

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ludmila Plachá

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vegetace zelených stěn a střech

Název anglicky

Green roofs and walls vegetation

Cíle práce

1. Charakterizovat pojem zelená střecha a zelená stěna.
2. Na základě literární rešerše vyhodnotit vhodné druhy rostlin z různých hledisek.

Metodika

V první fázi bude proveden výběr odborné literatury, která se zabývá využitím rostlin pro zelené střechy a stěny.

Ve druhé fázi bude posouzeno vhodnost různých druhů rostlin v zelených střechách a stěnách s přihlédnutím k jejich hlavnímu účelu.

Doporučený rozsah práce

40 stran včetně příloh

Klíčová slova

Zelená stěna, zelená střecha, dešťové vody, šedé vody

Doporučené zdroje informací

Berardi, U., Hosseini, A.G., Hosseini, A.G., 2014. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. Applied Energy 115, 411-428.

Besir, A.B., Cuce, E., 2018. Green roofs and facades: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 82, 915-939.

Francis, L.F.M., Jensen, M.B., 2017. Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. Urban Forestry and Urban Greening 28, 167-176.

Pradhan, A., Al-Ghamdi, S.G., Mackey, H.R., 2019. Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges. Science of the Total Environment 652, 330-344.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne
28. 2. 2023

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne
1. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma: Vegetace zelených stěn a střech vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Jana Vymazala, Csc. a v seznamu literatury jsem uvedla všechny použité literární prameny a ostatní zdroje.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

Poděkování

Velmi děkuji svému vedoucímu práce prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za rychlou a bezproblémovou komunikaci, příjemné jednání a vstřícný přístup. Za podporu během celého studia a neochvějnou důvěru v dokončení studentských povinností i v časech neúspěchů děkuji Jakobovi, rodině a přátelům. Zvláštní poděkování patří Jiřímu Rolníkovi, který podporoval mou maličkost po většinu času studia a vyhověl mi ve všech ohledech.

Děkuji.

Abstrakt

Zelené střechy a stěny jsou čím dál více oblíbenější i přesto, že jejich historie sahá daleko do dob starověku prvních velkých civilizací. Modernizace vytlačila většinu zeleně z měst, která se změnila v šed' plnou umělých materiálů. Cílem této rešerše je definovat pojmy zelená střecha a zelená stěna. Následným posouzením odborných článků a doplňující literatury vyhodnotit vhodné rostlinné druhy z různých hledisek.

Závěrečná práce se zaměřila na vegetaci zelených střech a stěn, která je vhodná vzhledem k místním klimatickým podmínkám a životnímu prostředí. V první řadě byl proveden výběr odborné literatury, která se zabývá využitím rostlin zelených střech a stěn. Byla vyhodnocena vhodnost vybraných druhů rostlin s přihlédnutím na jejich hlavní účel.

Určení optimálních druhů rostlin pro zelené střechy a zelené stěny vycházelo z průzkumů, studií a experimentů. Práce uceluje výsledky celosvětových výzkumů, poskytuje doporučení a popisuje výhody a možná použití jednotlivých druhů rostlin.

Klíčová slova: zelená střecha, zelená stěna, dešťové vody, šedé vody

Abstract

Green roofs and walls are more and more popular even though their history is ranging from the ancient times of the first capital civilization. Modernization pushed away major of greenness from cities full of grey and synthetic materials. This thesis aims to define terms such as green roofs and green walls according to professional articles and supplementary literature to evaluate suitable plant species in many aspects.

The thesis focuses on the vegetation of green roofs and walls, which could be used in local climatic conditions and the environment. Firstly, specialistic resources were pointed, which are interested in vegetation utilization for green roofs and walls. The suitability of chosen species was determined based on its purpose.

Choosing optimal plant species for green roofs was based on research, studies and experiments. This thesis summarizes global research results, gives a recommendation and describes the benefits and applications of each plant.

Key words: green roofs, green walls, stormwater, greywater

Obsah

1. Úvod	1
2. Definice	2
3. Historie	3
3.1 Současnost v Českých zemích	5
4. Využití a hlavní účel.....	6
5. Parametry výběru vhodného typu vegetace.....	9
6. Vegetace zelených střech.....	12
6.1 Extenzivní zelené střechy	12
6.2 Polointenzivní zelené střechy.....	14
6.3 Intenzivní zelené střechy.....	15
6.3.1 Produkční zelené střechy	16
6.4 Kaskádové terasy	17
7. Vegetace zelených stěn.....	18
7.1 Druhové složení zelených stěn.....	20
7.1.1 Vegetace interiéru.....	20
8. Srážkové vody.....	22
9. Šedé vody	23
10. Zeleno-modrá infrastruktura.....	26
11. Výsledné zhodnocení	27
12. Diskuze	28
13. Závěr.....	29
14. Seznam literatury a ostatních zdrojů	30
14.1 Seznam obrázků	33

1. Úvod

Bakalářská práce pod názvem **Vegetace zelených stěn a střech** pojednává o vhodných typech vegetace a možnostech užití při konstrukci zelených střech a stěn. Shromážděné informace týkající se oblasti zájmu a závěry z nich vyplývající byly zpracovány do formy **rešerše**.

Práce definuje pojmy zelená střecha a zelená stěna, popisuje jejich způsob využití a rozlišení hlavního účelu, přehled typů vegetace a vhodnost vzhledem k umístění a účelu stavby, představuje výhody a nevýhody včetně možných budoucích využití.

Historie sahá hluboko do minulosti. Stavby byly budovány především z estetických důvodů a tepelné izolaci. V dnešní době mají velkou váhu energie, respektive jejich úspora a efektivní využití, načež tyto stavby snoubí výhody hospodaření s vodou, především zlepšení kvality a recirkulace, zabránění negativnímu vlivu slunečního záření, zlepšení kvality ovzduší a rozšíření zvířecích habitatů. Vzhledem ke globálnímu rozsahu znečištění životního prostředí, nedostatku vody, rostoucím teplotám, rapidnímu nárůstu zastavěných ploch a ztrátě přírodních stanovišť je vybudování takové stavby v dnešní době velmi účelné. Poskytuje nejen prostředí snižující psychické napětí, ale také možnost čištění odpadních (šedých) vod, redukci hluku z okolí a energetických nákladů na budovu, jejíž povrch pokrývá, a další benefity.

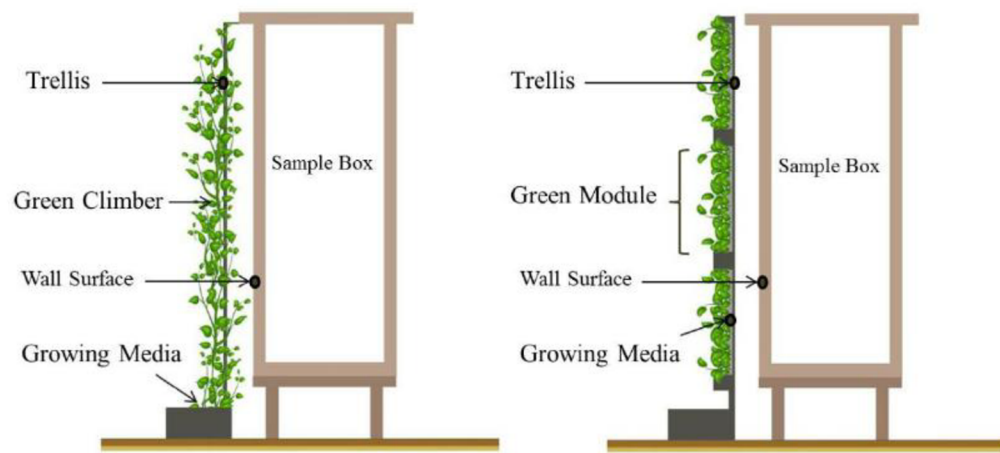
Před zahájením výstavby je třeba vzít v úvahu podnebí lokality, účel stavby, charakter prostředí a další parametry, mezi něž bezpochyby patří i typ vegetace. Rešerše zohledňuje vliv skladby vegetace v závislosti na druhu rostlin, výběru zeleně dle hloubky substrátu, požadavky konstrukce stavby a technické aspekty a efekt tepelného ostrova.

Rozsah výzkumu v této oblasti v posledních letech roste současně se zájmem o zapojení ekologických záměrů novodobé civilizace.

2. Definice

Pojem **zelená střecha** zavádíme jakožto plochu osazenou rostlinnými druhy v substrátu určité hloubky pokrývající povrch dané stavby. Dělíme dle typu a druhu zeleně, sklonu střechy, přístupnosti z důvodu péče, hlavnímu účelu apod.

Zelená stěna je vertikálním živoucím systémem zahradního typu. Můžeme dále rozdělit na zelené fasády (green facades) a živoucí stěny (living walls) (Obrázek 1). Fasády mají ukotvené kořeny rostlin v základu nepřímé podpůrné konstrukce (například sadební boxy, v jedné rovině) (Addo-Bankas et al., 2021), kdežto vegetace živoucí stěny je její součástí (Weinmaster, 2009) (například prorůstavé sítě) a je závislá na nepřetržitém přísunu živin a vody (Erçin & Usluer, 2022).



Obrázek 1: Vlevo zelená fasáda, vpravo živoucí stěna (Safikhani et al., 2014).

Oba typy zelené stěny se při správné konstrukci stávají téměř bezúdržbové.

3. Historie

V různých formách byly zelené střechy budovány již v minulosti. První známé zmínky pochází ze starověké Mezopotámie. Masivní kamenné objekty v podobě zikuratů byly stavěny v letech 4000 až 600 let před naším letopočtem. Stromy a květiny na každém patře poskytovaly chladná a stinná místa obyvatelům za slunných dní. Nejlépe zachovaná zahrada byla nalezena v Nanně, kterou nechal zbudovat vládnoucí král Ur-Nammu v letech 2113 až 2095 před naším letopočtem (Shimmin, 2012). Účelem stavby byla rekreace, estetika a povzbuzení společenských aktivit (Berardi et al., 2014).

Mezi nejznámější historické zahrady typu zelené stěny patří Visuté zahrady Semiramidiny (Obrázek 2) nacházející se v Babylonu, starověkém městě založeném roku 1894 před naším letopočtem. Zikurat se tyčí do výšky 22,86 m doplněný o arkády šířky 4,88 m a vegetace přepadá přes stěny na patro níže (Shimmin, 2012).



