

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradní a krajinné architektury



Vertikální zeleň jako součást zelené infrastruktury

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Tesařová

Obor studia: Zahradní a krajinařská architektura

Vedoucí práce: Ing. Lucie Hladíková

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vertikální zeleň jako součást zelené infrastruktury" 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 17. 4. 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své práce Ing. Lucii Hladíkové za nasměrování, věcné rady a užitečné připomínky při psaní mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala panu Chrisovi Medlandovi z londýnské společnosti One World Design, který mi poskytl potřebný materiál, stejně jako pan Ing. Rostislav Dvořák ze společnosti LIKO - S a.s. V neposlední řadě bych ráda poděkovala svým rodičům za starost, velikou podporu a trpělivost při mé cestě studiem.

Vertikální zeleň jako součást zelené infrastruktury

Souhrn

Práce má kompilační charakter, čerpá a uceluje fakta z odborné a vědecké literatury a z výzkumů z různých částí světa. Cílem bakalářské práce je shrnout doposud zjištěné informace o zelené infrastruktuře se zaměřením na vertikální zeleň a následně ukázat příklady vertikální zeleně v České republice a v zahraničí.

Práce je zaměřena na schopnosti vertikální zeleně v otázkách změny mikroklimatu, růstu urbanizovaného území a dalších environmentálních problémů a rizik dnešní doby.

Sadovnické a krajinářské úpravy slouží celospolečenské potřebě a jejich umělecká hodnota a funkce musí být odrazem společenského pohybu a má přetrvat celé generace. Při navrhování by se měli brát v potaz všechny reálné podmínky současnosti a předvídat a znát pravděpodobný vývoj společnosti.

Klíčovým pojmem práce je infrastruktura, která je definována jako zařízení a služby nezbytné pro společnost. Zelená infrastruktura je pojem, kterým se značí strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních území, které jsou zřízeny za dosažením poskytnutí ekosystémových služeb a ochrany biodiverzity venkovského i městského prostředí. Díky rozvoji sídel dochází k zániku mnoha přirozených biotopů, které regulovaly hydrologický proces a nastolovaly ekologickou rovnováhu. Environmentální výhodou zelené infrastruktury je udržení a obnovování biotopů, zmírnění záplav a snížení množství dešťové vody v kanalizaci.

Vertikální zelené systémy mohou být definovány jako struktury, po kterých se může vegetace rozrůst po fasádě budovy.

Vertikální zahrady mají mnoho výhod pro městské prostředí a jsou řešením proti stále ubývajícím městské vegetaci.

Díky chladivým účinkům evapotranspirace rostlin a slunečního zastínění, působí vertikální zeleň i jako klimatizace. Snižuje tak efekt městského tepelného ostrova. Zeleň nejen ochlazuje, ale i čistí vzduch. Zelená stěna je schopna zadržet přebytečnou vodu při bouřích. Voda, která při bouřích nestíhá odtékat, způsobuje povodně a další znečištění.

Klíčová slova: zelená infrastruktura, městská zeleň, vertikální zeleň, urbanizace, městský tepelný ostrov.

Vertical Greenery as a part of Green Infrastructure

Summary

This assignment has a compilation character, it collects facts from scientific literature and research from different parts around the world. The aim of this bachelor thesis is to summarize the information about the Green Infrastructure and Vertical greenery and to show examples of vertical gardens in the Czech Republic and around the globe. Landscaping should serve a social need and the artistic value and function of that must be a reflection of social movement.

A key concept of work is the infrastructure that is defined as the equipment and services necessary for society.

Urban green space availability has become an increasingly important aspect of planning and research because of the importance of green spaces for the wellbeing of urban residents. Municipalities across the European Union use different indicators in this area. Some cities provide per-capita threshold values for urban green space, some have recommendations regarding the minimum distance to green space while others have no recommendations at all. European Union has issued a guide called "Green Infrastructure". Green Infrastructure is a concept that is defined as a strategically designed network of natural and semi-natural territories that are geared to delivering ecosystem services and protecting the biodiversity of the rural and urban environment. The environmental advantage of green infrastructure is to maintain and restore habitats, reduce floods and reduce the amount of rainwater in the sewer.

Vertical green systems can be defined as structures where vegetation can grow all over the facade of a building. Vertical greenery have many benefits for the urban environment. They are the solution to ever-declining urban vegetation. It can also find solutions to a number of global issues, such as the creation of so-called Urban Heat Islands, air pollution, noise pollution, waste and black water problems. Thanks to the cooling effects of plant evapotranspiration and sunshine, vertical greenery acts like air conditioning. This reduces the effect of the city thermal island. Greens not only cool, but also clean the air. The green wall is able to absorb excess water during storms and can help in preventing possible floods.

Keywords: vertical greenery, urban greenery, green walls, energy savings, urban heat island, pollution, urban agriculture, air-conditioning.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Úvod do problematiky	3
3.1.1	Vymezení pojmů	3
3.1.1.1	Infrastruktura.....	3
3.1.1.2	Modrá infrastruktura	3
3.1.1.3	Zelená infrastruktura	4
3.1.1.4	Zeleň.....	4
3.1.1.5	Vertikální zeleň	4
3.2	Vlastnosti zeleně	5
3.2.1	Množství zeleně	5
3.3	Systém zeleně	5
3.3.1	Přirozený a umělý systém	5
3.4	Funkce a schopnost zeleně.....	7
3.4.1	Funkce zeleně	7
3.4.2	Schopnost zeleně.....	8
3.5	Benefity zeleně	9
3.5.1	Environmentální benefity	9
3.5.2	Ekonomické benefity	9
3.5.3	Sociální benefity	9
3.6	Zelená infrastruktura, Program Green Infrastructure.....	9
3.6.1	Program Green Infrastructure, Evropská Unie	10
3.7	Vertikální zeleň.....	13
3.7.1	Typy vertikální zeleně	13
3.8	Vertikální zeleň a její vliv na soudobé problémy ve městech.....	18
3.8.1	Městský tepelný ostrov	18
3.8.2	Ochlazování městského vzduchu.....	21
3.8.3	Hlukové znečištění.....	23
3.8.4	Znečištění ovzduší	24
3.8.5	Problémy s odpadem.....	26
3.8.6	Ekonomická udržitelnost	28
3.8.7	Dešťová voda	30
3.8.8	Černá voda	30
3.8.9	Zachování biodiverzity ve městech	30
3.9	Vertikální zeleň jako budoucnost	31
3.9.1	Benefity vertikální zeleně	31

3.10	Příklady vertikální zeleně.....	32
3.10.1	Zelené stěny ve světě	32
3.10.2	Zelené stěny v České republice	34
4	Závěr.....	36
5	Seznam literatury	37
6	Seznam obrázků a tabulek	44
7	Přílohy	45
7.1	Komentovaná fotodokumentace	45
7.1.1	Zahraníčí	45
7.1.2	Česká republika.....	64
8	Seznam příloh	68

1 Úvod

V současné době se s rostoucím počtem obyvatel a jeho migrací do velkých aglomerací zvyšuje procento urbanizovaného území. Spolu s tímto jevem se rozvíjí nebývalým tempem i průmysl a obchod, s tím souvisí mimo jiné i nárůst dopravy. Ve městech ubývá vegetační plocha a celý tento proces má silný vliv na životní prostředí a způsobuje řadu environmentálních problémů. Z tohoto důvodu se dnes obrací pozornost k vertikální zeleni.

Mezi globální problémy patří znečištění vzduchu například emisemi z automobilů nebo průmyslovou výrobou. Další hrozbou dnešní doby je jev, který způsobuje zvyšování se teploty ve městech, tzv. městský tepelný ostrov. Nastávají také problémy se zbytkovým odpadem, dešťovou vodou a s hlukovým znečištěním.

Úbytek vegetace ve městech je velkou hrozbou společnosti, protože zeleň má blahodárné účinky nejen na zdraví a psychiku člověka, ale i na celkovou životní úroveň v dané oblasti. Má schopnost snižovat množství škodlivých látek obsažených ve vzduchu a působí také jako klimatizace, jelikož ovlivňuje nejenom teplotu vzduchu, ale i jeho vlhkost. Další významnou funkcí zeleně je snižování hluku, ať už v kombinaci s protihlukovými stěnami nebo vegetací samotnou.

2 Cíl práce

1. Shrnout a definovat pojmy týkající se daného tématu.
2. Blíže specifikovat vertikální zeleň a její výhody.
3. Ukázka vertikální zeleně v zahraničí a v České republice s vytvořením fotodokumentace.

3 Literární rešerše

3.1 Úvod do problematiky

Myšlenka účelného organizování prostoru krajiny, parku nebo zahrady bez primárního důrazu na estetické stránky nejsou novodobou záležitostí. I půvabné vodní prvky, které se nacházely v maurských zahradách v Alhambře, měly kromě účelu dekorativního také důležitý úkol ochlazovat horký vzduch v jižním Španělsku (Pančíková, 2016).

Zahrady vznikaly za účelem intenzivního využívání půdy, která musela být oplocená z důvodu ochrany plodin, které se zde pěstovaly. Květiny se pěstovaly ojedinele a jednalo se spíše o léčivé rostliny. Se zvyšující se životní úrovní, se užitkové zahrady měnily v zahrady okrasné (Wagner, 1989).

Za průkopníka systému zeleně lze považovat tvůrce newyorského Central Parku Fredericka Law Olmsteda, který již v roce 1903 prosazoval propojení ploch urbánní zeleně za účelem zlepšení kvality života ve městech. Od roku 2011 je i v Evropské Unii zelená infrastruktura významněji řešena (projekt Zelená Infrastruktura Evropské unie, viz kapitola 8). Dá se ale zatím konstatovat, že od Olmstedových dob zatím nedošlo k výraznějšímu přijetí jeho myšlenek u veřejnosti, v politice ani v médiích (Pančíková, 2016).

3.1.1 Vymezení pojmů

3.1.1.1 Infrastruktura

Obecně je pojem infrastruktura definován jako zařízení a služby, které jsou nezbytné pro společnost. V prvopočátcích civilizace byla infrastruktura primárně dílem přírody, tedy krajinnými podmínkami daného území, s průmyslovou revolucí se rozšířila tzv. šedá infrastruktura, kam řadíme vodovody, kanalizace a inženýrské sítě. V první polovině dvacátého století zastínila šedá infrastruktura tu přírodní (Pančíková, 2016).

Dnes rozlišujeme tzv. tvrdou infrastrukturu, to jsou cesty, vodovodní a elektrické sítě, a tzv. měkkou infrastrukturu, kam spadají školy, nemocnice a státní správa (Pančíková, 2016).

3.1.1.2 Modrá infrastruktura

Dále existuje infrastruktura modrá, což je systém udržitelného hospodaření s vodou a zahrnuje jak pobřežní, tak i říční ekosystémy (Pančíková, 2016).

3.1.1.3 Zelená infrastruktura

Podle Davida Rosea byl termín „zelená infrastruktura“ použitý poprvé v roce 1994 a to ve zprávě o ochraně území, vydané Florida Greenways Commision. Prvky zelené a modré infrastruktury jsou součástí každodenního života člověka (Pančíková, 2016).

Pro trvale udržitelný rozvoj jsou důležité tři pilíře – společnost, životní prostředí a ekonomika, ty tvoří tzv. trojí zodpovědnost (Tripple botom line), což je jedním ze základních principů zelené infrastruktury. Ukazuje se, že přestože pro objekty zelené infrastruktury je zpravidla obtížnější sehnat finance než pro klasická betonová řešení, jejich finanční bilance je z dlouhodobého hlediska pozitivnější, jelikož mají menší nároky na údržbu a delší životnost (Pančíková, 2016).

Podle Evropské Unie je zelená infrastruktura definovaná jako strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních území, které jsou zřízeny za dosažením poskytnutí ekosystémových služeb a ochrany biodiverzity venkovského i městského prostředí – viz kapitola 3.5 (European Commission, 2013).

3.1.1.4 Zeleň

Pojem zeleň, není doposud jednoznačně vymezen, ale lze jej definovat jako vymezené území se souborem prvků, které vznikly buď přirozeně, nebo byly záměrně vybudovány podle krajinářských a zahradně architektonických zásad. Tyto prvky dělíme na živé a neživé. Do živých prvků zařazujeme především stromy, keře, byliny, travní porosty. Neživé prvky jsou pak kameny, voda a terén. Stavby a parkový mobiliář řadíme do umělých prvků krajinářských úprav. Mimo tyto prvky sem patří také altány, lavičky, zídky, osvětlení, umělecká díla či dětská hřiště (Vorel, 2006).

3.1.1.5 Vertikální zeleň

Vertikální zelené systémy mohou být definovány jako struktury, po kterých se může vegetace rozrůst - například po fasádě budovy. Tyto systémy jsou dnes čím dál tím více populární, přestože se teprve vyvíjí a teprve o nich vznikají studie, které se jimi zabývají. V posledních pěti letech se počet těchto vědeckých studií o tomto tématu zvyšuje (Urrestarazu et al., 2016).

Vertikální zeleň je dále popsána v kapitole 3.7.

3.2 Vlastnosti zeleně

Wagner (1990) se domnívá, že množství zeleně a její lokalizaci k zajištění příznivého životního prostředí, nelze stanovit paušálně pro každé město stejně. Říká, že na optimální účinek zeleně má vliv několik činitelů. Nejdůležitějším faktorem je geografická a topografická situace, a také kulturně sociální vyspělost obyvatel v daném městě. V potaz musíme také brát hygienické, makro-, mezo- a mikroklimatické vztahy.

Mikroklima můžeme charakterizovat jako vrstvu vzduchu do výšky 3 m nad aktivním povrchem, jako je například chodník, kde se obyvatelé pohybují. Zeleň pozitivně ovlivňuje všechny klimatické charakteristiky, má schopnost eliminovat negativní dopady urbanizovaného území. Vlivem staveb a zpevněných ploch se vzduch ohřívá, je suchý a nejen vlivem dopravy se v něm snižuje obsah kyslíku (Vorel, 2006).

3.2.1 Množství zeleně

Wagner (1990) říká, že není jednoznačná norma pro definici množství městské zeleně, že existují pouze uznávané normativy, podle kterých jsou plochy zeleně v intravilánech sídel normovány. Podle Zásad a pravidel územního plánování je doporučováno: 8 -12 m² veřejné zeleně, 14 - 19 m² zeleně v obytných souborech, 6 - 9 m² zeleně pro občanskou vybavenost a 22 - 35 m² ostatní zeleně. Dohromady je to 50 - 75 m², což odpovídá sadovnické praxi i v ostatních evropských státech. Rozpětí je dáno nejednotností názorů na bilancovatelnost zelených ploch.

3.3 Systém zeleně

Wagner (1990) dělí systém zeleně podle vzniku a vývoje na přirozený a umělý.

3.3.1 Přirozený a umělý systém

Zeleň musí být pro obyvatele snadno přístupná, podle lokalizace rozdělujeme různé systémy zeleně, které většinou korespondují s urbanistickou koncepcí měst. Zásadní jsou dva systémy – přirozený a umělý. Přirozený vývoj zeleně tvoří většinou páteř podél vodních toků. Umělý systém závisí více na urbanistickém konceptu, bývají to systémy paprscité, šachovnicové, okružní i jejich kombinace. Z praxe víme, že čisté systémy téměř neexistují, vždy se nějakým způsobem více či méně prolínají za účelem dosažení optimálního životního prostředí (Wagner, 1990).

Vorel (2006) považuje za základní rozdělení systému zeleně dvě skupiny – zeleň městskou a zeleň krajinou. Zeleň městská je nejvýznamnější symbol přírody v člověkem vytvořeném urbánním prostředí. Umělá sídelní zeleň je obvykle navrhována architektem a podle daného konceptu je dále udržována a vysazována. Má za úkol zlepšovat životní prostředí sídel a nabízí obyvatelům možnost rekreace. Oproti tomu krajinná zeleň vzniká přirozeně, bez většího lidského zásahu (Vorel, 2006).

Do trvale přístupné veřejné zeleně řadíme tyto druhy: parky, menší parkově upravené plochy, dětská hřiště, zeleň ulic, zeleň na náměstích a u veřejných budov, sídlištní zeleň, rekreační příměstskou zeleň apod. (Vorel, 2006).

Podle Wagnera (1990) je veřejná zeleň v sídlech městského typu soustředěna především na:

- zeleň na náměstích;
- uliční zeleň;
- zeleň před význačnými budovami;
- sadovnická úprava parkovišť a odstavných ploch;
- zeleň okolo památníků;
- sadové úpravy pěších zón v městských sídlech;
- zeleň podél vodních toků;
- městské parky.

Zeleň na náměstí musí splňovat předepsané bezpečnostní, protipožární a dopravní předpisy. Zeleň v ulicích ubývá, protože dříve se nepočítalo s takovým rozvojem automobilového průmyslu. Komunikace i chodníky by měly mít z hygienických důvodů bezprašný povrch a měly by být, pokud je to v rámci možností, odděleny od okolí zeleným pásem nebo pruhem. Výsadby mohou být jako jednostranné nebo dvouřadé stromořadí s pravidelnými či nepravidelnými intervaly (Wagner, 1990).

Kde je malý prostor, je vhodné použít popínavé rostliny. Musí se volit rostliny, které nejsou náročné na závlivku. Půda lze také nahradit hydroponií (Wagner, 1990).

