

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**ŘEŠENÍ ZELENÝCH FASÁD A JEJICH
APLIKACE**

2022

HELENA PATYIOVÁ

**VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:
ING. ROSTISLAV ŠULC, PH.D**

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 15.05.2022

.....
Helena Patyiová

Poděkování

Chtěla bych touto formou poděkovat mému vedoucímu práce, panu Ing. Rostislavovi Šulcovi, Ph.D. za vedení této bakalářské práce správným směrem. Dále bych chtěla poděkovat Markétě Procházka z firmy Liko-s a.s. za poskytnuté informace o zelených fasádách, jejich postupu prací a nákladech na stavbu. Dále bych chtěla poděkovat firmě JK stavební práce pro poskytnutí informací k zateplení kontaktní fasády. A v poslední řadě svému příteli a rodině za jejich pevné nervy při mém studiu.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Patyiová</u>	Jméno: <u>Helena</u>	Osobní číslo: <u>478659</u>
Zadávací katedra: <u>K122 - katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavitelství</u>		
Studijní obor: <u>Realizace pozemních a inženýrských staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Řešení zelených fasád a jejich aplikace</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Solutions for green facades and their applications</u>	
Pokyny pro vypracování: Rešerše k možnostem aplikace zelených fasád, výhody a nevýhody z hlediska realizace, provozu a návrhu. Porovnání tradičních kontaktních fasád a systému vrstvených kontaktních fasád, zavěšených fasád a zelených fasád z hlediska technologického, z hlediska nákladů, z hlediska provozního. Vyhodnocení provést formou multikriteriálního vyhodnocení na modelovém nebo reálném příkladu stavby. Doporučení pro realizaci.	
Seznam doporučené literatury: Uffelen, Chris van R. Façade Greenery: contemporary landscaping, 2011 Uffelen, Chris van R. Green, greener, greenest: façades, roofs, indoors, 2017 Klanten, Robert; Stuhler, Elli.; Evergreen architecture: overgrown buildings and greener living, 2021	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>18.2.2022</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>15.5.2022</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

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

Obsah

Úvod.....	9
1 Fasády.....	10
1.1 Historie.....	10
1.2 Základní požadavky.....	11
2 Druhy fasád.....	11
2.1 Kontaktní zateplovací systém (KZS).....	11
2.2 Provětrávaná fasáda.....	12
2.3 Zavěšená fasáda.....	13
2.4 Lehký obvodový plášť.....	14
3 Zelené fasády.....	15
3.1 Základní popis zelených fasád.....	15
3.1.1 Historie zelených fasád.....	15
3.1.2 Způsoby ozelenění.....	17
3.2 Konstrukční, materiálová a tvarová řešení.....	18
3.2.1 Fasády bez podpory pnutí.....	19
3.2.2 Fasády s podporou pnutí.....	20
3.2.3 Zelené stěny.....	21
3.2.4 Modulové zelené stěny.....	22
3.3 Výhody a nevýhody z hlediska realizace, provozu a návrhu.....	25
3.3.1 Výhody.....	25
3.3.2 Nevýhody.....	27
3.4 Významné stavby.....	28
3.4.1 Česká republika.....	28
3.4.2 Zahraniční projekty.....	30
4 Technologie fasád.....	33
4.1 Technické řešení.....	33
4.1.1 Zelené fasády.....	33
4.1.2 Kontaktní zateplovací systém (KZS) [39].....	36
4.1.3 Zavěšená fasáda [40].....	36
4.2 Technologické postupy.....	37
4.2.1 Zelená fasáda.....	37
4.2.2 Kontaktní zateplovací systém.....	41
4.2.3 Zavěšená fasáda.....	43
5 Cíl práce.....	46
6 Popis projektu.....	47
6.1 Rozměry objektu.....	47
6.2 Materiálové řešení.....	47
7 Multikriteriální analýza fasád.....	49
7.1 Saatyho metoda.....	49
7.1.1 Postup.....	49

7.2	<i>Kritéria</i>	50
7.2.1	Požizovací cena.....	50
7.2.2	Náklady na údržbu.....	50
7.2.3	Životnost.....	51
7.2.4	Vzhled.....	53
7.2.5	Doba realizace	53
7.3	<i>Vyhodnocení</i>	54
	Závěr	56
	Zdroje	58
	<i>Bibliografie</i>	58
	<i>Obrázky</i>	62
	<i>Tabulky</i>	64
	<i>Přílohy</i>	64

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na přiblížení problematiky zelených fasád z hlediska technologického. V první části práce se čtenář doví, co jsou to zelené fasády a jak je rozdělujeme. Seznámení s nejznámějšími stavbami z České republiky a z ciziny. Základní informace o dalších tradičnějších fasádách. V druhé části budeme porovnávat zelenou fasádu se zavěšenou a kontaktní fasádou z hlediska pěti kritérií, které mohou pozitivně či negativně ovlivnit konečný výběr fasády z hlediska uživatele.

Klíčová slova

Zelená fasáda, multikriteriální hodnocení, fasáda, způsob ozelenění, kritéria

Abstract

The bachelor's thesis focuses on approaching the issue of green facades in terms of technology. In the first part of the work, the reader learns what green facades are and how we divide them. Introduction to the most famous buildings in the Czech Republic and abroad. Basic information about other more traditional facades. In the second part, we will compare the green facade with the suspended and contact facade in terms of five criteria that can positively or negatively affect the final selection of facades from the user's point of view.

Keywords

Green facade, multicriteria evaluation, facade, method of landscaping, criteria

Úvod

Se zvyšováním zalidněnosti se také zvyšuje zastavěnost ve velkých městech, kde je velký úbytek zeleně, toho se města snaží regulovat procentem zastavěnosti, ale i přes to se velká města přehřívají. Na řadu tedy přicházejí zelené konstrukce, příkladem je zelená fasáda, která nám nedává jen pozitivní vliv na estetiku a vnímání, ale také má kladný přínos fyzikálních vlastností z hlediska využívání objektu a objektu jako celku.

Cílem této práce je přiblížit problematiku zelených fasád. Poukázat na jejich pozitivní vliv a zároveň na nevýhod. Také si ukázat základní charakteristiku tradičních fasád. Posouzení z hlediska realizace, provozu a návrhu zelené fasády s tradičními fasády jakou jsou kontaktní, vrstvené nebo zavěšené.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. Teoretická část se zaměří na materiálové, konstrukční a tvarová řešení zelených fasád a základní popis tradičních fasád. Praktická část se bude zabývat multikriteriální analýzou – metodou vah, kde na vzorovém projektu aplikujeme pět zvolených kritérií a vyhodnotíme vhodnost fasádních systémů.

1 Fasády

1.1 Historie

Mezi prvními materiály využívané na fasádu byla hlína, s níž člověk uměl pracovat a stavěl si s ní celá svá obydlí. Práce s hlínou fungovala na principu dusáním ve vazkém stavu do bednění, po zaschnutí se bednění posunulo výš a nabíjela se další vrstva. [1]

Další variantou obvodových stěn, tudíž i našich fasád byly proutěné vyplétané plochy nastavenými tyčemi, které se následně omazávaly jílem. Problém nastal v případě, pokud byla vrstva nanášena rychle, díky tomu se fasáda rychle vysušila a tím pádem popraskala. Oprava byla velmi jednoduchá, v podstatě se trhliny zamazali jílem nebo hlínou a konstrukce stěny/fasády fungovala dál. [1]



Obr.1,2: proutěné vyplétané plochy [1]

Poslední variantou jsou hrázděné konstrukce, které svým původem sahají do čtvrtého století před naším letopočtem. Na našem území se začali objevovat asi před tisíci lety z Německa. Nosnou konstrukcí tvořily jedlové, později smrkové trámký a sloupy spojené čepem. Funkci zavětrování plnily vřpěry, které byli vyplněny většinou vepřovicemi (hliněné nepálené cihly, sušené na vzduchu). Nevýhodou vepřovic byla špatná odolnost proti

vlhkosti, celková životnost nepálených cihel, tak byla pouze do dvou let, při opakovaném styku s vodou. [1]



Obr.3: hrázděný dům [2]

1.2 Základní požadavky

Jedna ze základních funkcí, kterou by měla fasáda splňovat je tepelně-izolační schopnost, která by nám měla pozitivně snížit náklady na vytápění. V létě nám fasáda zajišťuje nepřehřívání konstrukce a v zimě nám zabraňuje k úniku tepla. Dále by měla fasáda odolávat biotickému napadení a také prachu, k této ochraně se mohou používat tzv. „chytré“ omítky, které mají samočistící efekt nebo umí regulovat vlhkost. Neposlední funkcí, kterou by měla fasáda splňovat je funkce estetická. Dnešní doba nabízí neomezený výměr barev, struktur, a i materiálůvých variant např. dřevěné, kamenné nebo i skleněné. [3]

2 Druhy fasád

2.1 Kontaktní zateplovací systém (KZS)

Nejčastější známý způsob zateplení v České republice. Jedná se o zateplení, kdy tepelný izolant je pevně připevněn – kotvením nebo nalepením. Systém musí obsahovat izolační materiál, materiál pro upevnění, výztužnou vrstvu a finální ochranou vrstvu. Výhodou tohoto systému je celistvost zateplení, kde nám nevznikají žádné tepelné mosty. [4]

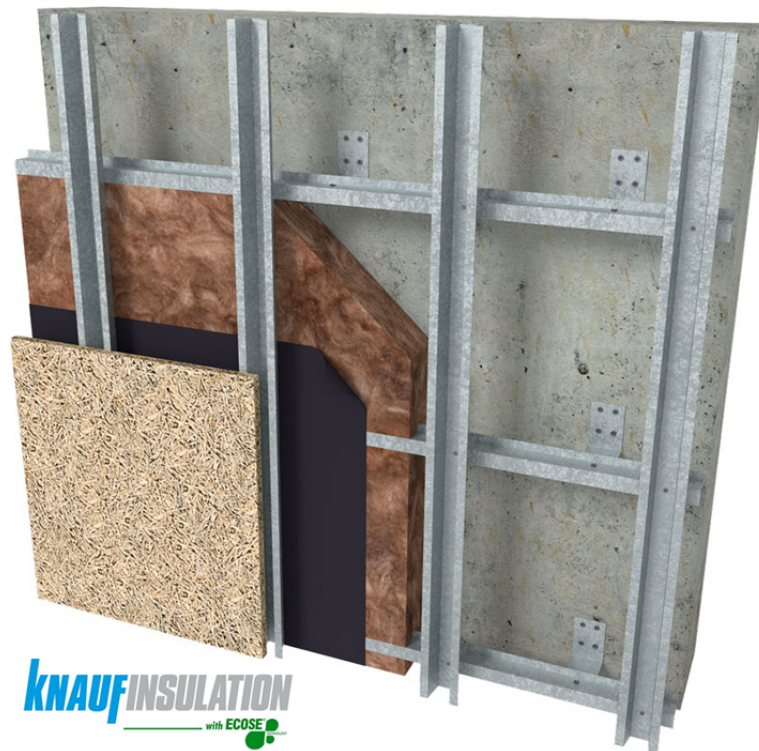


Obr.4: příklad kontaktního zateplovacího systému [5]

2.2 Provětrávaná fasáda

Systém, kdy tepelný izolant není pevně připevněn na povrch nosné konstrukce, místo toho je izolant přikotven na svislý nosný rošt a tím vzniká mezi nosnou konstrukcí a izolantem vzduchová mezera. Využívá se nejčastěji u zateplení starších budov, kde dochází k problému s vlhkostí. [6] [7]

Výhodou této fasády je několik – nízká spotřeba energie na vytápění v zimním období a nepřehřívání konstrukce v letním, zároveň díky vzduchové mezeře nám tam dochází k přirozenému ochlazování a vysoušení nosné konstrukce, díky němuž zajišťujeme delší životnost. Nedochozí k vytváření vlhkých rohů a plísním na zdech. Nevýhodou těchto fasád jsou pořizovací náklady, které jsou vyšší než kontaktní zateplovací systém. [7]



Obr.5: příklad provětrávané fasády [8]

2.3 Zavěšená fasáda

Fungují na principu bezkontaktního zateplení, kdy vytvořenou izolační vrstvu zakryjí nosnou hliníkovou konstrukcí se závěsnou konstrukcí. Touto konstrukcí nám vzniknou vzduchové mezery, kterými se nosné zdivo vysušuje a prostor se provětrává, což nám napomáhá proti vzniku plísní. Vzhledem k suché montáži můžeme realizovat zavěšenou fasádu celoročně. [9] [10]

Výhodou zavěšené obkladové desky je rychlá a snadná výměna při jakékoli poruše. Materiálů, které lze využít pro montáž je hned několik např. HPL desky, smaltované sklo, slinutá keramika, betonové desky, porcelánová keramika. [9]



Obr.6: příklad zavěšené fasády [11]

2.4 Lehký obvodový plášť

Jedná se o montovaný fasádní systém, který se skládá až na stavbě. Je tvořen ze svislých a vodorovných profilů, které jsou vyplněné izolačním sklem. Z hlediska legislativy je výrobek specifikovaný normou EN 13830. Každý lehký obvodový plášť je jedinečné architektonické provedení pro konkrétní projekt. [12]

Nevýhodou této fasády je velké množství prvků, které jsou dodávané na stavbu kompletovaných až při montáži, kde je velké riziko, že dojde k poškození. [12]



Obr.7: příklad lehkého obvodového pláště [13]

3 Zelené fasády

3.1 Základní popis zelených fasád

3.1.1 Historie zelených fasád

Historie zelených fasád sahá až do roku 600 př.n.l., kdy podle historických záznamů byla postavena první stavba se zavlažovacím systémem neboli Semiramidy Visuté zahrady. Celý komplex byl obklopen zahradami, kterými ze svrchu hradeb protékala voda, která dodávala rostlinám potřebnou vláhu. [14]



Obr.8: možný vzhled Semiramidy zahrady [15]

Před druhou světovou válkou se hnutí zahradního města se zaměřilo na konstrukci mříže pro popínavé rostliny neboli to, co my bychom nazvali „zelené fasády“. Ve stejné době profesor Stanley Hart White vymyslel takzvané „botanické cihly“, který si nechal patentovat. Byl to první systém pro stavbu zelené stěny. [16]

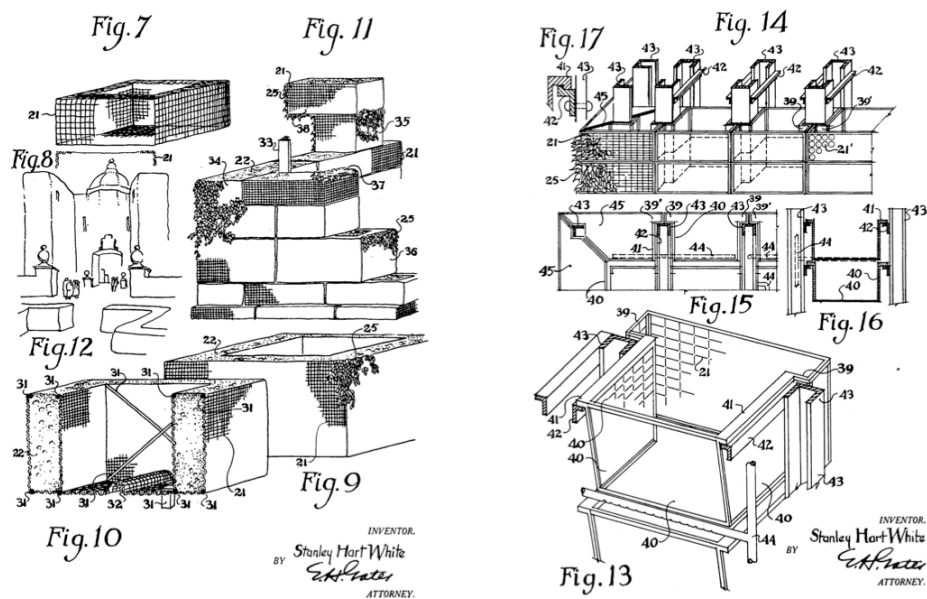


FIGURE 3. US Patent 2,113,523 Drawing Sheet 2 of 3. Inventor Stanley Hart White.