Obrázek 2: Visuté zahrady Semiramidiny (Mobasheri et al., 2014).

V podobě zelených stěn začali Egypťané kolem roku 1500 před naším letopočtem pěstovat vinnou révu podél domů jako ochranu před přímým slunečním svitem (Erçin & Usluer, 2022).

Štěstí v neštětí byl výbuch sopky Vesuv v roce 79 našeho letopočtu a zakonzervování města Pompeje sopečným popelem a pemzou. Díky zkáze, která byla důsledkem přírodní katastrofy s nespočtem nejen lidských obětí můžeme i dnes studovat život tehdejší doby. Zde archeologové objevili střešní zahrady, které bývaly běžnou součástí života obyvatel Římské říše. Rozšiřovaly obývací místnost, poskytovaly útočiště před horkem a vytvářely prostor pro socializaci. Příkladem je Villa Mistérií nacházející se poblíž severní brány Pompejí, kde rostliny vyrůstaly přímo z půdy na střeše (Shimmin, 2012). Důvodem výstavby zelených střech byl i nedostatek financí ke koupi pozemku k pěstování rostlin za různým účelem (rekreace, potraviny apod.). Využití povrchu střechy tak mohly i nemajetné vrstvy. K rozšíření přispělo nově pěstování ve velkých keramických nádobách (Šimečková & Večeřová, 2010).

Prvním krokem k zeleným střechám bylo vyzvednutí zemnic do úrovně země tzv. polozemnice, nad povrch půdy vyčnívala pouze střecha, která téměř splývala se zemí.

Když se z hospodářských důvodů přešlo k nadzemním stavbám, došlo k technickým změnám konstrukce budov a zvýšila se strmost střech, která neumožňovala bezpečné zakotvení vegetace a její odolávání vůči vlivům počasí. Z těchto důvodů se začala používat přírodní krytina rostlinných lodyh vázaných do většiny struktury krovu. Jako mechanicky nejodolnější (v závislosti na místním prostředí) se ukázaly janovec, vřes, mařice pilolistá, rákos, orobinec, žitná sláma a chaluhy (dánský ostrov Læsø) (Šimečková, 2005).

Nálezy se ovšem vyskytují i v Norsku ve formě zatravněných střech. Trávy byly vysazovány za účelem zpevnění půdy na střeše, načež tento komplex poté zajišťoval tepelnou izolaci, zmírnění poškození deštěm a prevenci proti hnilobě. Podklad tvořila březová kůra, která sloužila jako těsnící vrstva následně přeložená proutky. Ty zprostředkovávaly funkci drenáže pod vrstvou půdy. Tyto techniky s sebou přinesli norští imigranti do Spojených států amerických a Kanady (Shimmin, 2012). Známa je i kombinace s rašelinovými drny ve dvou či třech vrstvách (k zesílení izolace) v tradičních islandských domech (Obrázek 3). S využitím faktu, že je-li rašelina zcela suchá, nesaje vodu, lze zamezit možnému zatékání srážkové vody zvolením správného sklonu střechy. Obvykle od 30° do 45° (Minke, 2001).



Obrázek 3: Tradiční islandský dům na ostrove Strymoy, Faerské ostrovy (URL 1).

V Českých zemích v době středověku lidé vysazovali na střechy svých domů rostlinu rodu *Sempervivum* z přesvědčení, že je ochrání před blesky a silným větrem. Odtud vyplynul český název Netřesk. Je velmi oblíbený, jelikož má minimální nároky na živiny, vodu, údržbu a výšku substrátu. Postačí malá mocnost ke vzniku okrasného koberce. Později se zelené střechy u nás staly výsadou majetnějších vrstev (Bohuslávek & Horský, 2003).

Kolem roku 1400 našeho letopočtu byl ve Florencii vystavěn palác Medicejských Villa Caregii s terasami o rozloze 1000 m² (Šimečková & Večeřová, 2010).

Z barokních staveb nad ostatní vyčníval palác v Pasově vybudovaný Johanem Filipem San Lambergem z roku 1705. Střešní zahrada paláce byla dvoustupňová o celkové délce 100 m a šířce 30 m. Z architektonického hlediska přinesla nový prvek a to stěnu na návětrné straně, čímž kromě estetické funkce měla i funkci ochrannou (Šimečková & Večeřová, 2010).

3.1 Současnost v Českých zemích

Dodnes dochované zelené střechy z počátku 20. století nalezneme na zámku Konopiště nebo na střeše konírny na zámku Lipník nad Bečvou. Ta se rozprostírá na ploše zhruba 600 m² a výškou substrátu 40 cm. Od založení roku 1911 se nevyskytly problémy se zatékáním vody či destrukcemi budovy, což svědčí o kvalitním vybudování. Z druhé poloviny 20. století pochází zelené střechy a terasy hotelu Praha v hlavním městě České republiky. Významné jsou především technickým řešením úspěšné konstrukce (Bohuslávek & Horský, 2003).

4. Využití a hlavní účel

Zelené stěny a střechy jsou inovativním způsobem přizpůsobení budov klimatickým změnám a zmírnění dopadů energetických krizí. Je mnoho oblastí, které zelené střechy a stěny spojují, a proto je jejich využití kombinací jak praktických, úsporných funkcí, tak i estetické stránky prostředí. V dnešní době je neoceňovanějšími výhodami tepelná izolace a potlačení efektu tepelného ostrova, hospodaření s odpadními vodami domácnosti a vytvoření místa k relaxaci myslí i těla. O hlavním účelu ovšem rozhoduje vlastník.

20-25 % povrchu obydlených území pokrývají střechy. Jde o již poměrně velkou plochu, která není plně využita. Prostor je případně zastavěn solárními panely, mohl by však být ozeleněn a přinést mnoho výhod z toho vyplývajících včetně energetických úspor nákladů na provoz budovy (Besir & Cuce, 2018).

Především zelené stěny v obydlených oblastech fungují jako tlumící membrána. Chrání před hlukem a vibracemi, snižují prostupování zvuku do budov, napomáhají pohlcovat ozvěnu a zvuky vznikající ve městech například z dopravy. Jednotlivé listy odráží, lámou a absorbují v malém množství akustickou energii. Výše zvukové redukce je úměrná počtu rostlin, tedy čím více zelených jedinců, tím je odhlučnění účinnější (Weinmaster, 2009). Mohou tvořit protihlukové zábrany podél rušných komunikací v podobě plotů (Iligan & Irga, 2021). Nebyla by narušena prostupnost krajiny tak jako betonovými panely. Vzniká zde ale riziko srážky se zvěří, především ptactvem.

Využití lze najít i v nakládání s odpadními vodami a hospodaření s vodou. Skrze systém zelené infrastruktury můžeme vodu nejen zadržet, ale i regenerovat (Boano et al., 2022). Filtrací srážkové vody se téměř zcela odstraní znečišťující látky před návratem do životního prostředí. Tento proces obstarávají kořeny a mikroorganismy v jejich bezprostředním okolí, které chemicky rozkládají a zužitkovávají rozpuštěné kontaminanty (Weinmaster, 2009). Přefiltrovanou vodou je možné splachovat, zavlažovat zahrady, a kromě dalších užití v domácnosti může být využita i v technických službách obcí k mytí ulic a další (Boano et al., 2022). Takto můžeme čistit i šedé vody vznikající jako odpadní produkt domácností. Splašková voda z neprůmyslových budov nesmí obsahovat odpad z toalet, pochází zejména z dřezů, sprch a mycích strojů o nízké úrovni znečištění a relativně vysoké biologické rozložitelnosti. Šedé vody tvoří v průměru 70 % odpadních vod domácností Evropy, Severní Ameriky, Asie, v rozmezí 72 až 225 litrů denně na osobu (Boano et al., 2022). Recyklací můžeme uspořit 9 až 46 % vody v domácnosti (Erçin & Usluer, 2022).

Rostliny fungují jako biofiltry kapalných i plyných látek, redukuje pevné částice (PM) a polutanty rozptýlené ve vzduchu (Wróblewska & Ryong Jeong, 2021). Nejen ve vnějších, ale i ve vnitřních prostorech, které obsahují toxické plyny jako formaldehyd, oxid uhelnatý, těkavé organické látky, trichloretylen, benzen, toluen, xylen a další. Odstranění formaldehydu a oxidu uhelnatého zajišťují listy, zatímco odstranění těkavých organických látek, trichloretylenu, benzenu, toluenu a xylenu probíhá v kořenovém systému za pomoci přítomných mikroorganismů (Weinmaster, 2009). V případě snížení množství pevných částic jsou efektivnější stromy, případně keře, proto jsou vhodnější polo-intenzivní a intenzivní zelené střechy (Wróblewska & Ryong Jeong, 2021).

Pomáhají snižovat světelné znečištění a bojovat s přívalovými povodněmi zpomalením

příchozího množství vody. Hojnost proucí vegetace skýtá velký počet ptáků i bohaté druhové zastoupení (Chiquet et al., 2013). Podpora biodiverzity tkví ve vysokém počtu habitatů, která jsou útočištěm nespočtu živočišných druhů. Zelené stěny mohou tvořit vertikální koridory k dosažení vyšších poloh, které čítají i zelené střechy. Obzvláště pro méně mobilní i létající druhy je městské prostředí plné překážek (ulice, budovy) bránících pohybu, načež zelené struktury poskytují přechodná přirozená stanoviště a přispívají tak k rozšíření živočichů napříč zastavěnými oblastmi (Mayrand & Clergeau, 2018).

Zelené střechy lze výhodně využít jak v chladných, tak i teplých zeměpisných oblastech. Studie prokázali, že teplota vzduchu ve městě je až o 12 °C vyšší než okolní území (Weinmaster, 2009). Výhodou zelené vrstvy je vlastnost tepelné izolace. Vegetace spolu s vrstvou substrátu funguje jako izolační bariéra a zabraňuje tak teplotním výkyvům v budově. Pohlčením slunečního záření dokáže ztlumit tepelné projevy, čímž udržuje uvnitř budovy nižší teplotu a současně vytváří stín pokrývající její povrch. Naopak ve studených oblastech chrání budovu před únikem tepla a pronikáním chladu dovnitř.

