro koeficient *k* (význam funkce) platí hodnoty:

nejvyšší význam	5
velmi vysoký význam	4
vysoký význam	3
nižší význam	2
minimální význam	1
žádný význam	0

Hodnoty koeficientu významnosti na posuzovaných plochých a šikmých střech jsou stanoveny z dotazníkového průzkumu, který je vyhodnocen v následující kapitole 16. Dotázaní respondenti byli seznámeni s některými výhodami zelených střech a funkcemi, které přináší svému prostředí. Dále odpovídali na otázky o investiční náročnosti pro realizaci zelených střech. Tím pádem jsou do výpočtu zohledněny technické, ekologické aspekty a výhody a nevýhody zelených plochých a šikmých zelených střech.

Pro koeficient b (plnění dané funkce) platí hodnoty:

nejvyšší	10
velmi vysoké	9
vysoké	8
nadprůměrné	7
lehce nadprůměrné	6
lehce podprůměrné	5
malé	4
velmi malé	3
minimální	2
žádné	1
nevyhovující	0

Hodnoty koeficientu významu funkce byly stanoveny autorem diplomové práce po konzultaci s odbornou firmou, se kterou byla zkoumaná problematika probrána. Každá z významu funkcí vychází z předchozích kapitol diplomové práce a byla vyhodnocena se zmiňovanou odbornou firmou. Prodloužení životnosti materiálů zelených střech někteří výrobci garantují až o 60 % při použití jejich laboratorně testované skladby zelených střech, díky čemuž byla hodnota vyzvednuta v koeficientu plnění funkce. Tepelné a akustické požadavky se určují díky svým vlastnostem zeminy. Ekologická, retenční a urbanistické funkce splňuje především kvůli tomu, že se jedná o přírodní materiál, který není zapotřebí nějak odlišně recyklovat či speciálně zpracovávat oproti klasickým střechám. Zatížení konstrukce je zpravidla u intenzivní vegetace výrazné, z důvodu potřeby násypu substrátu 120 – 1500 mm (dle druhu vegetace).

15.3. Hodnotová analýza střech uvedené v diplomové práci

FUNKCE	**k**	**TYP STŘEŠNÍ KONSTRUKCE**							
		1		**2**		**3**		**4**	
		b	**U**	**b**	**U**	**b**	**U**	**b**	**U**
PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI	0,162	3	0,486	8	1,296	3	0,486	5	0,81
TEPELNĚ A AKUSTIKCY IZOLAČNÍ	0,170	5	0,85	9	1,53	2	0,34	7	1,19
EKOLOGICKÁ	0,158	6	0,948	9	1,422	5	0,79	7	1,106
RETENČNÍ	0,129	1	0,129	7	0,903	2	0,258	8	1,032
URBANISTICÁ	0,105	2	0,21	4	0,42	4	0,42	4	0,42
REKREAČNÍ VYUŽITÍ	0,135	2	0,27	4	0,54	2	0,27	2	0,27
ZATÍŽENÍ NOSNÉ KCE.	0,141	3	0,423	5	0,705	3	0,423	5	0,705
SOUČET U	**1,000**	**3,316**		**6,816**		**2,987**		**5,533**	
INVESTYČNÍ NÁKLADY		2 731,98		4 414,46		3 611,83		3 502,52	
NÁKLADY NA ÚDRŽBU		36,70		1 049,60		87,80		174,60	
NÁKLADY NA REKONSTRUKCI		2 220,00		1 520,00		2 960,00		780	
DOTACE		0,00		-500,00		0,00		-500,00	
CELKOVÉ NÁKLADY		**4 988,68**		**6 484,06**		**6 659,63**		**3 957,12**	
MÍRA EFEKTIVNOSTI		**0,066**		**0,105**		**0,045**		**0,140**	

