Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradní a krajinné architektury

Zelené fasády

Bakalářská práce

Autor práce: Jana Hrabětová

Vedoucí práce: RNDr. Oldřich Vacek, CSc.

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Zelené fasády" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9. 4. 2014 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala všem, kteří mi pomohli se zpracováním mé bakalářské práce.

V první řadě bych ráda poděkovala panu RNDr. Oldřichu Vackovi, CSc. za vedení mé práce a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Dále pak děkuji firmě Jungle Interiors, s.r.o. za poskytnutí zásadních materiálů týkajících se tématu vertikálních zahrad.

Nemohu opomenout poděkovat také zaměstnancům Knihovny Antonína Švehly za celkovou ochotu a výborně provedené služby.

Zelené fasády

Green walls

Souhrn

Tato bakalářská práce se věnuje tématice zelených fasád, známých také pod názvem exteriérové vertikální zahrady. Je založena na studii a zpracování zejména zahraniční literatury a odborných článků zabývajících se daným tématem.

Úvodní strany práce jsou věnovány vývoji zelených fasád od starověku až po současnost, kde je stručně vysvětlen koncept zelené architektury. Další část práce rozebírá ekologické, ekonomické a estetické funkce vertikálních zahrad. Následující kapitola porovnává vertikální zahrady s pnoucími rostlinami, kde jsou vytyčeny jejich klady a zápory, doplněné o přehlednou tabulku srovnávající systémy zelených stěn.

Důležitou část bakalářské práce zaujímá popis jednotlivých technologií vertikálních zahrad, rozdělených do dvou skupin na základě přítomnosti substrátu v daném systému. Tyto informace byly získány zejména průzkumem nabídek náležících firmám, které se touto problematikou zabývají. Pro lepší pochopení a vizuální představu jsou v této kapitole zobrazeny nákresy popsaných systémů zelených fasád.

V práci jsou vytyčeny základní materiály, které se používají při konstrukci zelené fasády, a následná péče o vertikální zahradu v průběhu celého roku.

Poslední část se věnuje sortimentu rostlin, které lze použít do našich klimatických podmínek. Soupis rostlin vychází ze studie několika vertikálních zahrad v sousedním Německu a Rakousku. Z této studie byly vybrány rostliny s nejlepším hodnocením, které jsou v následujících kapitolách stručně popsány.

Výsledkem práce je přehledný souhrn informací přibližující současné možnosti a využití exteriérových vertikálních zahrad. Vzhledem k nedostatku literatury i zkušeností s tímto typem zelených fasád v České republice, může být práce využita pro další výzkum daného tématu a přispět tak k větší oblibě vertikálních zahrad v zahradní architektuře.

Klíčová slova: vertikální zahrada, zelené fasády, funkce, technologie, materiál, péče o vertikální zahrady, sortiment rostlin

Summary

The bachelor's thesis is engaged in the subject of green façades that are also known under the term "vertical garden". It is based on processing mainly foreign literature and scientific articles which are concerned about this issue.

The first pages are dedicated to the evolution of green façades, from the ancient times till the present time which introduce the concept of green architecture. Next part of the thesis analyses ecological, economic and aesthetic functions of the vertical garden. Following chapter compares the vertical garden with the concept based on climbing plants. There are described it's pros and cons that are completed with the synoptic table comparing the systems of green walls.

The particular technologies of vertical gardens are described in the next chapter. The vertical gardens are divided into two groups based on the presence of substrate. The information was gained through the webpages of companies which are engaged in designing green walls. The chapter includes blueprints of introduced systems of vertical gardens which help to better visualize and understand them

There are also sections that define basic materials that are used for the construction of vertical gardens and describe the care of the green wall during the year.

The last part of the thesis applies to the selection of plants that can be used in the temperate climate. The list of plants is based on the studies of certain vertical gardens designed in Germany and Austria. The plants with the best rating were briefly described in the following chapters.

The result of the thesis is well-arranged summary of information that introduces the contemporary potential of the exterior vertical gardens. Given the lack of literature and experiences with this type of green walls in Czech Republic, the thesis can be used for following research regarding this matter and further leads to the better familiarity of vertical gardens in garden architecture.

Keywords: vertical garden, green façade, the functions of green walls, technology, material, the care of the vertical garden, assortment of plants

Obsah

1. Úvod **8**

2. Cíl práce **9**

3. Přehled literatury **10**

3.1 Historie zelených fasád **10**

3.2 Současnost **11**

3.2.1 Svět 11

3.2.2 Česká republika 12

3.3 Funkce a účinky zelené fasády **12**

3.3.1 Zlepšení kvality vzduchu 12

3.3.2 Ochlazování budov 13

3.3.3 Tepelná izolace 13

3.3.4 Ochrana před větrem 14

3.3.5 Zvuková izolace 14

3.3.6 Zlepšení biodiverzity 15

3.3.7 Estetické a psychologické účinky 15

3.4 Vertikální zahrada vs. pnoucí dřeviny **15**

3.5 Technologie **17**

3.5.1 Vertikální zahrady bez substrátu 18

3.5.2 Vertikální zahrady se substrátem 19

3.5.2.1 Systém kapes 19

3.5.2.2 Systémy z kontejnerů a kazet 20

3.5.2.3 Modulární systém na principu hydroponie 22

3.5.2.4 Systém tvořený z keramických sestav 23

3.5.2.5 Vertikální zahrady z palet 23

3.6 Materiály **27**

3.6.1 Panel z tvrzeného PVC 27

3.6.2 Kovový podpůrný rám 27

3.6.3 Substráty 27

3.6.3.1 Pěstební substrát 28

3.6.3.2 Rašelina a rašelinný substrát 28

3.6.3.3 Hydroponické kultury 28

3.6.3.4 Netkaná textilie 29

3.6.3.5 Minerální vlna 29

3.6.3.6 Štěrkový materiál 30

3.6.3.7 Keramzit 30

3.6.3.8 Perlit 30

3.6.3.9 Kokosové vlákno 30
3.7 Péče a údržba 31
3.7.1 Závlaha 31
3.7.2 Hnojení 32
3.7.3 Péče o vzhled zelené fasády 32
3.7.4 Péče v průběhu roku 33
3.8 Sortiment rostlin použitelných v České republice 34
3.8.1 Inspirace v přírodě 34
3.8.1.1 Říční břehy 34
3.8.1.2 Skály 34
3.8.1.3 Vodopády 35
3.8.2 Faktory ovlivňující výběr rostlin 35
3.8.2.1 Klima České republiky 35
3.8.2.2 Orientace ke světovým stranám 36
3.8.2.3 Vliv okolí 36
3.8.3 Sortiment rostlin 36
4. Závěr 53
5. Seznam použité literatury 54
6. Přílohy 58

1. Úvod

V současnosti žije více jak polovina obyvatel Země ve městech. Takzvaná urbanizace, tedy koncentrace obyvatel do měst, započala s průmyslovou revolucí a stupňovala se až do dnešní doby. Lidé se stále více stěhují do měst, kde očekávají lepší podmínky pro život, než by jim mohl nabídnout život na vesnici. Díky tomuto trendu se musí města neustále zvětšovat, pole a louky nahrazují betonové plochy, na kterých vyrůstají stovky a tisíce budov. Stále méně místa zbývá pro městskou zeleň. Místo rozsáhlých parků nacházíme ve městech spíše jednotlivé stromy, v lepším případě občasný květinový záhon.

Díky této situaci vznikl nový přístup k zahradní a krajinné architektuře. Dříve bylo běžné využívat pouze horizontálních rovin k vytváření městské zeleně, avšak díky nedostatku těchto ploch došlo k novému řešení, a to k využití vertikálních možností měst.

Musel se tedy vymyslet systém, díky kterému by bylo možné pěstovat vegetaci na svislých stěnách budov. Nejprve se jednalo o různé konstrukce pro popínavé rostliny, nicméně v poslední době přibyly, a stále přibývají, systémy, které umožňují rostlinám růst přímo na stěně. Tyto stěny pak nazýváme vertikálními zahradami či zelenými stěnami.

Vertikální zahrady jsou nyní ve světě velkým trendem. Dříve byly budovány především v teplejších klimatických oblastech, nicméně se čím dál více rozšiřují po celém světě, a to i do chladnějšího prostředí. Velikostně se mohou pohybovat od metrů až po stovky metrů čtverečních, jediným omezením jsou tudíž rozměry budovy, na kterou je zelená stěna instalována.

Zelené stěny nenesou pouze estetickou funkci, ale pozitivně přispívají životnímu prostředí. Propojují betonová města s přírodou a stávají se tak oázou pro jejich obyvatele.

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vytvoření uceleného soupisu informací týkajících se exteriérových vertikálních zahrad. Vzhledem k absenci českých zdrojů k danému tématu, byla práce vytvořena především na základě zahraniční odborné a vědecké literatury. Údaje o jednotlivých systémech zelených fasád byly získány z katalogů firem, které se danou problematikou zabývají.

3. Přehled literatury

Zelené stěny mají dlouholetou tradici a jsou charakterizovány několika systémy. V Anglii tento pojem vystihuje tradiční cihlový dům obrostlý pnoucími rostlinami. Listy rostlin zde nahrazují omítku, která neopadá, ale s věkem houstne (Burian a Ondřej, 1992). V poslední době je velmi populární interpretace zelené fasády, známé také pod názvem „vertikální zahrada“. Tato technologie, kde je konstrukce s rostlinami pověšena přímo na plášť budovy, zahrnuje různá pojetí, která však spojuje potřeba pravidelného přísunu živin a vody do systému (Perini et al., 2011).

3.1 Historie zelených fasád

Myšlenka využívat vertikálních rozměrů v krajinné architektuře vznikla již ve starověku. V této době se lidé inspirovali převážně přírodou samou. Kameny, skály či stromy představovaly první podpěrné konstrukce pro rostliny. Z toho vycházely základy vinohradnictví, kde se jako podpěra pro révu vinnou využívaly právě stromy. Konstrukce se používaly ryze pro užitkové účely. V období antiky došlo k estetizaci těchto podpěr (Olšan 2011). V antickém Řecku se stavěly pergoly porostlé zejména břečťanem. V této době nebylo rozšířeno mnoho druhů popínavých rostlin (Jellicoe, 1975). V průběhu dalších století se konstrukce zdokonalovaly a druhů popínavých rostlin stále přibývalo. Pergoly se staly výrazným prvkem v zámeckých zahradách, konstrukce s pnoucími rostlinami vytvářely stinná místa lákající k odpočinku (Olšan, 2011).

V minulém století si lidé začali pohrávat s úvahou, zda je možné pěstovat rostliny přímo na vertikálním povrchu. Začaly tak vznikat systémy, kde se rostliny zakořeňovaly rovnou na stěně. Za předchůdce současných vertikálních zahrad se považují tzv. „mechové stěny“ (Pejchal, 2011).

Mechové stěny (viz Obr. 1), často nazývané kvetoucími stěnami, jsou jednou z mnoha variant použití okrasných rostlin. Jejich rozměry (výška a délka) se mohou lišit, avšak díky své poměrně vysoké hmotnosti se obvykle staví 2 - 3 m dlouhé a 1 m vysoké. Jedná se o dřevěné stojany potažené několika vrstvami pletiva. Šířka stěny se pohybuje v rozmezí 15– 35 cm v závislosti na jednostranném či oboustranném osázení. Spodní část stěny je chráněna folií či plechovou vanou. Jako substrát se nejčastěji používá rašeliník (*Sphagnum*) nebo rašelina. Pro mechové stěny se doporučují zejména balkónové květiny, nízké trvalky, stálezelené popínavé rostliny či některé pokojové rostliny (Höhn, 1976).

Mezi kvetoucí stěny patří např. „vertikální skalka“ v areálu Botanické zahrady a arboreta MENDELU v Brně, vytvořena před více jak 40 lety (Pejchal, 2011).

Za zakladatele zelených stěn se považuje Stanley Hart White, profesor krajinné architektury na univerzitě v Illinois. Ten v roce 1938 nechal svůj vynález patentovat pod jménem „*Vegetation-bearing architectonic structure and system*“ (přeloženo „Architektonická struktura a systém nesoucí veegetaci“). Jednalo se o jednotlivé moduly, obsahující substrát, do kterých se sázely rostliny. Konstrukci bylo možné umístit do jakékoliv výšky budovy (White, 1938; Hindle, 2012).

Za života profesora Stanleyho H. Whitea byl pojem „zelená stěna“ docela neznámým. Do povědomí veřejnosti se dostal až s prací francouzského botanika Patricka Blanca (viz Obr. 2). Svůj koncept, patentovaný v roce 1988, nazval „Mur Végétal“, což doslovně znamená „rostlinná zeď“. Tento systém se skládá z PVC desky, na kterou jsou instalovány dvě vrstvy textilie, která je odolná proti biologickému rozkladu. Do těchto vrstev jsou postupně vysazovány rostliny, které postupem času textilii prokoření.

V roce 1988 Patrick Blanc instaloval svou první vertikální zahradu na budově muzea vědy a průmyslu v Paříži. Od té doby navrhl více než 160 zelených stěn (Klanten et al., 2011).

3.2 Současnost

3.2.1 Svět

Ozeleňování budov se stalo velmi rychle se rozvíjejícím odvětvím architektury, kdy dochází ke spojení přírody s městským prostředím. Tento trend poskytuje řešení ekologických problémů spjatých s přelidněnými městy (Perini et Magliocco, 2012).

Pojmy „zelený“, „obnovitelný“ a „ekologický“ hrají důležitou roli v současné architektuře. Vůdčí osobností ekologického designu je bezesporu malajsijský architekt Ken Yeang. Yeangův záměr ve smyslu zelené architektury směřuje k tzv. vertikálnímu urbanismu. V jeho návrzích jsou ozeleněné části budov propojeny jak mezi sebou, tak i s přízemní vegetací (Grupta, 2012; Abel, 2010). Součástí některých Yeangových projektů jsou i vertikální zahrady. Ty jsou použity v návrzích staveb Spire Edge (viz Obr. 3), L Tower nebo budovy Digi Technical Operation Centre (Hart, 2011).

Jak již bylo uvedeno, za „otce“ vertikálních zahrad je považován excentrický botanik Patrick Blanc. Ačkoliv má Blanc základnu v Paříži, jeho návrhy jsou k vidění téměř po celém

větě. Mezi ty nejznámější se řadí zelené fasády na stěnách budovy obchodního centra Les Passages v Boloni, musea Quai Branly v Paříži (viz Obr. 4), musea Caixa Forum v Madridu (viz Obr. 5) či musea moderního umění v Kanazawě (Blanc, 2008). V roce 2013 Blanc spolupracoval s francouzským architektem Jeanem Nouvelem na návrhu vertikální zahrady, která vznikla na budově One Central Park v Sydney (viz Obr. 6). Se svými 166 m se tato zelená stěna stala nejvyšší na světě (Andrews, 2013).

3.2.2 Česká republika

Zkušenosti s exteriérovými vertikálními zahradami jsou ve střední Evropě prozatím na velmi nízké úrovni. Největším problémem se prozatím jeví výběr rostlin pro naše klimatické podmínky (Pejchal, 2011). I přes méně příznivé podmínky má v České republice stále více firem snahu o realizaci venkovních vertikálních systémů (Burian, 2011).

3.3 Funkce a účinky zelené fasády

Systém vertikálních zahrad poskytuje široké spektrum individuálních a společenských výhod. Mezi individuální výhody se řadí především úspory spojené s vytápěním a ochlazováním budovy, dále pak zelená stěna zvyšuje hodnotu budovy a slouží jako ochranná vrstva její fasády (Perini et Rosasco, 2013)

Současná architektura se čím dál více soustředí na ozeleňování vertikálních ploch. Je to jeden ze způsobů, jak obnovit biodiverzitu a integritu životního prostředí v městských oblastech (Perini et al., 2012). Konceptem tzv. zelené architektury či ekoarchitektury je vytvoření sítě, která propojuje přírodní oblasti s dalšími zelenými zónami a vytváří tak harmonický celek, který si udržuje přirozené ekologické hodnoty (Hart, 2011).

3.3.1 Zlepšení kvality vzduchu

Ke zlepšení kvality ovzduší dochází díky schopnosti vegetace absorbovat prachové částice a škodlivé plyny, jako jsou např. CO_2, NO_2 a SO_2. Oxid uhličitý je využívaný při průběhu fotosyntézy, kdy rostlina vyrábí kyslík a biomasu. Oxidy dusíku a síry jsou v rostlinném pletivě přeměněny na dusičnany a sírany (Perini et al. 2011).