FIGURE 4. US Patent 2,113,523 Drawing Sheet 3 of 3. Inventor Stanley Hart White.

Obr.9: výkresy pro realizaci zelených stěn profesora Stanley H. White [17]

V roce 1988 francouzský botanik Patrick Blanc, který byl jako první považovaný za zakladatele vertikálních zelených stěn, poukázal na krásu zelených stěn zvaných „Mur Végétal“. [14]

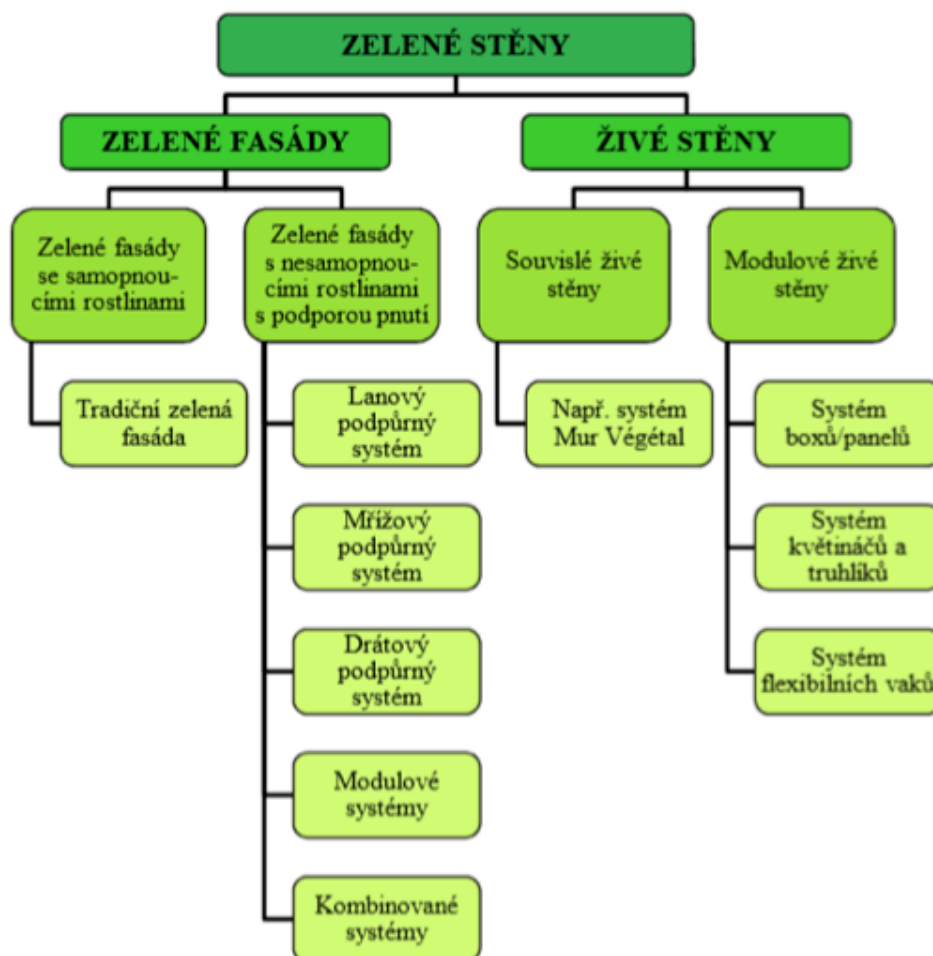


Obr.10: příklad navržené zelené zdi od botanika Patrica Blanc [18]

3.1.2 Způsoby ozelenění

Rozdělujeme dvě skupiny exteriérových stěn – zelené fasády a živé stěny. Zelené fasády se vyznačují využitím pnoucích rostlin se substrátem na povrchu v blízkosti objektu, kde rostliny rostou přirozeně a pnou se po objektu. Nevýhodou je, že po montáži není pokryta celá plocha fasády, rostlina dokáže vyrůst jen do nějaké výšky, tudíž nejsou vhodné pro výškové budovy. [19]

Živé stěny na rozdíl od zelené fasády využívá pro pokrytí celé plochy nosnou konstrukci, na kterou je osazen podklad (substrát), do nichž je zasazena jakýkoli rostlina. U tohoto způsobu ozelenění je nutné zavlažování, to také znamená vyšší náklady na provoz. Jejich výhodou je, že pokud nějaký druh rostliny nebude vhodný nebo se s ním něco stane, lze ho jednoduše nahradit (přesadit) jiným druhem rostliny. [19]



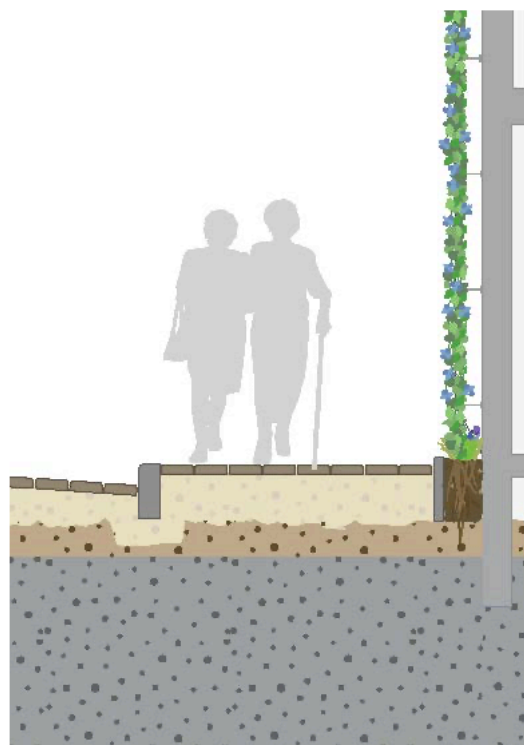
Obr.11: způsoby ozelenění [20]

3.2 Konstrukční, materiálová a tvarová řešení

Řešení zelených fasád rozdělíme do tří skupin, kterou tvoří samopopínavé rostliny, které pomocí úponků šplhají po konstrukci budovy. Dále patří do skupiny popínavé rostliny, které pro svůj růst potřebují podpěrnou konstrukci, po které budou moci růst a šplhat. Poslední skupinou jsou zelené stěny vyznačující se konstrukcí, na kterou jsou pověšeny květináče/koše, ze kterých roste zvolená rostlina. [21]



Obr.12: bez podpěrné konstrukce [21]



Obr.13: s podpěrnou konstrukcí [21]



Obr.14: nosné konstrukce pro zavěšení modulových boxů/truhlíků [21]

3.2.1 Fasády bez podpory pnutí

Již z obr.12 je jasné, že tento systém je nejjednodušší na realizaci, protože není zapotřebí, žádná podpěrná konstrukce. Lze použít květináče, kvůli zabránění prorůstání kořínků do podloží budovy. Tyto samopnoucí rostliny jsou přímo v kontaktu s konstrukcí objektu. Základním požadavkem pro tento typ fasády je správný výběr rostliny, která nebude narušovat celistvost nosné konstrukce. Nejvhodnějšími rostlinami pro tento druh fasády jsou dřeviny skupiny úponkových a kořenujících. Pro tyto rostliny je typické, že se snadno přichytí k jakémukoliv povrchu, takže i v případě, kdy zvolíme hladkou fasádu. Mezi dalšími hlavními podmínkami pro zvolení této fasády je celistvost konstrukce, tzn. že by konstrukce neměla mít praskliny, aby nedošlo k prorůstání kořeny přes nosnou konstrukci. Nutností je i správné zvolení umístění z hlediska světových stran a na to navazující množství světla. [22]

Výhodou této zvolené fasády je, že pro montáž není potřeba žádná nosná konstrukce, jak již bylo zmíněno výše a s tím i spojené pořizovací náklady. Dalšími pozitivy je snižování prašnosti a hlučnosti objektu.

Nevýhodou těchto fasád dlouhá doba růstu rostlin, zvýšená koncentrace hmyzu a pokud ne zvolíme květináče nebo jinou konstrukci pro omezení růstu kořenů do podlaží a s tím vztažené vysoušení půdy. [22]



Obr.15: příklad růstu rostliny bez podpěrné konstrukce [22]

3.2.2 Fasády s podporou pnutí

Pro tento druh fasády platí několik specifík, které pro montáž této fasády je nutné splnit. Za prvé je to výběr rostlin, snažíme se vybrat takovou rostlinu, která nám splní celkový efekt zazelenění fasády. Poté je to správný výběr podpěrné konstrukce, která by měla být z takového materiálu, aby byla schopna odolávat nepříznivým účinkům počasí. Podpěrná konstrukce by měla být navržena tak, aby byla schopna v čase odolávat narůstající hmotnosti pnoucí rostliny. [21]

Pro fasády s podporou se používají například lanové systémy, které se skládají z nerezových spojovacích a kotvících komponentů a z nerezových lan. Tyto lana buď natáhnou buď to jen v jednom směru nebo utvoříme mříž (čtvercového nebo kosočtvercového tvaru), směr lan navrhujeme podle zvolené rostliny. Pro plné ozelenění plochy objektu volíme spíše mřížový systém. Výhodou této konstrukce je její váha a schopnost se přizpůsobit jakémukoli atypickému tvaru objektu. [21]



Obr.16: kosočtvercový tvar [23]



Obr.17: lanový v jednom směru [zdroj: vlastní]

3.2.3 Zelené stěny

Tento fasádní systém je mnohem komplikovanější než u systému předtím. Osazení rostlin se realizuje zavěšením/osazením na nosnou konstrukci. Má to hned několik výhod – není nutný striktní výběr popínavých rostlin pro ozelenění plochy, rostlina již neodebírá vlhkost ze země u paty objektu a nehrozí prorůstání kořenů do podlaží. Rychleji ozeleníme celou plochu objektu, protože naráz osadíme všechny rostliny. Vzhledem k tomu, že už nám rostliny nerostou ze země, je nutné, aby jim byl zajištěn přísun živin a vody. K tomu nám napomáhá závlahový systém, který je schopen přenášet zdroj vody i živin na jednu podle potřeby daných rostlin. Při realizaci závlahového systému je pak ale důležité navrhnout vhodný typ hydroizolace, která nám pomáhá chránit fasádu objektu před vlhkostí. [Liko-s a.s.] Rostliny dále můžeme dělit podle toho, zda rostlina potřebuje substrát nebo jí stačí pro správný růst jen potřebné živiny. [24]

3.2.3.1 Systémy bez využití substrátu

Jak již nadpis napovídá, jedná se o systém rostlin, kterým pro správný růst stačí jen zdroj vody a živin, který jsme schopni dodat přes závlahový systém. Vynálezcem tohoto systému byl Patric Blanc, který díky pozorování

přišel na to, že lze nahradit substrát, pokud je rostlině dopravována potřebná voda a živiny. [24]

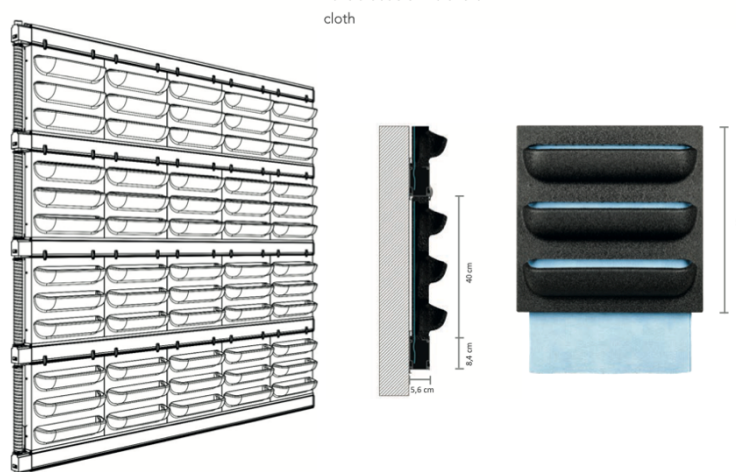
3.2.3.2 Systém s využitím substrátu

Systém, při němž je při osazení truhlíků/košů využit substrát do něhož je vložena zvolená rostlina. Pro přenos vody a potřebných živin využijeme kapkový závlahový systém. [24]

3.2.4 Modulové zelené stěny

3.2.4.1 Kazetový systém – LivePanel

Rostliny se do tohoto systému umísťují do kazet, kde se každá řada kazet osazuje do okapového profilu, který zároveň slouží k zásobování vody. Kazety jsou zavěšeny na nosné profilu, které jsou odolné vůči korozi. Zavěsit kazety pak lze horizontálně i vertikálně. [25]



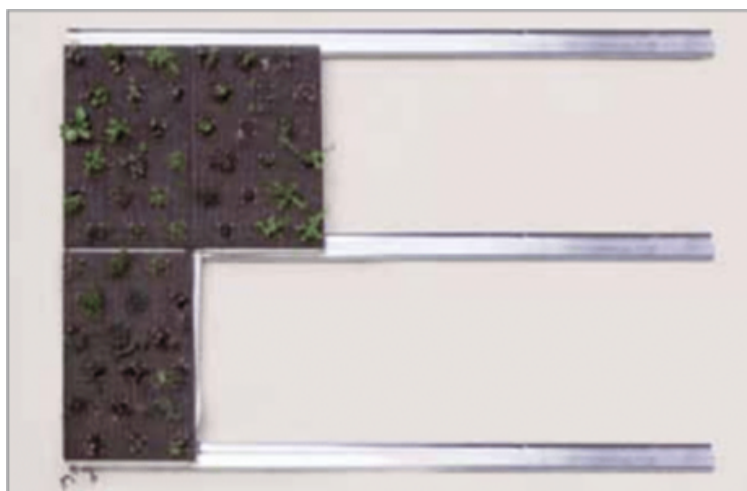
Obr.18: LivePanel Outdoor [25]



Obr.19: příklad realizace LivePanel [25]

3.2.4.2 Modulové boxy

Rámové konstrukce, které se horizontálně připevňují na hliníkové profily. Box (fasádní klec) je naplněn vhodným substrátem, do něhož je zasazena rostliny dle výběru investora. Zvláštností tohoto systému je kapilární textilie, která má schopnost nasáknout vodu tak, aby se voda dostala rovnoměrně do všech boxů. Spodní hrana pak slouží pro odvod přebytečné vody. [26]



Obr.20: příklad montáže jednotlivých fasádních klecí [26]