Tabulka 36 Hodnotová analýza posuzovaných variant

15.4. Vyhodnocení hodnotové analýzy

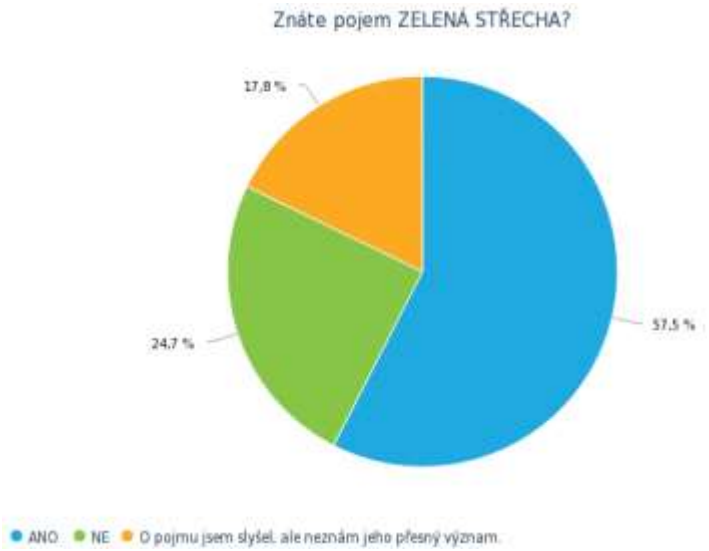
Z tabulky 36 vyplývá, že míra efektivnosti u klasických střech je mnohem vyšší než u hodnocených zelených střech. Je zde vidět, jak vyšší investiční a provozní

náklady předčí výhody zelených střech, jak je popisováno v kapitole 13. Ovšem plochá zelená střecha má nejvyšší celkovou užitečnost řešení a tím jí lze označit za variantu nejlépe plnící své funkce k poměru jejím nákladům. Nejhůře dopadla střecha šikmá zelená, kde její využitelnost není žádná. Co se týče celkové míry efektivnosti, vyšla nejlépe klasická šikmá střecha, kdy její investiční náklady a náklady na provoz jsou minimální.

16. Vyhodnocení dotazníkového průzkumu

Dotazníkového průzkumu se zúčastnilo celkem osmdesát respondentů, kteří měli za úkol zamyslet se nad problematikou zelených střech a odpovědět na položené otázky. Dotazy směřovaly na to, zda respondenti znají pojem zelená (vegetační) střecha, zda znají výhody a nevýhody zelených střech a zda by si zelenou střechu chtěli sami realizovat na střechách svých domů, či do nich investovat z pozice developera. Velký počet dotazovaných nebyl z oboru, dotazník se dostal i k respondentům, kteří nemají se stavitelstvím nic společného. Dotazník byl ale také vyplněn studenty vysokých škol oboru stavebnictví a několika odborníky pohybujícími se v oblasti stavebnictví.

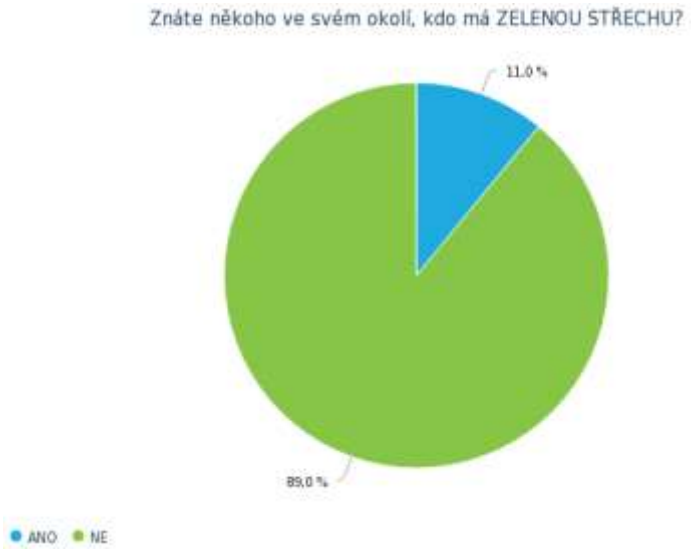
Dotazník obsahoval celkem osm otázek. Prvních pět otázek vyzkoušelo respondenty, zda mají přehled o zelených střechách a zbylé tři otázky byly směřovány na to, zda by si respondent sám realizoval zelenou střechu a zda má přehled, kolik stojí její realizace. Pro lepší přehlednost výsledků jsou odpovědi vyjádřeny grafem.