Rostliny jsou schopny filtrovat částice prachu o velikosti menší než 10 μm, které se zachycují na povrchu listů. Ty jsou posléze deštěm spláchnuty a zapraveny do země (Minke, 2001). V zalidněných městech jsou zásadní částice o velikosti menší než 2,5 μm,

jelikož mohou být vdechnuty do dýchacího systému a způsobit tak újmu na lidském zdraví (Perini et Magliocco, 2012).

3.3.2 Ochlazování budov

Díky klimatickým změnám se v posledních dvou dekádách věnuje mnohem více pozornosti roli vertikálních zahrad v ochlazování klimatu měst a zlepšování teplotního komfortu pro jejich obyvatele. Mechanismy, kterými rostlina poskytuje ochlazování, se mohou lišit. Jedná se především o zastiňování, evapotranspiraci, změnu toku vzduchu či absorpci slunečního záření a jeho přeměnu na biomasu. Podíl těchto mechanismů na ochlazování závisí na druhu rostlin a její vitalitě, hustotě osázení, schopnosti vsakovat vodu a ročním období. Nejvíce účinným mechanismem se jeví zastiňování, čím silnější je vrstva porostu, tím efektivnější je ochlazování (viz Obr. 7).

Potenciál schopnosti zelených stěn ochlazovat budovu se přisuzuje zejména teplejším klimatickým oblastem s horkým létem. Studie prokázaly, že rozdíl mezi teplotou zdi holé a zdi s instalovanou vertikální zahradou je 11, 6 °C v Singapuru, 18 °C v Japonsku, 15,2 °C ve Španělsku a 12- 20 °C v Itálii (Cameron, 2014).

Přestože se zelené stěny prokázaly být účinnými v teplých oblastech, tyto výhody již nejsou tolik zřetelné v oblastech s mírným podnebím. V Nizozemsku byl naměřen teplotní rozdíl jen 1,2 °C (Cameron, 2014)

3.3.3 Tepelná izolace

Vertikální zahrady mohou mít vliv na přirozené podmínky (teplota a vlhkost vzduchu) prostoru mezi zelenou stěnou a stěnou budovy. Tato vrstva vzduchu vytváří zajímavý izolační efekt. Záleží však na hustotě vegetace a tloušťce vrstvy se substrátem. Únik tepla skrz betonovou zeď je značně nižší, pokud je zeď z vnější strany pokryta vrstvou vegetace. (Pérez et al., 2011). Listy rostlin z části absorbují a z části odrážejí dlouhovlnné tepelné záření. Tímto způsoben se snižují tepelné ztráty budovy vyzařováním (Minke, 2001).

Tabulka 1: Úspora energií při vytápění a ochlazování budovy a pokles teploty v subtropických a mírných oblastech (Perini et al., 2012)

Systém vertikální zahrady	Výhody	Subtropické klima	Mírné klima
Vertikální zahrada se substrátem	Energie ušetřená při vytápění budovy	6,3%	6,3%
	Pokles teploty	4,5°C	2,6°C
	Energie ušetřená při ochlazování budovy	43%	-
Vertikální zahrada bez substrátu (filc)	Energie ušetřená při vytápění budovy	4%	4%
	Pokles teploty	4,5°C	2,6°C
	Energie ušetřená při ochlazování budovy	43%	-

3.3.4 Ochrana před větrem

Jedním ze způsobů, jak zvýšit energetickou výkonnost budovy je ochrana před větrem. V zimě hraje studený vítr zásadní roli při redukci teploty uvnitř budov. V budově chráněné vegetací jsou náklady za topení nižší o 25%. Tento efekt závisí na hustotě listů rostlin použitých na zelené stěně, směru a rychlosti větru (Pérez et al., 2011).

3.3.5 Zvuková izolace

Díky čím dál se zmenšující ploše ve městech se mnoho budov musí stavět v blízkosti frekventovaných silnic a dálnic, čímž jsou obyvatelé těchto budov vystaveni přílišnému hluku. V posledních letech se zjistilo, že systém vertikálních zahrad může být řešením tohoto problému. Rostliny redukují zvuk absorpcí (přeměnou zvukové energie na pohybovou a tepelnou), reflexí (odrazem) a deflexí (rozptylem). Rozhodujícím činitelem zvukově izolačního účinku zelené stěny je však tloušťka substrátu, ze kterého rostliny rostou (Wong et al., 2009).

3.3.6 Zlepšení biodiverzity

Stěny porostlé vegetací nabízejí životní prostor pro různé živočichy, čímž napomáhají ke zvýšení biodiverzity ve městech. Stávají se tak domovem pro různé druhy mikroorganismů a menších živočichů, např. včely, čmeláci či motýli (Minke, 2001). Ptáci využívají zelené stěny zejména pro potravu a hnízdění. Jejich výskyt na vertikálních plochách je závislý na denní době, ročním období a vegetaci rostoucí na zelené stěně (Chiquet et al., 2012).

3.3.7 Estetické a psychologické účinky

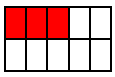
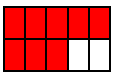
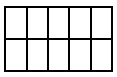
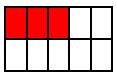
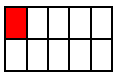
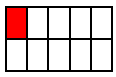
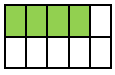
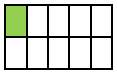
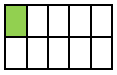
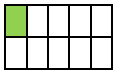
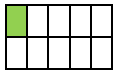
Integrace vegetace v architektuře zlepšuje vizuální, estetické a sociální aspekty městského prostředí a pozitivně působí na lidské zdraví. Městská vegetace je považována jako terapie. Pohledy do zeleně mají antidepresivní účinky a zvyšují výkonnost. Jedním z příkladů jsou traviny použité v designu vertikální zahrady. Ty se působením větru vlní. Opticky vnímané vlnění působí uklidňujícím dojmem na stresované a unavené lidi (Perini et Magliocco, 2012).

3.4 Vertikální zahrada vs. pnoucí dřeviny

Popínavé rostliny rostou přímo na zdi nebo jsou podporovány různými lany či treláž emi. Výhodou pnoucích rostlin vysázených přímo u zdi je především nízká cena ozelenění zdi, avšak tyto rostliny také mohou poškodit původní fasádu. V případě rostlin pnoucích se na podpůrných konstrukcích je hlavní výhodou variabilita materiálů, které mohou být použity na výrobu těchto konstrukcí, jako jsou např. železo, hliník, plast či různé druhy dřeva. Díky svým odlišným vlastnostem, každý z těchto materiálů ovlivňuje celkový vzhled a funkci zelené fasády.

Systémy vertikálních zahrad jsou konstruovány z modulárních panelů, které obsahují substrát či jiné růstové médium založené na hydroponii (plsť, perlit, minerální vlna). Druhy rostlin používané pro design vertikálních zahrad jsou většinou stálezelené. Oproti systémům s popínavými rostlinami nabízí vertikální zahrady mnohem širší sortiment použitelných rostlin, a tím umožňuje vyšší estetický potenciál. Výběr rostlin ovlivňuje funkci ozeleněné fasády. Systémy vertikálních zahrad vyžadují mnohem komplikovanější a ucelenější návrhy, což se posléze odráží na náročnosti a vyšší ceně realizace (Perini et Magliocco, 2012).

Tabulka 2: Porovnání hlavních vlastností a parametrů vybraných systémů zelených stěn (Perini et al., 2012)

Systém	Vertikální zahrada- organický substrát	Vertikální zahrada- anorganický substrát	Systém s pnoucími rostlinami- bez podpůrné konstrukce	Systém s pnoucími rostlinami- s podpůrnou konstrukcí		
Materiál	Polyethylen (HDPE)	Vrstvy plsti instalované na PVC desce	-	Mříž z nerezové oceli	Ocelová mříž	Mříž z HDPE
Rozměry (vybraných systémů)	Moduly: 60 × 50 × 20 cm Vegetace: 5- 10 cm	Moduly: 300 × 150 × 2,5 cm Vegetace: 5- 10 cm	Vrstva vegetace: 10- 20 cm Max. výška: 10- 25 m	Tloušťka konstrukce: 0,4 cm Vegetace: 10- 20 cm Max. výška: 10- 25 m	Tloušťka konstrukce: 0,4 cm Vegetace: 10- 20 cm Max. výška: 10- 25 m	Tloušťka konstrukce: 60 × 0 × 5 cm Vegetace: 10- 20 cm Max. výška: 10- 25 m
Hmotnost[1]	80 kg/m^2	15 kg/m^2	5 kg/m^2	6,5 kg/m^2	6,5 kg/m^2	6,5 kg/m^2
Životnost systému[2]	> 50 let	cca 10 let	-	> 50 let	> 50 let	> 50 let
Ekologická zátěž[3]						
Úspora energie za vytápění						
Náklady	400- 600 €/m^2 (10 800- 16 200 Kč/ m^2)	350- 750 €/m^2 (9450- 20 250 Kč/ m^2)	30- 45 €/m^2 (810- 1 215 Kč/ m^2)	40- 75 €/m^2 (1 080- 2025 Kč/ m^2)	35- 70 €/m^2 (945- 1890 Kč/ m^2)	35- 70 €/m^2 (945- 1890 Kč/ m^2)
Příklady vhodných druhů rostlin	Stálezelené keře; *Cotoneaster, Carex, Hosta, Geranium*		Stálezelené popínavé dřeviny; *Hedera helix,* Opadavé popínavé dřeviny; *Parthenocissus, Wisteria*			

1. Průměrná hmotnost na 1 m^2 plochy, závisí na momentálním množství vody. 2. Hodnotí se pouze životnost podpůrného systému, životnost rostliny závisí na mnoha dalších okolnostech. 3. Schématické porovnání zátěže na životní prostředí mezi jednotlivými systémy (čím více červených polí, tím větší zátěž).

4. Rostliny vhodné pro středomořské a mírné podnebí (žádné extrémní podmínky), výběr rostlin závisí na mnoha parametrech (Perini et al., 2012).

Tabulka 3: Porovnání systému s pnoucími dřevinami a systému vertikálních zahrad (Burian, 2012)

Pnoucí dřeviny	**Vertikální zahrady**
Nižší náklady na pořízení (řádově stovky korun na m^2)	Vyšší náklady na pořízení (až v desítkách tisíc korun na m^2)
Úplná nezávislost na energetických zdrojích	Závislost na energetických zdrojích (čerpadla)
Nenáročná, nenákladná péče	Pravidelná, nákladná péče
Pomalý vývoj rostlin	Téměř okamžitý účinek
Výškové omezení	Teoreticky výškově neomezené
Primárně do exteriéru	Interiér i exteriér
Nízká variabilita kompozice	Vysoká variabilita kompozice

3.5 Technologie

Po celém světě je možné nalézt mnoho modifikací systémů vertikálních zahrad. Lze je dělit do tří základních skupin:

1. **Policové systémy**: na stěnách jsou zavěšeny nádoby, ve kterých jsou rostliny pěstovány podobným způsobem jako u mobilní zeleně na terestrické úrovni.
2. **Modulární systémy**: systémy skládající se z prefabrikovaných prvků zavěšených na nosnou konstrukci, ve kterých rostliny mohou být předpěstovány. Tyto systémy pokrývají celou stěnu.
    - **Kazety** z kovového nebo umělohmotného pletiva vyplněné pěstebním substrátem
    - **Substrátové desky** z modifikovaných pěnových hmot či minerálních vláken
    - **Žlabové systémy** vyplněné substrátem
    - **Porézní povrchy** jako přímé nosné médium pro rostliny
3. **Plošné konstrukce**: kostra vegetační stěny se nejprve musí sestavit a instalovat na zeď, až poté může dojít k výsadbě rostlin.
    - **Textilní systémy** skládající se ze dvou vrstev netkané textilie, z nichž jsou do vnější vrstvy vyřezány otvory pro rostliny (např. „Mur Végétal“ od Patricka Blanca)

- **Systémy z textilie a substrátu**, ve kterých je substrát na povrchu kryt netkanou textilií obsahující otvory pro výsadbu rostlin
- **Porézní povrchy stěn** jako přímé nosné médium pro rostliny (Pejchal, 2011).

Existují dva základní přístupy k zakládání vertikálních zahrad. První pojetí využívá k tvorbě vertikálního záhonu nějakou formu substrátu, kdežto druhá a novější technologie se snaží použití jakéhokoliv substrátu vyhnout (Burian, 2011).

3.5.1 Vertikální zahrady bez substrátu

Průkopníkem tohoto systému se stal Patrick Blanc. Substrát zde nahrazuje vrstva netkané textilie (plsť), která dokáže efektivně zadržet vodu.

Systém se skládá z pěti vrstev:

1. Kovový podpůrný rám
2. Panel z tvrzeného PVC
3. Spodní vrstva netkané textilie
4. Zavlažovací systém
5. Svrchní vrstva netkané textilie

Kvůli cirkulaci vzduchu mezi budovou a systémem zelené stěny, se na nosnou zeď nejprve nainstaluje podpůrná kovová konstrukce. Většinou se jedná o čtvercovou síť kovových hranatých trubic o tloušťce 40 mm. Trubky jsou od sebe vzdálené přibližně 600 mm

Na kovový rám je připevněna PVC deska o tloušťce 10 mm, která ukotvuje dvě vrstvy geotextilie.

Pomocí nastřelovací pistole či lepidla se na PVC panely postupně připevňují dvě vrstvy netkané textilie (viz Obr. 8). Tato vysoce nasáklivá textilie je srovnatelná s vrstvami řas a mechů porůstající povrchy skal a stromů. Simuluje přírodní podmínky pro růst rostlin v určitých ekosystémech. Epifytické a skalní druhy rostlin použité na zelených stěnách zakořeňují do textilie stejným způsobem, jako by se zakořenily do vrstvy mechu na kamenitém povrchu.

Spodní vrstva textilie slouží především jako medium pro zakořenění rostlin. Do vnější vrstvy jsou horizontálně vyřezány otvory, do kterých jsou pak zasazovány jednotlivé rostliny (viz Obr. 9). Velikost otvorů se pohybuje mezi 50 až 100 mm, záleží na velikosti rostliny vsazené do otvoru.

Kořeny rostlin jsou zbaveny zeminy a vloženy mezi dvě vrstvy. Pro co nejlepší ukotvení rostliny v systému se na každé straně rostliny instaluje kovová spona, která drží otvor pevně uzavřený. Tímto způsobem je rostlina uchycena pevně na svém místě. Díky svému kořenovému systému, který postupně prorůstá textilii, může rostlina plně vegetovat na vertikální stěně mnoho let

Mezi dvěma vrstvami netkané textilie je instalován zavlažovací systém na principu kapkové závlahy. Zelená stěna je zavlažována pomocí plastové trubky, většinou vyrobené z polyuretanu, umístněné na vrcholu stěny. Každých 100 mm se na trubce nachází 2 mm široký otvor, kterým rovnoměrně protéká voda do celého systému.

Konečná váha tohoto typu vertikální zahrady je poměrně nízká, v průměru zaujímá 15 kg/m^2. Z toho 7 kg/m^2 náleží PVC desce o tloušťce 10 mm, 3-5 kg/m^2 netkané textilii (záleží na kvalitě vody, kterou nasákla) a 1-5 kg/m^2 rostlinám (Blanc, 2008).

3.5.2 Vertikální zahrady se substrátem

Za posledních pár let vzrostl zájem o zelené stěny, proto je dnes na trhu možné najít nepřeberné množství různých systémů vertikálních záhonů. Základní rozdíl lze nalézt v použitém substrátu a jeho uchycení (Perini at Magliocco, 2012).

3.5.2.1 Systém kapes

Tento systém představuje sestavu „kapes“, do kterých jsou rostliny postupně vysazovány (viz Obr. 10). Jako hlavní materiál se zde používá plsť vyrobená z recyklovaných PET lahví, skládající se z velmi odolných nylonových vláken. Tato textilie poskytuje neutrální prostředí pro rostliny. Celá sestava kapes je připevněna na panel vyrobený z polyethylenu.

Kapsy vytvářejí prostor pro rostlinu i se substrátem, který zde vyrovnává pH a poskytuje vhodné podmínky pro mikroorganismy. Kvůli k působení mikroorganismů je důležité používat pouze syntetické materiály, které jsou odolné vůči rozkladu.

Vzhledem k nutnosti denní závlahy se doporučuje používat automatickou kapkovou závlahu.

Toto pojetí vertikální zahrady, patentované americkou firmou Plants on Wall, se nabízí ve dvou variantách. Soustava s 4 kapsami o rozměrech 305 × 610 mm váží 1,8 kg bez rostlin a okolo 4,5 kg s rostlinami. Soustava s 12 kapsami o rozměrech 813 × 610 mm váží 2,7 kg bez rostlin a v průměru 11,3 kg s rostlinami. Díky možnosti různých kombinací těchto sestav je možné instalovat vertikální zahrady téměř na míru.