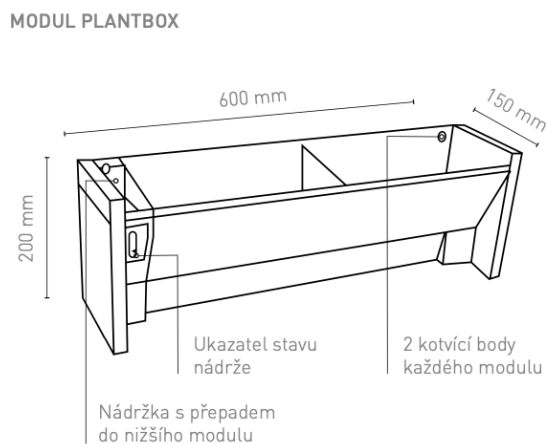


Obr.21: vizuální vzhled po realizaci [26]

3.2.4.3 PlantBox

PlantBoxy jsou žlaby/truhlíky ze 100 % recyklovatelného materiálu. Připevňuje se na hliníkové nosné profily, které jsou připevněny k nosné konstrukci objektu. Jednotlivé truhlíky díky jednoduchým postranním zámkům lehce zapadnou ve vertikálním směru a jednotlivé truhlíky se osazují v horizontálním směru. Díky kaskádovému přepadovému systému nedojde

k tomu, že by rostliny uhnilý, kvůli velkému množství vody. Zároveň mají všechny truhlíky ukazatele hladiny vody, který při nepoužití závlahového systému využije každý. [27] [28]



Obr.22: Plantbox [29]



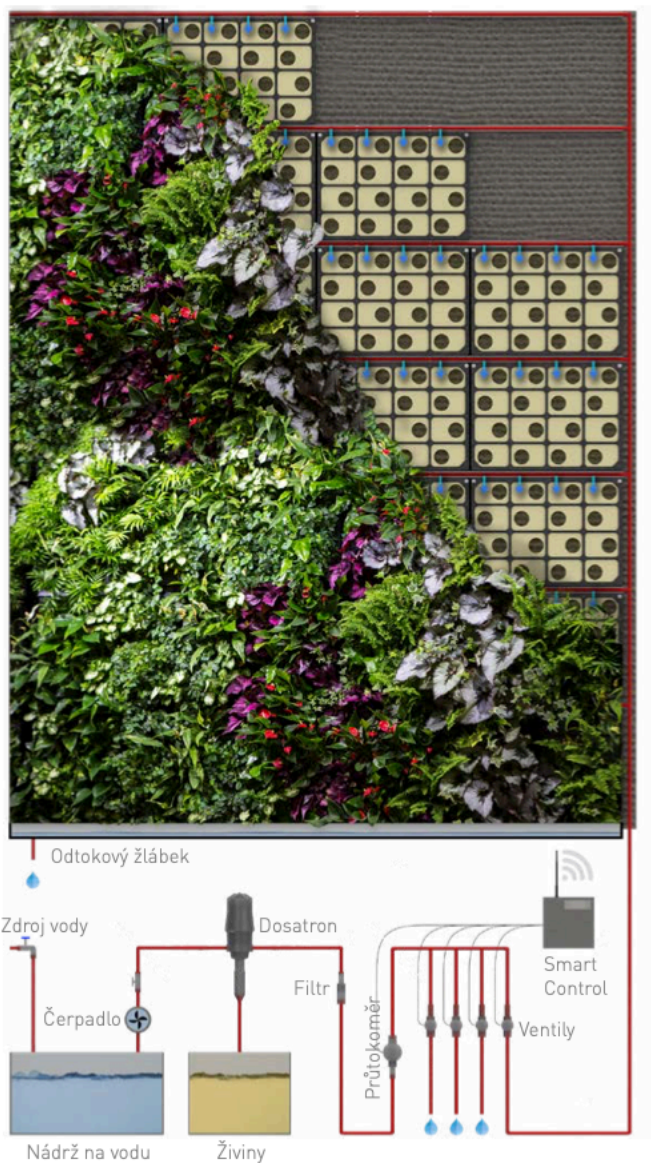
Obr.23: Příklad realizace Platboxů na Manifesto Anděl [30]

3.2.4.4 Biotile/Biotecture systém

Panel s rostlinami je umístěn na připevněné hliníkové profily, které jsou připevněné k cementotřískové desce přes materiál tvořící drenážní dutinu. Tím je zajištěno, že se vlhkost nedostane ke konstrukci budovy. Panel je možný instalovat v jakémkoliv rozměru, díky možnosti oříznutí a seříznutí okrajů. [31]

U nás v České republice využíváme název Biotile. Tento systém realizuje firma Liko-s a.s., která spolu s anglickou pobočkou, vlastní patent.

Biotope system uses the company Biotope UK. Between these two systems there is no difference. [Source: Markéta Procházková – Liko-s a.s.]



Obr.24: BioTile se zobrazením závlahového systému [32]

3.3 Výhody a nevýhody z hlediska realizace, provozu a návrhu

3.3.1 Výhody

3.3.1.1 Městské klima

Jednou z klíčových výhod zelených stěn oproti jiným stínícím zařízením je schopnost rostlin během transpiračního procesu přerozdělovat sluneční záření a citelné teplo na latentní teplo. Zelené stěny navíc fungují jako vrstva izolace, čímž snižují potřebu vytápění budovy v chladnějších klimatických podmínkách. Simulační cvičení pro středomořské klima ukázalo, že zelené

fasády/obývací stěny mohou ušetřit až 43 % nákladů na energii na chlazení. Bylo také prokázáno, že obytná stěna s květináči by mohla snížit spotřebu energie na vytápění až o 6 % ve srovnání s pouhým 1 % úsporou u zelených fasád. V roce 2013 díky zkouškám se prokázalo, že celkový výstupní tepelný tok obývací stěny byl naměřen 87 W/m² ve srovnání s příchozím tepelným tokem 30 W/m² na její holé zdi. Tento naměřený rozdíl v čistém energetickém toku ze stěny je pravděpodobně způsoben významným stínícím efektem zeleného obkladu, který snižuje množství přicházející energie ze slunce. Je to způsobeno také dalšími faktory, včetně typu vegetace, latentního tepla výparu a koeficientu odrazu slunečního záření. Ve středomořském klimatu experiment zaznamenal snížení povrchové teploty o 12 až 20 °C za slunečných dnů a snížení teploty o 1 až 2 °C za zatažených dní. Tento test prokázal potenciál zelených fasád zmírnit efekt UHI, alespoň lokálně. [33]

Period		Normal facade			Green facade		
		T1	T01	T0	T1	T01	T0
Average day course							
All days (n = 133)	Max.	20,8	22,2	31	21,4	22,2	25,2
	Min.	12,4	13,1	16,7	12,6	14,1	16,3
	Amplitude	8,4	9,1	14,3	8,8	8,1	8,9
Sunny days (n = 64)	Max.	24,1	25,6	36	25,1	24,8	28,6
	Min.	13	13,8	17,2	14,5	13,1	17,2
	Amplitude	11,1	12,2	18,8	10,6	11,7	11,4
Minimum temperature (n = 133)	Max.	6,2	6,1	11,2	7,9	6,8	9,9
	Min.	1	1,2	7	3	0,9	3,8
	Amplitude	5,2	4,9	4,2	4,9	5,9	5,2
Maximum temperature (n = 133)	Max.	35,2	38,7	44,8	34,6	36	40,7
	Min.	22	22,9	24,8	22,1	21,1	27,6
	Amplitude	13,2	15,8	20	12,5	14,8	13,1

T1 temperature in C, 1 m from the facade
T01 temperature in C, 0,1 m from the facade
T0 temperature in C, on the facade

Influence of facade vegetation on air temperature © Hermy, 2005

Tab.1: ovlivnění zelené fasády na povrch konstrukce ve stupních [21]

3.3.1.2 Zachycení prachu

Rostliny mohou zachytit jemné částice a aerosoly ze vzduchu, jako jsou těžké kovy olovo a kadmium. Částice se obecně vysrážejí na listech, jsou smývány deštěm a končí v půdě. Další část této hmoty rostlina absorbuje a uloží. Zdá se, že absorpce je větší v blízkosti hlavních silnic, kde je přítomno větší znečištění. Vysazením pestrého výběru rostlin bude vypadat atraktivně a zvýší se schopnost absorbovat znečištění. Různé druhy rostlin absorbují různé druhy znečištění v různém množství ze vzduchu. [21]

3.3.1.3 Úspora energie

Vertikální zelená stěna chrání budovu před slunečním žářem v létě a udržuje ji chladnější. V zimě může vegetace chránit budovu před větrem a snížit tepelné ztráty konvekcí podél fasády a vzduchové kapsy mezi vegetací a budovou. Stacionární vzduchová kapsa 5 cm mezi vegetací a budovou je srovnatelná se součinitelem prostupu tepla 2,9 W/m²K a lze ji tedy přirovnat k izolaci tepla pomocí izolačního zasklení. Silnější vrstvy vzduchu izolaci výrazně nezlepšují, protože se zvyšuje ztráta konvekce v důsledku vrstveného efektu. To by mohlo být opraveno rozdělením vertikálního růstu pomocí například nosné konstrukce. [21]

3.3.1.4 Hluk

Zelené fasády ztlumí hluk z ulice od 2,5 dB do 3 dB a zajistí, že se sníží vnitřní dozvuk mezi fasádami na každé straně ulice. [21]

3.3.1.5 Další výhody

Díky zeleným fasádám se vrací do měst biodiverzita, která v řádech let vymizela díky vysoké zastavěnosti a úbytku zeleně. Dále má fasádní systém pozitivní vliv na člověka, na jeho zdraví, pohodu a produktivitu.

3.3.2 Nevýhody

3.3.2.1 Cena

Jedna z hlavních nevýhod je celková cena na pořízení zelené fasády. Vzhledem ke krátké časové době realizací a menšímu zájmu je cena velmi vysoká. Nebudeme – li porovnávat dnešní dobu, při které se náklady na elektřinu a vytápění rapidně navýšili, tak návratnost zelených fasád je velmi dlouhá. [Zdroj: Markéta Procházka – Liko-s a.s.]

3.3.2.2 Údržba

Zelená fasáda je živý organismus a je nutné se o ni starat. Fasádu lze rozdělit do dvou skupin – malé fasády, o které jsme schopni se postarat sami nebo jde o velkou stavbu, kde nám údržbu bude dělat specializovaná firma. Pokud se o fasádu stará sám uživatel je to jako se starat o zahradu – zastříhování, dodávka potřebné vody a živin. Pokud je na údržbu objednaná specializovaná firma, tak časově uživatele to nebude nic stát, to se nedá říct o částce, kterou bude muset zaplatit, celková údržba může stát i několik desítek tisíc. [Zdroj: Markéta Procházka – Liko-s a.s.]

3.3.2.3 Životnost rostlin

Při návrhu fasády je nutné myslet na budoucí náklady v nichž by mělo být i přesazení rostlin po době jejich životnosti. Rostliny lze rozdělit do dvou skupin – rostliny jednoleté a trvalé. Jak již z názvu vyplývá jednoleté se po roce musí přesadit. Trvalé pak mají životnost kolem 10-15 let. Záleží ale na mnoha faktorech – dostatek světla, vody, živin a celková péče o rostliny. Do celkových nákladů pak ještě spadá 10-15 % úhyn rostlin během celkové životnosti. [Zdroj: Markéta Procházka – Liko-s a.s.]

3.3.2.4 Zelená fasáda nemusí být pořád zelená

Pokud si pořizujete zelenou fasádu s domněním, že bude neustále zelená, tak nejspíše vás zelená fasáda zklame. Pořád se tu bavíme o rostlinách, které budou zelené, tak jak si uživatel představuje pouze v létě. Výjimkou mohou být např. břečťany, které si nechávají svou zelenou barvu i v období zimy. [Zdroj: Markéta Procházka – Liko-s a.s.]

3.4 Významné stavby

3.4.1 Česká republika

3.4.1.1 LIKO-Vo

Průmyslová hala firmy Liko-s a.s., kde místo „plechové krabice“ architekt Zdeněk Fránek navrhl první živou halu na světě. Kromě zelené střechy, oplývá tato stavba nespočtem zelených vnějších ploch. Tento projekt má symbolizovat změnu a ochotu zlepšovat naše klima. [34]



Obr.25: Průmyslová hala LIKO-Vo [34]

3.4.1.2 AFI KARLIN Butterfly

Projekt AFI KARLIN Butterfly byl realizovaný v roce 2018 a projekt navrhlo architektonické studio CMC Architects. Administrativní budova na Praze 8 disponuje svou zelenou fasádou, kterou tvoří systém vertikálních zahrad. Celá stavba je inspirována přírodní scénérií a připomíná křídla motýla v letu. Prosklenou fasádu pak doplňuje více než 40 tisíc živých rostlin. [35]

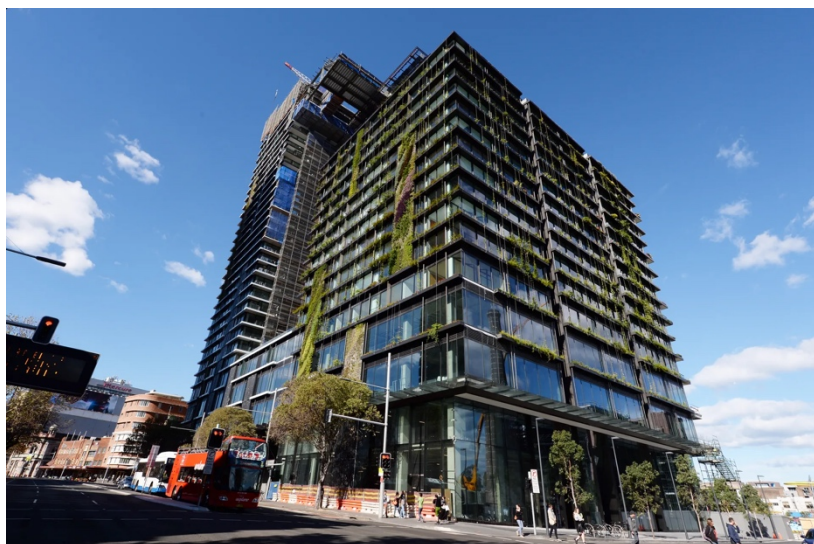


Obr.26: AFI KARLIN Butterfly [35]

3.4.2 Zahraniční projekty

3.4.2.1 Itálie, Milán

Bosco Verticale, také známý jako Vertical Forest, je soubor dvou obytných věží v Miláně, jejichž fasády společně zobrazují stromy, keře a rostliny. Budovy, které dokončil v roce 2014 Stefano Boeri Architetti, mají četné ekologické výhody, včetně snížení oxidu uhličitého. [36]



Obr.27: Bosco Verticale v Miláně [36]

3.4.2.2 Francie, Paříž

Vnější obývací stěna pařížského Musée du Quai Branly se stala ikonickou od svého představení v roce 2004, a to je pochopitelné: Její nápadná zelená barva pokrývá celou fasádu budovy a stojí v ostrém kontrastu v pařížské městské krajině. Původně jej vytvořil Patrick Blanc, ale v letech 2017 a 2018 musela fasáda projít rekonstrukcí. [37]



Obr.28: Musée du Quai Branly v Paříži [37]

3.4.2.3 Anglie, Londýn

Elegantní hotel, který se nachází naproti parku Royal Green Park v Mayfair, The Athenaeum nenabízí pouze pětihvězdičkové ubytování uvnitř svých luxusních zdí: rozlehlá zelená fasáda pokrývající 10 pater exteriéru hotelu. Živá zahrada, kterou vytvořil Patrick Blanc v roce 2009, je směsí původních i exotických rostlinných druhů a přispívá k biodiverzitě města. Živá stěna v The Athenaeum je zářivě zelená a divoká v londýnské městské krajině. [37]



Obr.29: The Athenaeum v Londýně [37]

3.4.2.4 Los Angeles, Kalifornie

Jedna z největších živých stěn v celých Spojených státech, fasáda Gardenhouse v Beverly Hills byla navržena tak, aby z dálky vypadala jako zelený kopec podpírající malou vesnici. Gardenhouse, navržený architektonickou firmou MAD a dokončený v srpnu 2020, se skládá z přízemních komerčních jednotek zakončených 18 soukromými rezidencemi, které jako by vyrůstaly z obývací stěny. Projekt chce odrážet bujnou vegetaci Beverly Hills s jejími původními a suchu tolerantními sukulenty a vinnou révou, které vyžadují malé zavlažování a údržbu. Gardenhouse ale také dostal své jméno podle další zahrady v komplexu, oázy zeleně na centrálním nádvoří, kde se mohou shromažďovat obyvatelé. [37]



Obr.30: fasáda Gardenhouse v Beverly Hills [37]

3.4.2.5 Mexico

Tato zelená fasáda, která se nachází na Universidad del Claustro de Sor Juana, jedné z největších univerzit v Mexico City, je významným uměleckým dílem v historickém centru města. Pokud se podíváte pozorně všimnete si jízdniho kola a dětské tříkolky připevněných ke stěně navzdory gravitaci. Zelené stěny, jako je tato, mohou fungovat jako filtry proti hluku a také jako přírodní čističky vzduchu, čímž zvyšují kvalitu života pro všechny, kteří žijí poblíž. [37]



Obr.31: Universidad del Claustro de Sor Juana v Mexiku [37]

4 Technologie fasád

4.1 Technické řešení

V tomto technickém řešení si představíme základní vrstvy zelené, zavěšené a kontaktní fasády.