Graf 4 Obeznámenost veřejnosti s pojmem zelená střecha

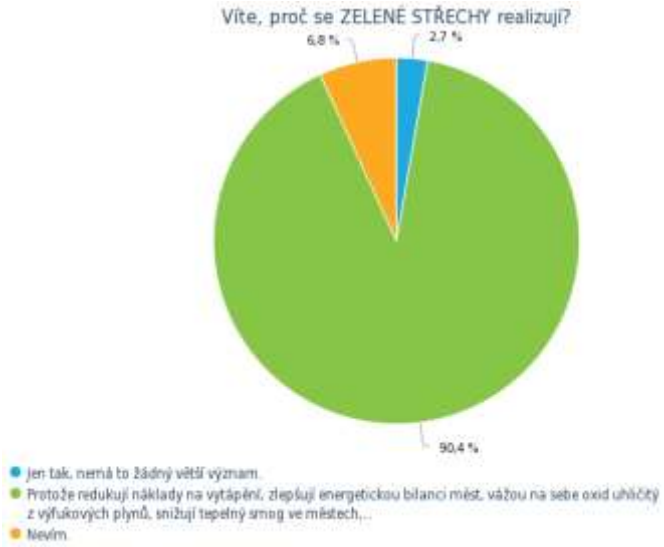
Na znalost pojmu zelená střecha se zaměřuje první dotaz (Graf 4), kde téměř 60 % dotazovaných tento pojem znalo, naproti tomu téměř 25 % z respondentů nevědělo, co zelená střecha je. Účastníkům dotazování, kteří pojem neznali nebo o něm slyšeli, ale neznají jeho přesný význam, byl pojem vysvětlen v doplňujícím textu, který se zobrazil po odeslání odpovědi na otázku.

Druhá otázka zjišťovala, zda dotazovaní znají ve svém okolí někoho, kdo má realizovanou zelenou střechou. Z Grafu 5 je patrné, že 89 % respondentů nikoho takového nezná, kdo by v okolí měl realizovanou zelenou střechu.



Graf 5 Průzkum zelených střech v okolí dotazovaných

Další otázka se zaměřila na to, zda respondenti vědí, jak zelená střecha vypadá (Graf není vložen). Z odpovědí se ukázalo, že jen 3 % respondentů neví, jak zelená střecha ve skutečnosti vypadá.



Graf 6 Realizace zelených střech

V Grafu 6 jsou shrnuty odpovědi na důvody realizace zelených střech, a tedy zároveň na znalost jejich předností. Drtivá většina dotazovaných (přes 90 %) věděla o nesporných výhodách realizace zelených střech a o pozitivních dopadech na životní prostředí.

Graf 7 Realizace vlastní zelené střechy

V další otázce se ukázalo, že i když respondenti vědí, že zelené střechy přispívají k enviromentálnímu prostředí, tak pouze necelých 44 % (Graf 7), přemýšlelo o výstavbě zelené střechy, 47 % dotázaných o této možnosti vůbec nepřemýšlela a téměř 10 % dotázaných by nikdy zelenou střechu nerealizovalo. Nikdo z dotázaných zelenou střechu nemá.

Pro tázané osoby, které odpověděly, že nad problematikou nikdy neuvažovaly, byla položena doplňující otázka, aby důvod, proč by si zelenou střechu nerealizovaly, napsaly. Následně jsou vypsané některé odpovědi jednotlivých respondentů:

„Nemám s tím žádné zkušenosti.“

„Potenciální problémy s vlhkostí, nesnadné opravy při poruše střešního pláště, údržba, málo skutečně dobrých realizačních firem na danou realizaci.“

„Jsem zastáncem klasických sedlových střech. Dům máme nově postavený a střechu bych určitě nepřebudovávala. Navíc bydlíme na vesnici a nevidím v tvorbě zelené střechy velký význam.“

„Je tomu půl roku, co jsme si nechali opravit střechu. Vice investovat do střechy už nechci. Jsem finančně „odrbaná“ z celé rekonstrukce baráku.“

V další otázce respondenti odpovídali a spíše „tipovali“, jak vysoké jsou náklady na výstavbu zelené střechy (Graf 8). Velká část odpovědí (přes 45 %) směřovala

ke dvojnásobku nákladů oproti střeše klasické, 27,4 % odpovědí bylo, že náklady jsou shodné. Pětina dotázaných si myslí, že náklady na zhotovení zelené střechy jsou poloviční oproti klasické a nejmenší počet dotázaných (8,2 %) si myslí, že náklady jsou pětkrát vyšší.