Hydroponie je pěstování v živném roztoku na bázi vody, nikoliv v substrátu (Texier, 2013).

3.4 Funkce a schopnost zeleně

3.4.1 Funkce zeleně

Zeleň může významně přispět k propojení i vzájemně nesourodých architektonických a urbanistických celků. Oproti stavbám se zezeň proměňuje v čase důsledkem střídání ročních období a jednotlivé květiny, stromy a keře dosahují optimální velikosti a účinku, stárnou a odumírají (Vorel, 2006).

V zastavěném i nezastavěném území plní zezeň tyto funkce:

- funkci rekreační (psychologické a estetické působení);
- funkci hygienickou (zlepšení mikro klimatu sídel – například pohlcení škodlivých látek, vzduchové proudění, vytváření kyslíku), (Kavka a kol., 1978);
- vytváření prostoru (vytváření kompozic, prostoru, členitost prostoru, gradace a zvýraznění významných bodů), (Kavka, 1970);
- protierozní ochranu půdy a vodní režim krajiny;
- ekonomickou funkci – rekreace – turistických ruch a zahrádkaření;
- ekologickou funkci – ochrana biodiverzity – zezeň je útočištěm pro hnízdění živočišných druhů a stanoviště rostlinných druhů, které dohromady vytvářejí biotopy (Vorel, 2006).

ad funkce rekreační

U větších zelených ploch vedou změny mikroklimatu k vytvoření „pásma klimatické pohody“, které zlepšuje dýchání. Světlo a stín, osluněné a neosluněné plochy působí na člověka jako „klimatická masáž“. Z psychologického hlediska je také významná zelená barva, která má uklidňující charakter. Proto samotný pobyt v zeleni je uklidňující a odpočinkový (Vorel, 2006).

ad funkce hygienická

Při navrhování veřejné zeleně jsou důležité aspekty, jako je kvalita vzduchu, ovlivňování teploty a proudění vzduchu. Zezeň využíváme ke stínění fasád budov, parkovišť, ulic, chodníků, komunikací. Přistínění vegetací je vhodné při velkém oslunění a tím i přehřívání veřejného prostranství, zejména v letních měsících a to především na exponovaných jižních, jihozápadních, jihovýchodních polohách. Důležitý aspekt je také výběr zeleně, její stáří, kvalita a kvantita. Vzduch ve městě je více suchý než vzduch ve volné krajině. V optimálních životních podmínkách dospělý strom odpaří za slunného dne do ovzduší až 250 l vody denně, to vše v důsledku transpirace, tj. jev kdy strom nasává vody z nižších vrstev půdy a pomocí listů ji zase odpařuje do svého okolí. Zezeň má fotosyntetickou

činnost, kterou pohlcuje oxid uhličitý. Také váže prachové částice, jak bylo již zmíněno. Velikost listové plochy rostliny ovlivňuje, jak velké množství prachových částic může být zachyceno. Listy chlupaté, lepkavé, svraskalé zachytí více částic než listy hladké. Důležitá je také plocha pod stromy, pokud je zatravněná, částice se zachytí, pokud je plocha dlážděná či betonová, prachové částice se vrací do ovzduší (Vorel, 2006).

ad vytváření prostoru

Zeleň může rámovat, uzavřít nebo otevřít žádoucí či nežádoucí pohledy ve městě. Může spojovat i zdánlivě nesourodé architektonické prvky. Použitím výškově rozmanité zeleně (nízké, střední nebo vysoké) dotváříme urbanizované území (Vorel, 2006).

ad ekologická funkce

Vegetační prvky, půda a voda tvoří ekosystém. Platí, že čím více odpovídá trvalým ekologickým podmínkám daného území, tím je ekologický význam zeleně větší. Vytváří biotop pro živočichy a rostliny (Vorel, 2006).

3.4.2 Schopnost zeleně

Vlastnosti a schopnosti zeleně, jak je definuje Vorel (2006), jsou následující:

- pozitivně působí na fyzický a psychický stav člověka;
- ovlivňuje teplotu vzduchu, jednak stíněním a potom také tím, že plochy zatravněné se ohřívají pomaleji než plochy například vydlážděné;
- vegetace zvlhčují ovzduší svojí transpirací, při které se spotřebovává teplo, například rozdíl zastavěných a nezastavěných ploch vyvolává proudění vzduchu a tím dochází k provětrávání městského interiéru, ve vzduchu se vznášejí prachové částice, které spadnou na listy rostlin a při dešti se dostávají do půdy;
- zezeň také snižuje množství škodlivých mikroorganismů právě zachycováním prachových částic, protože prachové částice jsou transportem mikroorganismů v ovzduší;
- zezeň snižuje hluk, a to především v souvislosti s například protihlukovými stěnami.

Dostatečné provětrávání je jedním ze základních faktorů obyvatelnosti území. Zezeň má všeobecně velký vliv na provětrávání, protože vegetace jednak usměrňuje a také sama vyvolává pohyb vzduchu (Kavka, 1970).

3.5 Benefity zeleně

3.5.1 Environmentální benefity

Mezi environmentální výhody zelené infrastruktury patří udržení a obnovení biotopů, zmírnění záplav a snížení množství dešťové vody v kanalizaci, retence srážkové vody a zlepšení kvality vzduchu, dále reguluje mikroklima a váže uhlík v rostlinách, zvyšuje opylování, ochranu proti půdní erozi, zlepšuje kvalitu půdy, zmírňuje zábor půdy a její zhutňování, snižuje efekt městského tepelného ostrova, je prevencí proti přírodním katastrofám jako jsou bouřky, požáry lesů a sesuvy půdy, přispívá ke vzniku biokoridorů a zvýšení prostupnosti krajiny (Pančíková, 2016).

Stromy, keřová a bylinná patra a travní porosty mají velkou plochu, proto se na nich může usazovat velké množství prachu a nečistot (Kavka, 1970).

3.5.2 Ekonomické benefity

Do ekonomických benefitů může být zařazeno snížení nákladů na energii, zdravotní péči a šedou infrastrukturu, vznik nových pracovních míst, zvýšení rozmanitosti místní ekonomiky, atraktivnější a zelenější místa, zvyšování hodnoty nemovitostí, zvýšení turistického potenciálu a rekreačních možností (Pančíková, 2016).

3.5.3 Sociální benefity

Sem se řadí vliv na zdraví člověka, snížení polutantů, rozšíření možností venkovní rekreace, rovný přístup k životnímu prostředí pro chudé i bohaté, místa pro společenský kontakt, zvyšování estetické kvality, lepší spojení lidí s přírodou (Pančíková, 2016).

3.6 Zelená infrastruktura, Program Green Infrastructure

Současná a budoucí existence lidské společnosti v plné míře závisí na přírodním bohatství a přírodou poskytovaných užitků a služeb. Tyto služby se často označují pojmem ekosystémové služby a přírodní systém, který je poskytuje, pojmem zelená infrastruktura (Tóth, 2016).

Podle EU „Zelená infrastruktura může být široce definována jako strategicky plánovaná síť vysoce hodnotných přírodních a polopřírodních území s dalšími environmentálními funkcemi a prvky, které jsou navrhovány a řízeny pro poskytování

širokého spektra ekosystémových služeb a ochraňují biodiverzitu ve venkovském i městském prostředí“ (European Commission, 2013).

3.6.1 Program Green Infrastructure, Evropská Unie

Díky rozvoji sídel došlo k zániku mnoha přirozených biotopů, které měly schopnost regulovat přírodní procesy. Zároveň byly tyto přirozené biotopy zaručenou biodiverzitou. Evropa se stává jedním z nejhustěji osídleného kontinentu planety, proto vznikl projekt Green Infrastructure. Jeho účelem je propojit novou generaci objektů krajinářské architektury, ve kterých je v souladu životní prostředí, ekonomika ale i společenský aspekt (Pančíková, 2016).

Zelená infrastruktura se v posledních letech stala celosvětově populárním pojmem označující komplexně systémy přírodních a polopřírodních území, které zohledňují suchozemské i vodní ekosystémy (Tóth, 2016).

V souvislosti s rychlým nárůstem zpevněných ploch se snižuje počet rostlinných a živočišných druhů. Krajina ztrácí schopnost zadržovat vodu a také se snižuje plocha orné půdy. Výrazně se zvyšuje počet povodní, dlouhotrvajícího sucha nebo naopak intenzivních dešťů, to má negativní vliv na obyvatele celé Evropy, z toho důvodu vznikla Evropská úmluva o krajině. Program, který chrání 18 % území Evropské unie (Fingerová, 2014).

Zelená infrastruktura má potenciál být významným přínosem pro efektivní implementaci evropské politiky, strategických dokumentů a směrnic EU, jejichž cíle jsou v plné nebo částečné míře dosažitelné prostřednictvím přírodě blízkých řešení. Krajina je klíčovou součástí kvality života lidí v městském prostředí a na venkově. Krajina přispívá k formování lokálních kultur a je základním komponentem evropského přírodního a kulturního dědictví přispívajícího k lidskému blahobytu a sloučení evropské identity (Tóth, 2016).

Program Zelená infrastruktura, vydaný Evropskou komisí řeší otázky zachování nebo dokonce zvýšení biodiverzity, zvýšení retenční kapacity území, zkvalitnění života lidí a posílení jejich bezpečí. Zelená infrastruktura je tedy nástroj pro poskytování ekologických, ekonomických a sociálních výhod. Pomáhá se vyhnout spoléhání na tzv. šedou infrastrukturu, která je navíc i nákladná, když příroda může poskytnout levnější a déle trvající alternativu. Důraz je kladen zejména na propojení plochy zeleně potřebné pro živočichy a rostliny, ale také na to, že zlepšují kvalitu ovzduší a snižují přehřívání měst (European Commission, 2013).

V České republice je od roku 1992 do zákona o životním prostředí začleněna tvorba systémů ekologické stability, které jsou povinnou součástí územních plánů. Těmito

nařízením lze mimo jiné napomoci ke snížení výskytu povodní, a mimo jiné napomáhat ke kvalitnějšímu životu lidí. V uskutečnění tohoto programu má v České republice významnou roli Česká komora architektů (Fingerová, 2014).

Projekt Zelená infrastruktura Evropské unie má 6 následujících principů:

1. multifunkčnost – pozitivní ovlivnění lidí, životního prostředí ale i ekonomiky;
2. spojitost – propojení jednotlivých prvků zelené infrastruktury, avšak je možné tolerovat i území, která člověk silně ovlivňuje, jako je třeba nábřeží;
3. obyvatelnost – aby zelená infrastruktura sloužila lidem, fauně i flóře, zlepšení ovzduší, obnova přirozených biotopů, možnost vnější rekreace a cvičení;
4. resilience – schopnost adaptovat se na klimatické změny, ale i schopnost zotavení z narušení ekosystémů, použití vertikální zeleně, zelených střech, stromů, popínavek jako „zelené klimatizace“, dále by města měla brát v potaz přirozenou protipovodňovou kapacitu mokřadů a management dešťové vody;
5. identita – účelné vytvoření vnímatelné identity, smyslu a významu místa, důležitá je významnost konkrétních druhů použité zeleně;
6. návratnost investic – snížení spotřeby energie, redukce nákladů na šedou infrastrukturu, zvýšení ceny okolních pozemků (Rouse, 2013).

K tomu, aby byl systém Zelené infrastruktury plně funkční, musí se na něm koncepčně a koordinovaně pracovat od úrovně nadregionální po lokální tak, aby byla zajištěna prostorová spojitost (Tóth, 2016).

Evropská unie definuje tyto úrovně systému:

- jádrová území s vysokou biodiverzitou (tj. biologická rozmanitost života na planetě, blíže vysvětleno v následující podkapitole - Ekologie);
- jádrová území rozlehlých fungujících biotopů mimo chráněná území;
- přírodní prvky fungující jako koridory nebo tzv. nášlapné kameny („stepping stones“, což jsou malé vodní toky, rybníky, živé ploty, lesní pásy a jiné interakční prvky);
- umělé prvky zlepšující ekosystémové služby nebo napomáhající pohybu druhů, ekodukty, ekomosty, zelené střechy, rybí přechody;
- nárazníkové zóny, které jsou vedené udržitelně a podporují prostupnost krajiny (Pančíková, 2016).

Prvky zelené infrastruktury mohou být řazeny do čtyř skupin:

- hospodaření se srážkovou vodou;
- vysazování stromů;
- ekologická obnova (revitalizace toků, odstraňování invazivních druhů);
- zelené budovy – zelené střechy a fasády, recyklace dešťové vody, uvědomělé nakládání s odpadními vodami (Pančíková, 2016).

Ekologie

Zelená infrastruktura je významným přínosem pro ochranu přírody a krajiny v rámci Natura 2000, která je celoevropskou ekologickou sítí založenou na dvou nejvýznamnějších evropských směrnicích v oblasti ochrany a zachování evropské přírody – Směrnice Rady evropských společenstev o ochraně přirozených biotopů a volně žijících živočichů a Směrnice Evropského parlamentu a rady o ochraně volně žijícího ptactva. Natura 2000 byla založena s cílem zachovat a chránit klíčové druhy a habitaty EU, ale poskytuje mimo toto i množství ekosystémových služeb lidské společnosti (Tóth, 2016).

- **Natura 2000**

Natura 2000 je soustava chráněných území, které jsou vytvářeny podle jednotných principů všemi státy Evropské Unie stejně za účelem zabezpečení ochrany nejcennějších, nejvíce ohrožených, vzácných či omezených svým výskytem druhů živočichů, rostlin a typů přírodních stanovišť. Natura 2000 tedy obsahuje nejdůležitější směrnice a právní předpisy EU na ochranu přírody (Roth, 2003).

- **Biodiverzita – rozmanitost života na planetě**

Biologická rozmanitost je termín, který zahrnuje a zdůrazňuje přírodní bohatství Země. Znamená tedy rozmanitost fauny a flory, rozmanitost přírodních stanovišť a genetické vybavy. Kombinací biologické rozmanitosti a životního prostředí v daném místě vznikají ekosystémy, které umožňují existenci všech živých organismů (European Commission, 2011).

Biodiverzita je zásadní pro naše hospodářství a pro naše blaho. Ochrana biodiverzity se netýká pouze ochrany druhů a stanovišť, ale také o udržení schopnosti přírody dodávat potřebné služby a zboží (European Commission, 2011).

Otázka zachování biodiverzity je alarmující, protože podle ekonomických odhadů činí roční ztráta z toho, co z přírody lidé využívají zdarma, na 50 miliard EUR. Pokud se proti

zániku biodiverzity nepodniknou opatření, může ztráta rozmanitosti přijít lidstvo na 7 % HDP do roku 2050 (European Commission, 2011).

3.7 Vertikální zeleň

Dnes, ve 21. století si lidé pomalu uvědomují nutnost zelené architektury. Společnost potřebuje vědomě přejít na více udržitelný způsob života. Design, konstrukce a údržba budov má obrovský dopad na životní prostředí a přírodní zdroje (Loh, 2008). Využitím vertikální zeleně přestává být problémem nedostatek prostoru ve městech (Dunnet et al, 2004).

3.7.1 Typy vertikální zeleně

Zelené stěny lze podle Sheweka (2011) rozdělit do tří základních typů (viz. Tab. 1), podle druhu rostlin, typu růstového média a konstrukční metody.

Tab. 1 Srovnání tří metod zelených stěn (Sheweka, 2011).

Typ	Rostliny	Rostoucí médium	Typ konstrukce
Popínavé/Samopnoucí	Popínavé rostliny	Substrát na zemi nebo v květináči	Potřebná jen minimální podpora
Závěsné	Rostliny převislé s dlouhým kmínkem	Substrát květináči na každém podlaží	Květináče a podporující konstrukce by měla být na každém podlaží
Modulové	Krátké rostliny	Lehký panel rostoucího média (např. se stlačenou rašelinou)	Podporující konstrukce pro zavěšení nebo umístění modulů by měla být postavena přímo na fasádě

Popínavé zelené stěny

Časově náročný proces, ale popínavé rostliny mohou pokrýt stěnu budovy přirozeně. Někdy jsou pěstovány vzhůru pomocí mříže, lan nebo jiných podpůrných systémů (Wilmers, 1990).

Zelené stěny tvořené z převisle rostoucích rostlin

Pomocí převislých rostlin lze snadno vytvořit úplný vertikální zelený pás na vícepodlažní budově při výsadbě na každém patře (Wilmers, 1990).

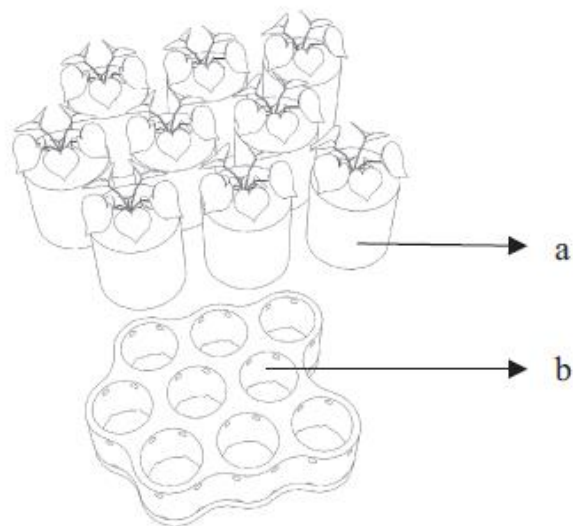
Modulové zelené stěny

Tento typ je nejnovější koncept ve srovnání s předchozími dvěma typy. Vyžaduje složitější návrh a plán před tím, než je realizován. Přesto, že je nákladnější, je efektivnější (Adams, 2007).