4.1.1 Zelené fasády

4.1.1.1 Modulové boxy [26]

1. Hliníkový rám

- Ukončení fasádních prvků

2. Hliníková závěsná lišta

- Pro snadné zavěšení fasádních košů

3. Fasádní box (klec) se zasazenou rostlinou

4. Kapilární textilie

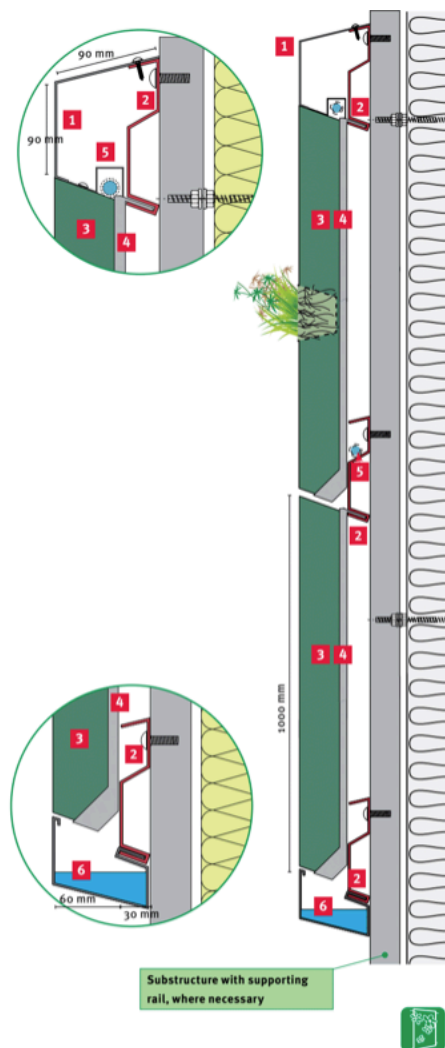
- Uchovává a rozděljuje vodu rovnoměrně ke všem rostlinám

5. Kapkové zavlažování

- Systém pro rozvod vody a živin, lze ovládat pomocí dálkového ovládání

6. Drenážní kanál

- Odvodnění pro přebytečný odvod vody



Obr.32: řez modulovými boxy [26]

4.1.1.2 PlantBox [38]

1. Truhlík s vegetací

2. Kapkový závlahový systém

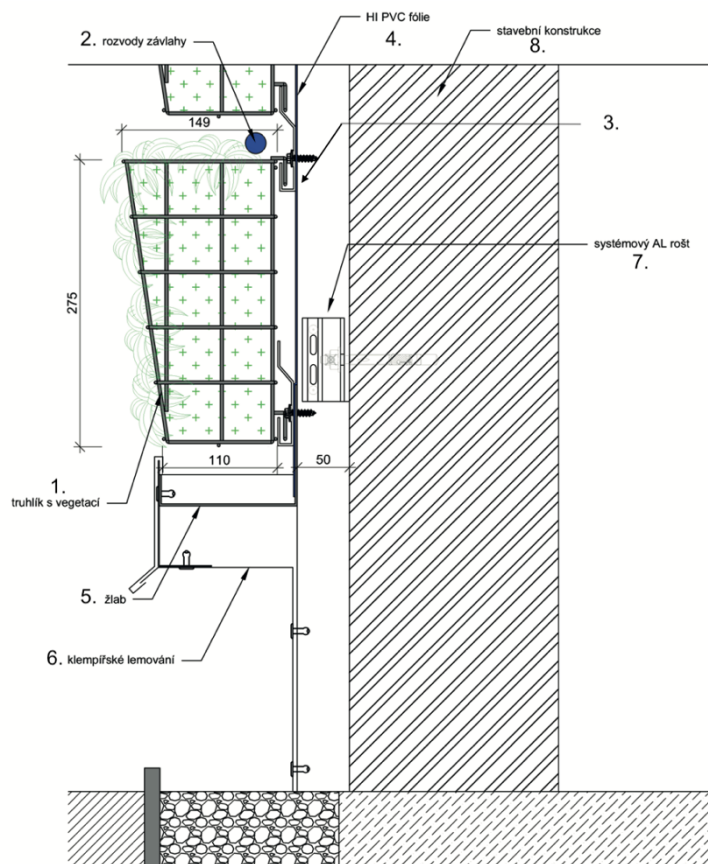
- Systém pro dodání požadované vody a živin, doporučuje se u velkých staveb včetně dálkového ovládání

3. Nosný závěsný plech

- Pro zavěšení truhlíků s vegetací

4. Hydroizolační PVC fólie

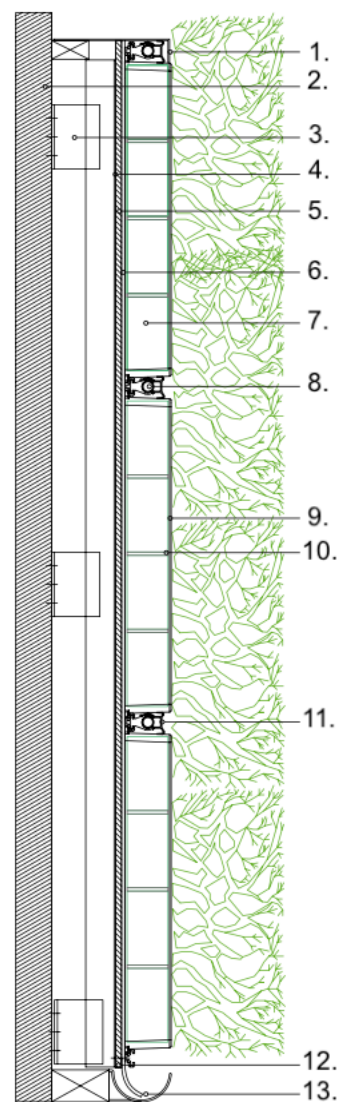
- Zabraňuje případné vodě a vlhkosti se dostat k nosné konstrukci budovy
5. Žlab
 - Sběr přebytečné vody
 6. Klempířské lemování
 7. Systémový hliníkový rošt
 - Kotveno pomocí kotevní závitové tyče
 - uchycení profilu pomocí držáku ve tvaru L
 8. Stavební konstrukce



Obr.33: řez zavěšeným PlanBoxem [38]

4.1.1.3 Biotile/Biotecture systém [32]

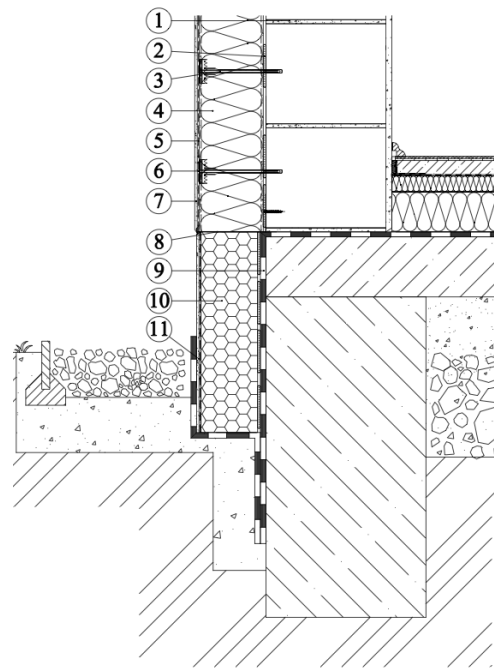
1. Zarovnání horního boxu
 - Zajišťuje svislost celé konstrukce boxů
2. Nosná konstrukce
3. Podpěry
 - Kotvy pro uchycení roznášecího roštu
4. Roznášecí rošt
5. Vodotěsná podkladová deska
 - Zabraňuje pronikání vlhkosti k nosné konstrukci
6. Drenážní vrstva 4,5 mm
 - Odvádí přebytečnou vodu a zajišťuje zvýšenou prostupnost vzduchu
7. Moduly BioTile
8. Rozvod závlahy 16 mm
9. Hydrofilní minerální vlna
10. Zpomalovač odtoku
 - Zabraňuje rychlému protékání vody
11. Výplňový pásek
12. Odvodnění
 - Zachycuje přebytečnou vodu a odvádí ji do odtokového žlabu
13. Odtokový žlábek



Obr.33: řez Biotile [32]

4.1.2 Kontaktní zateplovací systém (KZS) [39]

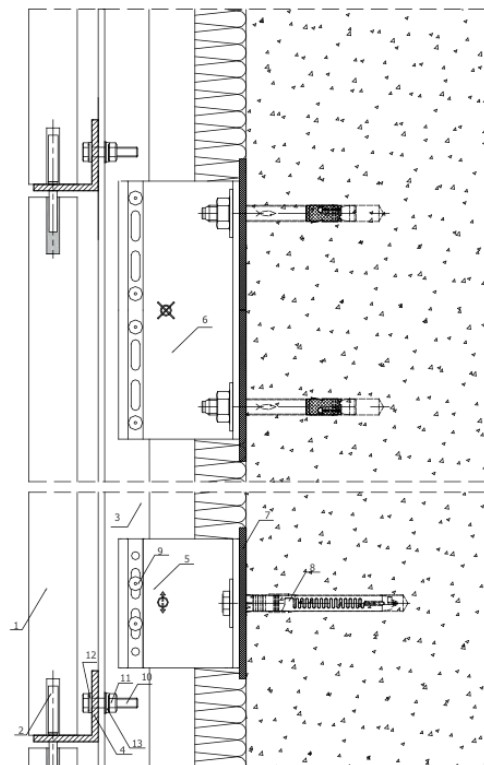
1. Nosná konstrukce
2. Lepení izolantu
3. Kotevní hmoždinky
4. Tepelná izolace
5. Stěrková hmota
6. Sklotextilní výztuž
7. Finální vrstva
8. Zakládací lišta



Obr.34: řez KZS [32]

4.1.3 Zavěšená fasáda [40]

1. Obkladový kámen (lze použít jakýkoliv finální povrch dle dodavatele)
2. Čep z nerezové oceli
3. Hlavní nosný T profil
4. Horizontální L profil
5. Upevňovací držák – 75x80 mm
6. Upevňovací držák – 75x160 mm
7. Termoizolační podložka
8. Kotva/hmoždinka
9. Nýt
10. Šroub
11. Matice
12. Podložka
13. Pérová podložka
14. Tepelná izolace



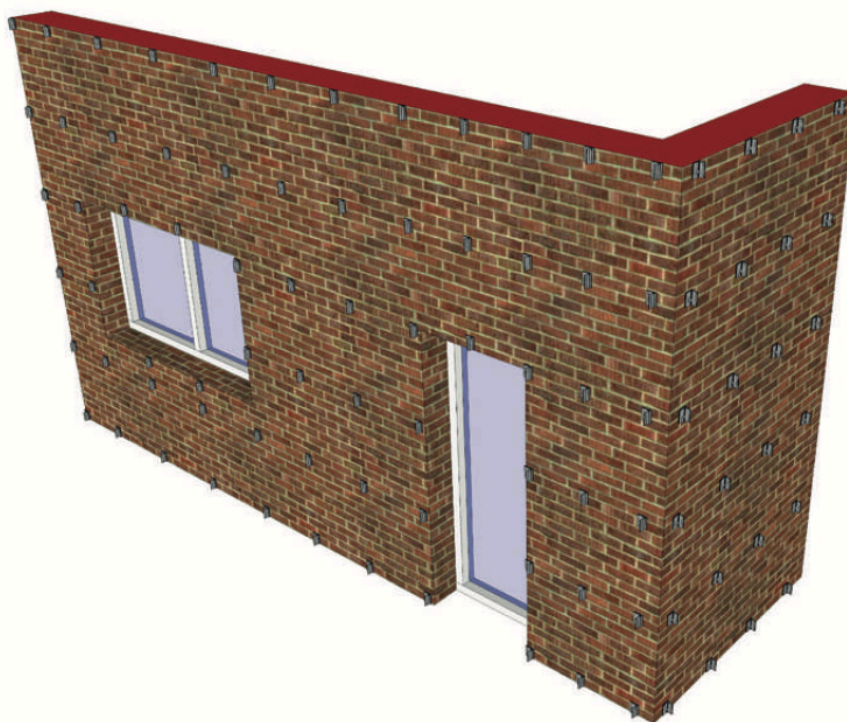
Obr.35: řez zavěšenou fasádou s kamenným obkladem [40]

4.2 Technologické postupy

4.2.1 Zelená fasáda

Kotvení hliníkových profilů budeme aplikovat na již zatepleném objektu, popis lepení tepelného izolantu v kapitole 3.5.2 Kontaktní zateplovací systém.