Problém moderní doby je rozrůstání zastavěného území. Vzniká tak velké množství tmavých ploch, které absorbují sluneční záření a zpětně ho vyzařují jako dlouhovlnné záření nebo teplo a tím ohřívají povrch, objekty i vzduch v jeho okolí. Tento jev se nazývá efekt tepelného ostrova. Lze jej snížit právě pomocí ozeleněných povrchů evapotranspirací. Složky stěny zadržují příchozí vodu a pozvolna ji uvolňují do atmosféry evaporací (vypařováním). Přebytečná voda zasáknutá do substrátu je natažena kořeny do vyšších částí rostlin, kde následně dochází k transpiraci především povrchem listů, tedy výparu vody do okolí. Přijatá sluneční energie je přeměněna a využita právě při evapotranspiraci, nemůže se proto zpětně vyzářit nebo přeměnit na teplo. Ochlazení ozeleněných oblastí prokázal výzkum v Oregonu, kdy povrchy porostlé vegetací nabývaly hodnot do 25 °C, přičemž holé přesahovaly teplotu 50 °C (Weinmaster, 2009). Touto formou tepelné izolace klesají energetické náklady na provoz.

Ač vegetace zelených fasád na první pohled narušuje kořeny povrch budov, naopak jej zpevňují a chrání před poškozením jako je vandalismus (graffiti) či kyselá dešť. Mechanické narušení vegetace nepředstavuje riziko díky vysoké regeneraci. Současně se jedná o finančně nenáročnou investici oproti klasické fasádě (Weinmaster, 2009).

Přítomnost zeleně pozitivně ovlivňuje fyzické a mentální zdraví, pracovní výkon, snižuje stres, zvyšuje pozornost a soustředěnost, kreativitu, nápaditost a schopnost řešit problémy a navozuje uvolňující atmosféru. Výzkum prokázal zmírnění symptomů jako kašel, únava, suchá či svědivá pokožka, vyskytovala-li se v místnosti rostlina (Weinmaster, 2009). Celkově urychluje rekonvalescenci a posiluje snášenlivost bolesti pacientů (Erçin & Usluer, 2022).

Na střechách lze pěstovat plodiny (Wróblewska & Ryong Jeong, 2021) pro vlastní potřeby ve sklenících. Daří se listovým plodinám jako špenátu, salátu hlávkovému a dalším druhům, také popínavým rostlinám například rajčeti, okurce, paprice, dýni, fazoli, cuketě a bylinkám oblíbeným v kuchyni, bazalce, petrželi, pažitce či koriandru. (Specht et al., 2014). Užitečné rostliny, zeleninu a ovoce je možné zasadit na intenzivní zelené střeše. Běžně používané substráty zelených systémů ale nevytváří optimální prostředí pro pěstování. Z toho důvodu jsou rostliny umístěny obvykle v nádobách (Burian, et al., 2016). Existují zde ale zdravotní rizika. Závlaha nedokonale zpracovanými odpadními vodami, požití těžkých kovů

a jiných polutantů kontaminovaných půd, vody a ovzduší, nákazy přenášené potravinami, které se rychleji rozšiřují v hustě obydlených oblastech vážně ohrožují zdraví. K zamezení těchto hrozeb je nutná přísná správa a zavedení kontrolních mechanismů (Specht et al., 2014).

Jako vhodné prostory vybudování zelených střech a stěn se nabízí obchodní galerie, restaurace, kavárny, hospody, hotely, nemocnice (Weinmaster, 2009), kliniky, rezidence, kanceláře (Erçin & Usluer, 2022), školy, věznice (Specht et al., 2014), sportovní haly, sklady, garáže a mnoho dalších.

Kromě primárních pozitiv, které byly výše zmíněny, následně vznikají sekundární výhody vyplývající z budování zelených střech a stěn jako nové pracovní příležitosti. Zaměstnají osoby dočasně či trvale, od návrhu projektu, produkce stavebních materiálů (izolace, konstrukce) včetně rostlinných prvků, přes instalaci po pravidelnou péči a preventivní údržbu (Mobasheri et al., 2014).

5. Parametry výběru vhodného typu vegetace

Výběr je ovlivněn místním klimatem, zeměpisnou polohou stavby a dostupností světla (Erçin & Usluer, 2022). Přesněji řečeno je třeba vzít v úvahu intenzitu srážek, vlhkost a povětrnostní podmínky dané lokace, geografické umístění a expozici vůči Slunci (Shafique et al., 2018).

Mezi faktory místního klimatu k získání potřebných informací pro výběr optimální zeleně patří průměrná sezónní teplota, maximální teplota, intenzita záření, rychlost větru, úhrn a množství ročních srážek. Svůj podíl na podmínkách stanoviště má i mikroklima stavby. Orientace a sklon střechy udávají množství slunečního záření a ovlivňují vlhkost substrátu. Nežádoucím prvkem mohou být přilehlé budovy, které částečně či zcela vrhají stín na střechu. Větrací otvory klimatizace a ohřívací zařízení půdu v okolí vysušují. Rizikem jsou i průmyslové komíny, které produkcí chemického znečištění mohou zpomalit růst vegetace (Arabi et al., 2015).

Zeměpisná poloha a podnebí se podílí na podmínkách prostředí. Druhové složení se promítá skrze geomorfologické vlastnosti půdy jako je tvar reliéfu, svažitost, nadmořská výška a expozice (Hron, 1987).

Střecha je z ekologického hlediska extrémním stanovištěm, podléhá zvýšené zátěži větrem, nabývá relativně malé výšky substrátu způsobující silné kolísání teplot a vlhkosti. Takové prostředí nesvědčí kulturním rostlinám, a proto zelené střechy není vhodné využívat jako užitkové zahrady (Minke, 2001). Vegetace k přežití a prosperování musí mít krátké a jemné kořeny, schopnost odolat suchu a vytrvat v neúživném prostředí (Kader et al., 2022). Hustý mělký kořenový systém zajistí pevné uchycení v substrátu a jeho plocha navýší objem zachycené vody potřebné k přečkání v nehostinných podmínkách. Pěstovat plodiny ke spotřebě je možné u intenzivních zelených střech (Arabi et al., 2015). Je však nutné zajistit vyšší zásobování živinami, pravidelný přísun vody a pečlivou údržbu, což se projeví v investované finanční částce.

Ukotvení rostlin závisí na technologii adekvátní ke zvolenému typu ozelenění. Zda půjde o střechu, živoucí stěnu či fasádu volíme takzvané plugy nebo umístíme vegetaci na podklad, do žlábků, přímo na svrchní plochu střechy nebo pouze zasadíme do substrátu semínka, plugy, řízky apod. (Arabi et al., 2015).

Udržitelnost zelených staveb se přímo odvíjí od množství dostupných financí a době péče, především během prvních 2 let, kdy jsou rostliny náchylné, nachází se v růstové fázi (Arabi et al., 2015).

Nelze opomenout i vliv mocnosti substrátu. Zlepšuje kvalitu vzduchu, mění kvalitu odtékající srážkové vody, snižuje teplotní vlny urbanizovaných oblastí. Udává množství živin a nosnost konstrukce (Koblenc, 2019). Právě jeho mocnost a složení jsou jedny z těch proměnných, které vedle lokálních klimatických podmínek nejvíce ovlivňují rostlinný výběr. Z mnoha výzkumů vyplývá, že zásadou pro vysazení místních rostlin je nutná dostupnost závlahy a hlubší substrát (Dvorak & Volder, 2010). Ten však může snížit flexibilitu stavby vzhledem k váhovému omezení budovy a s dodatečným závlahovým systémem zvýšit náklady na instalaci (Sookhan et al., 2018). Kapacitu zadržované vody udává právě hloubka a typ substrátu, nikoli typ nebo plocha vegetace (Nagase & Dunnett, 2012).

Co největšího plošného pokrytí zelení lze docílit výběrem rostlin s horizontálním rozložením listů, tedy do stran a nikoli vzhůru. Zastínění podporuje i výběr vegetace s extenzivním vývojem listů, má tendenci rozpínat se. Souvislý zápoj porostu zabraňuje prostupování slunečního záření. Volbu typu a druhu zeleně ovlivní v první řadě záměr stavby a její požadovaný vzhled (Arabi et al., 2015).

Dalšími limitujícími faktory pro přežití rostlin zelených systémů jsou nároky na živiny, citlivost na znečištění (Arabi et al., 2015) ať už vody, ovzduší či substrátu, dostupnost vody, materiál substrátu, jeho zrnitost, propustnost a hodnota pH (Dvorak & Volder, 2010). Kritériem výběru může být i možnost založení, následná péče nebo dostupnost zeleně na trhu (Jílková, 2016).

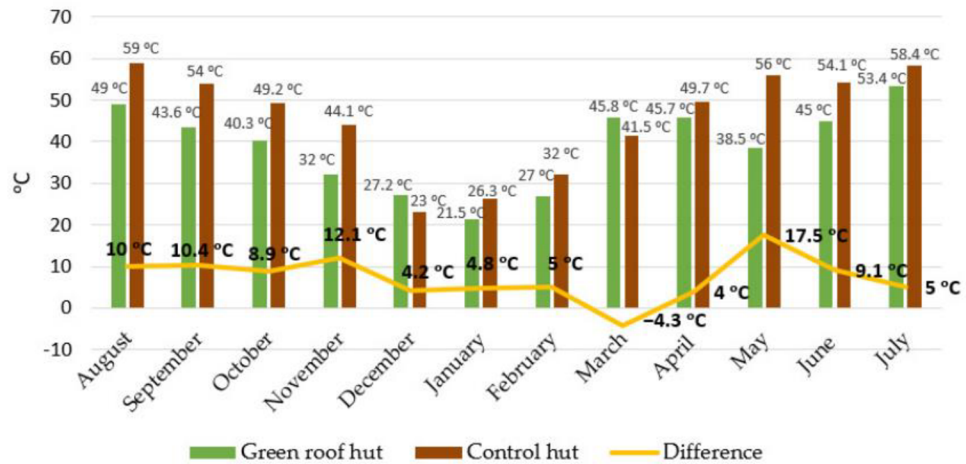
K výběru optimální vegetace zelených systémů je možné využít modelů a vzorců získaných experimentálními výzkumy. Je nutné zohlednit místo experimentu a jeho podmínky. (Calviño et al., 2023) uvažuje 2 rozhodovací kritéria a to definování potenciálu dostupných rostlin vůči živočichy na své květy a přirozené nepřátele. Z testovaných 117 druhů prosperoval na obou zkoumaných habitatech pouze *Sedum mexicanum* (rozchodník mexický). *Gomphrena pulchella* (pestrovka) a *Portulaca grandiflora* (šruha velkokvětá) byly schopny po zimě vysemenit i bez závlahy. Nový kříženec okrasného druhu *Glandularia spp.* (verbena nepravá) dosahuje lepších předpokladů oproti divokým druhům. *Commelina erecta* (křížatka) dokáže pojmout nespočet živočichů, kteří jsou lákáni květy, a přirozených nepřátel. Také vykazuje snášenlivost vůči glyfosátu. Místem experimentu bylo město Córdoba v Argentině.