Systémy zelených stěn podle vybraných typů či firem:

- Systém Geogreen

Modulový systém (viz obr. 1) využívající kompostované materiály (Manso et al., 2018). Více v následující kapitole 3.8.



Obr. 1 Geogreen modulový systém; a. vegetace, b. modul geogreen (Manso et al., 2018).

- Systém Patricka Blanca

Jedinečná forma zeleného fasádního systému – „vegetační rohož“ je navrhována botanikem Patrickem Blancem. Návrh zelené fasády Patricka Blanca viz obr. 2. V tomto systému je rostlina podepřena dvěma vrstvami syntetické tkaniny s kapsami. Vrstvy syntetických tkanin jsou spojeny větším rámem umístěným v horní části stěny pomocí vodotěsné membrány, aby se zabránilo poškození stávající zdi kvůli vysokému obsahu vlhkosti. Pomocí jako v zavlažovacím modulovém systému zelených stěn, jsou i zde živiny a voda rozváděny rovnoměrně přes tkaninu pomocí gravitačních pulzů (Othman et al., 2016).



Obr. 2 Vertikální zeleň, návrh Patricka Blanca

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/boutique-azzedine-alalaia-paris-5-rue-de-marignan>).

- Systém Grodan

Systém patentovaný Rockwool Group, který pěstuje rostliny hydroponicky (viz Obr. 3). Tento systém pěstování používá například jako pěstební médium firma Biotecture na svých vertikálních panelových systémech (Anon. A, 2018).



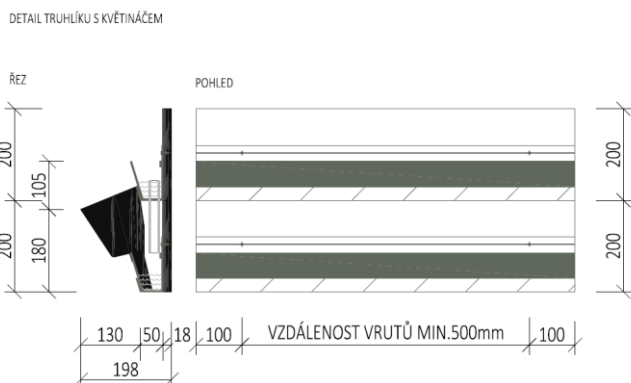
Obr. 3 Grodan, hydroponický systém (<https://urban-garden.co.uk/shop/grodan-rockwool/>).



Obr. 4 Instalace panelových systémů s hydroponickým systémem Grodan, firma Biotecture (<http://www.biotecture.uk.com/hydroponic-living-walls/>).

- Systém Němec s.r.o.

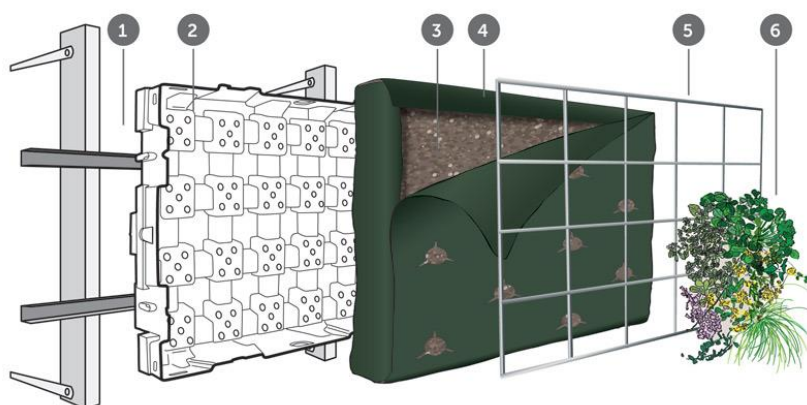
Firma Němec s.r.o. používá systém, na který má již patent. Hmotnost celé konstrukce včetně rostlin je cca 50 kg/m^2 v závislosti na velikosti rostlin. Podkladem je OSB deska o tloušťce 18 mm, která je kotvena na stěnu. Truhlíky jsou z plastu a jsou vzájemně propojené, na nich jsou zavěšeny květináče s rostlinami. Zavlažování do truhlíku (viz obr. 5) je řízeno automaticky pomocí bezpečnostního a regulačního ventilu (Syrůvková, 2018, pers. comm.).



Obr. 5 Schéma truhlíku s květináčem, systému vertikální zeleně Němec s.r.o. (Syrůvková, 2018, pers. comm.).

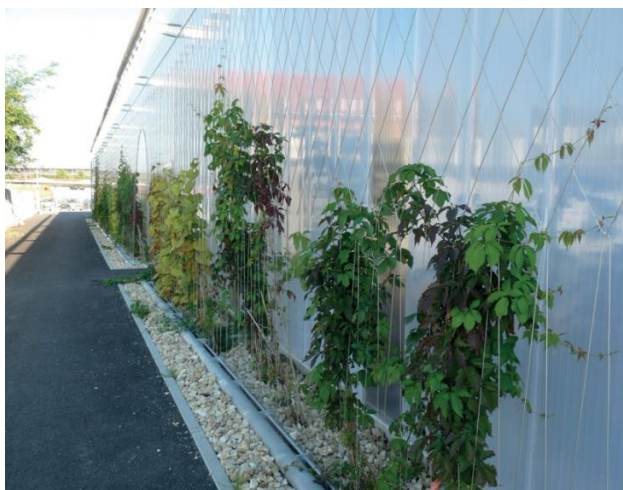
- Systém Zelené fasády – LIKO - S a.s.

Liko-s a.s. používají modulový systém (viz obr. 6). Každý modul obsahuje 10 rostlin, na 1 m² je použito 35 rostlin. Použitá fólie umožňuje rovnoměrnou distribuci vody a také zabraňuje vysychání (Dvořák, 2018, pers. comm.).



Obr. 6 Schéma modulárního systému, 1. hliníkový rám, 2. moduly, 3. substrát, 4. ultra-odolná fólie, 5. nerezová mřížka, 6. rostliny (Dvořák, 2018, pers. comm.).

Další způsob, jaký tato společnost používá, jsou nerezová lana a sítě (viz obr. 7). Nerezová síť nezatěžuje konstrukci budovy, protože je tento systém velice lehký. Síť poroste popínavou rostlinou a vytvoří zajímavý efekt (Dvořák, 2018, pers. comm.).



Obr. 7 Nerezová lana a síť firmy LIKO-S, (Dvořák, 2018, pers. comm.).

3.8 Vertikální zeleň a její vliv na soudobé problémy ve městech

Vertikální zeleň je odpovědí na problémy spojené:

- s úbytkem vegetační plochy (Davis et al., 2015);
- s hlukovým znečištěním (Dunnet et al., 2004);
- se zvyšováním teploty ve městech (Perini et al., 2017).

3.8.1 Městský tepelný ostrov

Snížení vegetačních ploch

Zrychlený proces urbanizace a exponenciální růst velkých měst světa přispěl ke snížení vegetačních ploch, což má vliv na problémy životního prostředí. Více než 50 % obyvatel světové populace žije ve městech. Do roku 2030 se odhaduje, že tato hodnota překročí 60 % (Adams, 2007).

S tímto se shoduje také Santamouris (2001), podle kterého tento proces rozrůstání měst vede k nárůstu jevu známého jako městský tepelný ostrov, zatím co městská zeleň ubývá. Vegetace ve městě má mnoho výhod kromě toho, že čistí vzduch, snižuje úroveň stresu, zvyšuje produktivitu a pocit psychické pohody. Růst teploty ve městech může být až o 15 ° C vyšší v porovnání s neurbanizovaným okolím. Toto navýšení má pak za důsledek zvýšení poptávky po elektřině pro klimatizaci interiérů budov ve městech. Pro každý teplotní stupeň, který se zvyšuje v době nejvyššího chlazení vzduchu, se následně zvyšuje spotřeba elektrické energie v inteligentních systémech HVAC (topení, ventilace a klimatizace), které pomáhají vytvářet komfortní pracovní prostředí (Santamouris, 2001). Právě městská vegetace

může tuto skutečnost zmírnit snížením přenosu tepla mezi budovou a okolním prostředím, které pohlcuje slunečné záření (Sunakorn et al., 2011).

Použití vertikální zeleně jako chladicího systému budov je poměrně novou oblastí výzkumu (Wong et al., 2010). Celkově bylo zjištěno, že spotřeba energie budovy, která je chlazená pomocí vertikální zeleně zabudované do „obalu“ budovy, je snížena a to díky chladičným účinkům evapotranspirace a slunečního stínění, které rostliny vytvářejí (Donnelly, 1992).

Pérez et al. (2011) shrnují čtyři způsoby, ve kterých hraje vertikální zeleň roli pasivního chladicího systému.

- stín produkovaný vegetací;
- ochrana proti slunečnímu záření;
- odpařování chlazení pomocí evapotranspirace;
- snížení tepelných ztrát souvisejících s větrem, který působí na budovu díky ochranné bariéře vertikální zeleně.

Efekt městského tepelného ostrova (tzv. Urban Heat Island = UHI) má podle Wong et al. (2008) několik příčin:

- **Uliční geometrie** (tzv. Canyon geometry)
Městské kaňony (ulice), zejména ty hluboké (viz obr. 8), fungují jako pasti, které snižují ztráty krátkých a dlouhých vln záření, které vyzařují z ulice a budovy a nakonec se dostanou do vnitřního prostoru budovy nebo se znovu po západu slunce dostanou do okolí.
- **Stavební materiály**
Během dne se ve stavebních materiálech jako je beton, cihly a asfalt, díky jejich velké tepelné kapacitě nahromadí teplo. Uložené teplo se pak během noci uvolní zpět do okolního prostředí.
- **Skleníkový efekt**
Dlouhovlnné záření se snadno zachycuje uvnitř znečištěného městského prostředí díky skleníkovému efektu.

- **Antropogenní zdroj tepla**

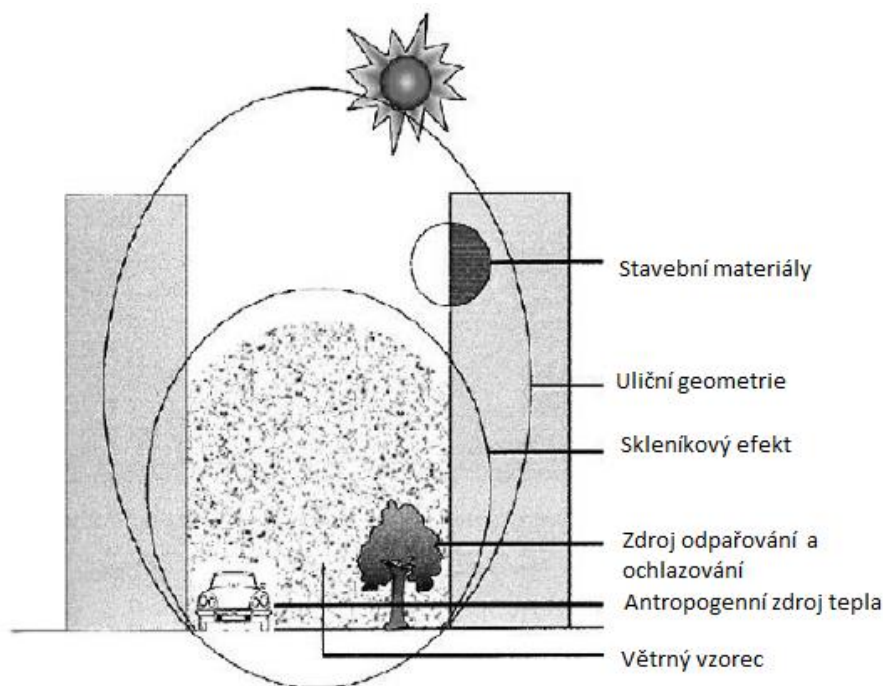
Antropogenní teplo vzniká při průmyslovém spalování, z dopravního provozu a klimatizací a také zhoršuje účinek UHI (Urban Heat Island – Městský tepelný ostrov).

- **Zdroj ochlazování odpařováním**

Efekt může být zmírněn odpařovacími chladícími prostředky, jako je vegetace a vodní prvky, protože dopadající energie může být přeměněna spíše na latentní než na citlivé teplo. Bohužel nedostatek těchto metod ochlazování, zejména ztráta zeleně, účinek UHI ještě více prohlubuje.

- **Větrný vzorec**

Teplo zachycené uvnitř městských uličních kaňonů může být vyvoláno turbulentním přenosem ze zdrojových oblastí. Takovéto tepelné ztráty z ulice lze snížit pouze tam, kde je možné zablockovat proudění větru městskými stavbami (viz obr. 8). V tomto případě je velmi důležitá ventilace městského otevřeného prostoru (Wong et al. 2008).



Obr. 8 Znárodnění ukazující nejdůležitější faktory, které mohou mít vliv na městský tepelný efekt (Wilmers, 1990).

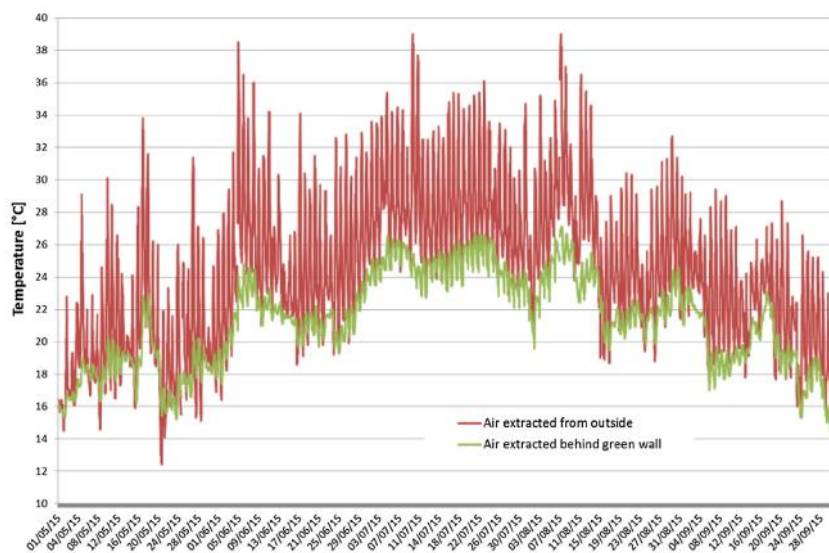
3.8.2 Ochlazování městského vzduchu

Davis et al. (2015) prováděli experiment s modifikovaným vertikálním zahradním modulem následujícími způsoby. Při prvním způsobu byl průchod vzduchu řízený prouděním přes listy vertikálního zahradního modulu umístěného do skleněné komory, kde se vzduch ochlazoval transpirací rostlin. Druhý způsob experimentu využíval průchod vzduchu mezi vertikální zahradou a povrchem (stěnou budovy), na který byl vertikální zahradní modul připevněn. Tento mechanismus měl vzduch ochlazovat a zvlhčovat pomocí kontaktu s vlhkým podkladem. Při třetím způsobu byl vzduch nasáván přes vertikální zahradu, a následně ochlazován pomocí systému mokrého chladiče. Mokrý chladiče přeměňují citlivé teplo ve vzduchu na teplo latentní, tj. energie potřebná k odpaření vody do vzduchu, průchodem vzduchu přes nasycený podklad. Nejúčinnější z těchto tří experimentů byl druhý, tedy průchod vzduchu za vertikální zahradou. V tomto výzkumu funguje nasycený substrát vertikální zahrady podobným způsobem jako nasycená podložka u odpařování vzduchu z chladiče. Vzduch je vtažen do mezery mezi zadní část substrátu a povrch, tedy stěnu budovy. Použitím okolní teploty a měřením relativní vlhkosti se ukázalo, že 3 m vysoká a 0,9 m široká vertikální zahrada by mohla potenciálně klimatizovat kancelářské prostory o výšce stropu 3 m, šířce místnosti 5 m, a délce 9 m.

Výše uvedenými experimenty bylo prokázáno, že je více způsobů, jak vertikální zahrady používat jako integrální součást klimatického systému budov (Davis et al., 2015).

Podle Perini et al. (2017) mohou zelené fasády poskytovat environmentální a ekologické výhody v hustě urbanizovaných oblastech, zlepšit kvalitu vzduchu, zmírnit efekt městského tepelného ostrova a snížit spotřebu energie klimatizací. Studie ukazuje, že zelená vrstva může zmírnit venkovní povrchové teploty, a tím zlepšit celkovou tepelnou pohodu. Kapacita chlazení vertikálních zelených systémů může být využita ke snížení spotřeby energie pro klimatizaci pomocí kombinace přídatných zařízení a zelených vrstev. Teplotní rozdíl do 10° C mezi vzduchem za vertikálním zeleným systémem a vzduchem extrahovaným zvenčí ukazuje výhodu použití čerstvého vzduchu ovlivněného vertikální vegetací (viz obr. 9). Červeně je značen vzduch extrahovaný z vnějšího prostředí, zeleně je značen vzduch, který projde přes zelenou stěnu. Zajímavým výsledkem je také měsíční průměrný rozdíl teplot extrahovaného vzduchu, který činí 5° C, tyto stupně byly naměřeny po hodinových intervalech od června do srpna, vždy od 8 do 18 hodin. Přestože úspora energie při chlazení silně závisí na mnoha faktorech, získané výsledky ukazují potenciální snížení spotřeby energie pro klimatizaci, přičemž pouze 25 hodin převyšuje 26° C v měsíci červenci, 8 hodin

v srpnu a 0 hodin v červnu. Studie ukazuje, že chladicí kapacita vegetace může být využita k ochlazení vzduchu. Úspora energie spojená s využitím vertikální zeleně by znamenala snížení poptávky chlazení zhruba o 26 % (Perini et al., 2017).