Očistíme povrch tepelného izolantu od nečistot a pokud je to nutné povrch zbrousíme. Pomocí nivelačního přístroje a olovnice navrheme rozmístění kotev a v místě protnutí vodorovné a svislé čáry vyvrtáme otvor pro kotevní systém dle návrhu projektanta. Před osazením otvor vyčistíme od zbytku vrtaného materiálu a pomocí kladiva osadíme závitovou tyč. Přes závit našroubujeme L držák, umístíme výztužnou podložku a připevníme držák. Upevnění prvků by pak mělo být provedeno pomocí momentového klíče, síla utažení je uvedena výrobcem. [41]



Obr.36: osazení kotev [38]

Svislé nosné profily se namontují na obou koncích fasády a jsou vyrovnány pomocí vodováhy nebo olovnice. Pro snadnou montáž vnitřních nosných profilů osadím na vnější profily provázek, který uvážu na upevněný šroub. Vnitřní profily poté vyrovnávám dle nataženého provázku. Je nutné, aby vzdálenost mezi jednotlivými profily byla vždycky stejná. Po vodorovném a svislém vyrovnání profilů vyvrtají otvory pro nýty, které nám zajišťují trvalé

upevnění držáku k nosnému profilu. Spojení nad sebou navazujících profilů zajišťuje spojovacím profilem. [41]

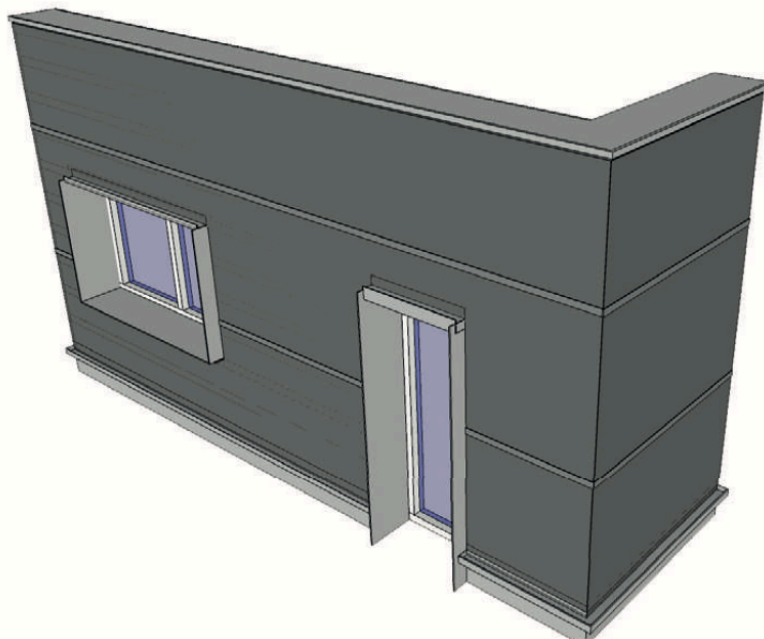


Obr.37: připevnění nosných profilů [38]

Po instalaci nosných profilů je nutné olemování stavebních otvorů plechy připevněním na hliníkové profily, vzhledem k možnosti zatékání a ochraně konstrukce budovy. Po realizaci žlabu nad horní hranou soklu, olemujeme žlab včetně celé výšky soklu. Dále je nutné přikotvit k nosným profilům hydroizolační fólii pomocí vrtů a zároveň spolu s tím navrtat nosné závěsné plechy, pro zavěšení fasádních košů. Po navrtání závěsných plechů zkontrolujeme, aby byly všechny v rovině pro správné zajištění stejného množství vody u všech rostlin. [38]



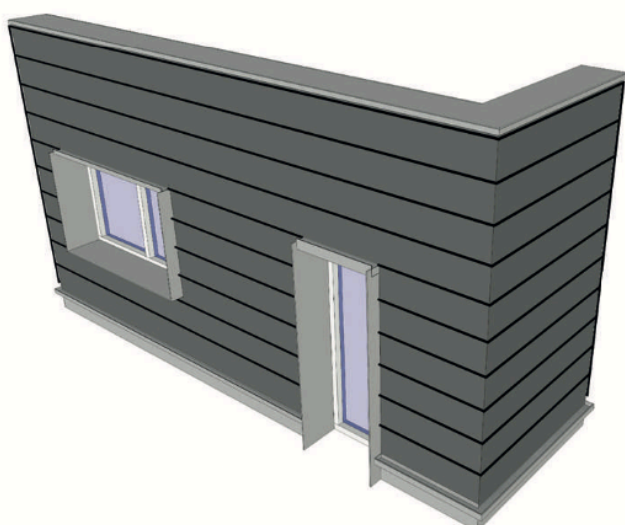
Obr.38: olemování stavebních otvorů [38]



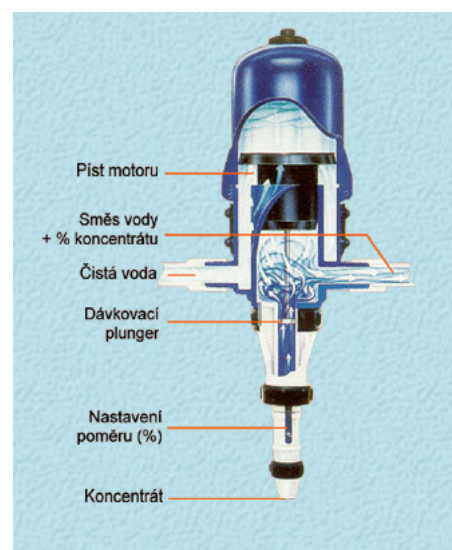
Obr.39: přikotvení hydroizolační fólie [38]

Osazení kapkového zavlažovacího systému instalujeme vodorovně po celé délce požadované plochy, tak aby nad každým truhlíkem vedla hadice závlahy. Rozvody budou nataženy do technické místnosti budovy, kde

specializovaná firma nastaví dle požadavku rostlin příjem vody. Toto nastavení funguje automaticky bez nutnosti elektrického napětí. [38] Dále se na potrubní rozvod nainstaluje dávkovací čerpadlo DOSATRON pomocí spojek, který dle nastavení dávkuje požadované množství hnojiva. Po instalaci závlahového systému je nutné odzkoušení jeho správné funkčnosti ještě před instalací fasádních košů. [zdroj: Markéta Procházka – Liko-s a.s.] [42]



Obr.40: realizace závlahového systému [38]



Obr.41: Dosatron [42]

Po instalaci závlahy přichází poslední fáze, a to je zavěšení předpěstovaných fasádních košů. Doprava košů na stavbu je ovlivněná počtem dnů výstavby. Pokud rostliny budou na stavbě více než dva dny je zapotřebí dodat jim dostatek vody a živin, dle druhu rostliny. To platí i pro jejich uskladnění. Instalace probíhá vždy od spodní řady, k zavěšení truhlíků máme na horní a spodní straně L profil, který zahákneme na předem přichycené závěsné plechy. Takhle pokračujeme po celé délce, abychom se ujistili, že je máme všechny ve stejné výšce. Pokud máme spodní truhlíky připevněné, pokračujeme směrem vzhůru, kde se truhlíky zavěšují na stejném principu jako první řada. [zdroj: Markéta Procházka – Liko-s a.s.] [38]



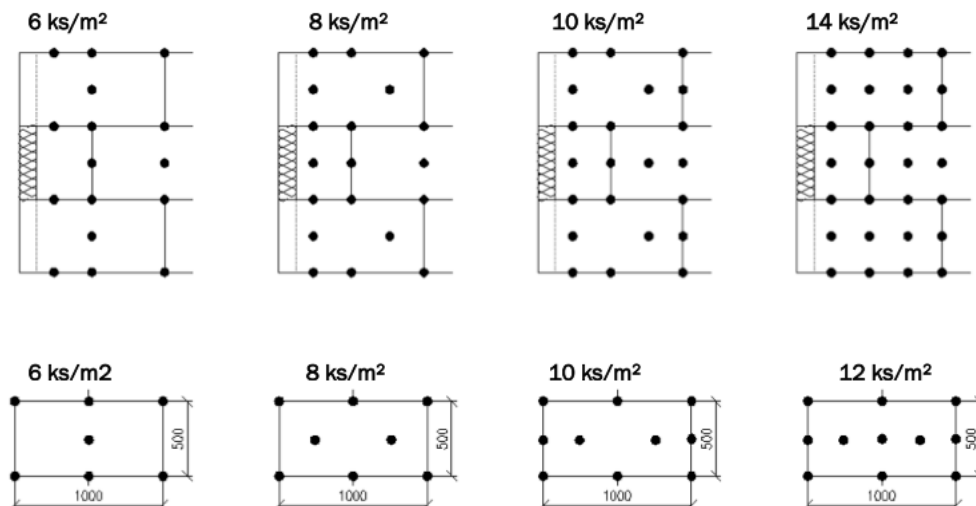
Obr.42: *Finální část – zavěšení truhlíků/boxů [38]*

Nářadí použité při práci: [38]

- Příklepová vrtačka
- Aku vrtačka
- Nivelační přístroj + olovnice + vodováha
- Provázek
- Kladivo
- Momentový klíč

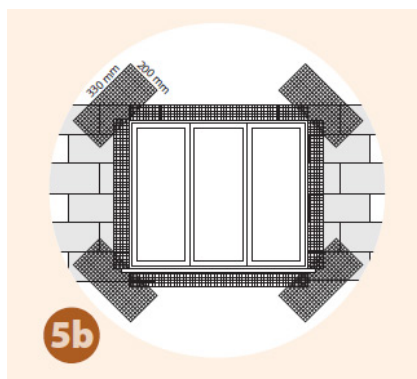
4.2.2 Kontaktní zateplovací systém

Realizace kontaktního zateplovacího systému začíná osazením soklového profilu ve vodorovné poloze a připevníme pomocí soklových hmoždinek cca. 3 ks/bm. Lepení izolačních desek probíhá metodou obvodového rámečku s třemi vnitřními terči, tak aby při nalepení byla plocha ze 40 % pokryta lepidlem. U dalších izolačních desek postupujeme lepením na vazbu těsně na sraz. Kotvení hmoždinek musí být provedeno až do nosné konstrukce obvodového pláště. Hmoždinky umísťujeme tam, kde je deska připevněna k podkladu lepidlem. Hmoždinky lze realizovat, pokud je vnější teplota vyšší než 0 °C. [43]

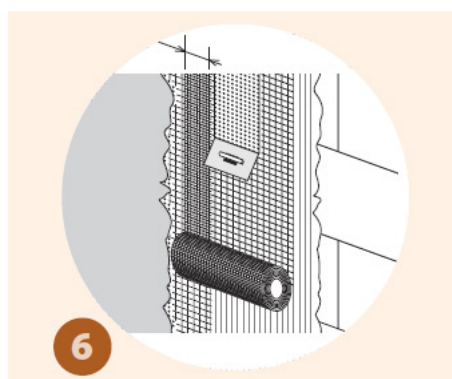


Obr.43: kotvení hmoždinek [42]

Po kotvení hmoždinek osadíme špalety a rohovníky, posléze brousíme povrch tepelné desky pro odstranění nerovností a zajistíme rovinnost pro povrchové úpravy. Finální vrstva fasádního systému je složená ze základní vrstvy, kterou tvoří stěrková hmota a sklotextilní výztuž. Tuto vrstvu realizujeme nejpozději do 14 dnů, kvůli negativním účinkům prostředí na izolační desky. Základní vrstva se nanáší v tloušťce 2-6 mm nerezovým hladítkem metodou „mokrý do mokrého“. Do stěrkové hmoty vložíme ručně sklotextilní výztuž pomocí celoplošného uložení. Při realizaci je nutný přesah pásů, a to nejméně o 100 mm. Rovinnost základní vrstvy systému před prováděním finální vrstvy je 1,5 mm/2 m. [42]



Obr.44: princip uložení sklotextilní výztuže u okenních otvorů [45]



Obr.45: uložení sklotextilní výztuže do stěrkové hmoty [44]

Finální úprava fasádního systému se realizuje po vyvrání základní vrstvy. Tato doba se liší podle zvolení materiálu, běžně je to 7 dní, ale lze zvolit takový materiál, který nám dobu zkrátí na 2-3 dny. Před nanesením základního

nátěru, podklad přebrousíme od malých nerovností a nanese pomocí štětky nebo válečku pomaluběžným mísidlem. Poté je nutná technologická přestávka po dobu 24 h. Finální omítku promísím s pomaluběžným mísidlem a poté nanáším nerezovým hladítkem v tloušťce zrna. Před zatvrdnutím se povrch přímočarým nebo krouživým pohybem hladí. Plochu se snažíme natáhnout v jednom záběru a přerušujeme na nároží a jiných svislých a vodorovných hranách. Po nanesení omítky necháme zaschnout cca. 4-6 dní. [42]

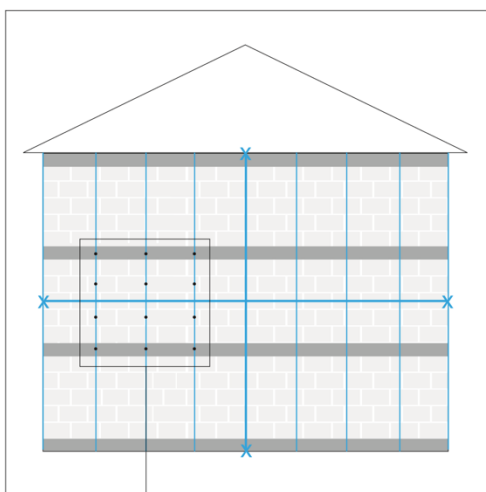
Nářadí použité při práci: [42]

- Šrouby + hmoždinky
- Šňůrka (obarvená hlinkou)
- Metr + olovnice + vodováha
- Příklepová vrtačka
- Kladivo
- Lžíce
- Hoblík na polystyren se skelným papírem
- Nerezové hladítko se zuby 10x10 mm
- Skelný papír
- Nerezové hladítko

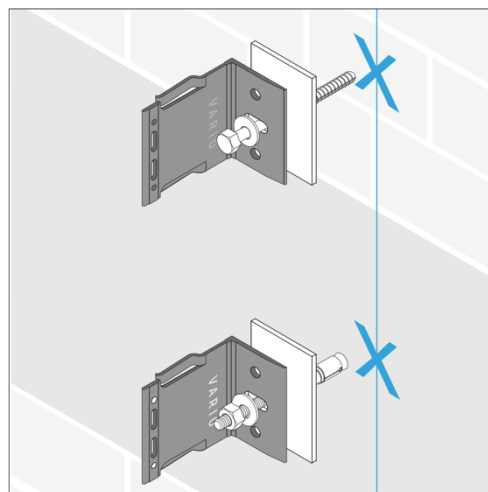
4.2.3 Zavěšená fasáda

Technologický postup zavěšené fasády je popisován od kotvení nosného rastru a počítáme s tím, že nosná konstrukce budovy je zateplená dle postupu z kapitoly 4.2.2.1.