Firma Plants on Wall vyvinula jedinečný koncept vsazování rostlin do vertikálního záhonu, kdy jsou kořeny rostlin i se substrátem nejprve zabaleny do speciálně složené plsti, a teprve po tom vloženy do kapes (viz Obr. 11). Tento způsob umožňuje jednodušší úpravu a výměnu rostlin (www. plantsonwalls.com).

Další technologie, nazvaná „Grow Strip“, je taktéž konceptem firmy Plants on Wall. Hlavní složku zde tvoří drátěná mříž o rozměrech jednoho pole 100 × 100 mm či 150 × 150 mm, vyrobená z nerezavějícího materiálu. Mříž je připevněna k nepropustné ochranné plastové desce a instalována přímo na zeď.

Skrze otvory mříže jsou propleteny pásy textilie vyrobené z recyklovaných PET lahví. Tímto způsobem vzniknou „kapsy“, do kterých je posléze možné sázet rostliny (viz Obr. 12). Při výsadbě rostlin se doporučuje používat speciální systém balení kořenů rostlin do netkané textilie (www.plantsonwalls.com).

3.5.2.2 Systémy z kontejnerů a kazet

Existuje mnoho modifikací tohoto typu vertikálních zahrad. Systémy se liší především velikostí kontejneru a materiálem, ze kterého jsou jednotlivé části vyrobeny. Velmi často se při pěstování rostlin v těchto sestavách používá běžný lehký substrát (Burian, 2011).

Jedna z těchto variací je prezentována a patentována australskou firmou Green Wall Australia. Ta nabízí dvě řešení. První systém používá plastový rám o přesných rozměrech 195 × 790 mm, na který je uchyceno pět plastových kontejnerů. Celá konstrukce se připevňuje na zeď. Tento koncept je vhodný pro menší projekty.

Druhý typ se používá pro větší projekty. Zde se nádoby zavěšují na hliníkovou mříž, která může být upravena do jakéhokoliv rozměru a tvaru (viz Obr. 13).

Jednotlivé kontejnery pojmou 500 cm^3 pěstebního substrátu a 50 ml vody. Jsou navrženy tak, aby přesně odpovídaly automatizované závlaze. Vzhledem k tomu,

že jsou nádoby odděleny, je možné pěstovat každou rostlinu ve speciálním substrátu (http://greenwallaustralia.com.au/products/).

Další příklad tohoto typu systému se skládá z modulů připevněných na speciální konstrukci. Ta je sestavena z vertikálně a horizontálně instalovaných hliníkových tyčí, které dohromady vytvářejí síť o rozměrech maximálně 600 × 400 mm. Horizontálně položené tyče mají speciální tvar, který umožňuje ukotvit moduly, do kterých jsou vkládány rostliny (viz Obr. 14).

Kontejnery jsou dostupné ve dvou velikostech. Menší kontejner má rozměry 200 × 140 × 250 mm, kdežto větší měří 400 × 140 × 250 mm. Váha se pohybuje okolo 4 – 7 kg na jeden modul v závislosti na typu substrátu a druhu pěstované rostliny. Tyto moduly, vyrobené z recyklovaných materiálů, jsou nabízené v několika barvách (www.livewall.com/pro/
technical/installation).

Mezi modulární soustavy patří také systém patentovaný společností The Living Wall Company, nazvaný ELT EasyGreen. Jeho podstatu tvoří individuální panely měřící 300 × 300 × 100 mm, rozdělené na deset částí, které tvoří prostor pro rostliny. Tyto moduly, vyrobené z recyklovaného plastu, se mohou různě kombinovat, což umožňuje velkou škálu možnosti, jak ozelenit stěnu (viz Obr. 15).

Rostliny jsou nejprve předpěstovány v panelech v horizontální poloze, teprve po dostatečném zakořenění (cca 4 – 6 týdnů) jsou panely instalovány vertikálně. Obvykle se na plášť budovy nejprve připevní kovový rám, který drží moduly pevně pohromadě.

Součást soustavy tvoří automatizovaná kapková závlaha (www.thelivingwallco.com/
products).

Další typ flexibilního modulárního systému prezentuje společnost GSky Plant Systems Inc. Hlavní složku soupravy tvoří kazeta s rozměry 300 × 300 mm, vyrobená z nerezové oceli. Kazety jsou naplněné substrátem, který je překryt fólií s kruhovými otvory pro rostlinu. Jednotlivé moduly jsou dle návrhu uspořádány na podpůrné ocelové konstrukci připevněné ke zdi (viz Obr. 16).

K pěstování rostlin se zde používá strukturní substrát bez půdy odolný proti erozi. Jeho složení však firma neuvádí (http://gsky.com/green-walls/pro/).

Konceptem vertikálních zahrad se zabývá také německá firma Optigrün. Jádro soustavy tvoří kvalitní hliníkové kazeta vyplněná speciálním substrátem, který je fixován hliníkovou mřížkou obsahující otvory pro rostliny. Kazety jsou posléze upevněny na horizontální závěsné lišty (viz Obr. 17). Součástí systému je dále systém kapkové závlahy, drenážní kanál pro odvod přebytečné vody a nasákavá kapilární textilie, která slouží k zadržování vody a její distribuci rovnoměrně po celé ploše zelené stěny.

Rozměry jedné kazety jsou 1000 × 600 × 60 mm, hmotnost se pohybuje od 50 kg/m^2 do 83 kg/m^2 (naplněná kazeta).

Tento systém disponuje širokou škálou barevných možností povrchu kazet a jejich výplně. Standartní povrch má klasickou barvu hliníku, avšak může být natřen jakoukoliv barvou stupnice RAL. Barva substrátu se odvíjí od jeho druhu, např. pemza (bílá), tuf (béžová) či červená drcená cihla (http://www.fassadenbegruenung.info/).

Francouzská firma GreenWall nabízí systém vertikálních záhonů tvořených z plochých drátěných košů, patentovaných pod názvem „GreenBox“. Jedná se o předem osázené panely předpěstované po dobu 4 až 6 měsíců ve školkách. Jednotlivé „koše“ lze mezi sebou různě zaměňovat, a vytvářet tak libovolné stěny (viz Obr. 18).

Tloušťka panelů se pohybuje v rozmezí 150 až 180 mm a hmotnost okolo 45 až 70 kg/m^2 v závislosti na vlhkosti substrátu.

Panely jsou zavěšeny na hliníkové závěsné lišty a celý systém je doplněn o automatickou závlahu (Burian, 2011).

3.5.2.3 Modulární systém na principu hydroponie

Společnost Sage Vertical Garden Systems využívá technologie vertikální zahrady na principu hydroponie.

Systém se skládá z několika částí:

1. Ocelový podpůrný rám
2. Ochranný panel z recyklovaného plastu
3. Podložka potažená textilií (plstí)
4. Plastové lišty sloužící pro zavěšení jednotlivých modulů
5. Moduly s rostlinami (Biotiles)
6. Zavlažovací systém

Stěžejní část systému tvoří modul zvaný „Biotile“. Jedná se o plastový obal s kruhovými otvory, vyplněný minerální vlnou, která zde nahrazuje běžný půdní substrát (viz Obr. 19).

Minerální vlna, nebo také čedičová vlna, je přírodní produkt získaný z vulkanické horniny. Minerální vlna se chová jako houba, která dokáže udržet až 80% vlhkosti. Díky tomu není nutné zalévat rostliny tak často, jako u ostatních systémů vertikálních zahrad.

Standartní modul pojme 20 rostlin, měří 450 × 600 × 80 mm a váží okolo 11 kg/m^2. Rostliny v kazetách jsou předpěstovány ve školkách či sklenících, tudíž jsou na budovu instalovány již plně zakořeněné a rozrostlé (http://www.sageverticalgardens.com/vertical-garden-systems).

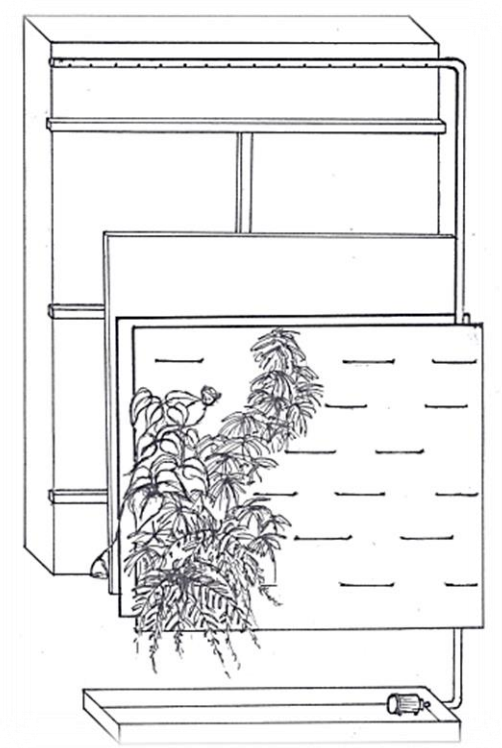
3.5.2.4 Systém tvořený z keramických sestav

Netradiční vertikální zahrady přestavuje španělská firma Unusual Green. Systém je tvořen z pálených keramických stojanů na lahve, kde otvory tvoří prostor pro rostlinu a substrát (viz Obr. 20). Na sebe poskládané keramické části jsou instalovány lehce do svahu, což umožňuje lepší přístup vody do všech částí zelené fasády. V závislosti na velikosti stěny může či nemusí být použito automatizované zavlažování.

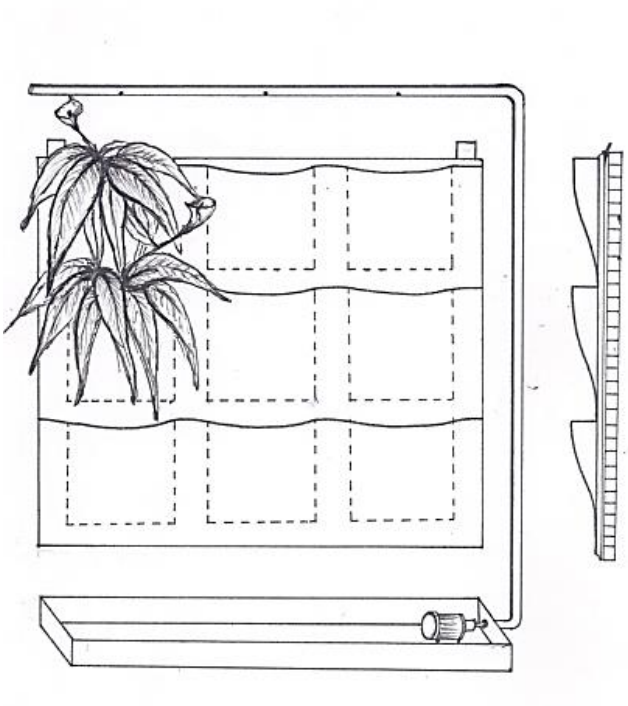
Nejvíce se daří v tomto systému sukulentním rostlinám, proto je určený především pro teplejší klimatické oblasti (http://www.unusualgreen.com/vertical-gardens/).

3.5.2.5 Vertikální zahrady z palet

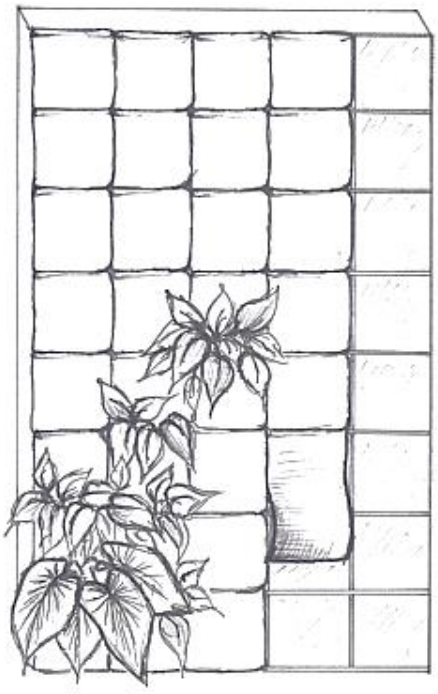
Alternativním a poměrně jednoduchým řešením je vertikální zahrada vyrobená z klasické dřevěné palety. Duté části palety jsou vyplněny substrátem a ze stran osázeny rostlinami (viz Obr. 21). Tato zhotovený vertikální záhon bude omezen jak velikostí, tak životností. Zavlažování rostlin je nutné provádět ručně (Burian, 2011).



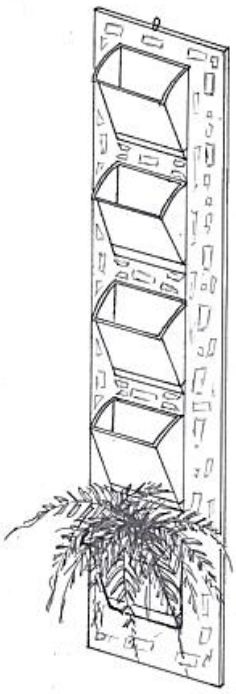
Nákres 1: Systém „Mur Végétal“;
Zdroj: Jana Hrabětová



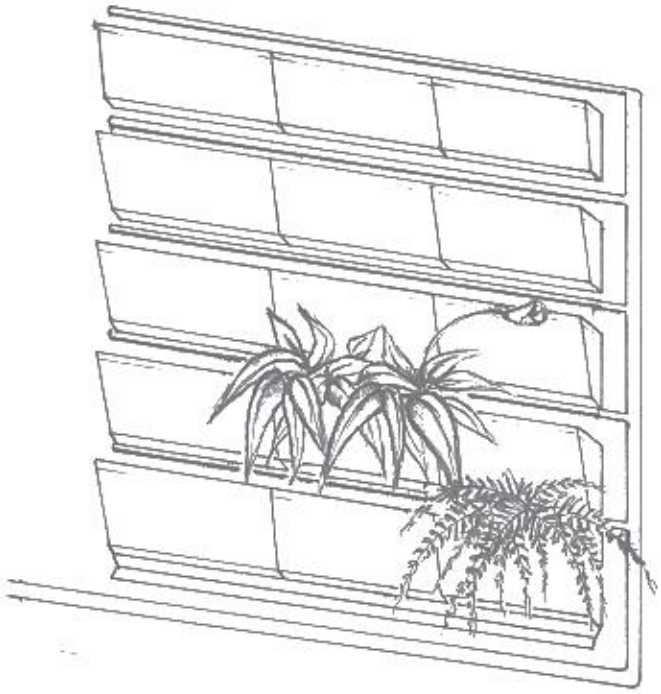
Nákres 2: Systém kapes, navrženo společností Plants on Walls;
Zdroj: Jana Hrabětová



Nákres 3: Systém Grow Strip, navrženo společností Plants on Walls;
Zdroj: Jana Hrabětová

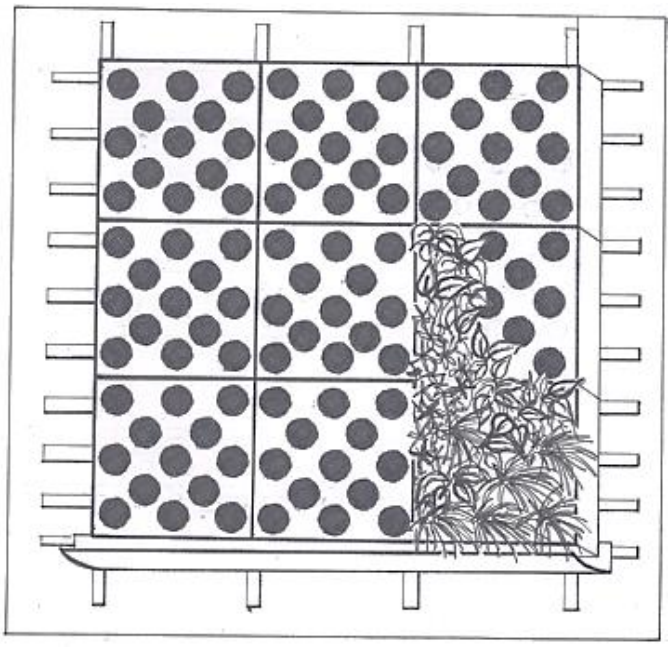


Nákres 4: Systém závěsných modulů, navrženo společností Green Wall Australia;
Zdroj: Jana Hrabětová