Obr. 9 Porovnání mezi teplotami vzduchu extrahovaného v přítomnosti a absence zeleného vertikálního systému (Perini et al., 2017).

S tímto se shoduje, také Vox et al. (2017), podle kterých mohou zelené fasády představovat udržitelné řešení pro výstavbu nových budov za účelem snížení energetické náročnosti klimatizačních systémů. Zelené stěny mohou podpořit evapotranspiraci, tj. výdej vody vegetací zejména listy rostlin, v létě a naopak zvýšit tepelnou izolaci v zimě. Experimentální test proveden v Itálii, ve městě Bari, proběhl na třech stěnách po dobu dvou let. Stěny byly vyrobeny z perforovaných cihel, z nich dvě byly pokryté stálezelenými rostlinami (*Pandorea jasminoides* 'Variegata', *Rhynchospermum jasminoides*), a třetí stěna sloužila jako kontrola a byla okrytá. Denní teplota naměřená na zelených stěnách byla v teplých dnech nižší než na nezakryté stěně, a to až o 9,0 °C. Noční teploty během chladných dnů byly pro vegetační stěnu vyšší než u zdi kontrolní, a to až o 3,5 °C. Tepelné účinky fasády byly během dne ovlivněny slunečním zářením, rychlostí větru a vzdušnou relativní vlhkostí. Nejvyšší chladicí efekt nastal při rychlosti větru 3 - 4 m.s⁻¹, relativní vlhkosti vzduchu 30 - 60 % a slunečním zářením vyšším než 800 Wm⁻². Experiment ukázal, že i použité rostliny *Pandorea jasminoides* 'Variegata', *Rhynchospermum jasminoides*, jsou pro zelené fasády středomořské klimatické oblasti vhodné (Vox et al., 2017).

3.8.3 Hlukové znečištění

Mnoho vnitřních prostorů budov a městské prostředí jako veřejný prostor jsou hlučné. (Davis et al., 2016) Rostliny mohou být použity jako zvuková bariéra, protože snižují hluk. Vegetace v zelené stěně absorbuje frekvence zvuku (Dunnet et al., 2004).

Podle Kavky (1970), je hlučnost obytného a pracovního prostředí velkým urbanistickým problémem. Hluk nejenom obtěžuje člověka, ale ohrožuje i jeho zdraví. Zvuk rozdělujeme podle zdroje hluku na dopravní, průmyslový a sídlištní.

Materiály typu beton, cihly, kámen, asfalt jsou akusticky tvrdé a postrádají zvukovou pohltivost, odrážejí hluk v prostoru. Městské prostředí je často z těchto materiálů tvořeno, což vede k většímu vlivu městského tepelného ostrova a zároveň také k nedostatku tlumení okolního hluku (Davis et al., 2016).

Hluk vzniká různým působením a šíří se prostorem stejné hustoty v kulovitých vlnách. Dozvuk závisí na výšce zástavby, šířce ulice, členitosti fasády apod. Čím plastičtější je fasáda, tím je dozvuk menší (Kavka, 1970).

Podle Davis et al. (2017), bylo v roce 2000 44 % obyvatel Evropské Unie vystaveno hluku, který převyšoval doporučený limit.

Aplikace vertikálních zahrad a zelených střech nabízí mnohé výhody v městských prostředích, včetně snížení retence odtoku povrchových vod, redukci vlivu městského tepelného ostrova a zvýšení biologické rozmanitosti měst. Vertikální zahrada může být aktivním prvkem pro zmírnění hluku ve městech. Od 80. let je známo, že jednotlivé listy mají vliv na tlumení zvuku malý, ale zeleň jako celek, například strom, zvuk pohlcuje daleko více. Také zelené střechy mohou být navrženy tak, aby zvuk pohlcovali ve spojení s jejich hmotou, hustotou a obsahem vlhkosti (Davis et al., 2017).

Davis et al. (2017) zjistili, že vertikální zahrady hlukové znečištění pocházející z letových tras a z automobilového provozu, zmírňují až třikrát. Podle Costa et al. (1995) mají rostliny schopnost pohlcovat zvuky o vyšší frekvenci, proto jsou užitečné při snižování nepříjemných vysokých hluků, na které ve městech často narážíme.

Z pěti druhů rostlin, které studovali Asdrubali et al. (2014), se zjistilo, že nejlépe fungují kapradiny (*Nepthrolepis exaltata*), protože jejich listy mírně zvýšily absorpční koeficient zvuku ve vyšších frekvencích. Práce ukázala, že hlavní absorpční materiál je podkladový substrát, kde rostliny mají pozitivní účinek pouze při hustém osázení.

V pohlcování zvuku vertikální zelení je kromě tloušťky substrátu také důležitá hustota a obsah vlhkosti.

Delany et al. (1970) ve svých studiích ukazují, že čím silnější je substrát, tím vyšší je koeficient absorpce zvuku v nižších frekvencích. Tato znalost umožňuje architektům vertikálních zahrad navrhnout tloušťku podkladu v závislosti na specifické akustické požadavky. Když nejsou důležité nízké frekvence zvuku, může se použít tenčí substrát a naopak, pokud jsou nižší frekvence důležité, použije se substrát tlustší.

3.8.4 Znečištění ovzduší

Znečištění ovzduší v městských oblastech se postupně stává velkou výzvou. Rychlá urbanizace a industrializace v rozvoji země jako je například Indie vedly ke ztrátě porostu zeleně z povrchu městských aglomerací. Tento stav způsobuje nerovnováhu v přírodě. Kumulací několika polutantů se zvyšuje toxicita vzduchu. Rostliny mají úlohu utlumit určité polutanty a jsou široce doporučovány ve formě zelených pásů a městské zeleně pro zmírnění znečištění ovzduší (De Ridder, 2003).

Pro lidské zdraví jsou škodlivé jak částice tuhé, které způsobují zaprášenost plic neboli silikózu, tak částice plynné, které naleptávají sliznice dýchacích cest a trávicích orgánů (Kavka, 1970).

V osmdesátých letech minulého století Wolverton předložil studii s návrhem možnosti spojit květináč s filtrem s aktivním uhlím a ventilační systém pro čištění vzduchu v městských domácnostech. Na tuto studii navázali Dat a Dixon, kteří při výzkumu, kde byla vytvořena vertikální zahrada na několika podlažích budovy, sériově propojili budovu s HVAC systémem (tj. systém pro topení a klimatizaci) s bio filtrací. Ukázalo se, že tato instalace významně snížila určité těkavé organické sloučeniny VOC ze vzduchu (Davis et al., 2015).

Rostliny díky fotosyntéze uvolňují kyslík do atmosféry, při které se rozkládá oxid uhličitý a voda a vytváří se cukr a kyslík. Tento jev tedy nejen vytváří kyslík, ale také snižuje emise oxidu uhličitého (Johnston et al., 2004).

Pro vegetaci je důležitý podíl CO₂, dusíku, kyslíku a některých vzácných plynů, které působí jako katalyzátory (Kavka, 1970).

Městská zeleň může nabídnout ekologickou a nákladově velmi efektní techniku, která může pomoci snížit znečištění ovzduší v kompaktních městských oblastech. Urbanizace obecně nahrazuje přírodní vegetační prvky betonovými konstrukcemi. Zeleň může být do těchto urbanizovaných území zavedena ve formě vertikálních zelených systémů na stěnách budov. Rostliny musejí být vybrány podle toho, jakou mají míru tolerance ke znečištění. Tuto

míru představuje index APTI, jenž je založen na čtyřech vlastnostech listů rostliny. Jedná se o obsah kyseliny askorbové, pH extraktu listů, relativní obsah vody a celkový obsah chlorofylu v listech (Pandey et al., 2015). Pro výzkum ve Varanasi, kompaktním tropickém městě v Indii, byly vybrány rostliny jako je *Ipomea palmata*, *Antigonon leptopus*, *Thunbergia grandiflora*, *Aristolochia elegans*, *Cryptolepis buchanani*. V této studii bylo kladeno za cíl zmírnění omezení nežádoucích účinků z přetrvávající expozice, které byly rostliny vystaveny na znečištěném ovzduší a vylepšení místní městské ekologie. Bylo zjištěno, že index APTI s hodnotami vyššími, tedy kolem 17 mají rostliny jako je *Ipomea palmata*, *Antigonon leptopus*, *Clerodendrum splendens*, *Vernonia elaeagnifolia* (Pandey et al., 2015).

Dynamický model simulující sekvestraci uhlíku

Pomocí vertikální zeleně (Vertical Greenery System = VGS) vznikl dynamický model simulující sekvestraci oxidu uhličitého pomocí trvalých bylinných rostlin. Model zkoumal schopnost různých rostlin hromadit uhlík a to v jednotlivých procesech od výsadby, růstu až po odumření rostlin a jejich následnou sklizeň, kompostování a přidávání zbytků do půdy. Množství oxidu uhličitého, které je odstraněno z atmosféry, je nakonec přidané do půdy ve formě mikrobiální biomasy. Studie používala rostliny, které jsou vytrvalé a běžně se používají pro systém vertikální zeleně, tedy trvalky vhodné pro hydroponickou kulturu. Pro středomořské klima, ve kterém výzkum probíhal, byla použita travina *Zoysia matrella*, trvalky *Salvia nemorosa* a *Rosmarinus officinalis*, dále pak *Carex brunnea* a *Fatsia japonica* (Marchi et al., 2015).

Marchi et al. (2015), odhadují, že průměrný roční průtok absorbovaný rostlinnou biomasou těchto druhů byl 0,44 - 3,18 kg CO₂.m⁻² vertikální zahrady. Nejvyšší hodnota nahromaděného oxidu uhličitého v systému, byla dosažena u druhu *Salvia nemorosa*. Bylo zjištěno, že 98 m² VGS může zachytit průměrně 13,41 - 97,03 kg CO₂ za rok. Model předpovídá zvyšující se množství CO₂ v budoucnu, proto hledá přijatelné řešení pro zmírnění změny klimatu v městských oblastech. Model může být přizpůsoben různému druhu rostlin, různým geografickým, klimatickým a biologickým podmínkám. Dále může být použit pro studie sekvestrace uhlíku nejen u vertikální zeleně, ale i u zelených střech a obytných zelených ploch (Marchi et al., 2015).

3.8.5 Problémy s odpadem

Postupný urbanizační proces také způsobuje problémy s odpadem, města vyvíjejí silný tlak na životní prostředí, přičemž přímo či nepřímo odpovídají za 80 % z celkové spotřeby energie, za produkování více než 70 % z celkového množství zbytkových odpadů a za produkci více než 60 % skleníkových plynů. Postupně se tak zhoršuje přirozené prostředí (Grimm et al., 2008).

Environmentální a ekonomické důvody motivují výzkum k používání alternativních materiálů, které přispívají k minimálnímu nebo téměř nulovému použití pěstebního média. Ve Španělsku byl proveden výzkum použití kompostu nebo substrátu jako rostoucího média za účelem omezení použití rašeliny, která je tradičním materiálem podkladu pro pěstování zeleně. Zásoby rašeliny jsou omezené a neobnovitelné a její těžba má silný vliv na životní prostředí. Je nutné pěstovat rostliny v jejich přirozeném prostředí a to vytváří povinnost využívat technologie pro rychlé, kvalitní a efektivní způsoby. Proto se zvyšuje poptávka po nových růstových médiích, které rostlinám poskytují fyzikální vlastnosti jako je kyslík, vodu a nezbytné živiny (Rodríguez et al., 2016).

Zemědělské, lesnické a urbánní činnosti vytvářejí organické zbytky, které po správné redukci a recyklaci je, podle Rodríguez et al. (2016), možné opětovně využívat a mohou být potencionálními materiály pro vytváření udržitelných, účinných a stabilních růstových médiích, navíc se jedná o místní materiály.

Rodríguez et al. (2016), prováděli experiment pěti substrátů vyrobených ze směsi následujících složek – 70 % kompostované kůry + 30 % kokosových vláken, 70 % kokosového vlákna + 30 % kompostované borové kůry, 70 % zbytků rostlin + 30 % kompostované borové kůry, 70 % rostlinných zbytků + 30 % kokosových vláken a kontrola s 90 % kokosového vlákna (v práškové formě) + 10 % expandovaného polystyrenu. Jako rostlinné indikátory byly použity dva druhy rostlin: *Frankenia laevis* a *Pachysandra terminalis*. Ve studii zjistili, že substrát vyrobený z kokosových vláken v zastoupení 70 % a 30 %, vykazuje v obou případech nízkou hustotu, to je důležité nejenom z hlediska kapacity pěstebního podkladu, ale také se tím předpokládá nižší energetické zatížení budovy. Kokosová vlákna v kombinaci s kompostovanou borovou kůrou udržovaly adekvátní pH a salinitu, což přispělo k dobré výživové dostupnosti pro dané rostliny. Ukázalo se, že organická hmota v substrátech před a po instalaci ve vertikální zahradě byla vyšší v substrátech s větším procentuálním zastoupením kokosových vláken. U substrátů vyrobených z kompostované borové kůry byl naměřen výrazně vyšší podíl vztahu uhlíku

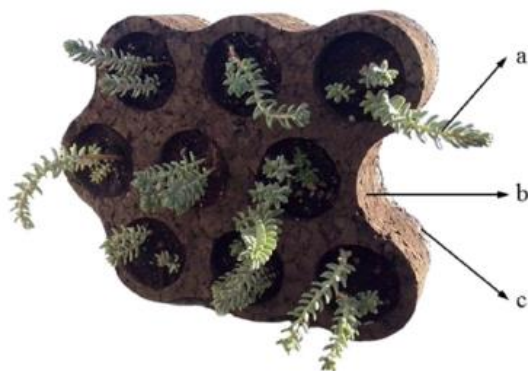
a dusíku, s organickým uhlíkem přítomným v rezistentní formě v použité borovicové kůře. Kompostované materiály tedy vykazují správné hodnoty poměru C/N v substrátech s obsahem kompostované borovice (Rodríguez et al., 2016).

Systém vertikální zeleně využívající odpadní materiály - Geogreen systém

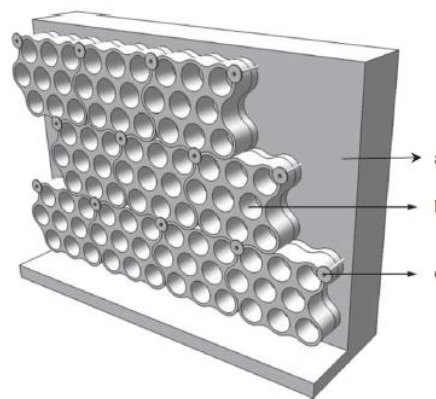
Výstavba a užívání budov představuje podle Mansa et al. (2017) polovinu vytěžených přírodních materiálů a spotřeby energie, a přibližně jednu třetinu spotřeby vody a odpadů vyprodukovaných v Evropské Unii. Proto se podle něj stává více důležité používání udržitelných materiálů, které snižují environmentální dopady stavby, tím že šetří a využívají zdroje efektivněji. Vertikální zeleň může být využívána jako udržitelná strategie ke snížení environmentálního dopadu nově stavěných budov nebo již stávajících. Studie podle Manso et al. (2018) se zabývala vlivem nového modulárního systému „Geogreen“ pro zelené stěny a zelené střechy na životní prostředí. Tento systém využívá odpad a udržitelné materiály. Environmentální profil tohoto systému integruje tři relevantní a obecně ovlivňující kategorie používané v podobných studiích: potenciál globálního oteplení (Global Warming Potencial = GWP), potenciál pro lidskou toxicitu (Human Toxicity Potencial = HTP) a potenciál ekotoxicity sladké vody (Freshwater Aquatic Ecotoxicity = FAEP).

Geogreen je modulový systém prefabrikovaných prvků s vegetací, vhodný pro novostavby i rekonstrukce stávajících budov. Toto řešení je založeno na vertikálních zdích, na jejichž výrobu jsou použity průmyslové odpadní materiály. Každý modul systému se skládá ze spodní vrstvy, což je alkalicky aktivovaná prefabrikovaná deska a horní vrstvy z expandované černé korkové desky. Každý model obsahuje 30 % přírodních materiálů – 27 % expandované černé korkové desky a 3 % expandované černé korkové granule. Tyto materiály jsou klasifikovány jako udržitelné a to díky procesu výroby a složení. Modul může být pro účel údržby odstraněn nebo nainstalován manuálně (Manso et al., 2018).