Před montáží je nutné očistit povrch nosné konstrukce, posléze si vytyčíme umístění kotev pomocí nivelačního přístroje, provázku a rotačním laserem. V místě průtnutí vodorovné a svislé osy nám vznikne bod, kam umístíme kotvy. [41]

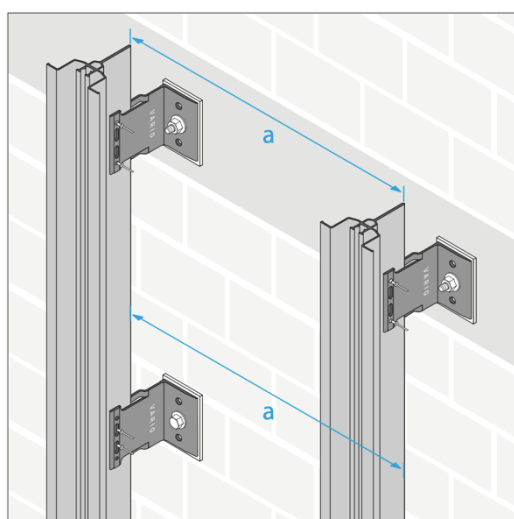


Obr.46: rozměření plochy pro kotvení [41]

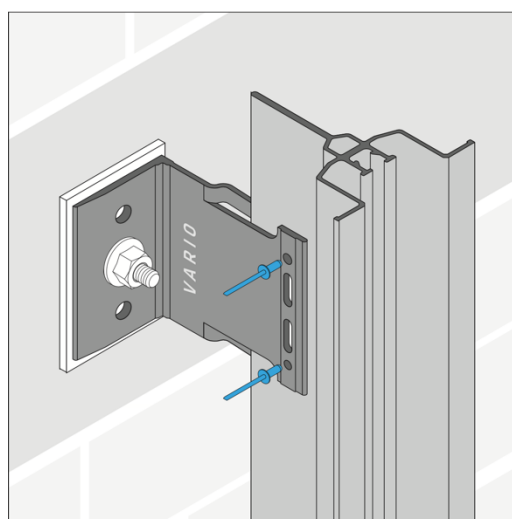


Obr.47: kotvení [41]

Vrtání kotev provádíme přiklepovou vrtačkou s vrtákem o průměru dle závitových tyčí. Před osazením otvor vyčistíme od zbytku vrtaného materiálu a pomocí kladiva osadíme závitovou tyč. Přes závit našroubujeme L držák, umístíme výztužnou podložku a připevníme držák. Upevnění prvků by pak mělo být provedeno pomocí momentového klíče, síla utažení je uvedena výrobcem. Svislé nosné profily se namontují na obou koncích fasády a jsou vyrovnány pomocí vodováhy nebo olovnice. Pro snadnou montáž vnitřních nosných profilů osadím na vnější profily provázek, který uvážu na upevněný šroub. Vnitřní profily poté vyrovnávám dle nataženého provázku. Je nutné, aby vzdálenost mezi jednotlivými profily byla vždycky stejná. Po vodorovném a svislém vyrovnání profilů vyvrtají otvory pro nýty, které nám zajišťují trvalé upevnění držáku k nosnému profilu. Spojení nad sebou navazujících profilů zajišťuje spojovacím profilem. Pro námi zvolený obklad je nutné uchycení vodorovného profilu, postup je velmi podobný jako u svislého profilu. Vodorovný profil ke svislému připevňuji pomocí nýtů. [41]



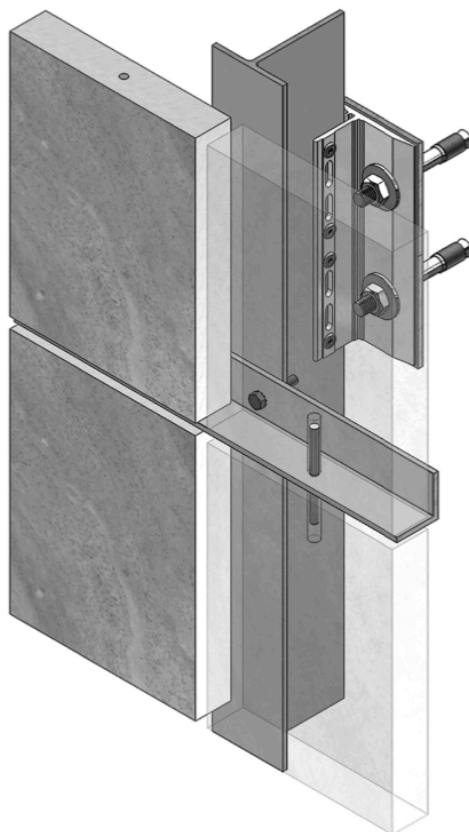
Obr.48: rozměření nosných profilů [41]



Obr.49: upevnění nosného profilu k L držáku [41]

Po skončení montáže nosné konstrukce přichází poslední fáze, a to je uchycení finálního povrchu. Pro tuto bakalářskou práci jsme si vybrali obkladovou desku z přírodního kamene. Osazovat kámen začínáme vždy odspoda. Obkladový kámen má z obou vrchních stran otvor, do kterého při osazení kamene na nosný profil, vložíme čep z nerezové oceli. Na vyčnívající část čepu z nosného profilu osadíme další kamenný obklad. Tento postup

budeme opakovat, dokud celá zvolená plocha nebude osazena kamenným obkladem. [40]



Obr.50: instalace finálního povrchu [40]

Nářadí použité při práci:

- Příklepová vrtačka
- Aku vrtačka
- Nivelační přístroj + olovnice + vodováha
- Provázek
- Kladivo
- Momentový klíč

5 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je přiblížit čtenáři problematiku zelených fasád z hlediska realizace, provozu a návrhu, dále se podívat jaké má zelená fasáda výhody a nevýhody, která by mohla ovlivnit výběr této fasády. Také si říct základní informace o klasickým fasádních systémech.

Praktická část řeší rozdílnost zelené fasády a dvou zvolených fasád – zavěšené a kontaktní. Fasády budeme aplikovat na projektu bytového domu se čtyřmi nadzemními patry. Tyto fasády budeme hodnotit pěti kritérii a posuzovat dle nejlepšího výsledku. Posouzení pak bude probíhat multikriteriální metodou. Z metod jsme si vybrali metodu vah neboli Saatyho metodu. Závěr praktické části by měl podle hodnocení určit nejvhodnější fasádní systém.

6 Popis projektu

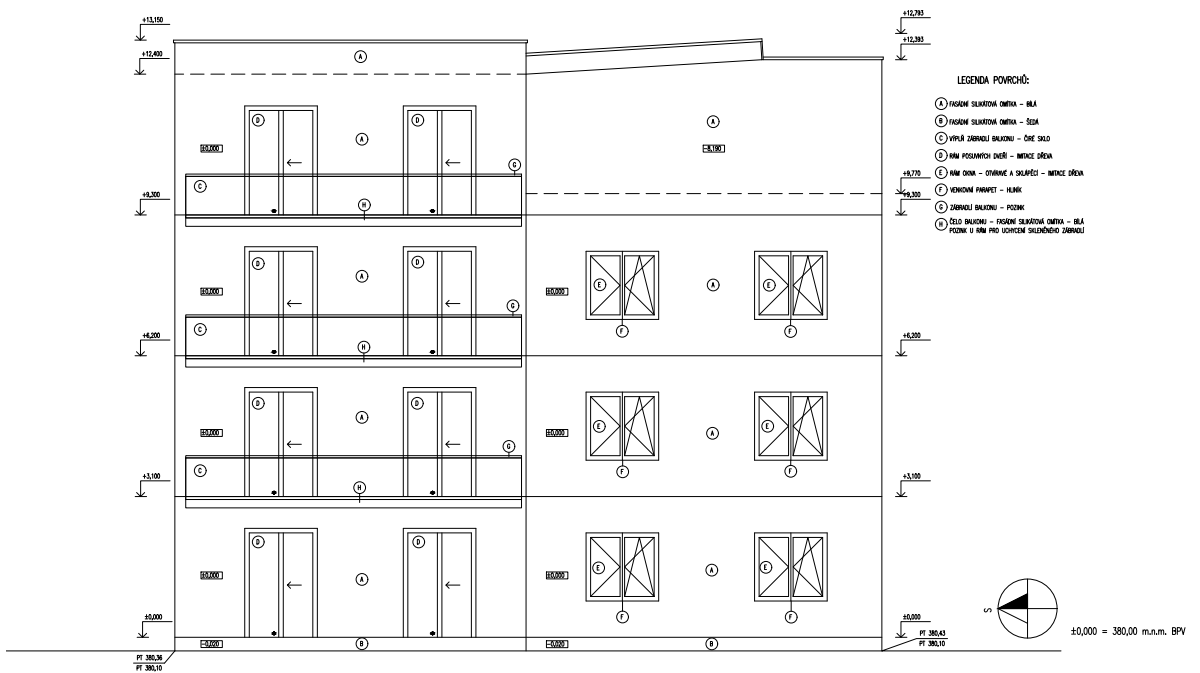
Navrhovaný vzorový bytový dům se nachází v Libereckém kraji. Jedná se o čtyřpatrový bytový dům, částečně podsklepený s devíti bytovými jednotkami o velikostech 1+kk až 5+kk. Ve třetím patře se nachází mezonetový byt, který je se čtvrtým patrem propojen ocelovým vřetenovým schodištěm (schodiště nebylo v rámci projektu navrhováno). Zvláštností objektu je jeho zastřešení, které je z jedné části částečně zastřešené šikmou střechou a z druhé části střechou plochou. Ve čtvrtém patře patří k mezonetovým bytům také prostorná terasa. Podzemní patro slouží jen pro uskladnění věcí a jako technické zázemí. Každý byt má svojí kóji a také se tam nachází kočárkárna.

6.1 Rozměry objektu

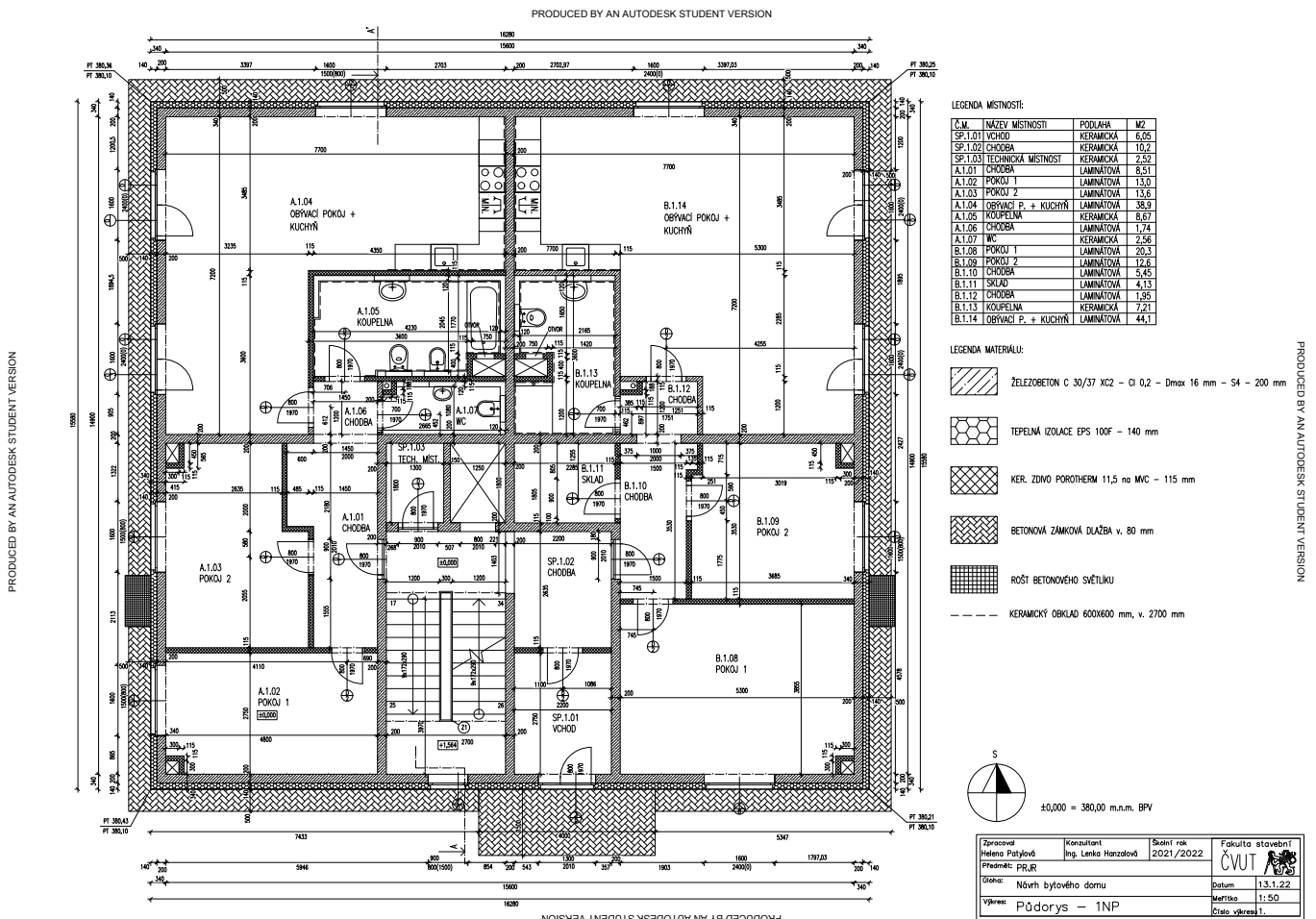
Celá výška objektu činí +13,150 m. Konstrukční výška nadzemních pater je 3,100 m a pozemního patra činí 2,700 m. Rozměry konstrukčního systému budovy je 14,9 x 15,6 m (šířka x délka).

6.2 Materiálové řešení

Nosná část objektu je tvořena z železobetonového monolitu, svislé nosné i nenosné zdivo je vyzdívané keramickými tvárnicemi na MVC. Alternativně nenosné svislé konstrukce tvoří sádrokartonové příčky. Plochá střecha spolu s šikmou střechou nad terasou mají stejnou nepochozí skladbu, terasa se skládá z betonové dlažby na modifikačních podložkách. Fasádní systém zde tvoří kontaktní zateplovací systém.



Obr.51: technický pohled [zdroj: autor]



Obr.52: půdorys objektu [zdroj: autor]

7 Multikriteriální analýza fasád

V této kapitole popíšeme metodu multikriteriální analýzy, pro kterou budeme využívat pět hodnotících kritérií. Výsledkem analýzy bude ohodnotit každé kritérium na námi zvolený fasádní systém a určit jejich pořadí. V rámci analýzy využijeme projekt vzorového bytového domu s čtyřmi nadzemními patry a jedním podzemním. K jednotlivým kritériím bude přiřazena různá důležitost, která může ovlivnit konečný výsledek.