Z výsledků diplomové práce ovšem vyplývá, že ne vždy musí být náklady dvojnásobné, u střech šikmých s extenzivní vegetací se investiční náklady na výstavbu zelené střechy srovnávají s investičními náklady na zhotovení klasické střechy.

Graf 8 Náklady na realizaci zelené střechy

Výsledky odpovědí na poslední otázku zobrazuje Graf 9 a zde většina dotázaných (60 %) odpověděla, že je téma zelených střech zaujalo. Další část respondentů, téměř 29 %, se o téma zelených střech nijak zvlášť nezajímá a menšina dotázaných (11 %) se o téma zelených střech nezajímá vůbec.

Graf 9 Zajímavost zelených střech

Závěr

Prvním cílem diplomové práce bylo představit v teoretické části problematiku zelených střech široké veřejnosti. Vysvětlit, co vlastně pojem zelená (vegetační) střecha znamená, nastínit, od kdy se ve stavitelství začaly zelené střechy objevovat a co z technického hlediska bylo největšími překážkami v jejich budování. Byl představen postupný rozvoj až po současnou situaci. Dále byly popsány v teoretické části jejich výhody a nevýhody, materiálové složení jednotlivých vrstev a základní dělení podle volby druhu zeleně. V kontextu s tímto tématem byly popsané i klasické šikmé střechy. Vybrané druhy zelených a klasických střech byly v praktické části navrženy tak, aby vyhověly všem požadavkům platných norem a předpisům a byly pro ně analyzovány investiční a provozní náklady. Odkazy na zdroje, které jsou v diplomové práci zahrnuty, poskytují čtenářům podrobnější informace k jednotlivým tématům.

Druhým cílem diplomové práce bylo stanovení a porovnání vybraných variant střech z ekonomického hlediska a také podle hodnotové analýzy. Z pohledu celkových nákladů na výstavbu a provoz střechy po dobu 20 let vyplývá, že investiční náklady Varianty 3 a 4 jsou sice téměř srovnatelné, ale při započtení dotace, je cena výstavby vegetační šikmé střechy nižší než cena výstavby klasické šikmé střechy. Tuto výhodu ale eliminují vyšší náklady na údržbu, a tak se zelená střecha v celkových nákladech přibližuje ke klasické šikmé střeše. Celkové náklady Varianty 1 jsou nejnižší a Varianty 4 naopak nejvyšší. Bez použití dotace Nová zelená úsporám tedy vychází, že klasické střechy jsou stále ekonomičtější, něž řešené zelené střechy. Podle hodnotové analýzy, kde byl zahrnut i dotazníkový průzkum, vychází míra efektivnosti u klasických střech mnohem lepší než u hodnocených zelených střech. Je zde vidět, jak vyšší investiční a provozní náklady předčí výhody zelených střech. Ovšem plochá zelená střecha Varianta 2 má nejvyšší celkovou užitečnost řešení a tím je její vyhodnocení podobné klasické ploché střeše Varianta1. Nejhůře ze všech dopadla střecha šikmá klasická Varianta 3, kde její využitelnost není žádná. Co se týče celkové míry efektivnosti, vyšla nejlépe vegetační šikmá střecha Varianta 4, kdy její náklady na provoz jsou minimální a její investiční náklady nejsou oproti klasické šikmé střeše nijak odlišné.

Třetím cílem bylo stanovení výsledků z dotazníkového průzkumu. Z tohoto šetření vyplynulo, že drtivá většina respondentů ví, jak zelená střecha vypadá a jaké

jsou její přednosti a výhody. Naproti tomu stejně velký počet dotazovaných ale nezná nikoho, kdo má v jejich okolí na svém domě zelenou střechu. Dále z výsledků vyšlo, že téma zelených střech většinu respondentů zaujalo. Na další otázku, zda by si dotazovaní vybudovali vlastní zelenou střechu, už výsledky nebyly tak jednotné. Jen 44 % nad realizací vlastní zelené střechy přemýšlelo, ostatní by si takovou střechu nikdy nepořídili anebo o tom nepřemýšleli. Podobně byly výsledky na otázku, kolik stojí realizace zelené střechy oproti klasické. Téměř polovina si myslí, že cena je dvojnásobná, více než čtvrtina odpověděla, že cena je stejná. Ostatní tipovali poloviční, nebo pětinásobnou cenu.