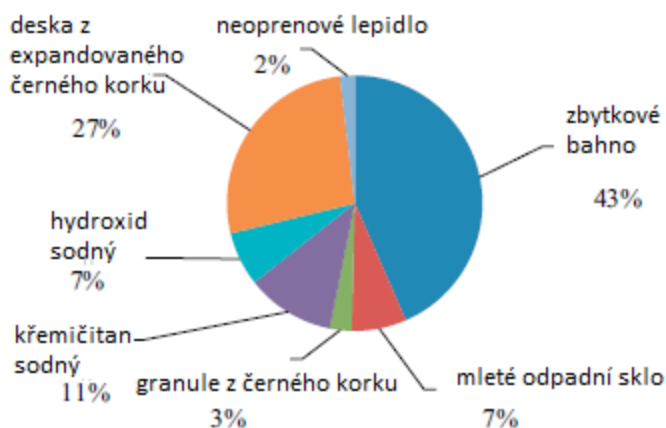
V Geogreen systému bylo pracováno s analýzou životního cyklu (LCA), která zhodnocuje dlouhodobý přínos tohoto systému pro životní prostředí. Tato analýza o systému Geogreen byla důležitá pro identifikaci procesu vytvrzování, při kterém se zvyšují hodnoty Potenciálu globálního oteplení (GWP) a to z důvodu energie spotřebované při tomto procesu. Změnou procesu vytvrzování se podařilo snížit hodnotu o 74 % z celkového GWP, ze 138 kg CO₂ na 36 kg CO₂. Pomocí této studie bylo zjištěno, že systém Geogreen představuje jedno z nejnižších zatížení životního prostředí ve srovnání s jinými stavebními systémy (Manso et al., 2018).



Obr. 10 Geogreen modulární systém s rostlinami a substrátem: a. Přizpůsobené druhy rostlin, b. Horní vrstva izolačního korku, c. Základní vrstva spojená alkalicky aktivovanými látkami (Manso et al., 2018).



Obr. 11 Geogreen modul ve vertikální pozici: a. Samotná stěna, b. Geogreen moduly bez rostlin a substrátu, c. Podpěrné šrouby a desky (Manso et al., 2018).



Obr. 12 Geogreen systém – skladba a procentuální zastoupení materiálu modulu (Manso et al., 2018).

3.8.6 Ekonomická udržitelnost

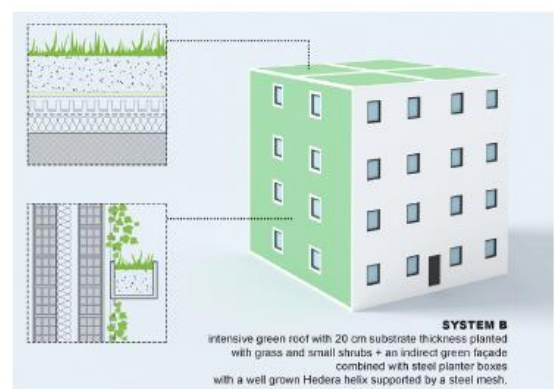
Studie podle Perini et al. (2016) hodnotí ekonomickou udržitelnost kombinace dvou zelených systémů instalovaných na kancelářské budově v Itálii, systém vertikální zelené fasády a zelené střechy. Ekonomická udržitelnost každého řešení se počítá podle dvou ukazatelů.

- První systém A: extenzivní zelená střecha s tloušťkou substrátu 5 cm pokryté rostlinami rodu Sedum + nepřímá zelená fasáda s dobře rostoucími rostlinami rodu Hedera helix podepřeným ocelovou sítí.
- Druhý systém B: intenzivní zelená střecha s tloušťkou substrátu 20 cm, osázená rostlinami a keři + nepřímá zelená fasáda kombinovaná s ocelovými sázcími boxy s dobře rostlými rostlinami rodu Hedera helix podepřenými ocelovou sítí (Perini et al., 2016).

Prvním ukazatelem je hodnota NPV (Net Present Value), tj. diskontovaná hodnota výhod snižená o náklady, které se vyskytnou během zvažované doby životnosti. Druhým ukazatelem je doba návratnosti PBV (Pay Back Period), tj. doba potřebná k navrácení investice, tento indikátor je relevantní. Díky němu se zjišťuje, jaký hospodářský přínos nastává během životnosti každého systému. Studie dokládá, že výhody plynou z kombinace těchto dvou systémů, díky nižším nákladům na instalaci a údržbu. Ačkoliv analýza těchto systémů zeleně – extenzivní zelená střecha, nepřímo zelené fasády, intenzivní zelená střecha, nepřímá zelená fasáda se systémem květináčů, dokládá, že každý z těchto systémů je ekonomicky udržitelný, pro případ kombinace intenzivní zelené střechy a zelené fasády s květináči platí, že jejich ekonomická udržitelnost je na hraně přijatelnosti, na druhou stranu kombinace těchto dvou systémů výrazně zlepšuje ukazatele NPV a PBP. Výsledky tedy ukazují, že kombinace zelených systémů mohou zajistit, aby instalace a náklady na údržbu byly ekonomicky udržitelné během životnosti zeleného systému (Perini et al., 2016).



Obr. 13 Systém A: extenzivní zelená střecha a nepřímá zelená fasáda (Perini et al., 2016).



Obr. 14 Systém B: intenzivní zelená střecha a nepřímá zelená fasáda se sázcími boxy (Perini et al., 2016).

3.8.7 Dešťová voda

Oudolf et al. (2013) se domnívají, že hlavním problémem ve městech je řízení vody, zvláště kontrola nadměrného odtoku při bouřích, což může způsobit povodně a s tím související znečištění.

Dešťová voda v městské oblasti je z nepropustných povrchů odváděna tradičně pomocí odvodňovacích potrubních systémů. Záplava může nastat, když kanalizace není schopna ukládat a odvádět přebytečnou vodu. Zelená stěna je schopna zadržet vodu a ovládat tak odtok vody ze střechy budovy (Sheweka, 2011).

Filtrace nečistot vody

Kořeny rostlin hrají velkou roli při filtraci nečistot ve vodě předtím, než vstoupí do podzemní vody. Množství nečistot v půdě jako je například dusík a fosfor můžou rostliny snížit tím, že je využijí pro svůj růst (Johnson et al., 1996).

3.8.8 Černá voda

Dalším globálním problémem je tzv. černá voda, tedy odpadní voda ze septiků. Systém vertikální zeleně lze považovat za alternativu v procesu čištění černé vody, zejména pro odstranění sloučenin amonia. Ve studii podle Jin et al. (2018), dosáhla míra odstranění na hranici 93,99 % a v systému bylo nazeleno několik bakterií, které mají schopnost odstranit dusík. Údržba zelených stěn spočívá ve velké spotřebě vody na zavlažování, spotřeba činí 0,5 až 20 l na m² pitné vody na den, úspora energie může být dosažena právě v kombinaci vertikální zeleně s čistírnou odpadních resp. černých vod (Jin et al., 2018).

3.8.9 Zachování biodiverzity ve městech

Ve studii podle Collins et al. (2017) zabývající se hodnotou zelených stěn pro městskou biodiverzitu, se ukázalo, že zelená infrastruktura zvyšuje biologickou rozmanitost. Testování probíhalo na třech typech zelených infrastruktur. Dvě zelené stěny a alternativní použití vegetace v porovnání s nulovou zelení. Vyšší úroveň užítku byla prokázána ve spojení s obytnou zelenou stěnou.

Městská zeleň a rostliny kolem budovy lze považovat za přijatelné alternativní stanoviště pro život živočichů. Přítomnost volně žijících živočichů může obohatit ekologickou kvalitu a zlepšit životní prostředí (Johnston et al., 2004).

Podle Oudolf et al. (2013) udržitelnost vyžaduje, abychom minimalizovali nenahraditelné vstupy, které se v pěstitelství používají a redukovali škodlivé výstupy, protože

podpora biologické rozmanitosti přináší poptávku po výsadbách a praktikách šetrných k životnímu prostředí.

3.9 Vertikální zeleň jako budoucnost

Vertikální zahrady mají podle Davis et al. (2017) pro městské prostředí mnoho výhod, bojují proti stále klesající úrovni městské vegetace, optimalizují městský tepelný ostrov a zvyšují celkovou pohodu.

Proto se stalo použití zeleně v městském plánování nezbytným prvkem, neboť nabízí výhody jako je:

- redukce efektu městských tepelných ostrovů;
- zadržování vlhkosti;
- příspěvek k biodiverzitě (Davis et al. 2017).

Vertikální zahrady, zelené stěny, zelené fasády, živé stěny, jsou důležitým faktorem pro zlepšení městského prostředí. Loh (2008) definuje vertikální zahrady jako:

- konstrukční mřížkové systémy, kde jsou rostliny zakořeněny v kontejnerech a rostou skrz mřížku;
- plstěné systémy, kde je vegetace zakořeněna v kapsách plstěném substrátu, který je připevněn k vodotěsné desce a celý je držen nosnou konstrukcí;
- panelové systémy, což je systém, do kterého jsou předem připraveny rostliny se substrátem a poté je přenesen namísto a namontován na nosnou konstrukci;
- pnoucí rostliny, které jsou zakořeněné v zemi a rostou po stěně budovy.

3.9.1 Benefity vertikální zeleně

Ekonomické výhody

Všechny ekonomické výhody jsou spojeny s ekologickým přínosem vertikální zeleně. Použití zelených stěn může snížit klimatický stres na fasádách a prodloužit praktickou životnost budovy a mimo to také snížit náklady na nátěrové materiály (Johnson et al., 1996).

Sociální výhody

Vertikální zeleň a rostliny samotné mají posilující účinky vedoucí ke snížení stresu. Mají schopnost zlepšit uzdravení pacienta a zvýšit odolnost vůči nemocem (Sheweka, 2011).

Rostliny také dávají lidem pocit blízkosti k přírodě v betonové džungli města (Johnson et al., 1996).

Úbytek vegetační plochy

Urbanizace je ve světě na vzestupu, například Latinská Amerika v letech 1950 až 2000 téměř zdvojnásobila procento své urbanizace ze 41,4 % na 75,3 %. Spolu s tímto má růst měst tendenci zároveň snížit procentuální zastoupení vegetace (Davis et al., 2015).

Použitím vertikální zeleně, přestává být problém nedostatek půdy, protože pokrývá fasádu budovy (Dunnet et al., 2004).

Ve srovnání se zelenými střechami, zelené stěny mohou pokrýt více exponované tvrdé povrchy ve stavebním průmyslu. Pokud je budova pokryta ze dvou třetin fasády rostlinami, přispěje to ke zdvojnásobení rozlohy vegetace na daném místě (Sheweka, 2011).

3.10 Příklady vertikální zeleně

3.10.1 Zelené stěny ve světě

V Evropě je nejznámějším průkopníkem vertikální zeleně Patrick Blanc, Francouz, který vyprojektoval více než 300 vertikálních zahrad po celém světě. První vertikální zahradu vytvořil již v roce 1978, o deset let později, v roce 1988 si nechal vytvořit na zelené stěny patent. Blanc říká, že rostliny ve skutečnosti nepotřebují půdu, že to není víc než mechanická podpora. Podle něj je pro rostliny pouze zásadní voda a v ní rozpuštěné minerály společně se světlem a oxidem uhličitým potřebným při fotosyntéze (Anon. B, 2018).

- Vybrané realizace Patrick Blanc:

Quai Branly Museum – viz fotodokumentace, FOTO 3.

L'Oasis d'Aboukir - viz fotodokumentace, FOTO 8.

Forum Culturel - viz fotodokumentace, FOTO 9.

Aix en Provence a další. - viz fotodokumentace, FOTO 10.

Udržitelnou flexibilní vertikální zelení se také zabývá anglická firma Biotope, která byla založena v roce 2007 a sídlí v Londýně. Zakladatelem je architekt Richard Sabin, který říká, že primární práce jeho týmu byla v sektoru, kde botanika a udržitelnost kombinuje architekturu a konstrukci (Anon. A, 2018).

- Vybrané realizace Biotope:

Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn – viz fotodokumentace, FOTO 17.

Dalším příkladem je společnost One World Design, která byla založena v roce 2006 a také, jako předešlá sídlí v Londýně (Medland, 2018, pers. comm.).

- Vybrané realizace One World Design:

The National Grid Car Park – viz fotodokumentace, FOTO 22.

Parkoviště, které je prostorově rozděleno na 446 místností, tvoří vertikální zelená stěna o rozloze 1027 m². Tato stěna je domovem pro více než 97 000 rostlin více než 20 různých taxonů. Druhy rostlin byly vybrány tak, aby převažovaly především místní a volně žijící druhy rostlin, ze kterých většina rostlin jsou stálezelené a poskytují tak pokrytí po celý rok. Zelená stěna je navržena tak, aby zvolenými druhy přispívala jak k ekologii, tak k biodiverzitě. Na stěně jsou umístěny ptačí a hmyzí budky a 558 nízkoenergetických LED světel (Medland, 2018, pers. comm.).

Další je společnost sídlící ve Španělsku, ve městě Alicante. Firma Paisajismo Urbano spolupracovala na více než 50 vertikálních zahrad po celém světě - ve Španělsku, Bolívii, Chile, Columbii, Spojených Státech Amerických a Ekvádoru (Anon. C, 2018).

- Vybrané realizace Paisajismo Urbano:

Největší vertikální stěna v Bolívii – Las Brisas Mall – viz fotodokumentace, FOTO 29.

Vertikálními stěnami se také zabývá společnost Habitat Horticulture ze San Francisca. Jejich největší projektem byla The Living Wall San Francisco Museum of Modern Art, která se skládá z 19 442 kusů rostlin, 38 různých druhů. Konstrukce stěny je z několika vrstev oceli, železa a polykarbonátu. Protože se stěna nachází v Kalifornii, kde jsou častá sucha, je zavlažována převážně zachycenou dešťovou vodou a kondenzací systému HVAC – což je topení, ventilace a klimatizace budovy. Jakýkoliv odtok ze zdi je zachycen a cirkulován. Stěnu snímají senzory, kterými je zajištěno, že zavlažování probíhá pouze tam, kde je potřeba (Anon. A, 2018).

- Vybrané realizace Habitat Horticulture:

The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco – viz fotodokumentace, FOTO 39.

3.10.2 Zelené stěny v České republice

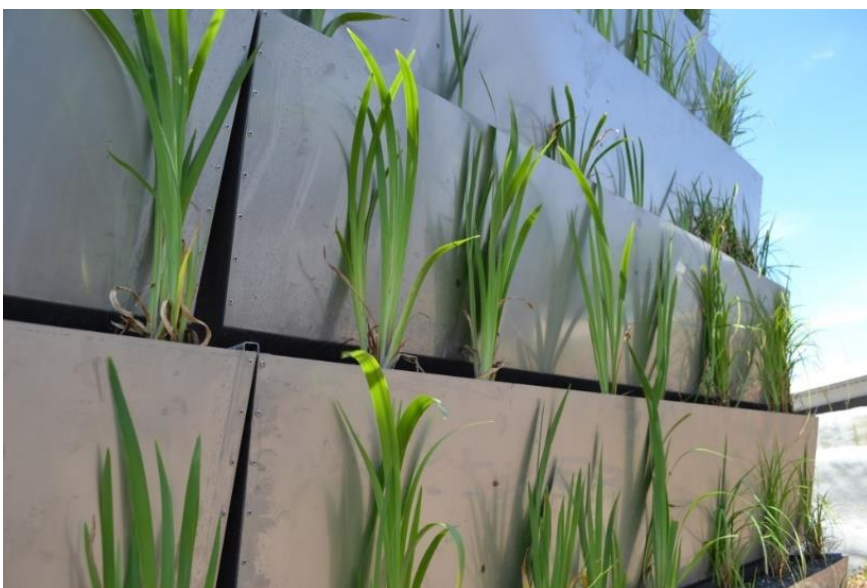
V České republice není toto téma prozatím moc aktuální, zatím se více používají interiérové zelené stěny. Od roku 2011 vyrábí, dodává a instaluje vertikální zahrady česká firma Němec s.r.o. V posledních letech nainstalovala tato společnost 4000 m² vertikální zeleně po celé Evropě. Kromě vertikální zeleně na budovách, realizovali Living Smart bench, plně nezávislou lavičku napájenou pouze solární energií, která je osázena 16 m² vertikální zahrady. Chytrá lavička je umístěna na několika místech v Praze (Syrovátková, 2018, pers. comm.).

- Vybrané realizace Němec s.r.o.:

Living Smart Bench, Praha – viz fotodokumentace, FOTO 43.

Kancelářská budova Butterfly v Karlíně, Praha – viz fotodokumentace, FOTO 44.

Další společností je Zelené fasády LIKO – S a.s., sídlící ve Slavkově u Brna. Společnost používá systém zelené difuzně otevřené fasády, který mají patentovaný. Používají tři systémy – modulový, nerezovou síť a kořenovou čistírnu. Kořenová čistírna (viz obr. 15) je složena z nerezových kazet, voda je dávkována čerpadlem a samospádem teče z jedné kazety do druhé (Dvořák, 2018, pers. comm.).



Obr. 15 Kořenová čistírna LIKO – S a.s. (Dvořák, 2018, pers. comm.).

- Vybrané realizace LIKO – S a.s.

Administrativní budova LIKO – S a.s., Slavkov u Brna – viz fotodokumentace, FOTO 47.