7.1 Saatyho metoda

Metoda párového porovnání, kdy řešitel kvantifikuje preference kritéria ve srovnání s ostatními kritérii v souboru. V této metodě neurčujeme pouze přednost jednotlivých kritérií, ale také stanovujeme vzájemnou důležitost souhrnu kritérií, přičemž nám vzniká reálnější základ pro rozhodování. Důležitost kritérií je stanoven prostřednictvím bodové stupnice, které zapíšeme do matice důležitostí kritérií. [46]

Tab.2: bodová stupnice s deskriptory [47]

POČET BODŮ	DESKRIPTOR
1	Kritéria jsou stejně významná
3	Kritérium v řádku je poněkud významnější než ve sloupci
5	Kritérium v řádku je dosti významnější než ve sloupci
7	Kritérium v řádku je prokazatelně významnější než ve sloupci
9	Kritérium v řádku je absolutně významnější než ve sloupci

Tab.3: bodová stupnice s deskriptory [47]

POČET BODŮ	DESKRIPTOR
1	Kritéria jsou stejně významná
1/3	Kritérium v řádku je poněkud významnější než v řádku
1/5	Kritérium v řádku je dosti významnější než v řádku
1/7	Kritérium v řádku je prokazatelně významnější než v řádku
1/9	Kritérium v řádku je absolutně významnější než v řádku

7.1.1 Postup

Pokud řešitel vyhodnotí kritérium v řádku jako významnější než ve sloupci, do matice dosadí body (3,5,7,9). Pokud bude významnější kritérium ve sloupci dosazujeme převrácené body (1/3, 1/5, 1/7, 1/9). V situaci, kdy vyhodnotíme, že kritéria jsou stejně důležitá, vložíme do matice číslo jedna. Váhy jednotlivých kritérií v této bakalářské práci získáme metodou geometrického průměru, kdy pod n-tou odmocninou vynásobíme n počet prvků

v řádku. Konečné určení vah se ustanoví znormováním geometrického průměru vydělením součtem všech průměrů. [47]

7.2 Kritéria

7.2.1 Pořizovací cena

Mezi hlavními kritérii pro výběr systému fasády je pořizovací cena. Ta nám velmi ovlivňuje rozhodování spolu s dalšími faktory. Pokud – li se podíváme na náš případ posuzujeme zelenou fasádu, kontaktní zateplovací systém a fasádu zavěšenou. Každý tento systém fasád má několik specifických parametrů, které více či méně ovlivňuje celkovou cenu. V tabulce hodnocení fasád si musíme určit pořadí, ve kterém nám celková cena bude vstupovat. V našem případě chceme, aby cena byla co nejmenší, tudíž na prvním místě bude fasádní systém s nejmenší celkovou cenou. Žádná z uvedených průměrných cen v sobě nemá započtenou inflaci a rapidní zvyšování cen materiálu.

Jak již víte z kap. 3.5.1 Zelené fasády, pro potřebu realizace zelené fasády je zapotřebí její nosná konstrukce, koše se sukulentem, závlahový systém a plošiny, kterými manipulují na stavbě. Průměrná cena materiálu a montáže je 18 000 Kč/m² z vlastního šetření od p. Markéty Procházka z firmy Liko-s a.s.

Průměrná celková cena kontaktního fasádního zateplení činí 1 800 Kč/m² + cena za lešení 120 Kč/m². Tato cena zjištěna vlastním šetřením z cen nabídek na projektech firmy Metrostav a.s.

Pro závěsnou fasádu je typický její finální vzhled, který nám ovlivňuje průměrnou cenu. Pro tento projekt byl vybrán povrch kamenné zavěšené fasády, který v průměru stojí 3 500 Kč/m² + cena za lešení 130 Kč/m².

Po seznámení s průměrnými cenami fasádních systémů, můžeme určit jejich pořadí, tedy že na prvním místě s nejnižší cenou je kontaktní zateplovací systém, druhé místo patří zavěšené fasádě a na posledním místě bude fasáda zelená.

7.2.2 Náklady na údržbu

Náklady na údržbu je jedno z dalších kritérií, které investora mohou zajímat při výběru fasády.

Náklady na údržbu zelené fasády jsou vysoké, proto je nutné s tím už při kalkulaci nabídky počítat. Jelikož se bavíme o živém organismu je nutné se

o něho starat a tím prodlužovat jeho životnost. Proto specializované firmy jako je např. firma Liko-s a.s. nabízejí vizuální servis každý měsíc a třikrát ročně velký servis, který zahrnuje začištění rostlin, výměnu uhynulé rostliny, kontrolu závlahy, doplnění hnojiva a pokud je to nutné udělají postřik proti škůdcům. Tento servis vyjde zhruba na 50 000 Kč/měsíc, kde velký podíl na ceně má velikost objektu a s tím vázaná vypůjčená technika v podobě plošin.

Kontaktnímu zateplovacímu systému a zavěšené fasádě oproti zelené fasádě stačí jednou za pět let omýt fasádu tlakovou vodou. Průměrná cena očištění fasád činí 30-60 Kč/m². [48] Vezmeme – li náš projekt, který má 802 m² a vynásobíme ji vyšší částkou, tedy 60 Kč/m², vyjde nám 48 120 Kč za pět let.

Celková částka zelených fasád za pět let činí 3 000 000 Kč. Pokud tuto částku porovnáme s kontaktním zateplovacím systémem a zavěšenou fasádou je částka zelené fasády 62krát vyšší. Z těchto informací do Saatyho metody dosadíme na první místa fasádu kontaktní a zavěšenou, na druhé zelenou fasádu.

7.2.3 Životnost

Určení životnosti konstrukcí záleží na mnoho faktorech, jakou jsou kvalita materiálu, vhodnost použití, správný návrh a montáž. V rámci této bakalářské práce budeme předpokládat, že všechny faktory jsou splněné na takové úrovni, aby konstrukce vydržela dobu trvanlivosti, kterou předkládají výrobci. V této bakalářské práci bylo zjištěno, že průměrná životnost porovnávaných fasádních systémů je 20-30 let, tudíž pro náš příklad budeme počítat s nižší životností a vyčíslíme si, co v době životnosti bude daná fasáda potřebovat.

Naše navržená zelená fasáda má zvolený sukulent „trvalky“, tzn. že rostlina má dlouhou životnost. Od firmy Liko-s a.s. víme, že jejich životnost je 10-15 let. Pokud životnost nosné konstrukce systému je 20 let, budeme počítat s tím, že je jednou budeme muset vyměnit. Bohužel je tato výměna prozatím nevyčíslitelná, neboť specializované firmy realizující zelené fasády nerealizují projekty tak dlouho a nemají dostatečný vzorek staveb, aby mohli poskytnout tuto informaci. Víme však, že by muselo dojít k vyčištění košů se sukulenty, znovu vypěstování rostlin a jejich zasazení. K těmto nákladům by

se měla připočíst cena za vypůjčení plošin podle toho o jak vysokou budovu by se jednalo.

7.2.3.1 Individuální kalkulace přesazení truhlíku

– Hmoty (materiál):

- Rostliny – 6 ks/truhlík
- Cena za ks: 60 Kč
- Celková cena: 360 Kč

– Mzdy:

2 x montér

- 250 Kč/h
- Cena za přesazení jednoho truhlíku: 46,65 Kč
- OPN: 34 % z 46,65 činí 15,86 Kč

– Stroj

2 x plošiny

- Vypůjčení: 1 600 Kč/plošina
- Cena celkem za vypůjčení dvou plošin: 24 Kč/truhlík

Cena za jeden truhlík: 543,10 Kč

Cena celkem za 4 860 ks: 2 595 726 Kč

Individuální kalkulace přesazení rostlin vychází z dat od firmy Liko-s a z vlastního šetření. I přes to je nutné dbát na to, že tato cena je teoretická a do celkové ceny může zasáhnout další vlivy, které by celkovou cenu snížili nebo zvýšili. Tato cena má poukázat na teoretickou výši ceny přesazení rostlin po jejich životnosti pro konečné vyhodnocení.

U kontaktního zateplovacího systému a zavěšené fasády počítám s omytím tlakovou vodou viz. kapitola 7.2.3 Životnost, kde jsme si psali průměrnou cenu 30-60 Kč/m² vč. lešení nebo plošin. Počítáme-li s životností 20 let znamená to, že toto omytí se bude opakovat čtyřikrát. Celková cena očištění fasád za 20 let činí 192 480 Kč.

Již z cen je jasné, že zelenou fasádu umístíme na druhé místo v Saatyho metodě a první místo spolu budou sdílet zavěšená fasáda a kontaktní zateplovací systém.

7.2.4 Vzhled

Vzhled je velice subjektivní kritérium, proto v rámci této bakalářské práce byl použit dotazník, ve kterém bylo předloženo pět náhodných fotek zelené fasády, kontaktního zateplovacího systému a zavěšené fasády, mezi kterými 54 hodnotících vybíralo podle vzhledu, co se jim více líbí. Níže tabulka s výsledky hlasování v %. Více v příloze č.2.

Tab.4: procentuální průměr hlasování [zdroj: autor]

	1	2	3	4	5	Průměr
Zelená fasáda	30	39	28	26	39	32,22
KZS	63	41	59	57	7,4	45,56
Zavěšená fasáda	7,4	20	13	17	54	22,22

Z tabulky vyplývá, že nejvíce se lidem líbí kontaktní zateplovací systém, tudíž bude na prvním místě, na druhém místě bude zelená fasáda a zavěšená fasáda bude na třetím místě.

7.2.5 Doba realizace

Pro náš projekt bytového domu počítáme s 802 m² fasády. Pro každý zvolený fasádní systém máme informace o době realizace z praxe. Pro lepší posouzení doby realizace byl vytvořen harmonogram (příloha č.1). Předpokládáme, že realizovat fasády budou čtyři čtyři po dvou montérech. Do doby realizace nejsou zahrnuty víkendy.

Realizace zelené fasády probíhá v období od května do října. Je nutné si ale říct, že ještě před skutečnou realizací je nutné vypěstovat rostliny, které budeme na fasádě aplikovat. Zapěstování rostlin ve skleníku probíhá přibližně tři měsíce, ale do celkového vyhodnocení budeme používat jen dobu, kdy je realizována nosná část fasádního systému. Z harmonogramu (příloha č.1) vyplývá, že celková realizace zelených fasád bude od 01.06.2022 do 19.08.2022 včetně předání díla.

Montáž kontaktního zateplovacího systému je ovlivněné mokřými procesy, u kterých musíme myslet na dobu zrání a technologických přestávek. Toto všechno je zahrnuto v harmonogramu (příloha č.1), kde začátek kontaktního systému je 01.06.2022 a konec realizace včetně předání díla je 15.08.2022.

Zavěšená fasáda bude probíhat od 01.06.2022 a ukončení realizace včetně předání díla 09.08.2022.

Pro lepší přehled je vytvořena tabulka, ve které je jasně vidět, že na první místo v Saatyho metodě bude dosazena zavěšená fasáda, na druhém kontaktní systém a na posledním zelená fasáda.

Tab.5: doba realizace [zdroj: autor]

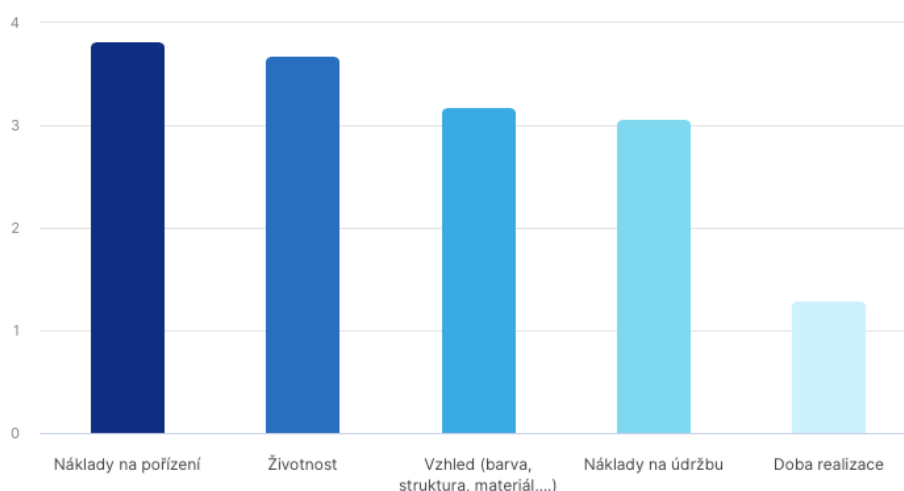
Druh fasády	Zahájení	Dokončení
Zelená fasáda	01.06.2022	19.08.2022
Kontaktní zateplovací s.	01.06.2022	15.08.2022
Zavěšená fasáda	01.06.2022	09.08.2022

7.3 Vyhodnocení

Vyhodnocení kritérií budeme vyhodnocovat dle postupu Saatyho metody. Pro určení stupnice kritérií bylo provedeno hodnocení dotazníku, kde hodnotící byli tázáni na seřazení kritérií dle vlastních preferencí při výběru fasády. Na dotazník odpovědělo 54 respondentů, kteří hlasovali dle Obr.53: graf vyhodnocení kritérií respondenty. Podle tohoto průzkumu je do Tab.6: Saatyho matice dosazené pořadí podle bodové stupnice s deskriptory, které jsou specifikované v Tab.2 a 3: bodová stupnice s deskriptory.

Obr.53: graf vyhodnocení kritérií respondenty [zdroj: survio.cz]

1. Seřad'te dané kritéria dle preferencí, které byste měli při pořizování fasády:



Tab.6: Saatyho matice [zdroj: autor]

Kritéria	Náklady na pořízení	Náklady na údržbu	Životnost	Vzhled	Doba realizace	Geometrický průměr	Výsledná váha
Náklady na pořízení	1	7	3	5	9	3,93628	0,51004
Náklady na údržbu	1/7	1	1/5	1/3	3	0,49112	0,06364
Životnost	1/3	5	1	3	7	2,03617	0,26383
Vzhled	1/5	3	1/3	1	5	1,00000	0,12957
Doba realizace	1/9	1/3	1/7	1/5	1	0,25405	0,03292
SUMA						7,71762	1,00000

Z tabulky Saatyho matice jsme dostali výsledné váhy jednotlivých kritérií, díky kterým můžeme sestavit výslednou tabulku s pořadím jednotlivých fasádních systému dle zjištěných informací v kapitole 7.2 Kritéria. Dále každé pořadí u daného kritéria v tabulce vynásobíme spočtenou váhou. Výsledek této tabulky je nalezení vhodné fasády dle nejnižšího čísla po vynásobení.

Tab.7: pořadí a vyhodnocení kritérií [zdroj: autor]

Kritéria	Náklady na pořízení	Náklady na údržbu	Životnost	Vzhled	Doba realizace	Σ (Váha*kritérium)
Zelená fasáda	3	2	2	2	3	2,54296
Konstrukční zateplovací systém	1	1	1	1	2	1,03292
Zavěšená fasáda	2	1	1	3	1	1,76918

Závěr

V této bakalářské práci jsme se seznámili s historií fasád a se základními druhy. Podívali jsme se na historii zelených fasád, kde jsme zjistili, že už naši předkové znali význam zeleně kolem bytové zástavby. Ale až v pozdějších letech jsme je začali aplikovat jako součást fasády. Typologie zelených staveb je dle různých architektů a stavitelů různá, nic méně je takovým nepsaným pravidlem je rozdělovat do dvou skupin – živé stěny a zelené fasády s popínavými rostlinami. Představili jsme si základní modulové prvky pro realizaci zelené fasády. Poukázali jsme na výhody a nevýhody zelených fasád z několika pohledů, které jsou pro výběr fasády zásadní. A poslední část této kapitoly zelených stěn ukončujeme nejznámějšími stavbami v České republice a v cizině. Další částí rešerše byla technologie fasád, kde jsme si popsali naši zelenou fasádu a dvě další fasády – zavěšenou a kontaktní, které budeme v praktické části porovnávat. Nejprve jsme si představili technologické řešení, kde jsme si vzali jednotlivé řezy a popisovaly vrstvy konstrukce fasády, dále v rámci této kapitoly byl popsán technologický postup všech tří fasád včetně použitého nářadí pro jejich realizaci.