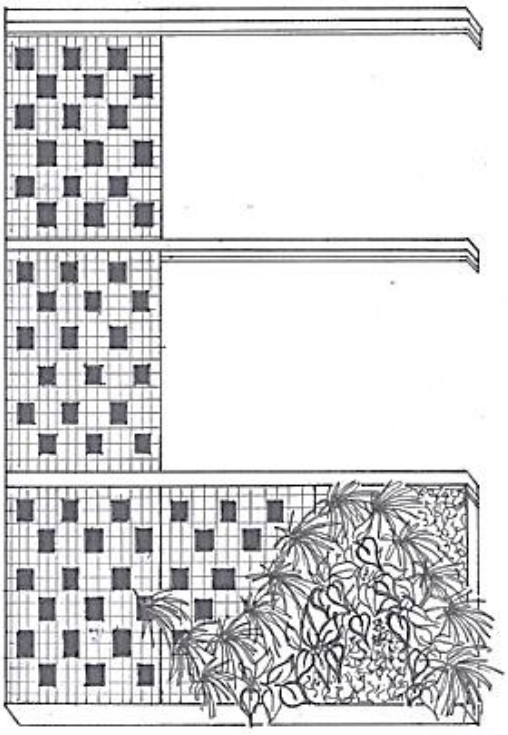


Nákres 5: Systém závěsných modulů Live Wall;
Zdroj: Jana Hrabětová

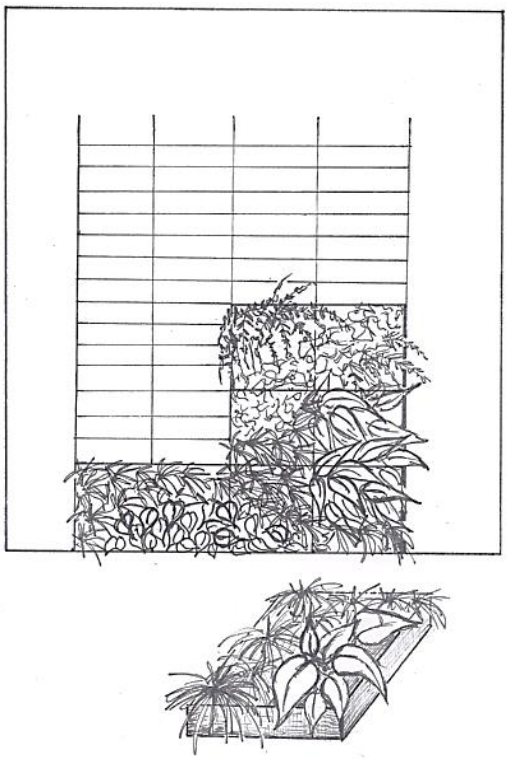
Nákres 6: Systém závěsných modulů ELT EasyGreen, navrženo společností The Living Wall Company;
Zdroj: Jana Hrabětová



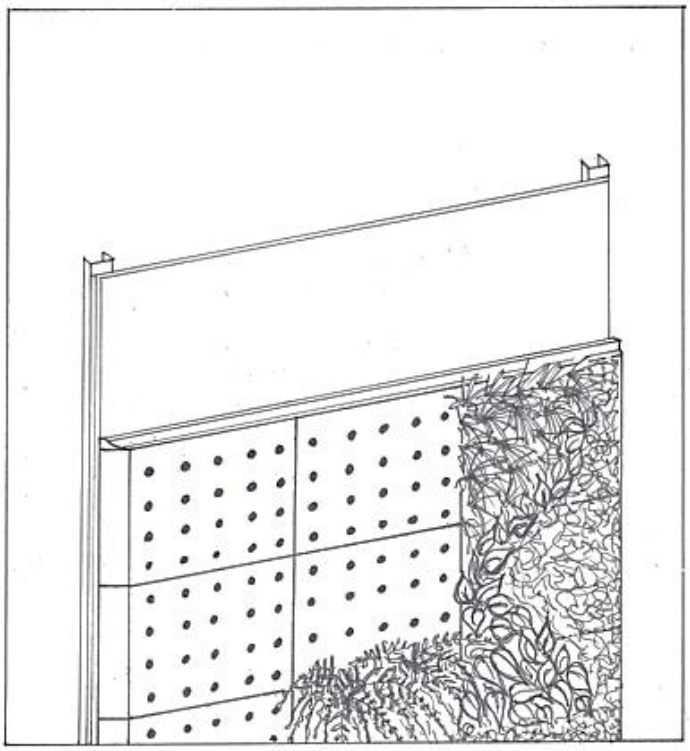
Nákres 7: Systém závěsných modulů, navrženo společností GSky Plant Systems Inc;
Zdroj: Jana Hrabětová



Nákres 8: Systém závěsných modulů, navrženo společností Optigrün;
Zdroj: Jana Hrabětová



Nákres 9: Systém závěsných modulů „Green Box“, navrženo společností Green Wall;
Zdroj: Jana Hrabětová



Nákres 10: Modulární systém na principu hydroponie, navrženo společností Sage Vertical Garden Systems;
Zdroj: Jana Hrabětová

3.6 Materiály

3.6.1 Panel z tvrzeného PVC

Nenasákavá plastová nosná deska zpravidla slouží v systému vertikálních zahrad jako podklad pro vrstvy netkané textilie (Burian, 2011). Výhodou tvrzeného PVC je zejména jeho nízká hmotnost, 10 mm silná deska váží pouze 7 kg/m^2. Na rozdíl od ostatních neměkčených plastů je tento materiál rezistentní vůči vysokému tlaku. Dokáže odolat mechanické síle téměř 100 kg/cm^2, což je mnohem větší síla než jakou působí rostliny zelené stěny na desku (Blanc, 2008).

3.6.2 Kovový podpůrný rám

Slouží k upevnění PVC panelu na zeď. Kovová mříž, vyrobená z mědi, pozinkované oceli či nerezové oceli, je instalována přímo na nosnou zeď budovy, čímž mezi zdí a konstrukcí vzniká mezera, která umožňuje cirkulaci vzduchu za systémem vertikální zahrady.

Propojené hranaté trubky o průměru 4 cm tvoří čtvercovou síť. Spoje trubek je nezbytné utěsnit voděodolným těsněním (Blanc, 2008).

3.6.3 Substráty

Substrát slouží jako prostředí pro zakořeňování rostlin. Rostliny prorůstají pěstební médium svými kořeny a kořenovými vlásky, prostřednictvím kterých čerpají z půdy vodu a živiny.

Substráty na pěstování rostlin jsou velmi různorodé. Dle fyzikálního stavu představují zpravidla heterogenní materiály s pevným, kapalným a plynným podílem. Používají se také substráty s převahou kapalného podílu, jako např. hydroponický roztok.

Substráty se rozdělují na dvě skupiny:

1. Přirozené substráty: v přírodě se vyskytující přirozené médium na zakořeňování rostlin.
2. Umělé substráty: substráty jsou vytvořené, přizpůsobené nebo speciálně upravené lidskou činností (Bedrna, 1989).

Moduly a kontejnery některých systémů vertikálních zahrad obsahují přirozené substráty (běžný půdní substrát) nebo substráty umělé založené na hydroponické kultuře, jako např. netkaná textilie (plsť), perlit či minerální vlna (Perini et Magliocco, 2012).

3.6.3.1 Pěstební substrát

Jedná se o substráty, které mají přesně definované vlastnosti a povětšinou mají univerzální použití. Jejich nejvýznamnější složku tvoří rašelina (Soukup a kol., 1979).

Směs zemin se tradičně připravuje směšováním humusových a minerálních zemin v určitém poměru, např. 2- 3: 1 pro směs lehčí, 1: 1-3 pro směs těžší. Pro zvýšení kyprosti materiálu lze rašelinu doplnit o kompostovanou kůru. Minerální složka může být v substrátu zastoupena dezinfikovanou kompostovanou zeminou, kvalitní ornicí či jílem ze spodních vrstev půdy (Vít a kol., 1996).

3.6.3.2 Rašelina a rašelinný substrát

Rašelina je přírodní organická hmota. V přirozených podmínkách vzniká rozkladem rostlin za nepřístupu vzduchu, v podmínkách soustavného zamokření.

Z hlediska pěstitelských účelů kvalita rašeliny závisí na stupni jejího rozložení, které lze poznat ze struktury a je různé ve vztahu k množství spalitelných látek.

Kvalitní rašelina je vláknitá, málo rozložená a obsahuje nejméně 85% spalitelných látek. Čistá nerozložená rašelina je kyselá (pH 3,5- 4,5), má dobrou kypřící schopnost, pojme hodně vody a delší dobu odolává bakteriálnímu rozkladu (Vít a kol., 1996).

Rašelinný substrát svou povahou stojí uprostřed mezi zeminou a hydroponií. Z pěstitelského hlediska zaujímá výhodné vlastnosti jednoho i druhého způsobu pěstování. Díky velkému objemu pórů (až 93 % objemu) má velmi nízkou objemovou hmotnost, což je výhodou při manipulaci a transportování. Vysoce porézní materiál je také nositelem velké vodní kapacity (Soukup a kol., 1979).

3.6.3.3 Hydroponické kultury

Podstatou hydroponického pěstování je kontrolované zásobování rostlin potřebnými živinami a vodou z živného roztoku. Výživa rostlin se lépe řídí díky jejich schopnosti přijímat snadněji živiny rozpuštěné ve vodě. Při hydroponických systémech, označovaných jako bezsubstrátové, se nepoužívá žádný běžný pěstební substrát. Převládají však substrátové systémy, v nichž se používají různé inertní materiály. Inertní substráty neobsahují žádné

živiny a patogeny. Slouží jako prostředí pro růst kořenů, ve kterém je důležitý poměr vody a vzduchu. Po nasycení substrátu živným roztokem musí zůstat určitý podíl pórů naplněn vzduchem, aby měly kořeny dostatek kyslíku.

Důležitou složkou při přípravě živných roztoků k hydroponii je kvalitní voda. Vhodná voda je hodnocena podle určitých ukazatelů:

- Celkový obsah rozpuštěných solí vyjádřený elektrickou vodivostí: ideální nízká vodivost (0,3 – 0,7 mS/cm),
- Obsah iontů sodíku a chloridu: kvalitní voda by měla mít méně než 30 mg Na^+ a 50 mg Cl^- v jednom litru vody,
- Celková tvrdost vody: měkká voda dokáže nejlépe udržet živiny v roztoku (Dubský a Kalina, 1993).

3.6.3.4 Netkaná textilie

Geotextilie nahrazuje v systému funkci substrátu. Vysoce nasákavá textilie (plst) je srovnatelná s tenkou vrstvou řas a mechu pokrývající povrch skal, do které rostliny zakořeňují. Díky vhodnému složení a výrobě představuje textilie velmi odolný materiál, vzdoruje plísním, bakteriím i extrémně kyselým a zásaditým prostředím. Textilie disponuje především nízkou hmotností. Rozdíl mezi hmotností systému zelené fasády bez substrátu a se substrátem je markantní, 3 mm silná textilie nasáklá vodou váží přibližně 3 kg/m^2, kdežto 2 cm silná vrstva substrátu váží 20 kg/m^2 (Blanc, 2008).

3.6.3.5 Minerální vlna

Minerální vlna představuje hlavní substrát pro hydroponické pěstební systémy. Minerální, nebo také čedičová vlna se vyrábí tavením hornin a dalších přísad při teplotě 1600°C, rozvlákňováním taveniny a tvarováním vláken do desek či granulí. Pro zlepšení nasáklivosti materiálu se vlákna upravují aditivy. Na suchu je pórovitost minerální vlny 97% (obsah vzduchu), při nasycení je okolo 85% pórů naplněnou vodou. Tyto údaje jsou platné pro plsť s výškou 10 cm, zvyšováním profilu minerální vaty nasáklivost klesá (Dubský a Kalina, 1993).

3.6.3.6 Štěrkový materiál

Štěrk je vytvářen úlomky pevných hornin a minerálů, jejichž velikost se pohybuje v rozmezí od 2 mm do 50 mm. Při hydroponickém pěstování rostlin se používá drobný štěrk o velikosti 2- 10 mm (Bedrna, 1989).

Štěrk ze sopečného popele (tuf) je jedním z nejlepších druhů štěrku. Přestože není tuf inertní, tato vlastnost nemá větší vliv na růst rostlin. Díky dobré schopnosti zadržovat vodu a výborným podmínkám pro výměnu plynů je tuf vhodným médiem pro pěstování rostlin.

K hydroponii se dále používá štěrk z čediče a žuly (Schwarz, 1995).

3.6.3.7 Keramzit

Keramzit je uměle vytvořený materiál, který se vyrábí při teplotě 1100- 1400 °C v rotačních pecích ze speciálních cypřišových jílů. Okrouhlé až oválné „valouny“ o průměru 5- 30 mm jsou 2,5 krát lehčí než štěrk a jejich pórovitost je 40- 60%.

K hydroponickému pěstování rostlin je vhodný hrubozrnný keramzit o průměru 10- 30 mm (Bedrna, 1989).

3.6.3.8 Perlit

Perlit se získává z křemičité vulkanické horniny. Při teplotách okolo 1000 °C měkne, vázaná voda se uvolňuje a způsobuje rozpínání materiálu. Expandovaná látka je bíle zbarvena a disponuje hustotou 130- 180 kg m^{-3}. Díky své struktuře perlit dobře zadržuje vodu, kterou pak postupně uvolňuje. Substráty obsahující perlit jsou tak dobře zásobeny vodou a provzdušněny. Perlit je fyzikálně stabilní a chemicky inertní (Schwarz, 1995)

3.6.3.9 Kokosové vlákno

Kokosová vlákna se získávají ze silné vrstvy mezokarpu kokosového ořechu (*Cocos nucifera*). Bylo dokázáno, že kokosová vlákna představují efektivní alternativu klasických pěstebních substrátů. Svým vzhledem velmi připomíná rašelinový substrát, avšak oproti rašelině substrát z kokosových vláken neobsahuje žádný přebytečný materiál.

Kokosová vlákna mají relativně dobré izolační vlastnosti a umožňují difúzi. Vlákna jsou vysoce elastická, velmi odolná proti mechanickému opotřebení a vlhkosti, jsou uvnitř dutá a pojímají až 65 % vzduchu. Dále jsou odolná vůči bakteriím a houbám. Balí se jako

volná vlákna nebo mírně stlačené desky. Vlákno má otevřenou strukturu, poskytuje prostory pro živiny a vzduch. Běžně se používá pro hydroponické pěstování (Bertin et al., 2011).

3.7 Péče a údržba

3.7.1 Závlaha

Všechny systémy vertikálních zahrad potřebují pravidelnou zálivku, a to během celého roku. Nejčastěji se používají technologie na principu kapkové závlahy. (Pejchal, 2011).

Kapkové zavlažování je nejrozšířenější formou tzv. mikrozavlažování, které je založeno na filozofii dodávat jednotlivým rostlinám přesné množství vody, které potřebují pro svůj růst. Tímto způsobem dochází k úspoře až 2/3 vody potřebné pro tradiční zálivku. Vypařování a ztráty vody se takto snižují na minimum.

Společným znakem mikrozavlažovacích soustav je použití ohebných plastových trubek s malým průměrem. Na hlavní, instalační trubku vedoucí vertikálně po straně zelené stěny se napojují rozdělovací a kapací trubky o průměru menším než 10 mm. Tyto trubky, vedené horizontálně, dále rozvádějí vodu do celého systému vertikální zahrady.

Jednoduché kapkové soustavy se dají řídit manuálně nebo se mohou spojit se závlahovým počítačem či hodinami. Takové systémy umožňují zálivku v přesných časových intervalech bez manuálního zásahu.

Kapková závlaha je poměrně levná záležitost a instalace se obejde i bez odborného dozoru. Před budováním systému je však nutné provést nejprve rozbor vody po mikrobiologické stránce, na obsah řas, kalu a slizu. Vodu je nutné upravovat dvoustupňovou filtrací. Součástí kapkové závlahy může být i dodávka hnojiv (Tůma, 2001).

Části kapkové závlahy: (viz Obr. 22)

1. Časový spínač
2. Vstřikovač hnojiva: přidává předem určené dávky hnojiva do systému při každém cyklu zalévání.
3. Filtr: síť z nerezové oceli zabraňující průniku nežádoucích částic do systému.
4. Regulátor tlaku: udržuje stálou hodnotu tlaku. Při vysokém tlaku hrozí nebezpečí vytržení hadic ze systému.

5. Systém hadic: většinou se používají hadice o průměru 19 mm, tento rozměr se však může lišit u jednotlivých sestav.
6. Kapkovač: propojuje horizontálně vedené hadice s hlavní vertikální hadicí. Doporučuje se kapkovač s průtokem 2 l/h.
7. Nádrž na přebytečnou vodu (Bribach, 2014).