Mrakodrap AZ Tower, Brno.

Výrobní hala CT Park Brno South, Brno.

4 Závěr

Zelená infrastruktura je důležitým aspektem kvalitního života ve městech. Spolu s šedou a modrou infrastrukturou vytváří celek, který je základem pro kvalitní bydlení. Pro udržitelný rozvoj života lidí na zemi jsou podstatné tři pilíře - společnost, životní prostředí a dobře fungující ekonomika.

Pomocí programu Zelená infrastruktura, který byl vydán Evropskou komisí, se snaží evropská politika strategicky řídit a poskytovat mnoho systémových služeb, ochraňovat biodiverzitu ve venkovském a městském prostředí a celkově zkvalitnit život lidí a poskytnout jejich bezpečí.

Globální problémy, jako je vytváření tzv. Městských tepelných ostrovů, znečištění ovzduší, hlukové znečištění, problémy s odpadem a černou vodou a další, jsou dnes velkou hrozbou.

Díky chladivým účinkům evapotranspirace rostlin a slunečního zastínění, působí vertikální zeleň jako místní klimatizace. Snižují se tak náklady na klimatizování místností a zároveň se snižuje efekt městského tepelného ostrova. Zeleň nejen ochlazuje, ale i čistí vzduch tím, že z něj odstraňuje prachové částice a jiné polutanty.

Vertikální zahrady snižují hlukové znečištění na daném místě, protože rostliny mají schopnost pohlcovat zvukové vlny.

Kombinací vertikální zeleně s čistírnou odpadních vod, se vyřeší problém černé vody a zároveň se sníží spotřeba vody na zavlažování vertikální zeleně.

Zelená stěna je schopna zadržet přebytečnou vodu při bouřích. Voda, která při bouřích nestíhá odtékat, způsobuje povodně a další znečištění. Tyto a mnohé další výhody vertikální zeleně ve městech přináší.

Ačkoliv je obor vertikální zeleně poměrně novodobou záležitostí, myslím, že do budoucna je to téměř jediný udržitelný způsob urbanizace.

5 Seznam literatury

Adams, J. 2007. *Vegetation – Climate Interaction: How Plants Make the Global Environment*. Springer-Verlag Berlin. London. p. 232. ISBN: 9783540324928.

Asdrubali, F., Alessandro, F., Mencarelli, N. Sound Absorption properties of tropical plants for indoor applications [online]. The 21st International COngress on Sound and Vibration. 13 July 2014 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z <http://www.academia.edu/7763074/SOUND_ABSORPTION_PROPERTIES_OF_TROPICAL_PLANTS_FOR_INDOOR_APPLICATIONS>.

Benešová, M. 10 Březen 2018. pers. comm.

Collins, R., Schaafsma, M., Hudson, M. D. 2017. The value of green walls to urban biodiversity. In: Robinson, G. M. (ed.). *Land Use Policy* 64. Elsevier Publishers. Southampton. p. 114-123. ISSN: 02648377. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S0264837716310778/1-s2.0-S0264837716310778-main.pdf?_tid=862ca462-062f-41a0-8f97-2c5a351bd0cb&acdnat=1523559946_4b01a8931feca9f4effeda06db32b600>.

Costa, P. James, R. W. Constructive Use of Vegetation in Office Buildings [online]. *Plants for People Symposium*. 23 November 1995 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z <https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2014/09/Silence-of-the-Palms_Costa1.pdf>.

Davis, M. J. M., Ramírez, F., Vallejo, A. L. 2015. Vertical Gardens as Swamp Coolers. In: Chong, W. O., Chang, J., Parrish, K., Berardi, U. (eds.). *Procedia Engineering* 118. Elsevier Publishers. Ecuador. p. 145-159. ISSN: 18777058. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S1877705815020688/1-s2.0-S1877705815020688-main.pdf?_tid=fad6e36b-b97e-4ea5-b4a4-7d4d16f58ab0&acdnat=1523198396_476b00a614bd2fe1e218b898b6324292>.

Davis, M. J. M., Ramírez, F., Pérez, M. E. 2017. More than just a Green Facade: Vertical Gardens as Active Air Conditioning Units. In: Chong, O., Parrish, K., Tang, P., Grau, D., Chang, J. (eds.). *Procedia Engineering* 116. Elsevier Publishers. Tempe. p. 1250-1257. ISSN: 18777058. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S1877705816301680/1-s2.0-S1877705816301680-main.pdf?_tid=d9da7e2a-e68c-4738-b730-9e7a8e518ef4&acdnat=1523208759_aa1d3a24b30071f0b7215f7fb7b03fb2>.

Delany, M. E., Bazley, E. N. 1970. Acoustic properties of fibrous absorbent materials. In: Li, K. M. (ed.). *Applied Acoustic* 2. Elsevier Publishers. London. p. 105-116. ISSN: 0003682X. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/0003682X70900319/1-s2.0-0003682X70900319-main.pdf?_tid=9bdc2c94-29c7-4d19-a224-fab688640351&acdnat=1523445394_3c136038936f58d922c93594f288fb4c>.

De Ridder, K. Benefits of Urban Green Space [online]. BUGS. January 2003 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z <<http://www.eukn.eu/fileadmin/Lib/files/EUKN/2010/11---bugs---benefits-of-urban-green-space.pdf>>.

Donnelly, M. C. 1992. *Architecture in the Scandinavian Countries*. MIT Press. London. 401 s. ISBN: 0262041189.

Dunnet, N., Kingsbury, N. 2004. *Planting Green Roofs and Living Walls*. Timber Press. London. 254 s. ISBN: 9780881926408.

Dvořák, R. 9 Duben 2018. pers. comm.

European Commission. *Building a Green Infrastructure for Europe*. 2013. Belgium. p. 22. ISBN: 9789279334283. Dostupné také z: <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf>.

European Commission. *The EU Biodiversity Strategy to 2020*. 2011. Belgium. p. 27. ISBN: 9789279207624. Dostupné také z: <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_en.pdf>.

Fingerová, R. Zelená infrastruktura: Program Evropské Unie [online]. Česká komora architektů. 10. září 2014 [cit. 2018-02-05]. Dostupné z <<https://www.cka.cz/cs/cka/lide-v-cka/pracovni-skupiny/ps-krajinarska-architektura/zelena-infrastruktura-program-evropske-unie>>.

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, Ch. L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J. M. 2008. Global Change and the Ecology of cities. In: nevedeno. Science 319. American Association for the Advancement of Science. Washington. p. 756-760. ISSN: 00368075.

Dostupné také z:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/7e13/eb998069e22518c52c279b54022517fd7f85.pdf>>.

Jin, Z., Xie, X., Zhou, J., Bei, K., Zhang, Y., Huang, X., Zhao, M., Kong, H., Zheng, X. 2018. Blackwater treatment using vertical greening: Efficiency and microbial community structure. In: Pandey, A. K., Larroche, C., Ngo, H. H. (eds.). Bioresource Technology 249. Elsevier Publishers. Wenzhou. p. 175-181. ISSN: 09608524. Dostupný také z: <https://ac.els-cdn.com/S0960852417317418/1-s2.0-S0960852417317418-main.pdf?_tid=2288d32a-cfe0-47f3-aeb5-f32076f5b011&acdnat=1523522817_db7585fdb1416a69e335033f82a295d>.

Johnston, J., Newton, J. 2004. Building Green: A guide to using plants on roof, walls and pavements. Greater London Authority. London. p. 121. ISBN: 1852616377. Dostupný také z: <<https://brightonandhovebuildinggreen.files.wordpress.com/2017/07/johnstone-and-newton-building-green.pdf>>.

Kavka, B. 1970. Krajinářské sadovnictví. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 580 s. ISBN: nevedeno.

Kavka, B., Šindelářová, J. 1978. Funkce zeleně v životním prostředí. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 235 s. ISBN: nevedeno.

Loh, S. Living walls: a way to green the built environment [online]. BEDP Environment Design Guide TEC 26. srpen 2008 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z <<http://www.environmentdesignguide.com.au/media/TEC26.pdf>>.

Manso, M., Gomes, J., Paulo, B., Bentes, I., Teixeira, C. A. 2018. Life cycle analysis of a new modular greening system. In: Barcelo, D., Gan, J. (eds.). *Science of the Total Environment* 627. Covilha. p. 1146-1153. ISSN: 00489697. Dostupné také z: <

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/AAF00CFC5E72B698809E4ED226F41BF5473DCD3E2AC1575D62E3638024D1F5C74AD4522E09ECD1F2810F975DEF0328B9>>.

Marchi, M., Pulselli, R. M., Marchettini, N., Pulselli, F. M., Bestianoni, S. 2015. Carbon dioxide sequestration model of a vertical greenery system. In: Park, Y., Baehr, Ch., Laroque, G. R., Pérez, J. M., Sauvage, S. (eds.). *Ecological Modelling* 306. Elsevier Publishers. Italy. p. 46-56. ISSN: 03043800. Dostupný také z: < https://ac.els-cdn.com/S0304380014003925/1-s2.0-S0304380014003925-main.pdf?_tid=5bd27718-7b1c-4c6b-9a15-9e9158870f6a&acdnat=1523449464_99c07af241f06b5c7962603aaf345f90>.

Medland, Ch. 13 February 2018. pers. comm.

Othman, A. R., Sahidin, N. 2016. Vertical Greening Facade as Passive Approach in Sustainable Design. In: Abbas, M. Y., Bajunid, A. F. I., Thani, S., K., S., O. (eds.). *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 222. Elsevier Publishers. Shah Alam. p. 845-854. ISSN: 18770428. Dostupný také z: < https://ac.els-cdn.com/S1877042816302609/1-s2.0-S1877042816302609-main.pdf?_tid=9ccac72d-e550-4317-a193-1e6ebf779cd7&acdnat=1523559437_26290e2d2e83b5e3a40064078ae664b7>.

Oudolf, P., Kingsbury N. 2013. *Planting: A New Perspective*. Timber Press. London. 280 s. ISBN: 1604693703.

Pančíková, L. 2016. Zelená infrastruktura – terminus technicus. *ZAHRADA – PARK – KRAJINA*. 2. 28 – 31.

Pandey, A. K., Pandey M., Tripathi, B. D. 2015. Air Pollution Tolerance Index of climber plant species to develop Vertical Greenery Systems in a polluted tropical city. In: Nassauer, J., Xiang, W. (eds.). *Landscape and Urban Planning* 144. Elsevier Publishers. Varanasi. p. 119-127. ISSN: 01692046. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S0169204615001851/1-s2.0-S0169204615001851-main.pdf?_tid=d9162755-43db-43b1-8595-388789855207&acdnat=1523448479_35739631f7a6bcc29201959cc86627ad>.

Perini, K., Rosacco, P. 2016. Is Greening the building envelope economically sustainable – An analysis to evaluate the advantages of economy of scope of vertical greening systems and green roofs. In: Konijnendijk van den Bosch, C. (ed.). *Urban Forestry and Urban Greening* 20. Elsevier Publishers. Italy. p. 328-337. ISSN: 16188667. Dostupný také z: <https://ac.els-cdn.com/S1618866715301254/1-s2.0-S1618866715301254-main.pdf?_tid=0a80dfa8-5b6d-4b3b-819a-cc85eed49bbb&acdnat=1523444277_5160d23ec11382d3faacc15fc09e4b49>.

Perini, K., Bazzocchi, F., Croci, L., Magliocco, A., Cattaneo, E. 2017. The use of vertical greening systems to reduce the energy demand for air conditioning. In: Niu, J., Santamouris, M. (eds.). *Energy and Buildings* 143. Elsevier Publishers. Italy. p. 35-42. ISSN: 03787788. Dostupný také z: <https://ac.els-cdn.com/S0378778817309015/1-s2.0-S0378778817309015-main.pdf?_tid=4d613fb8-8a55-4c24-b06b-b0c7d9ce5a3b&acdnat=1523444351_96062050e2b1a30dd11bb71a332f0ace>.

Pérez, G., Rincón, L., Vila, A., González, J. M., Cabeza, L. F. 2011. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. In: Yan, J. (ed.). *Applied Energy* 88. Elsevier Publishers. Lleida. p. 4854-4859. ISSN: 03062619. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S030626191100420X/1-s2.0-S030626191100420X-main.pdf?_tid=f720c0d3-8706-4133-b567-a57127aaebc5&acdnat=1523561954_45297fbba14c958630d57a23cbcb8ff6>.

Rodríguez, G. L., Esteban, J. P., Fernández, J. R., Masaguer, A. 2016. Behavior and evolution of sustainable organic substrates in a vertical garden. In: Vymazal, J. (ed.) *Ecological Engineering* 93. Madrid. p. 129-134. ISSN: 09258574. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S0925857416302476/1-s2.0-S0925857416302476-main.pdf?_tid=d92130c0-fce6-4183-82f2-4a3ecb88a858&acdnat=1523450292_2a84ec9bdbbd038b13a3dd6dea8d3bc4>.

Roth, P. 2003. *Legislativa Evropských společenství v oblasti územní a druhové ochrany přírody: směrnice 79/409/EHS, směrnice 92/43/EHS, rozhodnutí 97/266/ES*. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 181 s. ISBN: 8072122223.

Rouse, D., Bunster-Ossa, I. F. 2013. *Green Infrastructure: A landscape Approach*. Routledge. London. 144 s. ISBN: 161190062X.

Santamouris, M. 2001. Energy and Climate in the Urban Built Environment. James and James. London. p. 399. ISBN: 9781873936900.

Sheweka, S. 2011. The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment. In: Salame, Ch., Charif, H., Hassan, F. E. H., Tahchi, M. (eds.) Energy Procedia 6. Elsevier Publishers. Beirut. p. 592-599. ISSN: 18766102. Dostupné také z: < https://ac.els-cdn.com/S1876610211014792/1-s2.0-S1876610211014792-main.pdf?_tid=af7715da-930b-42fb-8e82-9a27c6341bc8&acdnat=1523208257_3e2cc036b5e9e2459e4d21ba3782db7e>.

Sunakorn, P., Yimprayoon, Ch. 2011. Thermal Performance of Biofacade with Natural Ventilation in the Tropical Climate. In: Secondini, P., Wu, X., Tondelli, S., Wu, J., Xie, H. (eds.). Procedia Engineering 21. Elsevier Publishers. Místo: Bangkok. p. 34-41. ISSN: 18777058. Dostupné také z: < https://ac.els-cdn.com/S1877705811048181/1-s2.0-S1877705811048181-main.pdf?_tid=4f406dbd-abca-4433-9436-2f4574cf925f&acdnat=1523440410_948dd2c72adb1f84783b091387b3f620>.

Syrovátková, E. 18 Březen 2018. pers. comm

Texier, W. 2013. Hydroponics for everybody. Mama Editions. Paris. p.35. ISBN: 9782845940918. Dostupné také z: <https://www.mamaeditions.com/pdf/9782845940918_intro.pdf>.

Tóth, A. 2016. Zelená infrastruktura: Fenomén súčasnosti a prírode blízke riešenie pre udržateľnú budúcnosť. ZAHRADA – PARK – KRAJINA. 2. 36 – 41.

Urrestarazu, P. L., Canero, F. R., Salas, F. A., Egea, G. 2016. Vertical Greening Systems and Sustainable Cities. In: Hanley, R. E. Donato, M., Sen, S., Posner, B. (eds.). Urban Technology 22. Routledge Taylor and Francis Group. Sevilla. p. 1466-1853. ISSN: 10630732. Dostupné také z: < <http://grupo.us.es/naturib/wp-content/uploads/2015/01/Paper-online.pdf>>.

Vorel, I. Pravidla územního plánování – C. 5 Zeleň [online]. Ústav územního rozvoje. 6. prosince 2006. [cit. 2018-01-27]. Dostupné z <<http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/internetove-prezentace/principy-a-pravidla-uzemniho-planovani/kapitolaC/C5-2013.pdf>>.

Vox, G., Blanco, I., Schettini, E. 2017. Green facades to control wall surface temperature in buildings. In: Chen, Q., Blocken, B., Kim, K. W. (eds.). *Building and Environment* 129. Elsevier Publishers. Italy. p. 154-166. ISSN: 03601323. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S0360132317305607/1-s2.0-S0360132317305607-main.pdf?_tid=7a9dda93-bab5-4a7a-980f-74f7f317bdb2&acdnat=1523445210_80c61f6adfd875ed003d9884bc5a336>.

Wagner, B. 1989. *Sadovnická tvorba 1*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 336 s. ISBN: 8020900314.

Wagner, B. 1990. *Sadovnická tvorba 2*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 323 s. ISBN: 8020901124.

Wilmers, F. 1990. Effects of vegetation on urban climate and buildings. In: Niu, J., Santamouris, M. (eds.). *Energy and Buildings* 15. Elsevier Publishers. Hanover. p. 507-514. ISSN: 03787788. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/037877889090028H/1-s2.0-037877889090028H-main.pdf?_tid=66b4d077-3ec6-4089-9fa2-2c91695ce294&acdnat=1523200541_e67757862fb5a059d9e7e71fe2c71f7b>.