Respondenti jsou skeptičtí ke stavebním firmám, kterým nedůvěřují v dostatečné míře z důvodu malé zkušenosti s realizací těchto typů střech. Raději zůstávají při „zemi“ a u materiálů, které jsou dlouhodobě vyzkoušeny a ověřeny.

Na závěr diplomové práce by autor chtěl říci, že podle vlastní zkušenosti investoři v současné době realizují projekty se zelenými střechami i přes to, že je jejich výstavba dražší. Díky řadě výzkumných projektů specializovaných firem jsou dnes na trhu materiály, které výstavbu zelených střech umožňují a jsou odzkoušeny, jak laboratorně, tak na samotných realizovaných objektech. Této snaze investorů by měla Evropská unie, ale především státy a města pomoci. Vhodnými nástroji mohou být například snížení daně z nemovitosti u objektu se zelenou střechou, vyšší dotace na výstavbu zelených střech nebo snížení stočného při realizaci zelených střech. Toto je jen pár příkladů, jak by se mohla společnost zapojit svou účastí při rozvoji „zdravých“ měst.

Zdroje

[1] Babylonie – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Babylonie

[2] Zelené střechy historie a jejich význam - stavebnikomunita.cz. stavebnikomunita.cz - Pro všechny, kteří projektují nebo chtějí lépe bydlet [online]. Copyright © 2018 [cit. 20.09.2018]. Dostupné z: http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/zelene-strechy-historie-a-jejich-vyznam

[3] Nejstarší zelená střecha v České republice | Střechy | Stavebnictví | www.asb-portal.cz. Odborný portál pro profesionály v oblasti stavebnictví [online]. Copyright © JAGA GROUP, s. r. o. Všechna práva vyhrazena [cit. 20.09.2018]. Dostupné z: https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/nejstarsi-zelena-strecha-v-ceske-republice

[4] Střecha – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99echa

[5] Ploché střechy. 302 Found [online]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/5.html

[6] Stavba – TZB-info. Stavba – TZB-info [online]. Copyright © Fotolia.com [cit. 27.09.2018]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz

[7] Základy navrhování zelených střech | Ekodřevostavby – nízkoenergetické a pasivní dřevostavby. Ekodřevostavby | Ekodřevostavby – nízkoenergetické a pasivní dřevostavby [online]. Dostupné z: http://www.ekodrevostavby.cz/clanky/zaklady-navrhovani-zelenych-strech.html

[8] Intenzivní zelená střecha | zelené střechy. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2015 zelenestrechy.info [cit. 28.09.2018]. Dostupné z: http://www.zelenestrechy.info/cs/strechy/zelene-strechy/ploche/intenzivni/

[9] 301 Moved Permanently [online]. Copyright ©E [cit. 28.09.2018]. Dostupné z: http://www.szuz.cz/UserFiles/File/Dostalova_zelene%20strechy.pdf

[10] Inspirativní řešení! Rodinný dům krytý zeminou – HOME. HOME – byt/dům/styl/zahrada [online]. Copyright © 2018 [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: https://homebydleni.cz/dum/navstevy-domu/inspirativni-reseni-rodinny-dum-kryty-zeminou/

[11] Zelené střechy – naděje pro budoucnost | 10/08 | časopis Stavebnictví | Expodata Brno. Časopis stavebnictví | Expodata Brno [online]. Copyright © 2007 [cit. 04.10.2018]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/zelene-strechy-nadeje-pro-budoucnost_N1645

[12] Sekce Zelené střechy | Zelené střechy. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2015 zelenestrechy.info [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: http://www.zelenestrechy.info/cs/

[13] The Art of Being a Mayor – American Architectural FoundationAmerican Architectural Foundation. Home – American Architectural FoundationAmerican Architectural Foundation [online]. Dostupné z: http://www.archfoundation.org/2011/10/the-art-of-being-a-mayor/

[14] Navrhování střech – Základní ustanovení ČSN EN 73 1901

[15] BOHUSLÁVEK, Petr, Vladimír HORSKÝ a Štěpánka JAKOUBKOVÁ. Vegetační střechy a střešní zahrady. Vyd. 2. Praha: DEKTRADE, 2009. Skladby a detaily. ISBN isbn978-80-87215-05-0.