Jedním z kritérií výběru vegetace zvoleným ve studii (Pérez et al., 2020) je index tvaru listu (shape index). Podává informaci o strategii růstu, tvaru a velikosti listu. Bylo studováno 5 druhů rozchodníků v suchém kontinentálním mediteránním klimatu ve městě Lleida ve Španělsku déle než rok. Vhodnými druhy do extrémních klimatických podmínek byly vyhodnoceny *Sedum album* (rozchodník bílý), *Sedum sexangulare* (rozchodník šestiřadý) a *Sedum sediforme* (rozchodník rozchodníkotvarý), které projevily schopnost kolonizace a vysokou pokrývnost. Druhy *Sedum spurium* cf. 'öCoccineum' (rozchodník pochybný 'Coccineum') a *Sedum spurium* cf. 'öSummer Glory' (rozchodník pochybný 'Summer Glory') nesou tak extrémní podmínky, proto jsou vhodné v kombinaci s odolnějšími rostlinami doplněné závlahovým režimem.

V průzkumu (Tian et al., 2018) byla užitá hybridní metoda rozhodování na základě více kritérií zahrnující proces analytické hierarchie a techniku šedé korelace k seřazení výkonu a vnitřních vlastností prostředí. Hierarchický index struktury byl stanoven na základě vnitřních ekologických vlastností životního prostředí jako je fyziologický komfort, duševní spokojenost a efekt prostředí, určených procesem analytické hierarchie. Experimentálně bylo hodnoceno 10 dřevin ve městě Changsha v Číně. Pomocí zmiňovaných metod získali jednotný výsledek, s nejvyšší hodnotou se umístil *Pterocarpus santalinus* (křídlok santálový).

Teplotní dopad ozelenění střechy na budovu byl rok sledován ve městě Nikosia na Kypru. Vysazenými druhy byly *Sedum angelina* (rozchodník Angelina), *Sedum spurium* (rozchodník pochybný), *Santolina spp.* (svatolina), *Gaura lindheimeri* (svíčkovec zahradní), *Thymus vulgaris* (mateřídouška obecná), *Lavandula officinalis* (levandule lékařská), *Canna indica* (dosna indická) a *Pelargonium* (pelargonie). Rostliny byly zvoleny v souladu s klimatickými podmínkami mediteránu s uvážením estetické hodnoty vzhledem k budově. Z porovnání střechy osázené vegetací s kontrolní střechou vyplynul teplotní rozdíl až 17,5 °C

během pravidelných měsíčních měření (Obrázek 4) (Yildirim et al., 2023). Jasně byla prokázána izolační funkce zelených systémů.



Obrázek 4: Měsíční hodnoty teplot na zelené střeše (zeleně) a neozeleněné střeše (hnědě), (Yildirim et al., 2023).

Další experiment byl zaměřen na zelenou stavbu bez závlahy. Místem výzkumu bylo město Avignon v severní Francii, které se vyznačuje mediteránními klimatickými podmínkami, a město Heverlee v Belgii jakožto oblast temperátního přímořského klima. Všech 18 zkoumaných druhů až na 2 byly uznány jako ideální pro extenzivní zelené střechy. Jednalo se o *Alyssum alyssoides* (tařinka kališní), *Silene conica* (silenka kuželovitá), *Lobularia maritima* (tařicovka přímořská), *Lagurus ovatus* (zaječí ocásek vejčitý), *Linum bienne* (len úzkolistý), *Dianthus superbus* (hvozdík pyšný), *Sideritis hyssopifolia* (hojník yzopolistý) a *Euphorbia cyparissias* (pryšec chvojka). Geofytu *Iris lutescens* (kosatec iberský) se dařilo ve všech typech substrátu. Druhu *Allium sphaerocephalon* (česnek kulatohlavý) vyhovoval nejvíce substrát o hloubce 10 cm se závlahovým systémem (Van Mechelen et al., 2015).

V této práci zvlášť rozdělíme vegetaci dle hloubky substrátu střešních systémů, zvlášť zeleň ideální pro živoucí stěny a fasády.

6. Vegetace zelených střech

Jak bylo dříve řečeno, mocnost substrátu má podstatný vliv na typ vegetace, množství zadržené vody, vysychání půdy, klíčení semen, nakládání s odpadními vodami a tepelnou izolaci. Je zásadní v ukotvení rostliny pomocí kořenů. V případě setí je z důvodu odolávání nižším teplotám výhodnější umístit semeno hlouběji do růstového média, než blíže k povrchu (Dvorak & Volder, 2010). Substrát může promrznout. V chladném období může vrstva odumřelých rostlin chránit půdu proti pronikání studeného vzduchu. Ovšem hlubší substrát může zvýšit náklady na instalaci a snížit flexibilitu konstrukce vzhledem k váhovému omezení střechy (Sookhan et al., 2018).

Druhová rozmanitost zeleného společenstva je efektivnější nežli monokultura (Dvorak & Volder, 2010). Kombinace druhů zajišťuje vzájemné doplnění vlastností, které nedostačují k přežití v extrémních podmínkách. Navyšuje výhody zelené infrastruktury po více stránkách. Průzkum zjistil, že rozličné formy rostlin (sukulenty, trávy a byliny) společně maximalizují zadržovaný objem srážkové vody a lépe ochlazují povrch než monokulturní vegetace (Dvorak & Volder, 2010). Například v termoregulační funkci překonala směs trvalých bylin jednodruhový rozchodníkový porost během chladného období v substrátu hloubky 20 cm oproti 5 cm (Sookhan et al., 2018).

Rostliny uzpůsobené k přečkání zimního času v zemi pomocí hlíz, oddenků či bulv se nazývají geofyty. Pro jejich úspěšný růst byla doporučena hloubka 5 až 7 cm (Van Mechelen et al., 2015).

Co se týče nakládání s odpadními vodami závisí také na typu substrátu. Extenzivní zelené střechy s nízkým růstovým médiem (menším než 15 cm) dosahují značně nízké kvality odpadních vod. Pozorována byla kalnost, celkové množství suspendovaných pevných látek, organické hmoty, dusíku a fosforu. Výsledky průzkumu naznačují, že naopak intenzivní zelené střechy o hloubce 20 cm vermikulitu a vrstvě 5 cm lehkých půdních agregátů efektivně mohou zpracovat lehké šedé vody (Thomaidi et al., 2022).

Dle hloubky substrátu dělíme zelené střechy na extenzivní, polointenzivní (semi-intenzivní) a intenzivní (Burian, et al., 2016).

6.1 Extenzivní zelené střechy

Extenzivní střechy se vyznačují maximální mírou autoregulace. Jsou charakterizovány minimální péčí, bez nutnosti pravidelné závlahy, slabou mocností substrátu a vegetací se schopností regenerace a konkurence. (Burian, et al., 2016). Mají vysokou kapacitu zadržované vody, množství je srovnatelné s vodou pocházející ze srážek menších 20 mm/h. Obvykle nabývají hloubky do 6 cm a porost je tvořen rozchodníky, mechy a lišejníky (Mobasheri et al., 2014).

Rod *Sedum* (rozchodník) v oblasti zelených systémů je velmi oblíbený. Je fyziologicky adaptován na stres vůči suchu včetně sukulentních listů a CAM fotosyntézy. Velkým pozitivem je fakt, že je stále zelený i přes zimní měsíce. Fenologicky se přizpůsobil na chladná období přeměnou barvy listů ze zelené na červenou a burgundskou u druhů *S. album*, *S. acre* (r. ostrý). Změna pigmentace umožnila snížit pohlcování slunečního záření, které ohřívá povrch, a tak přispět ke snášenlivosti ochlazování. Vyniká i odolností vůči teplu. Rozchodníkový porost byl

porovnán s luční směsí vysazenou na zelené střeše. Směs překonal během teplého i chladného ročního období (Sookhan et al., 2018). V jiné studii přečkal rod *Sedum* a druh *Armeria maritima* (trávníčka přímořská) bez závlahy 3 týdny oproti travám (Nagase & Dunnett, 2012). Tak jako lišejníky i rozchodníky mají dlouhou životnost (Arabi et al., 2015; Kremer & Muhle, 1998). V rámci ochlazování evapotranspirací míra celkového výparu přes noc klesá oproti travám a kvetoucím bylinám, tedy přes noc více zadržují vodu v listech a povrch tolik neochlazuje (Sookhan et al., 2018).

Mechy evolučně náleží k nejstarším suchozemským rostlinám. Nemají podpůrná ani vodivá pletiva, proto přijímají vodu celým svým povrchem a poutají ji v prostorech mezi lodyčkami a lístky, čímž mohou pojmout až sedminásobek vlastní hmoty. Fungují jako indikátory životního prostředí, jelikož pohlcují látky včetně těch škodlivých z vody i ovzduší. Citlivé jsou vůči těžkým kovům, zatímco lišejníky snesou i vysoké koncentrace. Ovšem, v zimě při zatížení oxidem siřičitým nad 0,16 mg.m³ lišejníky odumírají. Podobně jako mechy jsou ukotveny k podkladu přichytnými orgány (Kremer & Muhle, 1998), které jsou podobné kořenům. Jemná vlákna vytváří hustou síť, která podporuje soudržnost celého zeleného komplexu v substrátu (Arabi et al., 2015). Vhodnými druhy mechů na slunné střechy jsou *Barbula convolata* (vousatěnka pošvatá), *Barbula hornschuchiana* (patřásnatka Hornschuchova), *Brachythecium rutabulum* (baňatka obecná), *Ceratodon purpureus* (rohozub nachový), *Homalothecium sericeum* (hedvábitec pravý), *Polytrichum piliferum* (ploník chluponosný), *Schistidium apocarpum* (klanozoubek obecný) a rod *Bryum* (prutník). Pro zastíněné střechy jsou vhodnější jen druhy *B. rutabulum*, *C. purpureus*, *H. sericeum* a rod *Bryum* (Burian, 2015).