Wong, N. H., Kwang Tan, A. Y., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P. Y., Chan, D., Chiang, K., Wong, N. C. 2010. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. In: Chen, Q., Clarke, J. A., Loftness, V., Yang, X. (eds.). *Building and Environment* 45. Singapore. p. 663-672. ISSN: 03601323. Dostupné také z: <https://ac.els-cdn.com/S036013230900198X/1-s2.0-S036013230900198X-main.pdf?_tid=001d57ee-26d1-44d8-8ad7-3b3612b145fb&acdnat=1523444723_23ef1913b381aeeabf10406c4d3230fe>.

Wong, N. H., Chen, Y. 2008. *Tropical Urban Heat Islands: Climate, Buildings and Greenery* Routledge: Taylor and Francis Group. London. p. 264. ISBN 9781134221097.

6 Seznam obrázků a tabulek

Tab. 1 Srovnání tří metod zelených stěn (Sheweka, 2011).

Obr. 1 Geogreen modulový systém; a. vegetace, b. modul geogreen (Manso et al., 2018).

Obr. 2 Vertikální zeleň, návrh Patricka Blanca

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/boutique-azzedine-alalaia-paris-5-rue-de-marignan>).

Obr. 3 Grodan hydroponický systém (<https://urban-garden.co.uk/shop/grodan-rockwool/>).

Obr. 4 Instalace panelových systémů s hydroponickým systémem Grodan, Biotecture (<http://www.biotecture.uk.com/hydroponic-living-walls/>).

Obr. 5 Schéma truhlíku s květináčem, systému vertikální zeleně Němec s.r.o.

(<https://cascadegarden.nemec.eu/technicka-data>).

Obr. 6 Schéma modulárního systému, 1. hliníkový rám, 2. moduly, 3. substrát, 4. ultra-odolná fólie, 5. nerezová mřížka, 6. rostliny (<http://www.zelenafasada.cz/zelene-fasady>).

Obr. 7 Nerezová lana a síť firmy LIKO-S, (<http://www.zelenafasada.cz/zelene-fasady>).

Obr. 8 Znázornění ukazující nejdůležitější faktory, které mohou mít vliv na městský tepelný efekt (Wilmers, 1990).

Obr. 9 Porovnání mezi teplotami vzduchu extrahovaného v přítomnosti a absence zeleného vertikálního systému (Perini et al., 2017).

Obr. 10 Geogreen modulární systém s rostlinami a substrátem: a. Přizpůsobené druhy rostlin, b. Horní vrstva izolačního korku, c. Základní vrstva spojená alkalicky aktivovanými látkami (Manso et al., 2018).

Obr. 11 Geogreen modul ve vertikální pozici: a. Samotná stěna, b. Geogreen moduly bez rostlin a substrátu, c. Podpěrné šrouby a desky (Manso et al., 2018).

Obr. 12 Geogreen systém – skladba a procentuální zastoupení materiálu modulu (Manso et al., 2018).

Obr. 13 Systém A: extenzivní zelená střecha a nepřímá zelená fasáda (Perini et al., 2016).

Obr. 14 Systém B: intenzivní zelená střecha a nepřímá zelená fasáda se sázecími boxy (Perini et al., 2016).

Obr. 15 Kořenová čistírna LIKO – S a.s. (<http://www.zelenafasada.cz/zelene-fasady>).

7 Přílohy

7.1 Komentovaná fotodokumentace

Ukázky použití vertikální zeleně v zahraničí a v České republice.

7.1.1 Zahraničí

Následující dokumentace ukazuje použití vertikální zeleně v praxi.

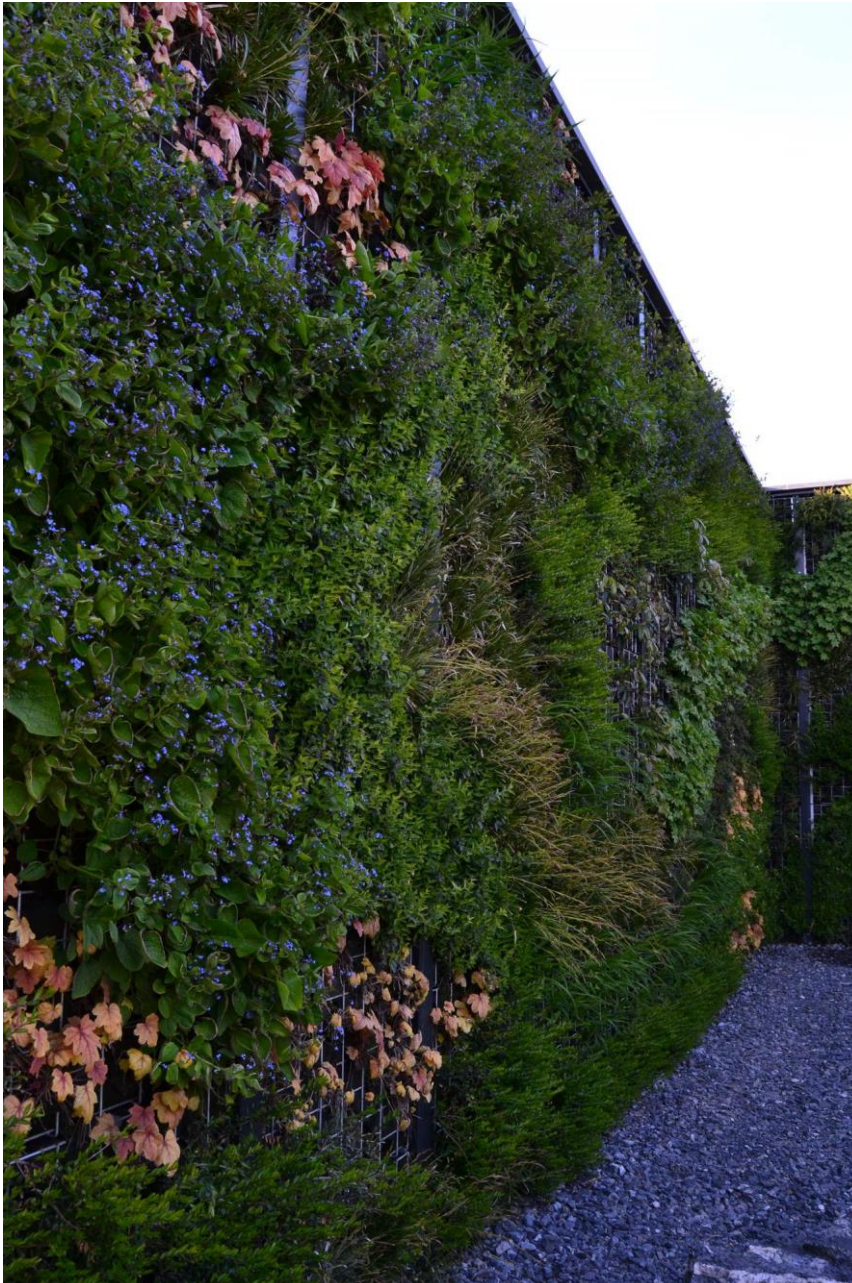


FOTO 1: Vertikální zelená stěna, Display Gardens IGA, Berlín 2017 (Benešová, 2018, pers. comm.).



FOTO 2: Vertikální zelená stěna, Display Gardens IGA, Berlín 2017 (Benešová, 2018, pers. comm.).

Vertikální zelená stěna vytvořená na výstavě IGA v Berlíně. Na této výstavě jsou k vidění různé ukázkové zahrady, tzv. display gardens. Jednou z nich je právě i vertikální zeleň.

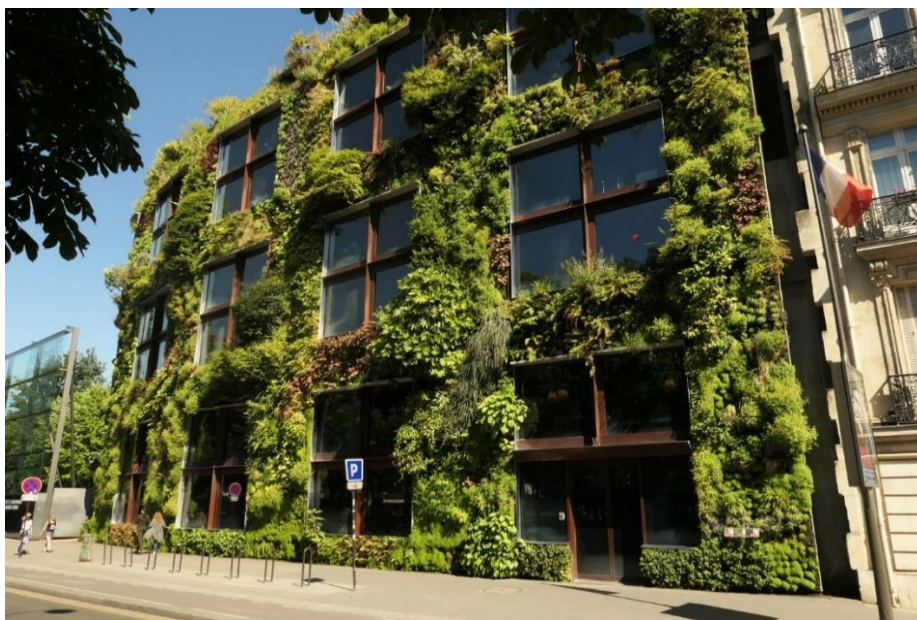


FOTO 3: Paříž, Quai Branly Museum, 2005
(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>).

Zelená fasáda (viz fotografie 3 a 4) na budově Muzea v Paříži. Oproti nezelené fasádě na budově vedle, Muzeum vyniká.



FOTO 4: Paříž, Quai Branly Museum, 2005

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>).

Následující fotografie 5 – 8 ukazují, jak vznikala zelená stěna v Paříži. Fotografie 5 byla pořízena ještě před realizací, fotografie 8 je z roku 2017, tedy 4 roky po realizaci.



FOTO 5: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2013

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).



FOTO 6: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2013

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).



FOTO 7: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2013
(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).



FOTO 8: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2017
(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).



FOTO 9: Paříž, Forum Culturel, 1999
(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1371>).

Tato vertikální zeleň (viz fotografie 9) byla dokončena v roce 1999.



FOTO 10: Aix en Provence, 2008

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/provence-cote-d-azur/pont-max-juvenal-aix-en-provence>).



FOTO 11: Aix en Provence, 2008

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/provence-cote-d-azur/pont-max-juvenal-aix-en-provence>).

Zelená fasáda tohoto tunelu byla vytvořena v roce 2008. Celá plocha zelené stěny činí 650 m². Unikátní tunel s vertikální zelení se nachází ve Francii.



FOTO 12: Brusel, Vegetal House, 2010

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1440>).

Na fotografiích 12 a 13 je zelená fasáda na soukromém domě v Bruselu. Dům pokrytý zelení byl realizován v roce 2010. Zelená fasáda je zde použita v kombinaci s prosklenou stěnou.



FOTO 13: Brusel, Vegetal House, 2010

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1440>).

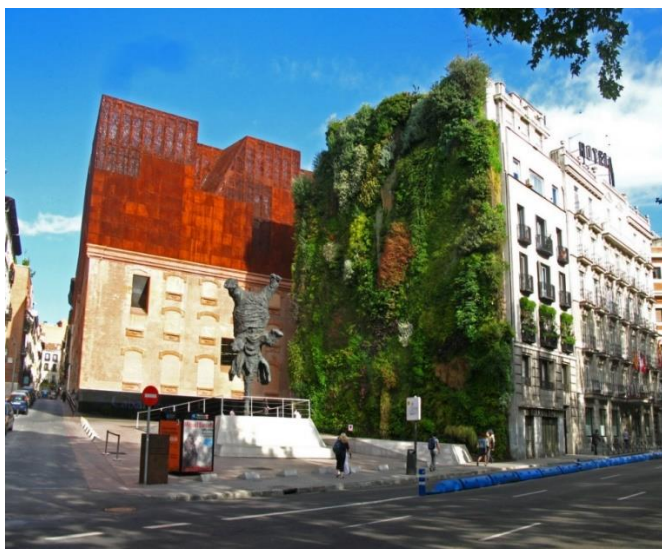


FOTO 14: Madrid, Caixa Forum, 2010

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1414>).

Na fotografii 14 je vertikální zeleň v Madridu, která je realizována uvnitř města.



FOTO 15: Beirut, Private House

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/beirut/private-house>).

Další ukázka vertikální zeleně, kterou navrhl Patrick Blanc. Realizace uskutečněna v největším městě Libanonu, v Beirutu.



FOTO 16: San Francisco, Drew School, 2011

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/san-francisco/drew-school-san-francisco>).

Na fotografii 16 je zelená fasáda na budově školy v San Franciscu.

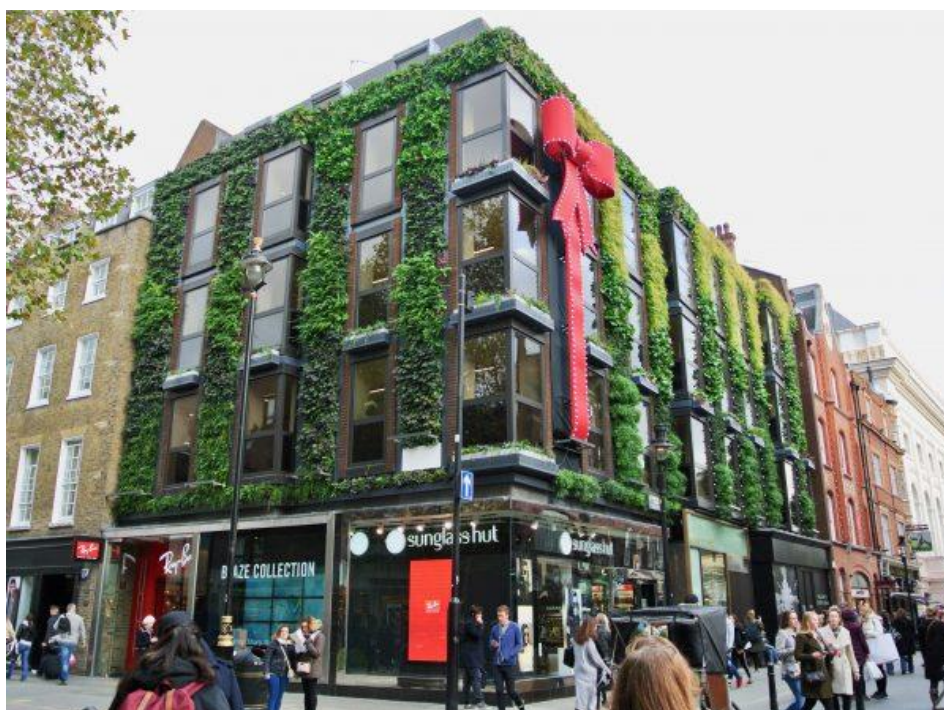


FOTO 17: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017

(<http://www.biotope.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).



FOTO 18: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017
(<http://www.biotechure.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).



FOTO 19: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017
(<http://www.biotechure.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

Zelená fasáda, která je vytvořena na budově Regal House v Londýnském metru, je složena z 8 tisíc kusů 21 druhů rostlin.



FOTO 20: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017
(<http://www.biotechure.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

Tato fasáda byla dokončena v roce 2017. Budova je zároveň stanicí metra.



FOTO 21: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017
(<http://www.biotope.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).



FOTO 22: The National Grid Car Park (Medland, 2018, pers. comm.).

Vertikální zeleň na fotografiích 22 - 28 se nachází ve Warwickshiru, v Anglii. Tato zelená stěna byla vytvořena na celkové ploše 1027 m². Stěna má v sobě zabudována krmítka a budky pro ptactvo.



FOTO 23: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm.).



FOTO 24: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm.).



FOTO 25: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm.).



FOTO 26: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm.).



FOTO 27: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm.).



FOTO 28: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm.).

Na fotografiích 27 až 29 jsou vidět detaily rostlin, které jsou na National Grid Car Park vysázené. Je to bez mála 100 tisíc rostlin.



FOTO 29: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

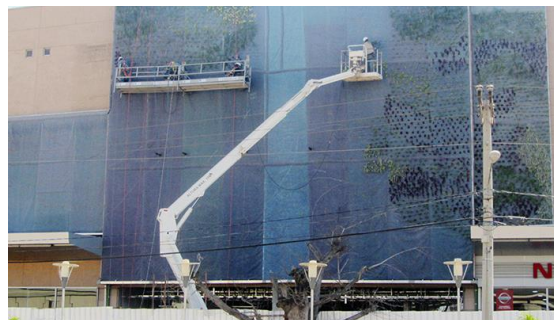


FOTO 30: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

Další ukázkou (fotografie 29 – 32) je vertikální zelená stěna v Bolívii. Na fotografii 29 je vidět zelená stěna před dokončením, na obrázku 30, jak vypadala výstavba této stěny.



FOTO 31: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017

(<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

Na fotografii 31 je zaznamenaná výstavba zelenej steny, ktorá sa realizovala na nákupnom centre v Bolívii.



FOTO 32: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).



FOTO 33: Smart building, Malága, 2015 (<http://www.paisajismourbano.com/en/smart-green-building-in-alhaurin-de-la-torre-malaga>).

Na fotografii 33 je španělský chytrý dům, který zdobí vertikální zeleň. Další ukázkou (fotografie 34) je španělská vila, kde je vysázeno 6 tisíc rostlin 20 různých druhů na ploše 222 m².



FOTO 34: Zelená fasáda ve Valencii, 2010 (<http://www.paisajismourbano.com/en/project-in-valencia-green-facade-in-paterna>).