V druhé části bakalářské práce se zabýváme praktickou částí, kterou budeme aplikovat na vzorový projekt bytového domu. V rámci praktické části bylo zadáno hodnotit kritéria pomocí multikriteriální analýzy. Pro náš případ byla vybrána Saatyho metoda, která funguje na principu určení vah a dále pořadí jednotlivých kritérií podle zjištěných hodnot. Kritéria fasád byla pomocí dotazníku seřazena dle preferenci respondentů. Dále jsme jednotlivá hodnotící kritéria popsali do podrobnosti, abychom byli schopni jednotlivé fasády rozumně zhodnotit a určit jim pořadí dle výsledků. Mezi hlavními kritérii jsou náklady na pořízení a náklady na údržbu. U obou kritérií bylo vidět značný rozdíl mezi zelenou fasádou a hodnotícími fasádními systémy. U každého kritéria je na konci podkapitoly napsané pořadí, které jsme poté vepisovali do tabulky. Jednotlivé výsledky se zapisovaly do *Tab.7: pořadí a vyhodnocení kritérií*. Na začátku probíhajícího hodnocení jsme si řekli, že nevhodnější fasáda, bude s nejmenším číslem. Pak tedy vychází, že nevhodnější fasáda dle výsledků

z kritérií je kontaktní zateplovací systém. Zelená fasáda skončila na posledním místě.

Výsledkem této práce by mělo poukázání na systém zelených fasád, který pozitivně dokáže ovlivnit život člověka, ale vzhledem k její pořizovací ceně a nákladům na údržbu je zelená fasáda znevýhodněná oproti kontaktnímu zateplovacímu systému. Jelikož ubývají zelené plochy kvůli zástavbě je nutné přemýšlet, jak se daný problém bude řešit, a i když výsledky nevyšli u zelené fasády pozitivně je vidět, že pomalými krůčky se zelené fasády dostávají do více projektů a zájem o ně je vyšší. Jedná se například o zelenou stěnu na Andělu v Manifestu, části fasád nově postaveného bytového domu na Palmovce nebo část stěny v lobby v Metrostavu.

Zdroje

Bibliografie

[1] BROŽEK, Rostislav. Historie fasád. Střechy, fasády, izolace. Ostrava, 2009, 2009(2).

[2] Konstrukce dřevostaveb. DŘEVO & Stavby.cz [online]. 02.10.2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/2524-prave-hrazdene-stavby-jsou-jiz-historii>

[3] Rozhovor: kvalitní fasáda váš dům nejen zkrášlí, ale hlavně ochrání. NejŘemeslníci.cz [online]. 03.09.2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.nejremeslnici.cz/blog/rozhovor-kvalitni-fasada-vas-dum-nejen-zkrasli-ale-hlavne-ochrani/>

[4] Kontaktní zateplovací systém. Co to je a z čeho se skládá?. Zofi [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zofi.cz/kontaktni-zateplovaci-system-co-to-je-a-z-ceho-se-sklada>

[5] PROČ ZATEPLIT DŮM ŠEDÝM DĚROVANÝM POLYSTYRENEM?. In: KABE Farben ČR a SK [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.kabefarben.cz/zateplovaci-systemy-etics/zateplovaci-system-klima-plus/>

[6] Provětrávané fasády. ATENA spol. s r.o. [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://atenasro.cz/provetravane-fasady/>

[7] Provětrávaná fasáda – skladba provětrávané fasády, její výhody a nevýhody. STAVÍM BYDLÍM.cz [online]. 15.04.2020 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/provetravana-fasada-skladba-provetravane-fasady-jeji-vyhody-a-nevyhody/>

[8] Jak vnímají provětrávané fasády specialisté od Knauf Insulation?. In: Stavebniny-rychle.cz [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/jak-vnimaji-provetravane-fasady-specialiste-od-knauf-insulation.html>

[9] Hliníkové konstrukce pro provětrané zavěšené fasády. Iltegro s. r. o. [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.iltegro.cz/hlinikove-konstrukce-pro-provetrane-zavesene-fasady>

[10] Zavěšené fasády. G TRADE spol. s r.o. [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.gtrade.cz/zavesene-fasady>

[11] Zavěšené fasády. Styl2000 [online]. Česká republika [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.styl2000.cz/cs/zavesene-fasady/>

[12] ŠNAJDR, Ing. Roman. Lehké obvodové pláště – prosklené fasády. TZB [online]. Česká republika, 21.05.2021 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/22271-lehke-obvodove-plaste-prosklene-fasady>

[13] Kdo jsme: J&T Banka, těší nás. In: J&T Banka [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.jtbank.cz/kdo-jsme/>

[14] FOJTÍČKOVÁ, Michaela. Historie zelených stěn. Flora URBANICA [online]. Česká republika, 14.02.2021 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://floraurbanica.com/historie-zelenych-sten/>

[15] NOVÁK, Libor. Svět věřil tisíce let pohádce. Divů světa není sedm, jeden neexistoval. Proč jeden. EuroZprávy.cz[online]. Česká republika, 14.02.2021 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://eurozpravy.cz/magazin/230620-svet-veril-tisice-let-pohadce-divu-sveta-neni-sedm-jeden-neexistoval-proc-chybi-koloseum-nebo-cinska-zed/>

[16] LIVING WALLS: A VISUAL HISTORY. Respira [online]. Ontario, 2020, 07.11.2020 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.respira.ca/blogs/news/living-walls-a-visual-history>

[17] HINDLE, Richard L. A vertical garden: origins of the Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System (1938). Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes: An International Quarterly [online]. s. 103 [cit.2022-05-15]. Dostupné z: <https://escholarship.org/content/qt62m5k813/qt62m5k813.pdf?t=p94i57>

[18] Vertical Gardens by Patrick Blanc [online]. In: . 22.01.2012 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://theinspirationgrid.com/vertical-gardens-by-patrick-blanc/>

[19] BLANC, Patrick. Vertical garden. W. W. Norton & Company, 2012. ISBN 9780393733792.

[20] SEDLÁK, DANIEL. AFI KARLÍN: ZELENÁ FASÁDA, OBLÉ TVARY A BREEAM EXCELLENT. [HTTPS://WWW.IMATERIALY.CZ/](https://www.imaterialy.cz/) [ONLINE]. 2019 [CIT. 2022-05-15]. DOSTUPNÉ Z: [HTTPS://WWW.IMATERIALY.CZ/RUBRIKY/TECHNOLOGIE/AFI-KARLIN-ZELENA-FASADA-OBLE-TVARY-A-BREEAM-EXCELLENT_46608.HTML](https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/afi-karlin-zele-na-fasada-oble-tvary-a-breeam-excellent_46608.html)

[21] Green facades. Green-blue urban grids [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/>

[22] FOX, PePa. Zelené fasády. Green-blue urban grids [online]. 28.05.2015 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://zahradkarskaporadna.cz/clanek-15484-zelene-fasady>

[23] OZELENĚNÍ FASÁD GREENCABLE - ORIGINÁLNÍ ŘEŠENÍ PRO VÁŠ DŮM. In: CarlStahl [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <http://www.carlstahl-architektura.cz/ozeleneni-fasad-greencable.htm>

[24] ČERMÁKOVÁ, Hana. Energeticky úsporný dům Pasohlávky: Vertikální rostlinné fasády [online]. Praha, 2019 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/83990>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.

[25] A sustainable outdoor living wall [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://mobilane.com/app/uploads/2022/04/Mobilane-Brochure-Building-Green-ENG-1.pdf>

[26] Technical brochure: OPTIGREEN “ Wall Garden ” SYSTEM SOLUTION [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.dropbox.com/sh/osaenyu7d4fm2ca/AADhSRpmh6nV6-LnqVqJ_Mhra?preview=Technical+handbook+ENG.pdf

[27] PLANTBOX [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.biotope.uk.com/bioextra/plantbox/>

[28] ZELENÁ STĚNA PLANTBOX®: Modulární, samozavlažovací & ekologický systém vnitřní zeleně [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/interierove-zive-steny-2>

[29] TECHNICKÝ LIST PLANTBOX: INTERIÉROVÉ / EXTERIÉROVÉ ZELENÉ STĚNY. In: Živé stavby.cz [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/files/2022/03/likos-plantbox-tl-2022-cz.pdf>

[30] Exteriérová živá stěna pro Manifesto Anděl. In: Živé stavby.cz [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/exteriorova-ziva-stena-pro-manifesto-andel>

[31] Biotope Living Green [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.biotope.uk.com/design-and-specify/specifications-and-compliance/specifications-and-drawings/>

[32] TECHNICKÝ LIST BIOTILE TM. In: Živé stavby.cz [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni>

[33] RAZZAGHMANESH, Mostafa. The Role of Green Roofs and Living Walls as WSUD Approaches in a Dry Climate. Approaches to Water Sensitive Urban Design [online]. 2018, s. 414 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/328261520_The_Role_of_Green_Roofs_and_Living_Walls_as_WSUD_Approaches_in_a_Dry_Climate

[34] Extenzivní zelená střecha, zelená fasáda a kořenová čistírna, Slavkov u Brna [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/extenzivni-zelena-strecha-zelena-fasada-a-korenova-cistirna-slavkov-u-brna>

- [35] BRANDEJSKÝ, Ing. arch. Petr. AFI KARLIN Butterfly v Praze Karlíně. TZB-info [online]. 02.11.2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zdrava-architektura/23016-afi-karlin-butterfly-v-praze-karline>
- [36] ALLEN, Eric. 9 Buildings That Prove the Power of Green Architecture. AD [online]. 21.06.2017 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.architecturaldigest.com/gallery/buildings-that-prove-the-power-of-green-architecture>
- [37] SHERMAN, Skye. The 9 Most Amazing Green Walls Around the World. Matador [online]. 30.11.2020 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://matadornetwork.com/read/green-walls-world/>
- [38] ZELENÉ FASÁDY: Přímo kotvená varianta. In: Živé stavby.cz [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni>
- [39] CAD DETAILY KONTAKTNÍ FASÁDY (ETICS): SOKL NEPODKLEPENÉ STAVBY. KNAUF INSULATION, spol. s r.o. [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.knaufinsulation.cz/detaily/cad-detaily-kontaktn%C3%AD-fasady-etics>
- [40] Uchycení kamenných desek Forte. Iltegro s. r. o. [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.iltegro.cz/forte-uchyceni-kamennych-desek>
- [41] VENTILATED FAÇADE SYSTEM, USER MANUAL: FOR INSTALLATION OF ALUMINIUM COMPOSITE MATERIAL ETALBOND® [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.iltegro.cz/montazni-navod-user-manual>
- [42] Dávkovací čerpadla DOSATRON: Vodou poháněná dávkovací technologie [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <http://www.davkovani.cz>
- [43] Baumit zateplovací systémy: Technologický předpis [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://baumit.cz/files/cz/Technicke_dokumenty/Technologicke_predpisy_a_p_rirucky/Technologicke_predpisy/2019_zateplovaky/TP_ETICS__2019.pdf
- [44] Jak postupovat při provádění zateplovacího systému. In: EXTHERM stavební systémy [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.extherm.cz/wp-content/uploads/4.jpg>
- [45] Jak postupovat při provádění zateplovacího systému. In: EXTHERM stavební systémy [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.extherm.cz/wp-content/uploads/10.jpg>
- [46] Saatyho metoda. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Saatyho_metoda

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

[48] *Ceník 2022: Čištění, mytí, nátěry a renovace / fasády, střechy a ocelové konstrukce* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.cistenimytinater-natery-fasad.cz/cenik/>

Obrázky

Obr.1,2: proutěné vyplétané plochy [1]	10
Obr.3: hrázděný dům [2]	11
Obr.4: příklad kontaktního zateplovacího systému [5]	12
Obr.5: příklad provětrávané fasády [8]	13
Obr.6: příklad zavěšené fasády [11]	14
Obr.7: příklad lehkého obvodového pláště [13]	14
Obr.8: možný vzhled Semiramidy zahrady [15]	15
Obr.9: výkresy pro realizaci zelených stěn profesora Stanley H. White [17]	16
Obr.10: příklad navržené zelené zdi od botanika Patrica Blanc [18]	16
Obr.11: způsoby ozelenění [20]	17
Obr.12: bez podpěrné konstrukce [21]	18
Obr.13: s podpěrnou konstrukcí [21]	18
Obr.14: nosné konstrukce pro zavěšení modulových boxů/truhlíků [21]	19
Obr.15: příklad růstu rostliny bez podpěrné konstrukce [22]	20
Obr.16: kosočtvercový tvar [23]	21
Obr.17: lanový v jednom směru [zdroj: vlastní]	21
Obr.18: LivePanel Outdoor [25]	22
Obr.19: příklad realizace LivePanel [25]	22
Obr.20: příklad montáže jednotlivých fasádních klecí [26]	23
Obr.21: vizuální vzhled po realizaci [26]	23
Obr.22: Plantbox [29]	24
Obr.23: Příklad realizace Platboxů na Manifesto Anděl [30]	24
Obr.24: BioTile se zobrazením závlahového systému [32]	25
Obr.25: Průmyslová hala LIKO-Vo [34]	28
Obr.26: AFI KARLIN Butterfly [35]	29
Obr.27: Bosco Verticale v Miláně [36]	30

Obr.28: Musée du Quai Branly v Paříži [37]	30
Obr.29: The Athenaeum v Londýně [37]	37
Obr.30: fasáda Gardenhouse v Beverly Hills [37]	32
Obr.31: Universidad del Claustro de Sor Juana v Mexiku [37]	32
Obr.32: řez modulovými boxy [26]	33
Obr.33: řez zavěšeným PlanBoxem [38]	34
Obr.33: řez Biotile [32]	35
Obr.34: řez KZS [32]	36
Obr.35: řez zavěšenou fasádou s kamenným obkladem [40]	36
Obr.36: osazení kotev [38]	37
Obr.37: připevnění nosných profilů [38]	38
Obr.38: olemování stavebních otvorů [38]	39
Obr.39: přikotvení hydroizolační fólie [38]	39
Obr.40: realizace závlahového systému [38]	40
Obr.41: Dosatron [42]	40
Obr.42: Finální část – zavěšení truhlíků/boxů [38]	41
Obr.43: kotvení hmoždinek [42]	42
Obr.44: princip uložení sklotextilní výztuže u okenních otvorů [45]	42
Obr.45: uložení sklotextilní výztuže do stěrkové hmoty [44]	42
Obr.46: rozměření plochy pro kotvení [41]	43
Obr.47: kotvení [41]	43
Obr.48: rozměření nosných profilů [41]	44
Obr.49: upevnění nosného profilu k L držáku [41]	44
Obr.50: instalace finálního povrchu [40]	45
Obr.51: technický pohled [zdroj: autor]	48
Obr.52: půdorys objektu [zdroj: autor]	48
<i>Obr.53 - graf vyhodnocení kritérií respondenty [zdroj: survio.cz]</i>	54

Tabulky

Tab.1: ovlivnění zelené fasády na povrch konstrukce ve stupních [21]	26
Tab.2: bodová stupnice s deskriptory [47]	49
Tab.3: bodová stupnice s deskriptory [47]	49
Tab.4: procentuální průměr hlasování [zdroj: autor]	53
Tab.5: doba realizace [zdroj: autor]	54
Tab.6: Saatyho matice [zdroj: autor]	55
Tab.7: pořadí a vyhodnocení kritérií [zdroj: autor]	55

Přílohy

Příloha 1: Harmonogram prací [zdroj: autor]

Příloha 2: Dotazník – otázky a výsledky [zdroj: autor] [survio.cz]