V závislosti na sezóně a orientaci zelené fasády ke světovým stranám se zavlažování provádí 3- 5 krát denně. Délka zavlažování trvá 1- 3 minut, ve výjimečných případech až 5 minut. V mírném klimatickém pasu řádný vodní management vyžaduje okolo 3 l vody na m^2 v létě a necelý 1 l vody na m^2 v zimě. Exteriérové vertikální zahrady je nutné zalévat i přes zimu, pokud se teploty několik dní za sebou pohybují nad bodem mrazu. Množství a frekvence závlahy záleží na systému zelené fasády (Blanc, 2008).

Výpadky v dodávce vody rostlinám v části stěny nastávají relativně snadno ucpáním závlahy. Vzhledem k malé zásobě vody v kořenovém prostoru rostlin pak v létě rychle dochází k jejich poškození až odumření (viz Obr. 23). Zvýšenou citlivost lze předpokládat u textilních systémů, které mají nejmenší zásobu vody (Pejchal, 2011).

3.7.2 Hnojení

Z dlouhodobého hlediska se žádný systém neobejde bez dodávky živin realizované většinou tzv. hnojivou závlahou. Výjimku představují pouze systémy s porézními povrchy, avšak i jejich vegetaci občasné hnojení prospívá (Pejchal, 2011).

Většinou se používá vysoce rozpuštěné výživné médium v množství 0,2- 0,3 gramů na 1 litr vody (Blanc, 2008). Hnojivo je rozváděno do systému zpravidla pomocí vstřikovače hnojiva, které je součástí závlahového zařízení, nebo může být distribuováno manuálně. Typ hnojiva zcela záleží na pěstovaných rostlinách (Bribach, 2014).

Hnojivo lze dávkovat v menším množství, než je doporučeno, neboť rostliny násilím vyhnané k růstu hůře odolávají povětrnosti a patogenům. Preferují se druhy hnojiv obsahující široké spektrum živin (Blanc, 2008).

3.7.3 Péče o vzhled zelené fasády

Zelené fasády jsou vegetačním systémem bez kontaktu s terénem, proto vyžadují trvalý a dostatečný přísun vody. Intenzita údržby závisí na druhu použitých rostlin, a také na ročním období. Sukulentní druhy většinou nevyžadují téměř žádnou speciální péči,

na druhou stranu druhy s dobře vyvinutými stonky (keře) potřebují být několikrát do roka stříhány. Nadměrným růstem do prostoru hrozí vyvrácení rostlin ze systému.

Pro údržbu vyšších vertikálních zahrad (10- 30 m) je zapotřebí použít vysokozdvižné techniky (viz Obr. 24). Pokud jsou zelené stěny příliš vysoké či obtížně dostupné, péče se provádí za pomoci horolezeckého náčiní (Blanc, 2008).

3.7.4 Péče v průběhu roku

Tabulka 4: Údržba a péče o systém vertikální zahrady v průběhu jednotlivých ročních období (http://livewall.com/pro/technical/maintenance/)

Období	Kontrola systému	Údržba vegetace	Závlaha	Hnojení
Jaro	Kontrola vlhkosti pláště budovy za vertikálním záhonem[1]	Odstranění suchých částí rostlin, nahrazení odumřelých rostlin novými	Reaktivace a znovunastavení zavlažovacího systému[2], výměna baterií, oprava možných trhlin, čištění filtrů	Obnovení zásob tekutého hnojiva v systému[3], aplikace granulovaného hnojiva[4]
Léto	Kontrola vlhkosti pláště budovy za vertikálním záhonem[1]	Odplevelení, zastřižení přerostlých rostlin, odstranění suchých částí rostlin	Občasná kontrola systému, čištění filtrů	Aplikace hnojiva
Podzim	Kontrola vlhkosti pláště budovy za vertikálním záhonem[1]	Střih odumřelých částí rostlin[5]	Deaktivace systému, celková kontrola systému	-
Zima	-	-	Pokud jsou teploty > 0°C, občasná závlaha	-

1. Lze provést u modulárních systémů vertikálních zahrad. 2. Pokud byl systém na zimu vypnut. 3. Při automatizovaném hnojení. 4. Při manuálním hnojení modulárních systémů.
5. Není nutné, odumřelé části rostlin mohou sloužit jako izolace přes zimu (http://livewall.com/pro/technical/maintenance/).

3.8 Sortiment rostlin použitelných v České republice

3.8.1 Inspirace v přírodě

3.8.1.1 Říční břehy

Prostředí okolo řek a potoků je charakterizováno nestabilním substrátem závisejícím na mineralogickém složení vody a na směru a síle proudící vody. Několik druhů rostlin roste na vertikálních březích a hranách potoků, jak v tropickém, tak v mírném pásu. Kořenový systém rostlin je velmi rozsáhlý a hustý, kořeny zarůstají do svrchní vrstvy, ať už se jedná o půdu či kámen.

Kameny, z části vyčnívající nad vodou jsou vždy pokryty vrstvou řas, které napomáhají, díky své kapilární činnosti, pohybu vody na kamenech. Po každém prudkém dešti jsou kameny vystavovány velmi silnému proudu vody. Rostliny uchycené na kluzkém povrchu těchto kamenů jsou nazývány rheofyty (*rheos* v řečníně znamená „proudit“). Různé druhy rheofytů spojuje několik morfologických charakteristik, např. silné, podlouhlé listy, kratší stonky nebo malá semena. Rheofyty jsou nejvíce rozšířené v tropických oblastech, avšak mají své zastoupení i v mírnějších podmínkách (Blanc, 2008).

Vegetace v okolí řek je velmi rozmanitá. Na jejich březích lze nalézt různé druhy nízkých ostřic (*Carex flacca, Carex flava*), či kapradiny (*Driopteris cristata*) na místech mírné zastíněných (Chytrý a kol., 2010).

3.8.1.2 Skály

Bez ohledu na jejich lokaci a minerální složení, skály pokrývá jen řídká vegetace. Rostliny zakořeňují pouze na místech, kde se vyskytuje alespoň minimální množství substrátu. Jejich vlastnosti určují okolní podmínky (silný vítr, teplotní rozdíly) a chemické složení mateřské horniny (Blanc, 2008).

Skály představují různorodý bezlesý biotop s výskytem petrofilních a chasmofilních rostlin, které jsou schopny růst ve štěrbinách skal a balvanů. Ve vegetaci skal a drolin se zpravidla setkává malý počet specifických skalních druhů s početnou skupinou druhů přesahující z okolní vegetace.

Vegetace skalních štěrbin má převahu v chasmofilních kapradinách (*Aspeninum trichomanes, Aspeninum viride*), dvouděložných chamaefytech (*Saxifraga paniculata, Sedum album*) a mechorostech (*Brachythecium glareosum, Cyrrinphylum tommasinii*). Hojné jsou i druhy ostřic (Chytrý a kol. 2010).

3.8.1.3 Vodopády

Vodopády jsou odjakživa atraktivní pro svou bohatou vegetaci, která je obklopuje. I přestože se vodopády vyskytují často na světlých slunných místech, jejich vegetaci převážně tvoří rostliny lesního podrostu. Tyto rostliny pokrývají velkou část kamenných stěn v okolí vodopádu. Kamenný povrch, kořeny a listy rostlin jsou často pokryty vrstvou řas a bakterií, které však nezpůsobují rostlině žádné újmy. Velmi hustá rostlinná vegetace se tak stává vertikální zahradou táhnoucí se od spodu vodopádu až nahoru.

Díky velmi příhodným podmínkám k růstu rostlin zde dochází ke konkurenčnímu boji mezi druhy rostlin. V důsledku tohoto boje je okolí téměř každého vodopádu porostlé pouze třemi nebo čtyřmi druhy rostlin.

V porovnání s tropickým pásmem je v mírném podnebí diverzita rostlin v okolí vodopádu menší, avšak rozhodně není zanedbatelná (Blanc, 2008). Na přirozených stanovištích určují charakter porostu nízké ostřice (*Carex pendula, Carex sylvatica*), mokrýš vstřícnolistý (*Chrysosplenium oppositifolium*) či některé nízké Saxifragaceae. Mechové porosty tvoří např. bahňatka potoční (*Brachythecium rivulare*), hrubožebrec kapradinový (*Cratoneuron filicinum*), krasatka přeslenitá (*Eucladium verticillatum*) či měřík tečkovaný (*Rhizomnium punctatum*) (Chytrý a kol., 2010).

3.8.2 Faktory ovlivňující výběr rostlin

Při výběru rostlin pro vertikální zahradu je zapotřebí brát v potaz několik kritérií, z nichž nejdůležitější je geografická poloha umístnění zelené stěny (Blanc, 2008).

3.8.2.1 Klima České republiky

Česká republika se nachází na území střední Evropy. Podnebí na celém území republiky je mírné, přechodné mezi oceánským a kontinentálním s typickým střídáním čtyř ročních období. Pro podnebí ČR je charakteristické západní proudění s převahou západních větrů, časté střídání jednotlivých frontálních systémů (ročně přes naše území přejde v průměru kolem 140 front) a poměrně hojné srážky. Dochází k mísení přímořského a kontinentálního podnebí. Velký vliv na podnebí má nadmořská výška a rozmanitý reliéf.

Průměrná roční teplota se v Česku pohybuje mezi 5,5 °C až 9 °C. Nejchladnějším měsícem roku je leden, kdy i v nížinách klesne průměrná měsíční teplota pod 0 °C. Nejteplejším měsícem je s průměrnou teplotou 20 °C červenec (Tolasz, 2007).

3.8.2.2 Orientace ke světovým stranám

Orientace ke světovým stranám výrazně ovlivňuje světelné a tepelné poměry, a působení větru na rostliny. U stěn orientovaných ke slunci dochází k extrémním hodnotám a výkyvům teploty. To nepřímo ovlivňuje zásobování kultivačního média vodou a vodní režim rostlin. Zvláště stěny vystavené přímému slunci se vyznačují extrémními podmínkami. Rostliny na těchto vertikálních zahradách musí být odolné jak k vysokým teplotám a slunečnímu úpalu, tak zimnímu poškození. Nesouměrné poměry na zelených fasádách orientovaných k jihu téměř vylučují smysluplné použití stálezelených listnatých dřevin a bylin. Z dřevin to jsou některé nízké jehličnany (*Juniperus sabina*, *Juniperus horizontalis*, *Juniperus communis*, *Microbiota decussata*), z trvalek pak otužilé druhy rodu *Sedum*, *Sempervivum* a *Jovibarba* (Pejchal, 2011).

3.8.2.3 Vliv okolí

Vliv okolního prostředí na rostliny může být velmi znatelný. Budovy, stromy a další objekty ovlivňují světelné i tepelné poměry a proudění vzduchu. Zřetelný vliv na mikroklima mají i navazující horizontální povrchy. Vliv okolí může způsobit rozdílné podmínky v jednotlivých částech stěny. Samotný výběr rostlin ne vždy vede k uspokojivým výsledkům, pokud není tato situace zohledněna v projektu. Jedním z řešení tohoto problému je možnost úpravy intenzity zálivky v jednotlivých sektorech vertikální zahrady (Pejchal, 2011).

3.8.3 Sortiment rostlin

Jak již bylo zmíněno, dosavadní zkušenosti s exteriérovými vertikálními zahradami ve střední Evropě nejsou dostačující. Při výběru rostlin je možné se inspirovat zelenými stěnami ve stejných klimatických podmínkách jako u nás.

V roce 2011 byly zkoumány a hodnoceny následující vertikální zahrady.

- FRONIUS International GmbH, Wels, Rakousko, autor P. Blanc, založeno v roce 2010, plocha 210 m^2, orientace k západu
- Uniqua, Vídeň, Rakousko, autor P. Blanc, založeno v roce 2010, plocha 600 m^2, orientace k východu (rozestup mezi domy cca 3 m)
- Galeries Lafayette, Berlín, Německo, autor P. Blanc, založeno v roce 2008, plocha 60 m^2, orientace k západu
- Garten, Tulln, Rakousko, systém 90^{DE} Green, založeno v roce 2010, plocha 15 m^2, orientace k západu a severu
- BUGA 2011, Koblenz, Německo, systém OPTIGRÜN, založeno v roce 2011, plocha 10 m^2, orientace k západu

Pro hodnocení stavu rostlin byla použita stupnice:

- A – rostliny vitální
- B – rostliny se zřetelně sníženou vitalitou, přijatelné vlastnosti
- C – rostliny s velmi nízkou vitalitou až mrtvé, nepřijatelné vlastnosti

Vzhledem ke ztíženým podmínkám pozorování lze hodnocení rostlin brát pouze jako orientační. To se týká především rostlin, které jsou v našich podmínkách i ve volné půdě nedostatečně zimovzdorné. Při výběru rostlin je možné se inspirovat zkušenostmi s pěstováním rostlin ve štěrbinách a spárách skalek a suchých zídek (Pejchal, 2011).

Tabulka 5: Hodnocení dřevin vybraných vertikálních zahrad

Taxon	Hodnocení				
	Wels	**Vídeň**	**Berlín**	**Tulln**	**Koblenz**
Aucuba japonica			B		
Berberis julianae	C				
Berberis thunbergii			A/B		
Buddleja alternifolia	A				
Buddleja davidii			B		
Buxus sempervirens	A (B-C)		A/B- B	A- (B)	
Cornus sericea		B- C?			
Cotoneaster procumbens	B		B		
Cotoneaster × suecicus	A- B- (C)	B- C		B	
Cytisus scoparius			A/B- B		
Deutzia gracilis	A				
Euonymus fortunei	A- B- (C)	(B)- C	A/B		
Hydrangea arborescens	A		A/B		
Hydrangea quercifolia	B		A/B		
Hypericum 'Hidcote'			A/B		
Chamaecyparis obtusa	A				
Ilex aquifolium	B- (C)				
Jasminum nudiflorum	B	C			
Juniperus communis	A- B				
Juniperus horizontalis	A		A- B		
Juniperus squamata	A		A- B		
Kerria japonica	A		A/B- B		
Ligustrum vulgare	A				
Lonicera japonica		B- C?			
Lonicera nitida	A- B			B- C	
Lonicera pileata		C	B		
Mahonia aquifolium	(B)- C				
Microbiota decussata	A		A/B		
Pachysandra terminalis	B	C		A- (B)	

Philadelphus sp.			B		
Physocarpus opulifolius	A				
Pieris japonica	C				
Pyracantha sp.	A				
Rubus odoratus			A/B		
Spirea densiflora			A/B- B		
Spirea nipponica	A	A	A/B		
Stephanandra incissa	C				
Symphoricarpos× doorenbosii	A- B				
Teucrium chamaedrys				A	
Thuja occidentalis	A		A/B		
Thujopsis dolobrata 'Nana'	B/ C				
Tsuga canadensis	B		B		
Viburnum macrocephalum	B				
Weigela sp.	A	B	A/B		
Yucca filamentosa				A/B	

Tabulka 6: Hodnocení trvalek vybraných vertikálních zahrad

Taxon	Hodnocení				
	Wels	**Vídeň**	**Berlín**	**Tulln**	**Koblenz**
Acorus calamus		B			
Ajuga reptans	B- C				
Alchemilla mollis				A	
Androsace sp.	B				
Arabis caucasica	A/B- B				
Aubrieta cv.		A			
Aurinia saxatilis	A		A/B		
Bergenia cv.	A	A- (B-C)	A	A- (B)	A
Blechnum spicant					A
Campanula portenschlagiana	A	A		A	
Carex digita					A
Carex greyi					A
Carex hachijoensis cv.	A/B				
Carex ornithopoda				A- (B)	
Carex plantaginea				B	
Carex sp.	A		A		
Ceratostigma plumbaginoides	A				
Corydalis cheilanthifolia		A- B		A	
Corydalis lutea	A	A	A/B		
Cylindrica imperata					A
Cystopteris bulbifera		A/B- B			
Dianthus superbus	A				
Duchesnea indica					A
Epimedium sp.				B- B/C	
Epimedium pubigerum		B			
Epimedium versicolor				B- B/C	
Filipendula vulgaris	A/B				
Hemerocallis sp.				A	
Geranium × *cantabrigiense*				A	A

Geranium macrorrhisum	A- B	A	A		
Helleborus foetidus	B- C		A/B		
Helianthemum sp.	A				
Heuchera americana	A/B	A	A		
Heuchera × brizoides	A				
Heuchera micrantha	A		A	A	A
Hosta sp. (úzkolistá)	B- C				
Hosta sp. (širokolistá)		B- C	A/B		
Hylotelephium (= *Sedum*)	A				
Hypericum cerastioides	A				
Iris japonica		B/C- C			
Luzula sp.	A- B				
Liriope muscari	B- B/C				
Lysimachia nummularia	A/B- B				
Phylitis scopopendrium		(B/C)- C		C	
Polygonatum multiflorum		A/B			
Polypodium vulgare	A				
Polystichum falcatum		C			
Polystichum setiferum	B	A- A/B			
Saxifraga paniculata	A- B				
Sedum album	B				B
Sedum cauticola	B- (B/C)				
Sedum spurium				A- (B)	
Sedum sp.	B- B/C				
Smilacina sp.	B- (C)				
Thymus × citridorus				B	A
Tiarella cordifolia	B- B/C	A/B- (B)			

***Alchemilla mollis*- kontryhel měkký**

Rod *Alchemilla*, patřící do čeledi *Rosaceae*, zahrnuje více než 500 druhů. Jedná se o nižší trvalku vhodnou na slunná a polostinná stanoviště. Vyznačuje se dlanitě okrouhlými listy a malé žlutozelenými listy. Může se vyskytovat i na extrémních stanovištích (Haberer, 2005).