Podmínky extenzivní střechy se blíží suchému horskému prostředí, pouštním a polopouštním loukám a pobřeží. Nejlépe uzpůsobenou skupinou rostlin takovému stanovišti jsou sukulenty. Mohou v listech nashromáždit obrovský objem vody, čímž snesou a přežijí suchá období. Vysazení společně s místními rostlinnými druhy podporuje biodiverzitu (Arabi et al., 2015). Z průzkumu (Van Mechelen et al., 2014) mediteránních druhů běžně používaných nebo přirozeně se vyskytujících na zelených střeších Evropy vyplynul seznam druhů s dobrým potenciálem pro přežití. Patří sem *Alyssum montanum* (tařinka horská), *Athamanta cretensis* (atamanta krétská), *Hieracium pilosella* (chlupáček zední), *Hippocrepis comosa* (podkovka chocholatá), *Poa badensis* (lipnice badénská), *S. acre*, *S. album*, *Sedum dasyphyllum* (rozchodník sivý), *Sedum ochroleucum* (rozchodník bledožlutý), *Teucrium montanum* (ožanka horská), *Thymus praecox* (mateřídouška časná) a *Thymus serpyllum* (mateřídouška úzkolistá), které si vystačí s minimální závlahou. Výjimku tvoří *Polypodium vulgare* (osladič obecný) vyžadující přísun vody a stín až polostín, přesto byl vyhodnocen jako vhodný druh k ozelenění. Jde výhradně o hemikryptofyty tedy rostliny vytrvalé s obnovovacími pupeny u povrchu půdy (Arabi et al., 2015). Dalšími doporučenými sukulenty extenzivních slunných střešech jsou *S. saxangulare*, *Sedum ewersii* (rozchodníkovec Ewersův), *Sedum hispanicum* (rozchodník španělský), *Sedum lydium* (rozchodník lydijský), *Sedum reflexum* (rozchodník skalní), *S. spurium*, *Sempervivum tectorum* (netřesk střešní) a *Sempervivum arachnoideum* (netřesk pavučinatý). Druhy snášející vlhčí stanoviště jsou *S. spurium*, *S. ewersii*, *S. acre*, *S. reflexum*, *Sedum kamtschaticum* (rozchodník kamčatský) a *S. tectorum* (Burian, 2015; Jílková, 2016). Dobrých výsledků dosáhl i rod *Delosperma* (kosmatec), kontrétně druhy *Delosperma cooperi* (kosmatec Cooperův) a *Delosperma nubigenum* (kosmatec) napříč mnoha zkoumanými

oblastmi (Dvorak & Volder, 2010). Z dlouhodobého výzkumu plyne závěr, že by vegetace extenzivních střech měla být nízkého vzrůstu, schopna se rychle uchytit, tvořit listy polštářovitý podklad, který dokáže akumulovat vodu, vysokou reprodukci a mělké rozsáhlé kořeny. Mezi další vhodné typy rostlin spadají kromě již zmíněných rozchodníků, mechů, lišejníků, sukulentů i trávy a byliny (Arabi et al., 2015).

Trávy jsou nejefektivnější ve snížení splachu srážkové vody a tím podporují její zadržení v zeleném systému. Po nich následují vysoké a plazivé byliny a sukulenty jako rozchodník. Třemi nejúspěšnějšími se staly graminoidy *Carex argyrantha* (ostřice stříbrná), *Carex nigra* (ostřice obecná) a *Deschampsia flexuosa* (metlička křivolaká). Odtok vody z povrchu byl u většiny testovaných trav nižší než splach z holé půdy. Zadržení většího množství napomáhá výška rostliny, horizontální rozložení listů i přítomnost jemných chloupků (trichomů) (Nagase & Dunnett, 2012). Oproti *Sedum* jsou však citlivější ke klimatickým změnám v průběhu roku (Sookhan et al., 2018). Druhu *Poa bulbosa* (lipnice cibulkatá) a *Briza media* (třeslice prostřední) vyhovuje více nezastíněná plocha na rozdíl od *Poa annua* (lipnice roční) a *Deschampsia caespitosa* (metlice trsnatá) (Burian, 2015; Jílková, 2016). *Poa compressa* (lipnice smáčknutá) toleruje jak vlhčí, tak osluněná prostředí (Burian, 2015).

Z bylin prospívají druhy *Cardamine hirsuta* (řeřišnice srstnatá), *Erodium cicutarium* (pumpava obecná), *Erophila verna* (osívka jarní), *Lysimachia nummularia* (vrbina penízková), *Euphorbia polychroma* (pryšec mnohobarvý), *Geranium macrorrhizum* (kakost oddenkatý), *Oenothera macrocarpa* (pupalka missourská) a druh *Sagina* (úrazník) ve vlhčích půdách. Střešní zahradu je možné doplnit cibulovinou *Allium schoenoprasum* (pažitka pobřežní) (Burian, 2015; Jílková, 2016).

Substrát hloubky 6 cm nabídl 200 druhů hmyzu, přičemž z nich bylo přes 50 druhů brouků a okolo poloviny pocházelo z místa výzkumu. Druhová diverzita se odráží ve věku substrátu a směsi místních a nepůvodních kvetoucích rostlin. Studie pracovala se sukulenty, travami a bylinami v Halifaxu v Kanadě (Dvorak & Volder, 2010).

Tato hloubka substrátu poskytuje podmínky pro život rostlin vyhodnocených jako vhodné k zachycení znečišťujících látek ovzduší, tepelné izolaci, zmírnění efektu tepelného ostrova (zvláště ve velkých městech) a k mechanické ochraně povrchu budovy.

6.2 Polointenzivní zelené střechy

Polointenzivní střechy také zvané jednoduché intenzivní jsou přechodnou formou mezi střechou extenzivní a intenzivní. Vyžadují dodání závlahy v sušších obdobích a péči několikrát ročně čítající odstranění buřeně, hnojení, kosení apod. (Burian, et al., 2016). Hloubka substrátu se pohybuje v rozmezí 6 až 12 cm. Vodní kapacita dosahuje až 60 l/m² (Burian, 2015). Navýšení zelené stavby o silnější vrstvu růstového média a případné drenážní soustavy činí střechu těžší oproti extenzivní. Rostou tak finanční a konstrukční nároky. Vegetaci tvoří trvalky, trávy či horské cibuloviny (Mobasheri et al., 2014).

Pro tento typ ozelenění doporučuje (Burian, 2015) mechy *C. purpureus*, *B. rutabulum*, *S. apocarpum* a rod *Bryum*, které lze použít i pro extenzivní střechy.

Výčet vhodných sukulentních rostlin čítá *S. acre*, *S. album*, *S. reflexum*, *S. sexangulare*, *S. spurium*, *S. dasyphyllum*, *S. eversii*, *S. hispanicum*, *S. lydium* a *S. tectorum* (Burian, 2015). Všechny druhy je možné využít i pro extenzivní zelené střechy, jelikož jsou velmi přizpůsobivé

a vytváří savou vrstvu chránící substrát před vnějšími vlivy. Dalším druhem rozchodníku, kterému se daří na polointenzivních střeších je *Sedum hybridum* (rozchodník zvrhlý) (Bohuslávek & Horský, 2003).

Byliny jednoduché zelené střechy jsou náročnější na množství dostupné vody a živin. K takovým náleží například *Ajuga genevensis* (zběhovcec lesní), *Campanula glomerata* (zvonek klubkatý), *Campanula persicifolia* (zvonek broskvolistý), *Campanula rotundifolia* (zvonek okrouhlostý), *Helianthemum nummularium* (devaterník penízkovitý), *Hieracium murorum* (jestřábník zední), *Primula vulgaris* (prvosenka bezlodyžná), *Scabiosa columbaria* (hlaváč fialový), *Silene vulgaris* (silenka nadmutá), *Taraxacum sect. Ruderalia* (pampelišky smetánky) a *Saponaria ocyroides* (mydlice bazalkovitá) (Van Mechelen et al., 2014). Zde se lépe uplatní zahradní architektura. Travní porosty mají pozitivní vliv na životní prostředí. Fungují nejen jako zdroj kyslíku, ale i obživy živočichů (Mareček, 2022). Především létající hmyz je důležitou složkou podporující lokální živočišnou biodiverzitu. Atraktivitu stavby zvýší vysazení nízkých divokých lučních květin (Mobasher et al., 2014). Dalšími bylinami vhodnými pro jednoduché zelené střechy jsou *Petrorhagia saxifraga* (hvozdíček lomikamenovitý), *Potentilla verna* (mochna jarní), *Prunella grandiflora* (černohlávek velkokvětý), *Arenaria serpyllifolia* (písečnice douškolistá), *Calamintha acinos* (pamětník rolní), *Dianthus deltoides* (hvozdík kropenatý), *Thymus montanus* (mateřídouška vejčitá horská), *T. serpyllum*, *Thymus pulegioides* (mateřídouška vejčitá), *Viola arvensis* (violka rolní), z cibulovin *A. schoenoprasum*, *Allium flavum* (česnek žlutý) a *Iris pumila* (kosatec nízký) (upřednostňuje plochy o mírném sklonu) (Burian, 2015).

Z trav doporučují (Burian, 2015; Van Mechelen et al., 2014) *P. compressa*, *P. annua*, *Festuca sp.* (kostřava), *B. media* a *P. bulbosa*, která snese i větší strmost střechy.

Využití polointenzivních střech je velmi podobné jako u extenzivních střech. Poskytuje však více možných habitatů živočichům. Roste míra evapotranspirace a s ní svázané ochlazování povrchu.