[16] Ochrana hydroizolačního systému spodní stavby. Hydroizolace – STAVOFOL s.r.o. - izolace staveb [online]. Dostupné z: http://www.stavofol.cz/ochrana-hydroizolacniho-systemu-spodni-stavby.html

[17] ČERMÁKOVÁ, Barbora a Radka MUŽÍKOVÁ. Ozeleněné střechy. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN isbn978-80-247-1802-6.

[18] SHB s.r.o. SHB s.r.o. [online]. Dostupné z: http://www.kamenolombernartice.cz/objem.htm

[19] LITHOPLAST® DREN – zelená střecha | LITHOPLAST. LITHOPLAST – izolace, nopové fólie, PE desky, výseky, plasty | LITHOPLAST [online]. Copyright © 2008 [cit. 11.10.2018]. Dostupné z: https://www.lithoplast.cz/zelena-strecha-lithoplast-dren

[20] Izolace – info [online]. Copyright© [cit. 16. 05. 2013]. Dostupné z: https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/fyzikalni-veliciny/9483-objemova-hmotnost-fyzikalni-veliciny-a.html#.W79OAWgzaUk

[21] Certifikace BREEAM v České republice | Česká rada pro šetrné budovy. | Česká rada pro šetrné budovy [online]. Copyright © 2009 [cit. 25.10.2018].

Dostupné z: http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/104/certifikace-breeam-v-ceske-republice

[22] MINKE, Gernot. Zelené střechy: plánování, realizace, příklady z praxe. Ostrava: HEL, 2001. ISBN isbn80-86167-17-8.

[23] Leadership in Energy & Environmental Design | Česká rada pro šetrné budovy. | Česká rada pro šetrné budovy [online]. Copyright © 2009 [cit. 25.10.2018]. Dostupné z: http://www.czgbc.org/certifikace/leed

[24] The Green City » Green roofs belong to the top trending trends in 2016. The Green City [online]. Copyright © 2018 The Green City [cit. 25.10.2018]. Dostupné z: http://thegreencity.com/green-roofs-belong-to-the-top-trending-trends-in-2016/

[25] 301 Moved Permanently. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/

[26] 400 Bad Request. Střešní krytiny - katalog střešních krytin a střešních materiálů | Krytiny-střechy.cz [online]. Dostupné z: https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/zelene-strechy/20392-zelene-strechy-jsou-az-o-55-stupnu-celsia-chladnejsi-nez-ty-klasicke-a.html#.W9GxoWgzaUk

[27] Zelené střechy – naděje pro budoucnost | Zelená střecha roku. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2015 parkroku.cz [cit. 26.10.2018]. Dostupné z: http://www.zelenastrecharoku.cz/cs/menu/soutezni-dila/

[28] 301 Moved Permanently. Inhabitat | Design For a Better World! [online]. Dostupné z: https://inhabitat.com/germanys-allianz-insurance-company-wins-the-countrys-2014-green-roof-prize/germany-green-roof

[29] 7: View of green roofs in Stuttgart, Germany [Internet] | Download Scientific Diagram. ResearchGate | Share and discover research [online]. Copyright © ResearchGate [cit. 26.10.2018]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/View-of-green-roofs-in-Stuttgart-Germany-Internet_fig12_296303577

[30] berlin-green-roof-small – Archi-HOUSE. Home 12 [online]. Dostupné z: http://www.archi-house.co.uk/service-1/berlin-green-roof-small/

[31] A garden roof in Linz - one of the leading green roof cities. Livingroofs.org, the leading UK green roof website [online]. Copyright © 2018 Livingroofs Enterprises

Ltd [cit. 26.10.2018]. Dostupné z: https://livingroofs.org/garden-roof-linz-green-roof-cities/

[32] Green roofs in Basel, Switzerland: combining mitigation and adaptation measures — Climate-ADAPT. Home — Climate-ADAPT [online]. Copyright © [cit. 26.10.2018]. Dostupné z: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/green-roofs-in-basel-switzerland-combining-mitigation-and-adaptation-measures-1