FOTO 35: Výstavba zelené fasády, Caminos de Bella Suiza, Columbia, 2015
(<http://www.paisajismourbano.com/en/caminos-de-bella-suiza-green-facade-in-colombia>).



FOTO 36: Dokončení zelené fasády, Caminos de Bella Suiza, Columbia, 2015
(<http://www.paisajismourbano.com/en/caminos-de-bella-suiza-green-facade-in-colombia>).

Ukázka vertikální stěny na ploše 31 m², kde je použito 800 rostlin 16 různých druhů.
Na fotografii 35 je vidět, jak vypadala budova před instalací zelené fasády.



FOTO 37: Vertikální stěna ve Španělsku, Alicante, 2014

(<http://www.paisajismourbano.com/en/building-vertical-garden-and-green-roof-in-elche>).

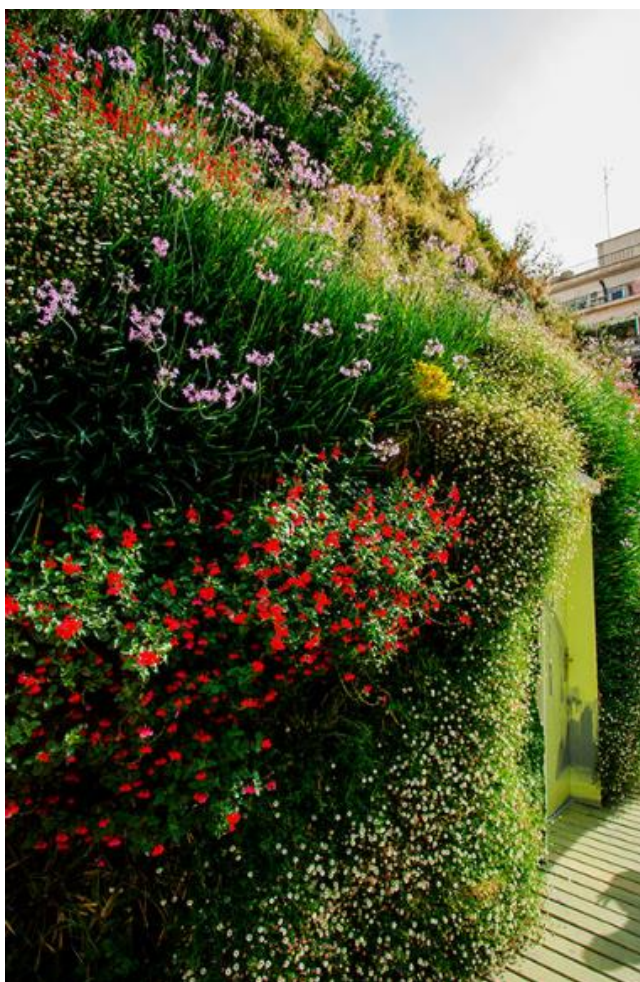


FOTO 38: Vertikální stěna ve Španělsku, Alicante, 2014

(<http://www.paisajismourbano.com/en/building-vertical-garden-and-green-roof-in-elche>).

Ukázka toho, jak vypadá vertikální stěna, pokud se použijí kvetoucí rostliny. Tato stěna byla realizována v kombinaci se zelenou střechou ve městě Alicante.



FOTO 39: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016 (<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

Tato stěna je ukryta v Muzeu moderního umění v San Franciscu, je zajímavá svou texturou a gigantickými rozměry.

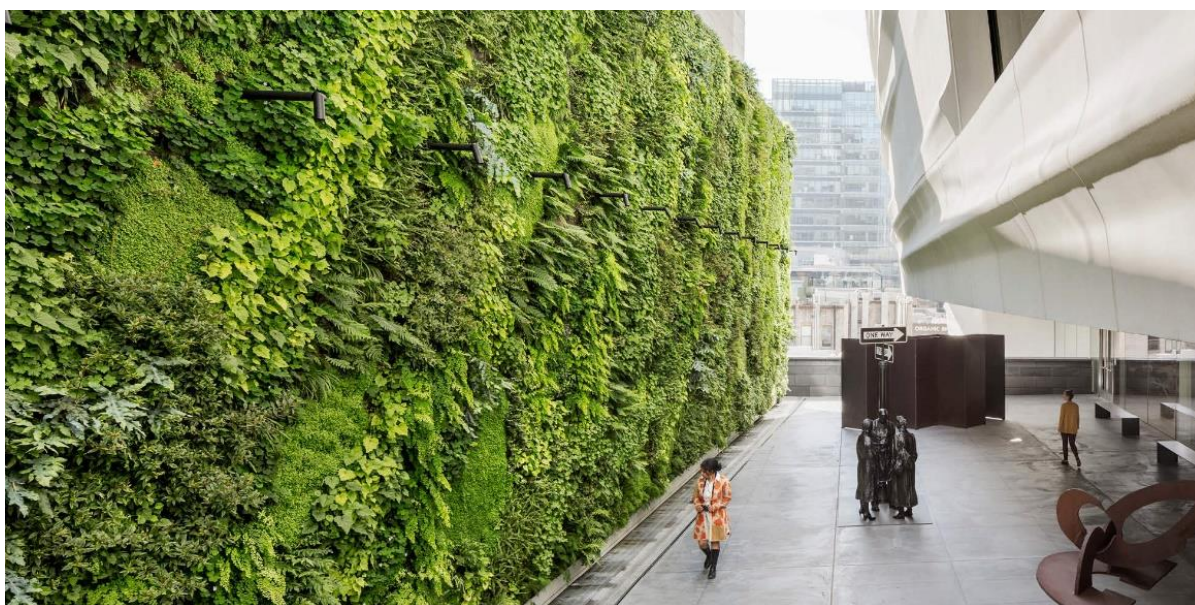


FOTO 40: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016 (<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

Na fotografii 40 je zřetelně vidět, jaké měřítko má stěna oproti procházejícím návštěvníkům.

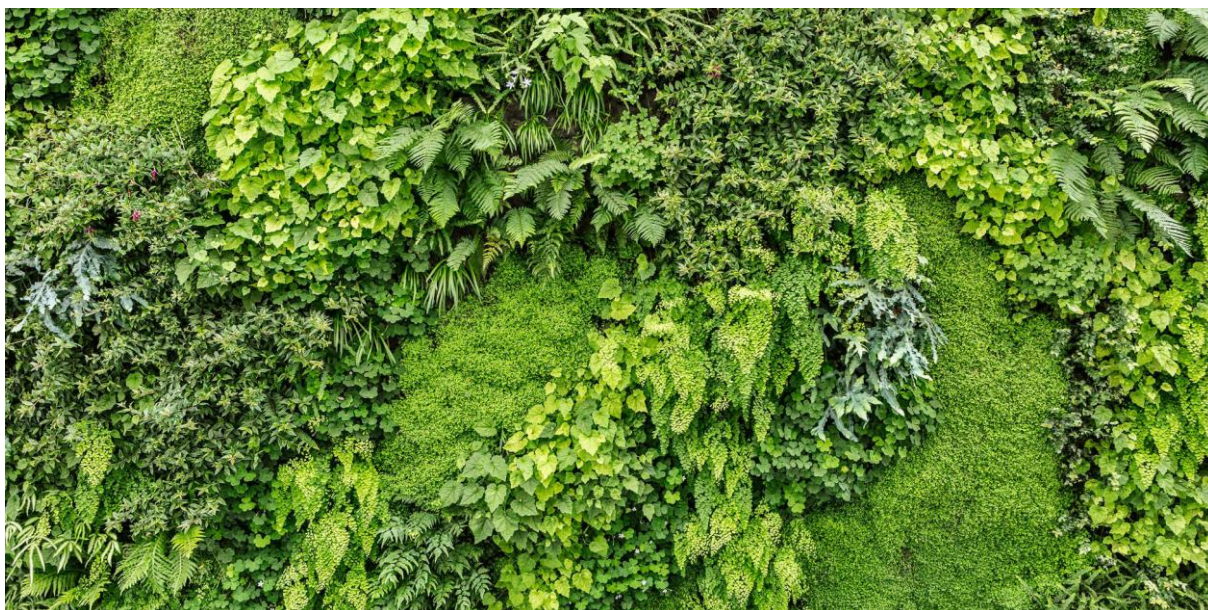


FOTO 41: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016 (<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

Na fotografii 42 je zachycen detail a textura zelené stěny.

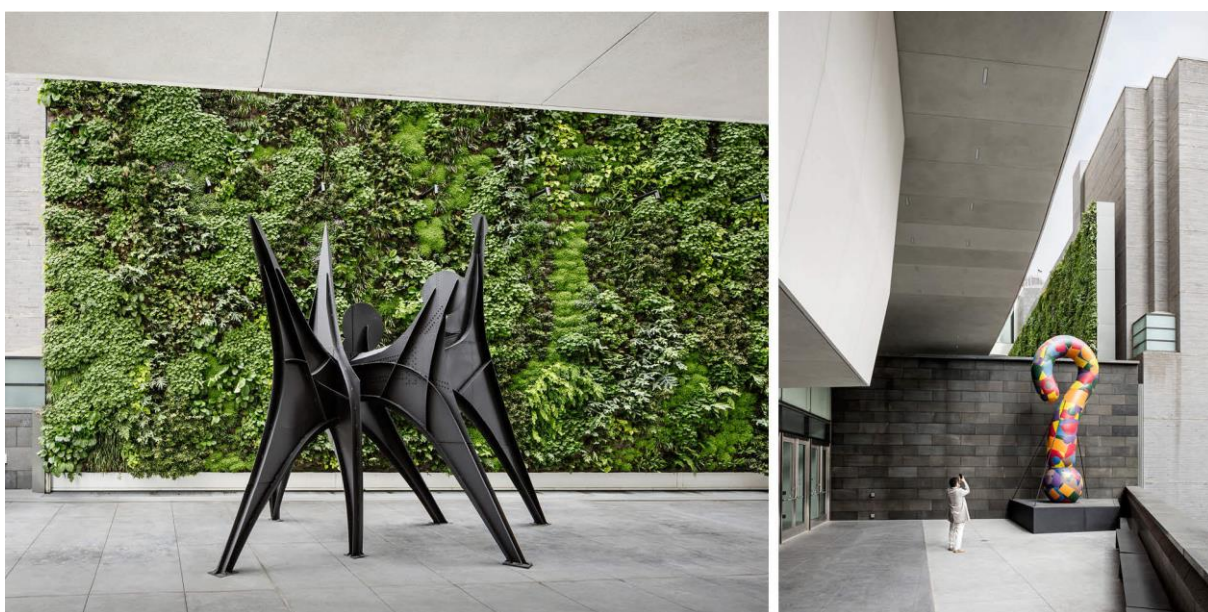


FOTO 42: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016 (<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

Stěnu doplňují okolní umělecké sochy. V některé části Muzea není zelená zed' vidět vůbec, v jiné části třeba jen vykukuje, jako je vidět na fotografii výše.

7.1.2 Česká republika



FOTO 43: Living Smart Bench, Praha (Syrovátková, 2018, pers. comm.).

Ukázka použití zelené stěny v kombinaci s mobiliářem. Chytrá lavička má zabudované zavlažování, Wi-Fi připojení a umožňuje dobytí mobilního telefonu. Celkem obsahuje 16 m² rostlin.



FOTO 44: Kancelářská budova Butterfly, Karlín, Praha (zdroj: autor).

Kancelářská budova Butterfly v Karlíně, na fotografiích je zaznamenána výstavba budovy a samotná realizace vertikálních zahrad. Je zde použit panelový systém se zavěšenými truhlíky.



FOTO 45: Kancelářská budova Butterfly, realizace 2017, Praha (zdroj: autor).



FOTO 46: Kancelářská budova Butterfly, 2017, Praha (zdroj: autor).

Fotografie 44 – 46 byly pořízeny v průběhu výstavby, celá budova byla obestavěna lešením, ze kterého se instalovaly panely pro vertikální zeleň a následně se na panely umísťovaly jednotlivé květináče s rostlinami.



FOTO 47: Administrativní budova LIKO – S, Slavkov u Brna (Dvořák, 2018, pers. comm.).

Ukázka vertikální zeleně na administrativní budově firmy LIKO - S, je zde použita kořenová čistírna vytvořená z nerezových truhlíků.



FOTO 48: Pohled na budovu společnosti LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm.).

Na fotografii 48 je celkový pohled na pozemek a zahradu. Na této fotografii je vidět, že je zde realizována nejen zelená fasáda, ale také střešní zahrada.



FOTO 49: Detail zelené fasády, LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm.).



FOTO 50: Noční pohled na zelenou fasádu, LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm.).



FOTO 51: Pohled na zelené stěny v zimě, LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm.).

Fotografie 50 ukazuje, jak dům vypadá v noci. Na fotografii 51 je vidět, jak efektně vypadá tato zelená fasáda dokonce i v zimě.

8 Seznam příloh

FOTO 1: Vertikální zelená stěna, Display Gardens IGA, Berlín 2017 (Magda Benešová, 2018, pers. comm.).

FOTO 2: Vertikální zelená stěna, Display Gardens IGA, Berlín 2017 (Magda Benešová, 2018, pers. comm.).

FOTO 3: Paříž, Quai Branly Museum, 2005

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>).

FOTO 4: Paříž, Quai Branly Museum, 2005

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>).

FOTO 5: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2013

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).

FOTO 6: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2013

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).

FOTO 7: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2013

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).

FOTO 8: Paříž, L'Oasis d'Aboukir, 2017

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris>).

FOTO 9: Paříž, Forum Culturel, 1999

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1371>).

FOTO 10: Aix en Provence, 2008

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/provence-cote-d-azur/pont-max-juvenal-aix-en-provence>).

FOTO 11: Aix en Provence, 2008

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/provence-cote-d-azur/pont-max-juvenal-aix-en-provence>).

FOTO 12: Brusel, Vegetal House, 2010

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1440>).

FOTO 13: Brusel, Vegetal House, 2010

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1440>).

FOTO 14: Madrid, Caixa Forum, 2010

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1414>).

FOTO 15: Beirut, Private House

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/beirut/private-house>).

FOTO 16: San Francisco, Drew School, 2011

(<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/san-francisco/drew-school-san-francisco>).

FOTO 17: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017

(<http://www.biotecture.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

FOTO 18: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017

(<http://www.biotecture.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

FOTO 19: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017

(<http://www.biotecture.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

FOTO 20: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017

(<http://www.biotecture.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

FOTO 21: Regal House, Covent Garden Living Wall, Londýn 2017

(<http://www.biotecture.uk.com/portfolio/covent-garden-living-wall/>).

FOTO 22: The National Grid Car Park (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 23: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 24: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 25: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 26: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 27: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 28: The National Grid Car Park, 2014 (Medland, 2018, pers. comm).

FOTO 29: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

FOTO 30: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

FOTO 31: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

FOTO 32: Las Brisas Mall, Bolívie, 2017 (<http://www.paisajismourbano.com/en/largest-vertical-garden-of-bolivia-las-brisas-mall>).

FOTO 33: Smart building, Malága, 2015 (<http://www.paisajismourbano.com/en/smart-green-building-in-alhaurin-de-la-torre-malaga>).

FOTO 34: Zelená fasáda ve Valencii, 2010 (<http://www.paisajismourbano.com/en/project-in-valencia-green-facade-in-paterna>).

FOTO 35: Výstavba zelené fasády, Caminos de Bella Suiza, Columbia, 2015

(<http://www.paisajismourbano.com/en/caminos-de-bella-suiza-green-facade-in-colombia>).

FOTO 36: Dokončení zelené fasáda, Caminos de Bella Suiza, Columbia, 2015
(<http://www.paisajismourbano.com/en/caminos-de-bella-suiza-green-facade-in-colombia>).

FOTO 37: Vertikální stěna ve Španělsku, Alicante, 2014
(<http://www.paisajismourbano.com/en/building-vertical-garden-and-green-roof-in-elche>).

FOTO 38: Vertikální stěna ve Španělsku, Alicante, 2014
(<http://www.paisajismourbano.com/en/building-vertical-garden-and-green-roof-in-elche>).

FOTO 39: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016
(<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

FOTO 40: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016
(<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

FOTO 41: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016
(<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

FOTO 42: The Living Wall, Museum of Modern Art, San Francisco, březen 2016
(<http://www.habitathorticulture.com/projects/sfmoma>).

FOTO 43: Living Smart Bench, Praha (<https://cascadegarden.nemec.eu/smart-bench>).

FOTO 44: Kancelářská budova Butterfly, Karlín, Praha (zdroj: autor).

FOTO 45: Kancelářská budova Butterfly, realizace 2017, Praha (zdroj: autor).

FOTO 46: Kancelářská budova Butterfly, 2017, Praha (zdroj: autor).

FOTO 47: Administrativní budova LIKO – S, Slavkov u Brna
(<http://www.zelenafasada.cz/zelene-fasady>).

FOTO 48: Administrativní budova LIKO – S, Slavkov u Brna (Dvořák, 2018, pers. comm.).

FOTO 49: Detail zelené fasády, LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm).

FOTO 50: Noční pohled na zelenou fasádu, LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm.).

FOTO 51: Pohled na zelené stěny v zimě, LIKO – S (Dvořák, 2018, pers. comm.).