6.3 Intenzivní zelené střechy

Intenzivní střechy jsou náročné na údržbu. Je nutná pravidelná závlaha a péče o rostlinné společenství (Burian, 2015). Podobají se větším zahradám či parkům. Vzhledem k hmotnostnímu zatížení vlivem váhy substrátu, vody, vegetace a návštěvníků je nutná odolná výztuha stavby (Mobasher et al., 2014). Silná vrstva substrátu poskytuje travám, bylinám, ale především dřevinám dostatečné upevnění kořenovým systémem (Burian, et al., 2016). Substrát má hloubky větší 12 cm. Kapacita zadržené vody dosahuje až 135 l/m² (Nophadrain BV, 2020).

I ve vyšším substrátu se rozrůstají druhy rozchodníků, zvláště *Sedum floriferum* (rozchodník květonosný), *S. spurium* a *S. kamtschaticum* (Burian, 2015; Jílková, 2016).

Vysoká míra péče a zásobování živinami a vodou umožňuje rozmanitý výběr, který je usměrněn požadovaným vzhledem a záměrem stavby (Burian, et al., 2016). Rozšiřuje se tak i barevná škála bylin. Vhodné pro vyšší substrát byly vyhodnoceny druhy *Achillea millefolium* (řebříček obecný), *Antennaria dioica* (kociánek dvoudomý), *Anthemis tinctoria* (marunek barvířský), *Artemisia ludoviciana* (pelyněk protnicovitý), *Aster linosyris* (hvězdnice zlatovlásek), *Calamagrostis brachytricha* (třtina rákosovitá), *Calamintha nepeta* (třtina chloupkatá),

Dianthus carthusianorum (hvozdík kartouzek), *E. cyprisias*, *Euphorbia myrsinites* (ryšec myrtovitý), *Gaillardia aristata* (kokarda osinatá), *Hypericum perforatum* (třezalka tečkovaná), *Linaria cymbalaria* (zvěšinec zední), *Linum perenne* (len vytrvalý), *O. macrocarpa*, *Origanum vulgare* (dobromysl obecná), *Saponaria officinalis* (mydlice lékařská), *Chrysanthemum leucanthemum* (kopretina bílá), *I. pumila*, *Iris tectorum* (kosatec střešní), *Lavandula angustifolia* (levandule úzkolistá), *Pulsatilla vulgaris* (koniklec německý), *Ranunculus bulbosus* (pryskyřník hlíznatý), *Rudbeckia hirta* (třapatka srstnatá), *Sanguisorba minor* (krvavec menší), *S. ocyroides*, *Sedum telephium* (rozchodníkovec nachový), *Verbascum nigrum* (divizna černá), *Verbascum phoeniceum* (divizna brunátná), *Veronica teucrium* (rozrazil ožankový) a *Yucca filamentosa* (juka vláknitá) (Bohuslávek & Horský, 2003; Jílková, 2016).

Z trav prospívají druhy *Bromus tectorum* (sveřep střešní), *Carex flacca* (ostřice chabá), *Carex humilis* (ostřice nízká), *Festuca amethystina* (kostřava ametystová), *Festuca ovina* (kostřava ovčí), *Festuca rupicaprina* (kostřava kamzičí), *Festuca valesiaca* (kostřava walliská), *Melica ciliata* (strdivka brvitá), *P. compressa* a *Helictotrichon sempervirens* (ovsír stálezelený) (Burian, 2015; Jílková, 2016).

Díky vyššímu substrátu můžeme vysadit i dřeviny, které potřebují mohutnější vrstvu růstového média k prokořenění a stabilnímu ukotvení, aby odolaly extrémním povětrnostním podmínkám. K odolným druhům patří *Amelanchier ovalis* (muchovník oválný), *Genista lydia* (kručinka lydijská), *Salix lanata* (vrba vlnatá), *Cytisus purpureus* (čilimníček nachový), *Rosa pimpinellifolia* (růže bedrníkolistá), *Juniperus communis* (jalovec obecný), *Spiraea salicifolia* (tavolník vrbolistý), *Potentilla fruticosa* (mochnovce křovitý), *Cotoneaster dammeri* (skalník Dammerův) a *Malus* (jabloň) keřovitěho typu (Burian, 2015; Jílková, 2016). Všechny jmenované až na *C. dammeri* tvoří kulovité či vertikálně orientované struktury. Růst *C. dammeri* se ale rozprostírá do stran a jeho hustý zápoj neposkytuje mnoho prostoru pro plevel (Jílková, 2016).

Již výška 25 cm je dostačující k vysazení stromů jak listnatých, tak jehličnatých (Šimečková, 2005). K ověřeným druhům patří *Elaeagnus angustifolia* (hlošina úzkolistá), *Gleditsia triacanthos* (dřezovec trojtrnný), *Pinus mugo mughus* (borovice kleč pravá) a *Pinus sylvestris* (borovice lesní) (Burian, 2015; Jílková, 2016). Tento typ střechy je možné využít v rámci zeleno-modré infrastruktury (viz kapitola Zeleno-modrá infrastruktura). Stejně tak jako u ostatních hloubek substrátu i tato zeleň dokáže zachytit znečišťující látky a zkvalitnit tak ovzduší, poskytnout množství habitatů nejen bezobratlým, ale i ptákům a dalším živočichům. S rostoucí biomasou a hloubkou substrátu vzrůstá i míra evapotranspirace. Hlubší substrát má i lepší tepelné vlastnosti oproti extenzivním střechám. Má nižší příjem a ztráty tepla (Berardi et al., 2014). Výhodou je přístupnost veřejnosti formou střešních zahrad, které mohou sloužit jako relaxační místa či zdroj potravin (skleníky, kuchyňské bylinky apod.).

6.3.1 Produkční zelené střechy

Problémem využití zelených střech a stěn pro pěstování plodin spočívá ve znečištění životního prostředí. Zejména jde o ovzduší, skrze které dochází ke kontaminaci rostlin přímo či nepřímo skrze půdu. Nebezpečné jsou PM částice, které jsou součástí těžkých kovů a polycyklických aromatických uhlovodíků. V jejich akumulaci se jako nejrizikovější projeví listová zelenina. Nejvyšší koncentrace byly zaznamenány u čínského zelí a římského salátu rodu *Lactuca sativa* var. *Longifolia* (salát římský 'Galander'). Množství vstřebaných kontaminantů

také závisí na míře znečištění prostředí. I přesto plodiny vypěstované ve městě nemusí být zdraví škodlivé, pokud pěstební plochy budou vzdáleny zdrojům znečištění jako jsou doly, rušné komunikace nebo průmyslové podniky. Snížit konzumované množství polycyklických aromatických uhlovodíků v ovoci a kořenové zelenině je možné odstraněním jejich kůry, kde se nejvíce soustředí (Wróblewska & Ryong Jeong, 2021). Hrozbou zůstávají virové nákazy, mimokořenové hniloby, hniloby kořenů, stonků a plodů, skvrnitost listů a další choroby (Specht et al., 2013).

6.4 Kaskádové terasy

Luxusní vzhled s nádechem kouzla pradávných dob Visutých zahrad královny Semiramis skýtají kaskádové terasy, které si každý může ztvárnit v rozličném měřítku. Do bytu mohou mít podobu polic řazených pod sebou osázené bylinkami, které se běžně vyskytují v pokrmech včetně nápojů (jako čajové odvary například meduňka, máta, kopřiva, rýmovník atd.). Rozložitějšími objekty mohou být jednotlivé balkóny s převislými druhy bylin, keřů a stromů, které zaplní prostor rostlinnou biomasou různých barev ke zvýšení optické atraktivity.

Krom již zmiňovaných výše a výctu bylin v kapitole Vegetace zelených stěn jsou doporučeny druhy *Cerastium* (rožec), *Rosmarinus officinalis* (rozmarýna lékařská), *Iberis sempervirens* (iberka vždyzelená), *L. nummularia* a *Sedum rupestre* (rozchodník suchomilný) (Weinmaster, 2009).

7. Vegetace zelených stěn

Zelené stěny jsou architektonickým dílem, které slučuje stavbu s životním prostředím v harmonickém souznění (Baran & Gültekin, 2018). Kladnou vlastností je jejich prostorové uložení. Ponechávají širší využití horizontálních ploch (Boano et al., 2022). Umístit zeleň vertikálně můžeme čtyřmi způsoby. První možností je vysazení stromu nebo keře těsně u základů zdi, která tvoří oporu a usměřňuje jeho růst (Obrázek 5). Dalšími variantami jsou stěny pnoucí, převislé a modulového typu (Obrázek 6) (Erçin & Usluer, 2022).



Obrázek 5: Zelená fasáda, způsob vysazení u základů zdi (URL 2).



Obrázek 6: Modulový typ živoucí stěny (Manso & Castro-Gomes, 2015).

Tak jako zelené střechy i stěny brání tepelnému toku skrze stěny budovy. Jisté studie tvrdí, že zelené stěny mohou snížit náklady na elektřinu až o 30 % (Weinmaster, 2009). I zde je

možné hospodaření s odpadními vodami a následná regenerace vody (Boano et al., 2022). Zkvalitnění ovzduší docílí zelené stěny oddělením znečišťujících látek z atmosféry, které se odvíjí od typu rostlin, jejich tvaru a velikosti. Do interiéru jsou vhodnější živoucí stěny, do exteriéru pak fasády (Erçin & Usluer, 2022).

Podklad fasády čili místo ukotvení kořeny je buďto u zemi a zeleň roste vzhůru podél podpůrné konstrukce přímé (bez další podpory, konstrukcí je většinou zeď nebo plot) či nepřímé (růst rostliny je usměrněn například dřevěnými latkami, kovovým rámem, provazem, řetězem apod.) anebo je ukotvení kořenů například na římsě balkónu a zeleň roste směrem dolů (Obrázek 7) (Addo-Bankas et al., 2021).



Obrázek 7: Zelená fasáda (URL 3).

Kvetoucí druhy působící líbivě jsou *Jasminum* (jasmín), *Clematis* (plamének) a *Lonicera* (zimolez). Nevýhodou fasád je však zdoluhavá doba pěstování a prorůstání (Weinmaster, 2009). Zelené stěny jsou zdrojem obživy a propůjčují ideální místo ke hnízdění ptáků, obzvláště ve městech. Oblíbenější a celkově výhodnější zvláště v zimních měsících jsou struktury se stálezelenou vegetací (Chiquet et al., 2013; Erçin & Usluer, 2022).