[33] 16 Spectacular Green Roofs Around the World Photos | Architectural Digest. Architectural Digest [online]. Copyright © [cit. 28.10.2018]. Dostupné z: https://www.architecturaldigest.com/gallery/green-roof-living-roof-designs/all

[34] Zelená střecha - Vše o střeše. Vše kolem Vaší střechy - Vše o střeše [online]. Copyright © 2018 Vše o střeše. [cit. 01.11.2018]. Dostupné z: https://www.vseostrese.cz/zelena-strecha/t1111

[35] Nová zelená úsporám nyní nabízí dotace na zelené střechy a teplo z odpadní vody | Nazeleno.cz. Nazeleno.cz - Chytrá řešení pro každého [online]. Copyright © 2018 Narrative Media s.r.o. ISSN 1803 [cit. 04.12.2018]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/aktualne/nova-zelena-usporam-nyni-nabizi-dotace-na-zelene-strechy-a-teplo-z-odpadni-vody.aspx

[36] Hospodaření s dešťovou vodou v obcích (3) | Počítáme s vodou. Počítáme s vodou [online]. Dostupné z: https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-v-obcich-3/

[37] Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Územní srážky. Portál ČHMÚ : Home [online]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#

[38] Chomutov 2018: Cena vody, poplatky za odpad a za psa. Skrblík.cz - pomáháme vám šetřit - Skrblík.cz [online]. Copyright © Pavel Kinšt [cit. 15.12.2018]. Dostupné z: https://www.skrblik.cz/radce/mesto/chomutov/

[39] Odvádění přebytečné vody ze střechy. ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace [online]. Copyright © 2018 [cit. 15.12.2018]. Dostupné z: https://www.isover.cz/aktuality/odvadeni-prebytecne-vody-ze-strechy

[40] Hodnotová analýza Hodnotová analýza je účelně sestavený soubor metod, jehož smyslem je hledání a navrhování zlepšeného nebo až zásadně nového řešení analyzovaného. - ppt stáhnout. SlidePlayer - Nahrávejte a Sdílejte své PowerPoint

prezentace [online]. Copyright © 2018 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 16.12.2018]. Dostupné z: https://slideplayer.cz/slide/3309531/

[41] KADLČÁKOVÁ, Anna. Ekonomika ve stavebnictví 50: hodnotový management. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02605-1.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Visuté zahrady – Babylon, [2] 14
Obrázek 2 Bytová zástavba v Berlíně – Německo, [2] 15
Obrázek 3 Konírna na zámku v Lipníku nad Bečvou, [2]..... 15
Obrázek 4 Části šikmé střechy, [4]..... 16
Obrázek 5 Extenzivní střecha, [7]..... 18
Obrázek 6 Polointenzivní střecha , [8]..... 19
Obrázek 7 Intenzivní střecha, [7]..... 20
Obrázek 8 Jednovrstvá skladba vegetace, [9]..... 22
Obrázek 9 Vícevrstvá skladba vegetace, [9] 22
Obrázek 10 Vl. zpracování 22
Obrázek 11 Vl. zpracování 23
Obrázek 12 Vl. zpracování 23
Obrázek 13 Vl. zpracování 23
Obrázek 14 Cloud Gate tzv. "Been" ("fazole"), Chicago, [13]..... 23
Obrázek 15 RD v dotyku s parterem, [10] 24
Obrázek 16 Bez dotyku s parterem, [7] 24
Obrázek 17 Vl. zdroj [22]..... 25
Obrázek 18 Vl. zdroj, [22]..... 25
Obrázek 19 Rozdíly teplot mezi klasickou a zelenou střechou, [2]..... 32
Obrázek 20 Vl. zdroj; Graf s vývojem teplot v čase jednoho dne, [22] 33
Obrázek 21 Fakulta životního prostředí, Zemědělská universita Praha, [27] 34
Obrázek 22 Národní zemědělské muzeum, Praha, [27]..... 35
Obrázek 23 Objekt společnosti Allianz, Německo, [28] 36
Obrázek 24 Bytový komplex Stuttgart, Německo, [29] 37
Obrázek 25 Bytový komplex Berlín, Německo, [30] 37
Obrázek 26 Tramvajový sklad, Švýcarsko, [32]..... 37
Obrázek 27 Zahradní dům Linz, Rakousko, [31] 37
Obrázek 28 Chongqing Taoyuanju Community, Chongging, Čína, [33] 38
Obrázek 29 Rostlinné konzervační centrum botanické zahrady v Chicag-u, Spojené Státy Americké, [33] 38
Obrázek 30 Budova Akademie věd v Kalifornii, Spojené Státy Americké, [33] 39
Obrázek 31 StreetDome v Haderslev-u, Dánsko, [33]..... 39