Alchemilla mollis tvoří dřevnatý oddenek, z něhož na jaře obráží. Listy, vyrůstající v přízemní růžici, jsou okrouhlé, dlanitě laločnaté, šedozelené a chlupaté. Kvete v červnu až v červenci, zelenavě žlutá květenství tvoří hrozen vrcholíků složených z drobných vijanů.

Kontryhely jsou vhodné do skupin i jako podrost (Dijková, 1999).

***Aubrieta hybrida*- tařička zahradní**

Aubrieta, z čeledi *Brassicaceae*, pochází z horských oblastí jižní Evropy a Asie. *Aubrieta- hybrida* tvoří 10- 15 cm vysoké stálezelené polštáře. Květy jsou sestaveny v řídkých hroznech, mají barvu bílou, růžovou, červenou, fialovou nebo modrou. Kvetou v dubnu až v květnu.

Rostlině prospívá slunné stanoviště, ale snese i polostín. Při holomrazech nezmrzne. Množí se dělením nebo řízky, ustálené odrůdy i semenem. Hodí se do skalek, na zídky i jako lem květinových záhonů (Vít a kol., 1994).

***Alyssum saxatile*- tařice skalní**

U nás chráněná trvalka z čeledi *Brassicaceae* roste na skalnatých místech ve střední a jižní Evropě a Malé Asii. Je až 30 cm vysoká, listy má kopinaté, šedě plstnaté, přes zimu částečně vytrvalé. Sytě žluté věty jsou sestavené v bohatých latách. Kvete v dubnu až v květnu (Vít a kol., 1994).

Optimálním prostředím pro tento druh jsou skalní štěrbiny a rozsedliny, případně nepříliš pohyblivé sutě. V nich vytváří celistvé, vytrvalé, rozvětvené a při bázi z části dřevnaté keříky, zatímco v zahradách a na hlubších půdách jsou keříky řídké a polehávající (Větvička a kol., 1998).

***Bergenia* cordifolia- bergénie srdčitolistá**

Bergenia cordifolia pochází z horských oblastí východní Asie. Výška rostliny se pohybuje okolo 40 cm. Má nápadně velké, stálezelené, okrouhlé, tuhé listy. Na tlustých stvolech se nachází vijany růžových květů. Kvete v březnu až v dubnu a někdy remontuje.

Tato nenáročná a odolná trvalka se hodí na slunce i do polostínu, je vhodná pro skupinové výsadby, do skalek i na břehy vodních nádrží, kde vytváří větší souvislé porosty (Vít a kol. 1994).

***Blechnum* spicant- žebrovice různolistá**

Kapradina žebrovice různolistá roste volně v horských lesích. Listy dosahují délky až 50 cm a rozdělují se na neplodné a výtrusonosné. Stálezelené neplodné listy má rostlina v přízemní růžici, výtrusonosné listy jsou vzpřímené a po čase odumírají. Rostlině se nejlépe daří na stinných vlhkých místech (Dijková, 1999).

***Berberis* candidula- dřišťál bělolistý**

Rod *Berberis* zahrnuje velké množství opadavých i stálezelených druhů. Jedná se o ostnité keře se žlutým dřevem. Listy mají jednoduché, na podzim se vybarvují dočervena. Kvete v květnu až červnu žlutými, nepříjemně zapáchajícími květy.

Berberis candidula je hustý keř dorůstající výšky okolo 70 cm. Listy má drobné, na okraji podhrnuté, na líci tmavozelené a lesklé, vespod nápadně bílé. Vyžaduje slunečné prostředí či mírný stín. Tento otužilý druh je vhodný do zahuštěných výsadeb, skalek nebo mezi nízké trvalky (Hurych, 2003).

***Buddleja* alternifolia- komule střídavolistá**

Buddleja alternifolia je druh patřící do čeledi *Scrophulariaceae*. Díky svému nektaru, který láká motýli, se komuli přezdívá „motýlí keř“. Vytrvalý, opadavý keř s dlouze převislými tenkými větvemi dorůstá výšky 2- 3 m. Listy jsou matně zelené, střídavé, úzce kopinaté. *Buddleja* kvete v červnu fialovými nebo purpurovými květy, které jsou seskupeny v hustých svazečcích.

Komuli vyhovují slunná a chráněná stanoviště, snese i polostín, kde ovšem nekvete tak intenzivně. Během zimy často namrzá, avšak na jaře se rychle zregeneruje (Vermeulen, 1998).

***Buxus sempervirens*- zimostráz obecný**

Ačkoliv zimostráz obecný pochází ze severní Afriky a Malé Asie, dobře snáší zimu. Jedná se o keř nebo nízký stromek 1-8 m vysoký. Jeho drobné, tvrdé, 1- 2 cm dlouhé,

kožovité listy jsou uspořádané vstřícně. Rozetřené listy a větvičky mají typické nahořklé aroma. Nenápadné zelenožluté květy tvoří v období od dubna do května úžlabní klubíčka.

Buxus je velmi odolná dřevina, dobře roste jak na slunci, tak v polostínu (Kiss et Illyés, 2008).

***Campanula portenschlagiana*- zvonek dalmatský**

Zvonek pocházející z jižní Evropy dorůstá až 15 cm a tvoří husté polštáře. Bohatě rozvětvené rostliny mají drobnější fialové květy, listy jsou drobné, srdčité a zubaté. Kvete velmi bohatě od června do srpna, na podzim zpravidla kvetení opakuje.

Je vhodný na severní stranu do skalek mezi vápencové kameny. Nejlépe se bylinně daří na slunci a v polostínu (Machala a kol., 1964).

***Carex* sp.- ostřice**

Tomuto travám podobnému rodu z čeledi *Cyperaceae* náleží přes 2000 rodů rostoucích hlavně v oblastech s mírným až chladným klimatem. Ostřice roste planě v místech, kde je půda mokrá, proto i šlechtěné druhy dávají přednost vlhčím podmínkám. Ne všechny druhy však potřebují mokřady (Dijková, 1999).

Carex grayi (ostřice Grayova) dorůstá výšky 50- 80 cm a je okrasná listem i květem. Kvete v dubnu a má nápadné hvězdicovité, zelené až hnědé plody. Hodí se na slunná až polostinná místa (Haberer, 2005).

***Ceratostigma* plumbaginoides- rohovec olověncovitý**

Trvalka s výškou 20- 30 cm, pochází z Číny, kde je rozšířena jižně a západně od Pekingu. U nás je nenáročná na půdu, roste na slunci i v polostínu. Větévky jsou hustě porostlé střídavými zelenými lístky a ukončené trsem hořcově modrých květů. Kvete v období září až října. Na konci léta se listy rohovce často zbarvují dočervena, a tvoří tak zajímavý podzimní efekt (Machala a kol., 1964).

Vzhledem k své náchylnosti na nízké teploty se doporučuje na zimu přikrýt. Je vhodná do skupinových výsadeb a do skalek (Haberer, 2005).

***Corydalis lutea*- dymnivka žlutá**

Corydalis lutea pochází z jižních vápencových Alp, Apenin a Pyrenejí, kde roste na sutích (Machala a kol., 1964). Dymnivky rostou zpravidla ve velkých, početných koloniích a v určitém období patří místy i k dominantní m rostlinám pokrývajícím zem. Brzy po odkvětu však listy zasychají a rostliny zatáhnou (Větvička a kol., 1998).

Corydalis lutea je vysoká 20- 30 cm. Na rozdíl od jiných druhů dymnivek nezatahuje, a kvete od května do září jemnými žlutými květy. Snáší výslunní i polostín a sušší podmínky. V polostínu je vhodnou náhradou za trávník. Používá se do skalek, květinových zídek či do trvalkových záhonů (Vít a kol., 1994).

***Cotoneaster* sp.- skalník**

Skalníky jsou keře vzpřímeného i poléhavého vzrůstu, stálezelené i opadavé. Listy mají střídavé, ve spod většinou plstnaté a často se na podzim zbarvují dočervena. Kvetou v květnu až v červnu, bíle či růžově (Hurych, 1985).

Poléhavé skalníky využívá současná zahradní architektura ke krytí větších ploch. Při husté výsadbě dokáží už v prvním roce vytvořit hustý kobercovitý porost.

Cotoneaster horizontalis (skalník rozprostřený) je poloopadavý keřík s listy vytrvávajícími dlouho do zimy, v mírných zimách až do nové sezóny. Jeho větve se téměř vodorovně rozkládají nebo splývají asi 20 cm nad terénem. Boční větve nesou střídavé, svrchu tmavě zelené a lesklé listy a květy se vzpřímenými korunními lístky lososové barvy.

Cotoneaster procumbens (skalník plazivý), pocházející ze západní Číny, je blízkým příbuzným skalníku rozprostřeného. Větve má zcela přitisklé k zemi a listy vlnkovitě zprohýbané.

Dalším poléhavým druhem skalníku je *Cotoneaster dammeri* (skalník Dammerův). Jedná se o zástupce pocházejícího z Číny, který má rozložené, bílé korunní lístky a 3 cm dlouhé listy (Větvička, 1998).

***Deutzia gracilis*- trojpuk něžný**

Trojpuky jsou nízké až středně vysoké keře vzpřímeného růstu. Listy mají vejčitě kopinaté a lehce zubaté. Kvetou hojně v květnu až červenci bílými nebo narůžovělými, zvonkovitými, pěticípými květy. Přes svou vysokou estetickou hodnotu jsou však keře méně otužilé, proto se nevysazují ve větším množství.

Deutzia gracilis dorůstá výšky okolo 70 cm. Větvičky má slabé a husté. Keři dobře svědčí lehčí a propustné půdy. V tuhých zimách namrzá nebo úplně zmrzne, avšak po seříznutí se zregeneruje (Hurych, 2003).

***Duchesnea indica*- jahodka indická**

Dcuhesnea indica je vytrvalá bylina, vytvářející přízemní listovou růžici, a až 50 cm dlouhé kořenující výběžky, jimiž se rozrůstá do plochy a vytváří rozlehlé, souvislé polykormony. Listy, velmi podobné listům jahodníku, má trojčlenné, na okraji zubaté. Květy jsou zlatožluté, pětičetné s nápadnými kalichy. Kvete od května do října. Během léta postupně dozrávají nepravé plody nevalné chuti s drobnými nažkami na povrchu, podobně jako u jahodníku. Jahodkám vyhovuje téměř každá neuléhavá půda na slunci i v polostínu (Větvička a kol., 1998).

***Euonymus fortunei*- brslen Fortunův**

Brslen Fortunův pochází z Číny a Japonska. Je to poléhavý keř, jehož dlouhé větve snadno zakořeňují nebo se přichycují na stromy, skály a jiné povrchy. Listy, dlouhé 4 cm, má vejčité, vroubkované se světlejší žilnatinou. Vytváří krásný hustý porost. Vyžaduje polostín a vlčí půdu s dostatečným množstvím živin. Díky své rezistenci vůči mrazu je vhodný i do chladnějších poloh (Hurych, 1985).

***Geranium* sp.- kakost**

Existuje mnoho druhů kakostů, vhodných do téměř každých podmínek a pohybujících se ve výškovém rozmezí od 5 do 150 cm (Dijková, 1999).

Geranium macrorrhizum (kakost oddenkatý), pocházející z jižních Alp a Balkánu, je kakost vhodný především do stinných míst (Větvička a kol. 1998). Vytváří silný a plazivý půdní pokryv o výšce 40 cm s aromatickými listy a fuchsinovými, růžovými až bílými květy.

Geranium× *cantabrigiense* je záhonová rostliny, 30 cm vysoká s růžovými květy, které pokvetou i ve stínu (Dijková, 1999).

***Heuchera* sp.- dlužicha**

Domovinou této květiny je Severní Amerika. Tvoří trsy dlouze řapíkatých okrouhlých a srdčitých listů s květy v řídkých latách na téměř bezlistém stonku.

Pod názvem *Heuchera*- hybridy se označují kříženci, kterých se v kultuře dává přednost před původními druhy. Jsou 40- 70 cm vysoké a kvetou v květnu až v červenci růžově či červeně. Dužicha vyžaduje polostín, nesnáší úpal nebo sucho (Vít a kol., 1994).

Heuchera americana má listy dlouze řapíkaté, se 7- 9 zaokrouhlenými laloky. Mladé listy jsou nahnědle skvrnité. Květní stonky jsou štíhlé, bezlisté a končí latou široce zvonkovitých zelenobílých kvítků (Machala a kol., 1964).

Heuchera micrantha má šedé listy a malé, červenavě bílé květy. Dorůstá výšky 40- 50 cm.

Heuchera × *brizoides* je souborný název pro křížence dvou amerických dlužich, *Heuchera sanguinea* s červenými květy a *Heuchera americana* s květy bílými. Mají dlanitě laločnaté, dlouze řapíkaté listy v přízemní růžici, lodyhy přímé, květy nejčastěji červené v řídkých latách. Kvete v červnu až v červenci (Vodičková, 1995).

***Hypericum cerastioides*- třezalka rodopská**

Třezalky jsou u nás domácí jen bylinné druhy. Polokeřovité a keřovité formy pocházejí z teplejších oblastí. Mají žluté, relativně velké květy, kvetou v červenci až v září. Vyžadují teplejší polohu, slunce nebo mírný polostín.

Hypericum cerastioides je mrazuvzdorná třezalka pocházející z Balkánu. Vytváří hustý, 15 cm vysoký, pokryv ze stříbřitě šedých listů. Rostlina kvete žlutými květy od května do června (Machala a kol., 1964).

***Chamaecyparis obtusa*- cypřišek tupolistý**

Cypřišek tupolistý je v Evropě známý spíše jen v trpasličí formě, avšak ve své domovině, v Japonsku, roste jako statný strom. Je jednou z často užívaných dřevin kultury bonsaj (Větvička, 1998).

Cypřišky jsou stromy s hustou kuželovitou korunou, podobné zeravům. Oproti zeravům je na šupinovitých listech podélná rýžka a šištičky jsou kulovité. *Chamaecyparis obtusa* má husté větvičky, vějířkovité, šupinovité listy, vespod s kresbou podobnou tvaru Y. (Hurych, 1985). Kulovité šišky vyrůstají jednotlivě na malých stopkách, jsou asi 1 cm velké a oranžově hnědé.

Doposud bylo vypěstováno přibližně 60 kultivarů, většinou v Japonsku, zatímco na v západním světě se jich udržuje jen asi 15, z toho třináct zakrslých. Nejznámější z nich je odrůda ‘Nana Gracilis’ s vějířkovitými a kornoutkovitě stočenými větvičkami (Větvička, 1998).

***Juniperus horizontalis*- jalovec plazivý**

Juniperus horizontalis pochází ze Severní Ameriky a je příbuzný jalovci chvojka. Má zcela plazivý růst a he nejnižším ze všech jalovců (Hurych, 2003). Jedná se o poléhavý keř s obloukovitě vystoupavými, krátkými postranními větévkami. Většinou má šupinovité listy, špičatě nebo osinatě zakončené během vegetační sezóny modrozelené nebo kovově šedomodré. Na keřících často vyrůstají i jehlicovité listy.

Je to často pěstovaný druh, používá se jako krycí, kobercovitá dřevina (Větvička, 1998).

***Juniperus squamata*- jalovec stěsnaný**

Tento druh, pocházející z Číny, je rozsochatý, světle zelený keř s vystoupavými větvemi a krátkými větvičkami. Jehlice jsou široké a stěsnané. U nás se nejvíce pěstují modrosivé kultivary. Nesnáší přílišné sucho (Hurych, 2003).