Existují technologie, které místo substrátu využívají živný roztok. Jde o pěstování rostlin bez přítomnosti půdy (Lakhari et al., 2020) často uchycených v závěsných modulech. Hydroponické a aeroponické systémy umožňují vertikální farmaření (Wróblewska & Ryong Jeong, 2021). Účinnost je skryta v přímém působení živného roztoku na kořeny (Lakhari et al., 2020). Snižuje se tak potřebné množství vody a živin, jelikož není zavlažován okolní substrát. Hydroponie je ekonomicky a logisticky nejvhodnější pro listové plodiny (Specht et al., 2013). Zelená stěna s tímto systémem je více než 10krát lehčí než běžné systémy modulárních boxů, váží necelé 2 kg/m² (Weinmaster, 2009).

Další technologií zelených stěn jsou již zmíněné modulární boxy. Celý komplex je složen ze snadno oddělitelných buněk obsahujících zeleň včetně substrátu. Lze je jednoduše přemístit či odstranit, pokud dojde úhynu či havárii. Stejně nenáročná je i instalace (Weinmaster, 2009). Úložištěm vegetace mohou být pěnové mělké žlábkové nádrže, výkyvné vaky, kapsy podoby květináče a obklady (Addo-Bankas et al., 2021). Tato technologie nabízí možnost nejširší škály

biodiverzity ze všech zelených systémů (Mayrand & Clergeau, 2018).

7.1 Druhové složení zelených stěn

Velmi přizpůsobivé a zamokření snášející jsou kapradiny, které mohou rychle pokrýt obrovské plochy zdí. Jsou nejlepší volbou vertikálního pěstování, neboť mají tendenci růst směrem dolů (Erçin & Usluer, 2022), čímž přirozeně vytváří převis. Nejsnáze se začlení kapradiny mečovité, hnízdni a takzvané modré hvězdy (Erçin & Usluer, 2022). Pojmenování těchto typů vychází z morfologie rostlin.

Bromélie zvýhodňují mělké kořeny, jsou prostorově nenáročné na ukotvení, ale i kvetení. Skvěle tak barevně doplňují zelené stěny. Květy mají neobvyklý tvar a odkvétají po dlouhé době (Erçin & Usluer, 2022).

Nejčteněji ze sukulentů se uplatňují druhy *Crassula* (tlustice), *Echeveria* (dužnatka) a *Sedum* (Erçin & Usluer, 2022). Výběr bývá většinou zaměřen na byliny, trávy a liány, případně pro vlhčí stanoviště i mechy a keře (Mayrand & Clergeau, 2018).

Pro zelené stěny se nanejvýš hodí révy. Není nutná vydatná péče a na osluněných stanovištích se rychle rozrůstají (Erçin & Usluer, 2022). Pro pokrytí větších ploch je výhodné užít druhy samopnoucí, které nevyžadují opěrné struktury (Šimečková, 2005). K podkladu se uchytí vzdušnými kořeny, úponky listů nebo přilnavými výběžky (Erçin & Usluer, 2022). Například druhy *Parthenocissus tricuspidata* (loubinec trojlaločný), *Parthenocissus quinquefolia* (loubinec pětिलistý), *H. helix*, *Hydrangea petiolaris* (hortenzie řapíkatá). K podpůrné konstrukci se sází ovíjivé dřeviny s ohledem na okolní prvky k zamezení možného poškození. Rostliny mají snahu podklad pevně sevřít, obzvláště rody *Celastrus* (jesenec) a *Wisteria* (wistárie). Obezřetnost se doporučuje také v případě, že oporu by tvořil strom. U mladších jedinců by mohlo dojít v důsledky zaškrcení ovíjivé zeleně k úhynu. Zohlednit je třeba i možné narušení podkladu pronikáním přichytných aparátů, které se týká hlavně *H. helix*, *H. petiolaris* (Šimečková, 2005).

Ke stálezeleným druhům, které jsou díky trvalému olistění oblíbené, patří i další druhy břečťanu *Hedera colchica* (břečťan kavkazský), *Hedera iberica* (břečťan irský) a rod *Pyracantha* (hlohyně). Mezi opadavé druhy dříve zmíněné *Wisteria*, *Jasminum*, *P. quinquefolia* a *P. tricuspidata* (Chiquet et al., 2013).

Skupinou rostlin perfektní pro pěstování na skalnatých stanovištích a v extrémních podmínkách jsou skalničky. Mají velice široký ekologický a estetický potenciál, který tak splňuje předpoklady pro uplatnění v kompozičně různorodých formách. Značně atraktivní jsou skalničkové stěny. Zeleň je usazena v nasákové ploše a zvlhčována kapkovou závlahou. Substrátem mohou být například tufové kameny (Mareček, 2022).

7.1.1 Vegetace interiéru

Z bylin se k ozelenění doporučuje bazalka, petržel, pažitka, kopr, máta, mateřídouška, dobromysl, majoránka, meduňka, koriandr (Erçin & Usluer, 2022). Zajímavým způsobem včlenění kulinářských rostlin do místnosti je sestavení kaskádové zahrady či živoucí stěny složené z jednotlivých květináčů a nádob (Obrázek 8). Schopnost prospívat podporuje kromě hojnosti vody a živin také dostatek světla, proto je vhodné instalovat zařízení k osvětlení.



Obrázek 8: Interiérový modulový typ živoucí stěny (URL 4).

Co se týče výběru vegetace do interiéru jsou ideální z klasických pokojových rostlin potos neboli šplhavník či šplhavnice, zlatý potos aneb šplhavice zlatá a *Tradescantia* (poděnka). Snáší jak slabě, tak silně osvětlené místnosti, nadměrnou závlahu, suchá období, živinově přesycené i chudé půdy, neutrální, zásadité i kyselé podmínky prostředí (Erçin & Usluer, 2022).

Zde je možno zakomponovat i vlhkomilnější druhy, jelikož uložením stěny uvnitř budovy je chráněna před vnějšími vlivy počasí a dostatečná závlaha umožňuje růst tropických rostlin či kapradin. Živoucí stěna s umělým vodopádem perfektně napodobí reálné prostředí vegetace (Mayrand & Clergeau, 2018).

8. Srážkové vody

Zelené střechy pomáhají snížit odtok dešťových vod zadržováním srážek v růstovém médiu, které pak rostliny pozvolna uvolňují do atmosféry evapotranspirací (celkovým plošným výparem). Výzkumníci určily morfologické znaky rostlin jako vysoká míra šťavnatosti listu nesukulentních druhů i pravých sukulentů, optimální uspořádání kořenů (rozložitá mohutná kořenová hmota) a malá plocha listu, které svědčí o snášenlivosti zeleně vůči suchu a výhodnosti pro zadržování dešťové vody. Z těchto důvodů se volí sukulentní druhy jako *Sedum* i přes to, že nevyžadují k přežití mnoho vody, a proto nezasákne do zelených střech velké množství srážek (Schrieke & Farrell, 2021).

Výběr vegetace na základě přirozeně se vyskytujících druhů v zájmové oblasti může selhat, jelikož rostliny ač s původem ze stejného habitatu mohou mít různé strategie a nemusí mít jednotnou snášenlivost vůči suchu. Bylo studováno 9 spontánně rostoucích druhů rostlin v mediteránním typu klimatu v severní Francii, které se vyskytují napříč Evropou i v australském městě Melbourne. Při dostatečné závlaze rostl nejrychleji druh *Lolium perenne* (jílek vytrvalý) o biomase až dvaceti násobně větší oproti nejdrobnějšímu druhu *Euphorbia peplus* (pryšec okrouhlý). Významného relativního růstu dosáhly i druhy *Plantago lanceolata* (jitrocel kopinatý) a *Rumex acetosa* (šťovík kyselý). V podmínkách o nedostatku vody nejvyššího růstu i tentokrát dosáhl *L. perenne*, o něco nižších hodnot pak *P. lanceolata*, *R. acetosa*. Všechny druhy zmenšily svou biomasu v rozmezí 18 až 47 %, průměrně o 34 %. Relativní objem vody v listech nad 90 % si udržely druhy *Euphorbia maculata* (pryšec skvrnitý) a *E. peplus*, zatímco *L. perenne* pouze 50 % a usychal. Oproti tomu za dostatečného vodního režimu všechny zkoumané druhy dosahovaly objemu nad 90 %. Z pohledu transpirace měl největší rozsah druh *L. perenne* za sucha i závlahy. Nejmenší za sucha pak *E. maculata* a při vhodné závlaze *E. peplus*. Všechny druhy kromě *E. maculata* a *Malva neglecta* (Sléz přehlížený) významně snížily svou transpiraci během nedostatku vody v rozsahu 28 až 46 %, průměrně 35 % na rozdíl od stavu zavodnění (Schrieke & Farrell, 2021).

Zdokonalení výběru druhů vhodných k hospodaření s dešťovou vodou tkví ve znacích souvisejících s požadovaným množstvím vody k přežití a tolerancí rostliny vůči suchu. Druhy s 'rychlými znaky' (rostliny s vysokým relativním rozsahem růstu a plochou listu) jako jsou *L. perenne*, *Trifolium repens* (jetel plazivý) a *Solanum nigrum* (lilek černý) byly odhaleny na nově instalované zelené střeše. Nálezem se odráží jejich vyšší schopnost rozmnožování oproti jiným, především v sukcesní fázi. Na starších střechách může semenná banka obsahovat i více než 80 % přirozeně se vyskytujících rostlin s vyšším podílem druhů s 'rychlými znaky' oproti semenům v již zakořeněné vegetaci. Druhy s 'pomalými znaky' (pomalejší růst a menší biomasa) jako *E. peplus* a *E. maculata* budou časem stále dominantnějšími. Pokles transpirace během suchých období u druhů s 'rychlými znaky' pravděpodobně vychází z vyšší citlivosti průduchů, která rostlině pomáhá vyhnout se stresu způsobeného suchem během krátkých období bez závlahy (Schrieke & Farrell, 2021).