Obrázek 32 Olympijský sochařský park, Seattle, [33] 39
Obrázek 33Meera Sky Garden House, Singapur, [33] 39
Obrázek 34 Muzeum Moesgaard v Hojbjerg-u, Dánsko, [33] 39
Obrázek 35 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 1 43
Obrázek 36 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 2 49
Obrázek 37 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 3 56
Obrázek 38 Vlastní tvorba skladba střešní konstrukce Var. 4 61

Seznam tabulek

Tabulka 1 Výška potřebné zeminy na druhy vegetace zelených střech, [12] 19
Tabulka 2 Materiálové rozdělení drenážní vrstvy [16] 27
Tabulka 3 Vl. Zdroj - Zatížení drenážními vrstvami – Sypké materiály, [22] 27
Tabulka 4 Vl. zdroj - Zatížení drenážními vrstvami - Rohože, [22] 28
Tabulka 5 Návrhové hodnoty prostupu tepla konstrukcemi z normy ČSN 73 0540 – 2 Tepelná ochrana budov 42
Tabulka 6 Skladba střešní konstrukce varianty 1 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou) 44
Tabulka 7 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 1 45
Tabulka 8 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 1 45
Tabulka 9 Výpočet ceny varianty 1 47
Tabulka 10 Provozní náklady střechy varianty 1 47
Tabulka 11 Celková cena varianty 1 konkrétního dodavatele 48
Tabulka 12 Skladba střešní konstrukce varianty 2 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou) 50
Tabulka 13 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 2 52
Tabulka 14 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 2 53
Tabulka 15 Výpočet ceny varianty 2 54
Tabulka 16 Provozní náklady střechy varianty 2 54
Tabulka 17 Celková cena varianty 2 konkrétního dodavatele 55
Tabulka 18 Skladba střešní konstrukce varianty 3 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou) 57
Tabulka 19 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 3 58
Tabulka 20 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 3 58
Tabulka 21 Výpočet ceny varianty 3 59
Tabulka 22 Provozní náklady střechy varianty 3 60
Tabulka 23 Celková cena varianty 3 konkrétního dodavatele 60
Tabulka 24 Skladba střešní konstrukce varianty 4 (vlastní zpracování autora po konzultaci s odbornou firmou) 62
Tabulka 25 Návrhové zatížení střešní konstrukce varianty 4 63
Tabulka 26 Návrh součinitele prostupu střechy varianta 4 64
Tabulka 27 Výpočet ceny varianty 4 65

Tabulka 28 Provozní náklady střechy varianty 4 65
Tabulka 29 Celková cena varianty 4 konkrétního dodavatele 66
Tabulka 30 Porovnání jednotlivých typů střech 67
Tabulka 31 Investiční, provozní náklady a náklady na rekonstrukci 68
Tabulka 32 Návrhová životnost hlavních vrstev 70
Tabulka 33 Ceny na rekonstrukci po 20 letech..... 70
Tabulka 34 Redukovaná plocha S_R [39]..... 71
Tabulka 35 Roční úspora stočného..... 72
Tabulka 36 Hodnotová analýza posuzovaných variant 77

Seznam grafů

Graf 1 Průběh nákladů v čase za 20 let bez dotace 73
Graf 2 Průběh nákladů v čase za 20 let vč. dotace 74
Graf 3 Průběh nákladů v čase 221 let vč. dotace 74
Graf 4 Obeznámenost veřejnosti s pojmem zelená střecha 78
Graf 5 Průzkum zelených střech v okolí dotazovaných 79
Graf 6 Realizace zelených střech 79
Graf 7 Realizace vlastní zelené střechy 80
Graf 8 Náklady na realizaci zelené střechy 81
Graf 9 Zajímavost zelených střech 81