***Kerria japonica*- zákula japonská**

Zákula japonská pochází z Číny. Představuje hustý, rozložitý keř, dorůstající výšky až 1,5 m. Větve má slabé, zelenokoré a lesklé. Listy jsou vejčité, dlouze zašpičatělé, ostře pilovité s výraznou žilnatinou. V bezlistém stavu pěkně vypadají zelené větve (Hurych, 1985). V době květu jsou intenzivně obrostlé velkými žlutými květy. Kvete v dubnu a květnu (Vermeulen, 1998).

Je to teplomilná rostlina, proto jí prospívá slunné stanoviště. V tuhých zimách namrzá (Hurych, 2003).

***Ligustrum vulgare*- ptačí zob obecný**

Ligustrum vulgare je opadavý, vzpřímeně rostoucí hustý keř dorůstající výšky i přes 3 m. Listy má vejčitě kopinaté, kožovité, celokrajné a plody černé.

Vyhovují mu kypré hlinité a písčité půdy bohaté na vápno a na hořčík. U nás se vyskytuje ve světlých doubravách a v borových lesích a na okraji lesů. Ptačí zob obecný roste dobře na slunných až polostinných místech (Hecker, 2003).

Nejcennějším ptačím zobem, zejména na živé ploty, je kultivar ‘Atrovirens’ se sytě zelenými a částečně vytrvalými listy (Hurych, 2003).

***Microbiota decussata*- mikrobiota křížolistá**

Tento rostlinný rod, původem ze Sibiře, má jen jeden druh. Podle koruny se na první pohled zdá, že tento plazivý keř je jalovec se šupinatými listy. Avšak šišky mikrobioty jsou velmi drobné, nejdrobnější ze všech jehličnanů (Kiss at Illyés, 2008).

Microbiota decussata je plochý, rozložitý, jemně větvený a hustý keř, dorůstající výšky 30 cm. Špičky větévek jsou lehce převislé. Je otužilá a poměrně nenáročná. Tento keř lze použít do skalek a jako pokryvnou dřevinu (Hurych, 2003).

***Polypodium vulgare*- osladič obecný**

Tento druh nízké kapradiny je rozšířený v Evropě, Asii a jižní Africe, ale také i na Havajských ostrovech. Pěstuje se několik odrůd

Listy osladiče mohou být až 50 cm dlouhé, vzpřímené i lehce převislé (Throll-Kellerová, 1995). Vyžaduje polostinné až stinné stanoviště a humózní, vlhkou a slabě kyselou půdu. Lze ji vysadit i na vrcholy zídek. Jedná se o houževnatou a otužilou rostlinu (Haberer, 2005).

***Physocarpus opuliforlius*- tavola kalinolistá**

Tavoly jsou severoamerické opadavé keře, z nichž nejrozšířenější je právě tavola kalinolistá (Větvička, 1998). Tento rozložitý, hustě větvený keř s překloněnými větvemi dorůstá výšky 2 až 3 m. Kůra starších větví se hadrovitě odlupuje. Listy má laločnaté, květy bílé s načervenalými tyčinkami, které jsou sestaveny v polokulovitém okolíku. Kvete v červnu.

Dřevina dobře snáší slunce i polostín a poměrně dobře i sucho. Namrzá jen ve velmi tuhých zimách (Hurych, 1985).

***Pyracantha* sp.- hlohyně**

Pyracantha bývá často vysazována ke zdi, proto vypadá jako popínavá rostlina, avšak sama od sebe se pnout nebude. Ve skutečnosti je to široce rozložitý, ostnitý keř dosahující výšky 2- 3 m. V květnu a červnu hlohyně kvete bílými květy (Vermeulen, 1998). Na konci léta a na podzim tvoří jejich největší okrasnou hodnotu dozrávající bobulovité plody, mající v závislosti na kultivaru barvu oranžovou, červenou nebo žlutou.

V zahradnictví se povětšinou vyskytují kultivary hybridního původu. Původní druhy, jako *Pyracanthus coccinea* pocházejí z území východního Středomoří a *P. crenatoaerrata* či *P koidzumii* z Číny a Tchaj-wanu.

Hlohyně dobře snášejí sucho a vyžadují slunná stanoviště. Jsou lehce citlivé na mráz (Kiss et Illyés, 2008).

***Sedum* sp. a *Hylotelephium* sp.- rozchodník a rozchodníkovec**

Latinské *sedare* znamená utišovat a uklidňovat. Dužnaté lity rozchodníků působí chladivě a údajně se používaly jako prostředek tišící bolest. Zahradnické obory třídí rozchodníky na nízké druhy s válcovitými stálezelenými listy (*Sedum acre*, *Sedum pluricaule*), druhy s plochými, převážně opadavými listy (*Sedum spurium*) a vysoké i nízké druhy s plochými listy, které na zimu zatahují (*Hylotelephium maximum*) (Větvička a kol., 1998).

Jedná se o suchomilné, většinou nízké trvalky, jejichž listy slouží jako zásobárna vody (sukulence). Spokojí se s každou trochu písčitou půdou (Machala, 1964). Mnohé druhy a kultivary jsou u nás odolné vůči zimě, vhodné pro chudá, suchá a slunná stanoviště. Prospívají na skalkách, střechách i v nádobě (Haberer, 2005).

Sedum spurium je vytrvalá lysá bylina, 5- 25 cm vysoká, s dužnatou plazivou lodyhou a vystoupavými výhonky. Ploché dužnaté listy jsou téměř vstřícné, v horní polovině vroubkované. Květenství je složeno z vijanů. Kvete od června do srpna narůžovělými květy (Větvička a kol., 1998).

Sedum album tvoří vzdušné, 5 cm vysoké koberce. Má krátké červené nebo zelené lístky a bílé květy, které vyrůstají na stoncích dlouhých okolo 15 cm (Haberer, 2005)

Hylotelephium maximum je 10- 80 cm vysoká bylina, jejíž lodyhy ani listy nepřezimují. Listy jsou vstřícné i střídavé, případně v trojčlenných přeslenech (Větvička a kol., 1998)

***Spirea nipponica*- tavolník nipponský**

Tavolník nipponský pochází z Číny. Roste vzpřímeně do výšky 2 m. Listy má oválné, pilovité, vespod namodralé. Kvete hojně v červnu bílými, pětičetnými květy v latách. Miluje slunce, avšak snese i mírné zastínění. Cenné jsou nízké kultivary ‘Halward’s Silver’, ‘Flächenfüller’ a ‘Snowmund’ (Hurych, 2003).

***Thuja occidentalis*- zerav západní**

Zerav západní je v evropských parcích, zahradách a na hřbitovech pravděpodobně nejrozšířenější severoamerickou jehličnatou dřevinou (Větvička a kol. 1998). Tvoří vysoký, úzce kuželovitý strom s větvičkami, na líci tmavě a vespod světle zelenými, které jsou převážně vodorovně rozložené. V zimě mají nahnědlou barvu (Hurych, 1985). Listy jsou šupinovité, na hlavní větévce oddálené, na postranních sblížené, často s nápadnými žlázkami. Šišky jsou podlouhlé, asi 8 mm dlouhé a světle hnědé. Zerav západní má červenohnědou botku, odlupující se v dlouhých šupinách (Větvička a kol., 1998).

Zerav západní je zcela otužilý a méně náročný na světlo. Vyhovují mu vlhčí půdy.

Má velké množství tvarových a žlutolistých kultivarů dosahujících výšek od 50 cm po několik metrů (Hurych, 2003).

***Thymus* × *citriodorus*- mateřídouška citronová**

Mateřídoušky jsou vytrvalé byliny s poléhavými, hustě olistěnými lodyhami. Listy mají celokrajné, žláznatě tečkované a vonné. Pyskaté květy vyrůstají v úžlabí horních listů a zpravidla skládají hustá koncová květenství.

V zahradách i v přírodě mateřídouška vytváří husté polštářovité trsy. Vyžadují teplou výslunnou polohu a sucho.

Hybrid *Thymus* × *citriodorus* dorůstá do výšky 15 cm. Kvete v červnu a v červenci světle růžovými květy. Intenzivně voní po citronu (Větvička a kol, 1998).

***Weigela* sp.- vajgélie**

Weigela z čeledi *Caprifoliaceae* je rodem velmi oblíbených zahradních keřů (Vermeulen, 1998). Je to hojně kvetoucí vzpřímený keř s mírně překloněnými větvemi, dorůstající výšky 1,5 až 2,5 m. Listy mají vejčitě elipčité a pilovité, květy zvonkovitě trubkovité, sestavené v malých úžlabních vrcholících. Kvetou v květnu až červnu světle růžovými až sytě růžovými květy (Hurych, 2003).

Rostou v téměř každé zahradní zemině a snesou i velmi nepříznivé podmínky. Bez potíží vydrží plné slunce i polostín (Vermeulen, 1998).

***Yucca filamentosa*- juka vláknitá**

Lidově se této rostlině říká „hřbitovní palma“ či „palmová lilie“, což vyjadřuje její exotický vzhled. Pochází z vysoko položených stepí Mexika, proto je schopná přežít i v našich chladnějších podmínkách (Machala a kol., 1964).

Vytváří mohutnou růžici mečovitých listů šedozelené barvy, které přes zimu vytrvávají. Kvete v červenci až srpnu. Květy vyrůstají na silných stoncích, jsou zvonkovité a bílé. V době kvetení je 100- 120 cm vysoká.

Juka vyžaduje slunné stanoviště a sušší vápenité půdy (Vít a kol., 1996). Použité této rostliny je mnohostranné (Machala a kol., 1964).

4. Závěr

Zejména díky velkým developerským záměrům se dnešní města rozšiřují diametrální řadou. Tam kde se rozkládaly rozsáhlé louky, dnes stojí budovy s vydlážděným okolím. Tento přístup je nejenom neestetický, ale přináší i své problémy v podobě znečištěného ovzduší či povodní.

Naštěstí si společnost začíná tento fakt uvědomovat. Vznikají plány tzv. zelených měst, kde je snaha co nejvíce využívat různých ploch pro integraci zeleně do měst, což dalo prostor k vývoji různých systémů vertikálních zahrad.

Systémy zelených fasád se mohou od sebe velmi lišit, a to jak technologií, tak i rozměry či použitím rostlin. Vše záleží na investorovi. Pokud investor disponuje velkým množstvím finančních prostředků, může vzniknout vertikální zahrada velmi rozměrná. Pak také není třeba se přespříliš zamýšlet nad výběrem vhodných rostlin pro dané klimatické podmínky, namrzlé či odumřelé rostliny lze vždy vyměnit za nové.

Mekkou vertikálních zahrad je bezpochyby Paříž, která je také domovem francouzského botanika a „otce“ vertikálních zahrad Patricka Blanca. Ten ovšem není jediný, kdo se touto záležitostí zabývá. Po světě vznikají všemožné systémy od nejrůznějších architektů. V České republice jsou známé hlavně interiérové vertikální zahrady. Několik podniků se začalo zabývat i exteriérovými zelenými stěnami. Tyto firmy však většinou postrádají dostatečné zkušenosti. Největším problémem se zde jeví výběr rostlin, které by přežily i méně příznivé podmínky v zimním období. Exteriérové vertikální zahrady jsou u nás zatím spíše záležitostí experimentů.

Bez ohledu na velikost a použité technologie, zelené stěny zastávají mnoho kladných funkcí. Kromě ekologických a ekonomických funkcí, vegetace působí blahodárně na lidskou mysl a duši. Stávají se oázami klidu, kde si člověk může odpočinout od stresových situací, které dennodenně přinášejí hektická a uspěchaná města. Přirozená vegetace ve městech hraje důležitou roli, proto by se neměla opomíjet, ale podporovat.

5. Seznam použité literatury

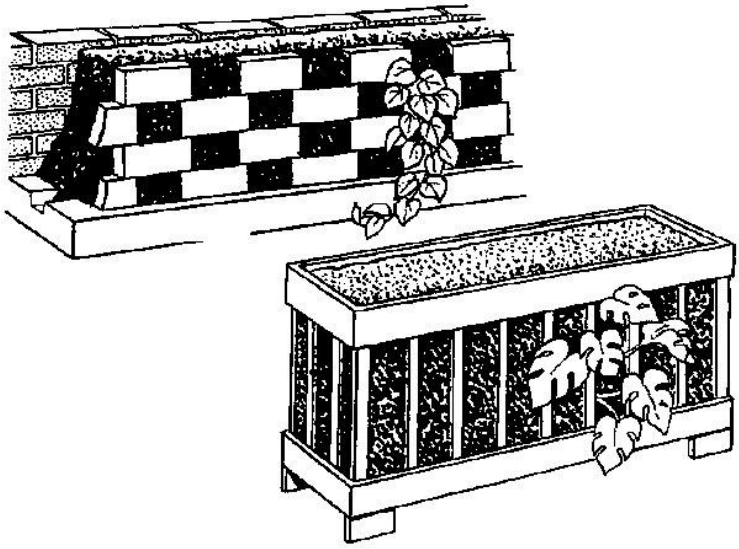
- Abel, C. 2010. The vertical garden city: toward a new urban topology. CTBUH Journal. 2. 20- 30
- Andrews, K. Patrick Blanc creates world's tallest vertical garden for Jean Nouvel's Sydney tower. Dezeen [online]. 9. září 2013. [cit. 2014-3-10]. Dostupné z <http://www.dezeen.com/2013/09/09/patrick-blanc-creates-worlds-tallest-vertical-garden-for-jean-nouvels-sydney-tower/>
- Bedrna, Z. 1989. Substráty na pestovanie rastlín: základy pestovanie. Príroda. Bratislava. p. 266. ISBN: 80-07-00012-7
- Bertin, M., Nelson, E., Yelanich, M. US2011277384: Compressed coconut coir pith granules and methods for the production and use thereof [patent]. Los Angeles. 17. listopad 2011. [cit. 2014-3-12]. Dostupné z < http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2011277384A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20111117&DB=EPODOC&locale=en_EP>
- Blanc, P. 2008. The Vertical Garden: From Nature to the City. W. W. Norton & Company. New York. p. 192. ISBN: 978-0-393-73259-7
- Bribach, Ch. Florafelt Vertical Garden Guide [pdf]. 2014. [cit 2014- 03- 16]. Dostupné z <http://florafelt.com/guide.html>
- Burian, S., Ondřej, J. 1992. Oživená architektura (ozeleňování budov). FAJMA. Praha. p.58. ISBN: 80-85374-10-2
- Cameron, R. W. F., Taylor, J. E., Emmett, M. R. 2014. What's „cool" in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. Building and Environment. 73. 198- 207
- Dijková, H. 1999. Encyklopedie záhonových rostlin. Rebo Production. Čestlice. p. 320. ISBN: 80-7234-094-8
- Dubský, M., Kalina, M. 1993. Hydroponické pěstování rostlin. Lovosice: SCHZ. Lovosice. p. 17
- Fassadenbegrünung für uns alle - blühende Fassaden und Wände [online]. Optigrün die Fassadenbegrünung. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z <http://www.fassadenbegruenung.info/>

- Florafelt Vertical Garden Planters [online]. Plants on Walls. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z <http://www.plantsonwalls.com/>
- Grupta, V. 2012. ECO Architecture. Architecture + Design. 29 (1). 112- 114
- Haberer, M. 2005. Skalky a květinové zídky. Euromedia Group, k. s. Praha. p. 156. ISBN: 80-242-1368-0
- Hart, S. 2011. EcoArchitecture: The Work of Ken Yeang. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. p. 272. ISBN: 978-0-470-72140-7
- Hecker, U. 2003. Stromy a keře. Rebo Production CZ. Čestlice. p. 239. ISBN: 978-80-7234-291-4
- Hindle, R. L. 2012. A vertical garden: origins of the Vegetation- Bearing Architectonic Structure and System (1938). Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes. 32 (2). 99- 110
- Höhn, R. 1976. Blumen für den Balkon. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin. p. 98. ISBN: 07-005-76-04
- Hurych, V. 2003. Okrasné dřeviny pro zahrady a parky. Květ, nakladatelství ČZS. Praha. p. 203. ISBN: 80-85362-46-5
- Hurych, V. 1985. Sadovnictví 2- okrasné dřeviny. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 208. ISBN: 07-023-85
- Chiquet, C., Dover, J. W., Mitchell, P. 2012. Birds and the urban environment: the value of green walls. Urban Ecosystem. 16 (3). 453- 462
- Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., Grulich, V., Lustyk, P. 2010. Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. p. 445. ISBN: 978-80-87457-03-0
- Installation [online]. LiveWall. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z <http://livewall.com/pro/technical/installation/>
- Jardines Verticales [online]. Unusual Green. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z <http://www.unusualgreen.com/vertical-gardens/>
- Jellicoe, G. Jellicoe S. Waymark, J. 1975. The landscape of man: shaping the environment from prehistory to the present day. Thames & Hudson Ltd. Londýn.p. 408. ISBN: 978-0-500-27819-2
- Kiss, M., Illyés, C. 2008. Jehličnany a stálezelené rostliny v zahradě. Svojtka & CO., s. r. o. Praha. p. 159. ISBN: 978-80-7352-854-6

- Klanten, R., Ehmann, S., Bolhöfer, K. 2011. My Green City: Back to Nature with Attitude and Style. Gestalten. Berlin. p. 240. ISBN: 978-3-89955-334-5
- Machala, F., Kubečková, V., Lanta, A., Mokrá, V., Müllerová, M., Opartná, M. 1964. Naše trvalky. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 430. ISBN: 07-108-64-04/45
- Maintenance [online].LiveWall. [cit. 2014-03-1]. Dostupné z <http://livewall.com/pro/technical/maintenance/>
- Minke, G. 2001. Zelené střechy: Plánování, realizace, příklady z praxe. Verlag GmbH. Staufen bei Freiburg. p. 92. ISBN: 80-86167-17-8
- OLŠAN, J. 2011. Historické ohlédnutí, Historie vývoje opěrných konstrukcí pro pěstování rostlin [CD-ROM]. Zelené fasády. Říjen 2011. [cit. 2014-2-13]. Dostupné z < http://www.szkt.cz/>
- PEJCHAL, M. 2011. Rostliny pro „vertikální“ zahrady ve venkovním prostoru. [CD-ROM]. Zelené fasády. Říjen 2011. [cit. 2014-2-14]. Dostupné z <http://www.szkt.cz/>
- Pérez, G., Rincón, L., Vila, A., González, J. P., Cabeza, L. F. 2011. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. Applied Energy. 88. 4854- 4859
- Perini, K., Magliocco, A. The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces. International Journal of Biology [online]. Duben 2012. 4 (2). [cit. 2014-3-8]. Dostupné z <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijb/article/view/16080/0>
- Perini, K., Ottelé, M. Haas, E. M., Raiteri, R. 2011. Greening the building envelope, façades greening and living wall systems. Open Journal of Ecology. 1 (1). 1- 8
- Perini, K., Ottelé, M. Haas, E. M., Raiteri, R. 2012. Vertical greening systems, a proces tree for green façades and living walls. Urban Ecosystems. 16 (2). 265 - 267
- Perini, K., Rosasco, P. 2013. Cost- benefit analysis for green façades and living wall systems. Buiding and Environment. 70. 110- 121
- Pro Wall System (For Exteriors) [online]. GSky Plant Systems Inc. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z < http://gsky.com/green-walls/pro/>
- Products [online]. Green Wall Australia. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z <http://greenwallaustralia.com.au/products/>
- Products [online]. Living Wall Company. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z
- <http://thelivingwallco.com/products/elt-easygreen-lws.html>

- Schwarz, M. 1995. Soilless Culture Management. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. p. 197. ISBN: 0-387-58159-6
- Soukup, J., Matouš, J., Bowe, R., Kaufmann, H. G., Nachlinger, Z. 1979. Výživa rostlin- substráty- voda v okrasném zahradnictví. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 288. ISBN: 07-105-79
- Throll- Kellerová, A. 1995. Skalky: Efektivní uspořádání a správné ošetřování. Nezávislost, a. s. Bratislava. p. 127. ISBN: 80-85217-40-6
- Tolasz, R. 2007. Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav. Praha. p. 255. ISBN: 978-80-86690-26-1
- Tůma, J. 2001. Zavlažujeme zahradu: Moderní hospodaření s vodou. Grada Publishing, spol. s.r.o. p. 116. ISBN: 80- 47-0083-2
- Vermeulen, N. 1998. Encyklopedie stromů a keřů. Rebo Production. Praha. p. 287. ISBN: 80-7234-007-7
- Vertical Garden Systems [online]. Sage Verical Garden Systems. [cit. 2014-03-11]. Dostupné z <http://www.sageverticalgardens.com/vertical-garden-systems>
- Větvička, V. 1998. Stromy a keře. AVENTINUM NAKLADATELSTVÍ, s. r. o. Praha. p. 288. ISBN: 80-7151-178-1
- Větvička, V., Tuláčková, M., Žilák, P. 1998. Trvalky. AVENTINUM NAKLADATELSTVÍ, s. r. o. Praha. p. 223. ISBN: 80-7151-047-5
- Vit, J., Nachlingerová, V., Tvrzík, Č., Volf, M., Votruba, R. 1996. Květinářství. Střední zahradnická škola v Mělníku a KVĚT. Praha. p 430. ISBN: 80-85362-28-7
- Vodičková, V. 1995. Skalky a skalničky. BRIO, s.r.o. Praha. p. 128. ISBN: 80-85395-73-8
- White, S. H. US2113523 A: Vegetation- bearing architectonic structure and system. [patent]. Washington, D. C. 5. duben 1938. [cit. 2014-28-2]. Dostupné z <https://www.google.com.vc/patents/US2113523?dq=Vegetation-Bearing+Architectonic+Structure+and+System&hl=cs&sa=X&ei=EnELU8C5LcrbtAb9vIFY&ved=0CDUQ6AEwAA#forward-citations>
- Wong, N. H., Chiang, K., Tan, P. Y., Tan, A. Y. K., Wong, N. Ch. 2009. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment. 45. 411- 420

6. Přílohy



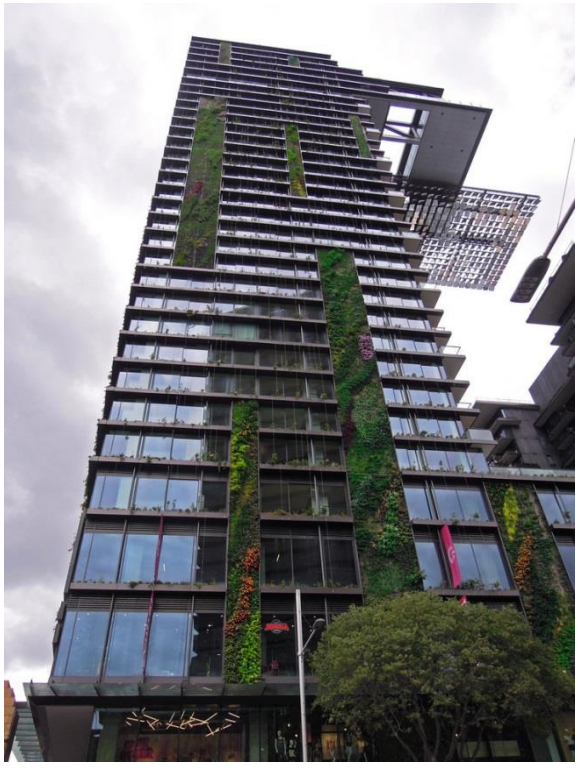
Obrázek 1: Mechové stěny
Zdroj: <http://urobsisam.topky.sk/fotogalerie/zahrada/raselinova-stena-riesenie-do-bytu-aj-malej-zahrady-6>

Obrázek 2: Patrick Blanc před vertikální zahradou na budově školy v San Franciscu
Zdroj: <http://blogs.wsj.com/photojournal/2011/11/09/creating-portrait-picks/>

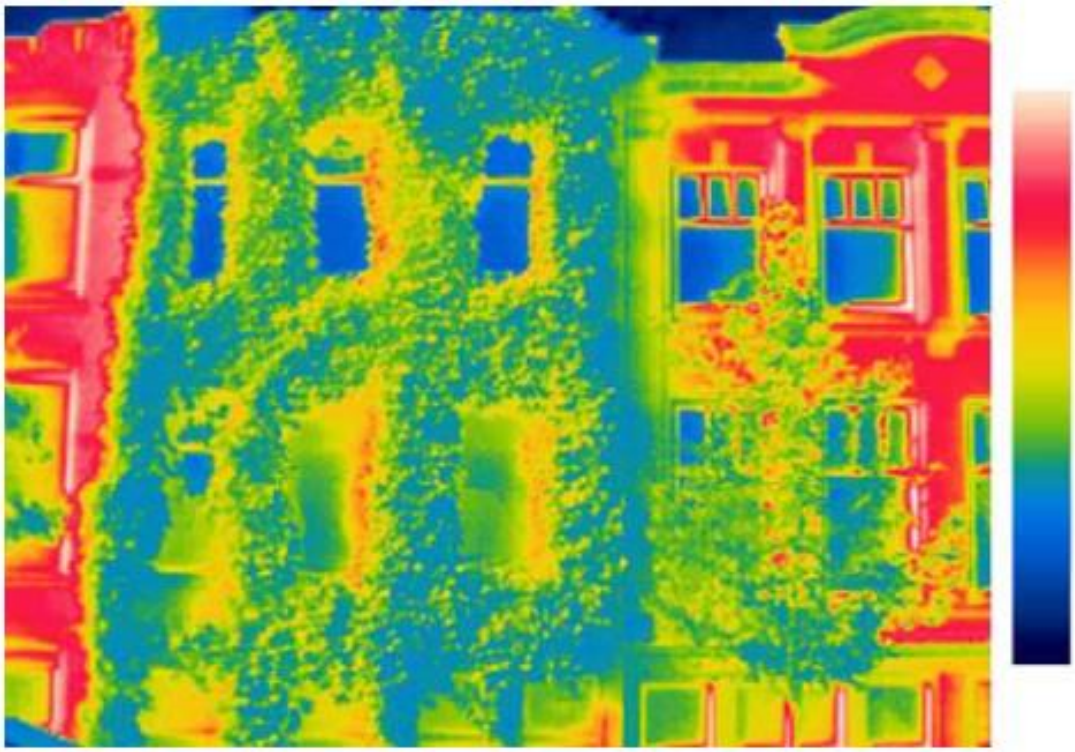
Obrázek 3: Projekt Spire Edge, autor Ken Yeang
Zdroj: <https://urbanmelbourne.info/sites/urbanmelbourne.info/files/pictures/article-images/Image14_2.jpg>

Obrázek 4: Quai Branly Museum, Paříž, autor Patrick Blanc
Zdroj: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>

Obrázek 5: Caixa Forum, Madrid, autor Patrick Blanc
Zdroj: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1414>



Obrázek 6: One Central Park, Sydney, autor Patrick Blanc
Zdroj: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/sydney/one-central-park-sydney>



Obrázek 7: Porovnání teploty povrchu domu porostlého vegetací a okolních budov
Zdroj: <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=5146#.UzkyFqh_sb1>

Obrázek 8: Vrstva netkané textilie při instalaci vertikální zahrady
Zdroj: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/alpha-park-2-les-clayes-sous-bois>

Obrázek 9: Rostliny vložené do systému vertikální zahrady
Zdroj: <http://31.media.tumblr.com/tumblr_kyme8w6QU71qzt7kko1_500.jpg>

Obrázek 10: Systém kapes Florafelt, navrženo společností Plants on Walls
Zdroj: <http://www.buzzfeed.com/marcelle/39-insanely-cool-vertical-gardens>

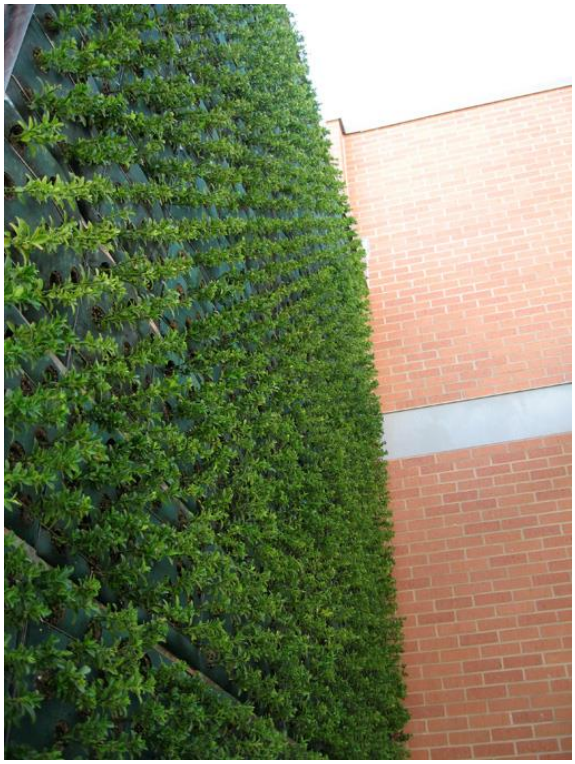
Obrázek 11: Systém balení kořenů do plsti, navrženo společností Plants on Walls
Zdroj: <http://cdn3.volusion.com/refxv.azxem/v/vspfiles/photos/FRW12-3.jpg>

Obrázek 12: Systém Grow Strip, navrženo společností Plants on Walls
Zdroj: <http://www.plantsonwalls.com>

Obrázek 13: Systém závěsných modulů, navrženo společností Greenwall Australia
Zdroj: <http://www.vertigro.com.au>

Obrázek 14: Systém závěsných modulů LiveWall
Zdroj: <http://livewall.com/pro/why-living-walls/>

Obrázek 15: Závěsné moduly ELT Easy Green, navrženo společností The Living Wall Company
Zdroj: < http://www.thelivingwallco.com/products/elt-easygreen-lws.html>



Obrázek 16: Závěsné moduly navržené společností GSky Plant Systems, Inc.
Zdroj: < http://gsky.com/projects/richland-college/>

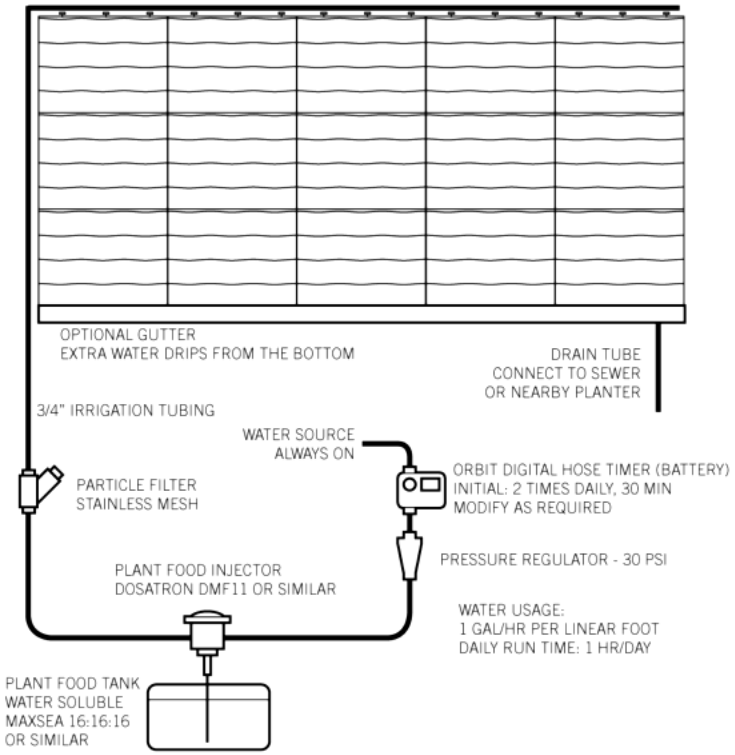
Obrázek 17: Modulární systém z hliníkových kazet, navrženo společností Optigrün
Zdroj: < http://www.fassadenbegruenung.info/systemloesung/konstruktion-und-montage>

Obrázek 18: Moduly z drátěných košů GreenBox, navrženo společností Green Wall
Zdroj: < http://www.greenwall.fr/galeries-photos-mur-vegetal-jardin-vertical-greenwall/photos-des-chantiers-dinstallation-du-mur-vegetal.html>

Obrázek 19: Modulární systém na principu hydroponie, navrženo společností Sage Vertical Gardens
Zdroj: < http://www.sageverticalgardens.com/sites/www.sageverticalgardens.com/files.jpg>

Obrázek 20: Systém tvořený z keramických sestav, navrženo společností společnost Unusual Green
Zdroj: < http://www.unusualgreen.com/vertical-gardens/>

Obrázek 21: Vertikální zahrady z palety
Zdroj: < http://www.permies.com/t/31955/a/14098/img_13561.jpg>



Obrázek 22: Schéma zavlažovacího systému vertikální zahrady
Zdroj: < http://florafelt.com/img/guide/Florafelt-Vertical-Garden-Drain-Away.gif>

Obrázek 23: Odumření rostlin v důsledku výpadku vody
Zdroj: Jana Hrabětová

Obrázek 24: Údržba vertikální zahrady
Zdroj: <http://drystonegarden.com/wp-content/uploads/2011/12/drewschoolgreenwall.jpg>