9. Šedé vody

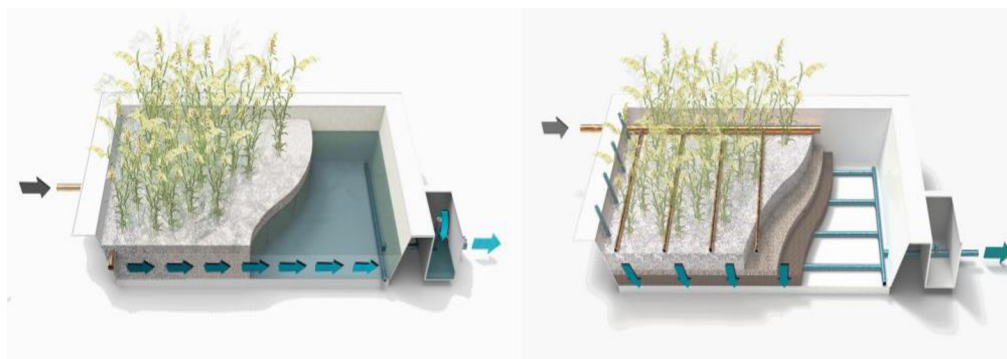
Šedé vody jsou součástí odpadních vod. Pochází z domácností zahrnující odpadní vodu z toalet. Obvykle se dělí na 2 typy. Tmavě šedé vody mají původ v pracích zařízeních, myčkách, některé studie uvažují i odpadní kuchyňských dřez. Zdrojem světle šedých vod jsou vody z koupelen, sprch, umyvadel a případně i prádelen. Světle šedé vody jsou typické svým vysokým potenciálem pro zpracování a znovupoužití přímo v místě jejich vzniku díky jejich nízké koncentraci znečišťujících látek. Zpracování a opětovné užití šedých vod skrze zelené infrastruktury jsou založeny na řešeních na přírodní bázi (nature-based solutions) (Boano et al., 2020).

Opakované použití může přinést ekonomické výhody v těch zemích, kde jsou vodní zdroje drahé. Mohou být použity jako provozní například k závlaze zahrad či splachování toalety. Znovupoužití může ušetřit 9 až 47 % pitné vody. Na místě je však opatrnost a sledování potenciálního patogenního bujení či šíření infekcí, ke kterému může dojít v případě nekvalitní údržby systému nebo nesprávného skladování šedých vod (Boano et al., 2020). Výkon zelených systémů při čištění šedých vod závisí nejen na druhovém výběru vegetace, ale také na volbě substrátu a míře znečištění vod. Regenerací vody se navrácí organická hmota, živiny, fosfor a dusík. Množství je ovlivněno přítomným druhem zeleně i teplotou, v zimních měsících je nižší (Boano et al., 2022). Další výhodou je, že instalaci systému nakládání s šedými vodami již není potřeba výrazně dofinancovávat (Erçin & Usluer, 2022).

V této studii v Turíně, Itálii, byly zkoumány druhy *Hedera helix* (břečťan popínavý), *Carex morrowii* (ostřice japonská), *Iris germanica* (kosatec německý), *Lonicera nitida* (zimolez lesklý) a *Ranunculus asiaticus* (pryskyřník asijský) vzhledem k jejich snášenlivosti vysoké vlhkosti půdy a klimatických podmínek. Důležitým prvkem je i omezení prostoru prokořenění, požadovaný estetický vzhled, velikost a místní dostupnost rostlin. Nízkou odolnost vůči zamokření projevily *R. asiaticus* a *I. germanica*. Naopak *L. nitida*, *C. morrowii* a *H. helix*, ale v době kolísání vlhkosti a teploty prosperovaly na osluněných plochách. K výzkumu byly použity syntetické světle šedé vody připravené dle referenčních dávek ze snadno dostupných saponátů a kosmetických produktů. Jako alternativa sekundárních odpadních vod o předepsaných referenčních hodnotách byly užity tablety s bakterií *Escherichia coli*, které nahrazovaly přirozený výskyt mikrobiologického znečištění v šedých vodách. Ze zkoumaných filtrů při procesu čištění šedých vod vyšli nejlépe perlit a směs kokosových vláken (Boano et al., 2022).

Další studie shrnula a porovnála určité parametry testovaných druhů mokřin, zelených střech a stěn mnoha výzkumů napříč světem. Experimenty zahrnovaly druhy *Aeonium purpureum* (Eonium stromovité), *Anigozanthos* (klokanka), *Carex spissa* (ostřice), *Coix lacrymajobi* (slzovka obecná), *Colocasia* (kolokázie), *Crassula ovata* (tlustice vejčitá), *Equisetum hyemale* (přeslička zimní), *Narcissus impatiens* (narcis), *Nasturtium* (potočnice), *Phragmites australis* (rákos obecný), *Phyla nodiflora* (lipie), *Scirpus acutus* (skřípinec), *Typha latifolia* (orobinec širokolistý), vodní hyacinty, rajčata, papriky a další. Zájmovými parametry výzkumu bylo množství odstraněné organické hmoty, dusíku, fosforu a suspendovaných tuhých částic při určité míře vodní zátěže. V oblasti organické hmoty byla docílena vysoká účinnost odstranění (okolo 80 %) z šedých vod při zátěži více než 800 l/m²/den. Účinnost odstranění celkového dusíku činila 60 až 80 % v rozsahu vodního zatížení větším než 500 l/m²/den. Poměr

celkového fosforu se vzhledem k zatížení neprojevil. Byla však vyhodnocena vysoká výkonnost, a to více než 90 % při odstranění suspendovaných tuhých látek s rozsahem zatížení vyšším 700 l/m²/den. Filtrace může probíhat povrchovým zásakem či podpovrchovým průtokem (Obrázek 9) (Boano et al., 2020).



Obrázek 9: Čištění šedých vod průtokem (vlevo) a zásakem (vpravo) (Boano et al., 2020).

Roční výzkum probíhal ve městě Mytiléna v Řecku na tamní vysoké škole. Pozorovanými druhy byly *Atriplex halimus* (lebeda slanomilná), *Polygala myrtifolia* (vítod myrtolistý), *Geranium zonale* (pelargonie páskatá) ve dvou různých substrátech, dvou hloubkách, v pěti nádobách pro každý druh včetně dvaceti nezeleněných jako kontrolní vzorky. V rámci projektu byly připraveny světle šedé vody každé 2 až 3 dny. Byly přimíseny složky jako šampon, mýdlo, pasta, hydratační krém, deodorant, prací prostředek, rostlinný olej, hlína, močovina, kyselina mléčná, fosforečnan draselný a sekundárně zpracovaná odpadní voda z kohoutku. Dávkování probíhalo každých 8 hodin průměrně 3,2 l/den na nádobu. Průměrná denitrifikace (odstranění celkového dusíku) v nezeleněných nádobách dosáhla 26 až 37 %. U nádob s vegetací byla účinnost vyšší, konkrétně 52 až 53 %. Hodnota vyšla mnohem vyšší oproti statistickým analýzám s výsledkem 36 až 37 % a to pouze pro *A. halimus*. Vyšší množství odstraněného dusíku bylo zaznamenáno také u *Carex appressa* (ostřice latnatá), *Canna lilies* (dosna), *Lonicera japonica* (zimolez japonský), *Vitis vinifera* (réva vinná) a *Pandorea jasminoides* (pandorea jasmínovitá), které byly součástí zelené stěny. Průměr odstraněných tuhých látek na zelené střeše s nádobou o hloubce substrátu (perlitu) 10 cm byl 39 až 55 %, pro hloubku 20 cm 63 až 75 %. Výrazně vyšší odstraněné množství (>90 %) bylo docíleno u hloubky 20 cm vermikulitu. Výzkum vyhodnotil perlit a vermikulit jako hydraulicky rychlá média, myšleno v odstranění znečišťujících látek za krátký čas. Průměrný podíl odstraněného fosforu z šedých vod tvořil 29 až 50 %. Role vegetace vzhledem k odstranění organické hmoty a suspendovaných tuhých látek má větší vliv u extenzivních střešů oproti intenzivním. Byla měřena délka kořenů a jejich rozsah do šířky *A. halimus* (délka 48,2 cm, rozsah 13,3 cm), *P. myrtifolia* (délka 24,6 cm, rozsah 14,9 cm) a *G. Zonale* (délka 34,4 cm a rozsah 10,8). Významnou kořenovou biomasu *A. halimus* potvrdil jiný výzkum (porovnávající druhy *A. halimus*, *J. acutus*, *S. perennis*). Výsledky potvrzují, že intenzivní zelené střešy s vrstvou 20 cm vermikulitu a 5 cm LECA (půdní agregáty rozložené lehkými šedými vodami) mohou efektivně zpracovat šedé vody. Naopak extenzivní zelené střešy se substrátem pod 15 cm dosáhly velmi nízké kvality odpadních vod co se týče zákalu, suspendovaných tuhých látek, organické hmoty, dusíku a fosforu. Vegetace měla značný vliv na odstranění dusíku z šedých vod jak v extenzivních, tak intenzivních zelených střešách. Nejlepších hodnot dosáhl halofyt (rostlina snášející prostředí o vysoké salinitě) *A. halimus*. U druhu *G. Zonale* nebyl zaznamenán

žádný efekt na zpracování šedých vod (Thomaidi et al., 2022).

10. Zeleno-modrá infrastruktura

Pojem snoubí vodní plochy a vegetaci v soubor přírodních prvků, který je souhrnně nazýván městskou zelenou infrastrukturou (Yang et al., 2020). Jejímí složkami jsou stromy, zelené střechy, vertikální ozelenění a vodní plochy, které mohou ochladit přiléhající a okolní vzduch pomocí evapotranspirace (Liu et al., 2021). Chladicí efekt závisí na velikosti, tvaru, typu, hustotě, spojitosti a komplexnosti komponentů včetně jejich uspořádání a vitalitě zeleně (Yang et al., 2020). Mění tepelné poměry ve městě. Otevřené vodní plochy mohou zesílit dopad stínění stromů a podpořit přirozené proudění vzduchu prostředím. Vliv chladicího efektu má dosah 7 až 12 m od okraje vodního zdroje. Ovšem výzkumníci vypočítali pomocí kombinace různých metod k analýze celkových multidimenzionálních prostorových dat dosah efektu městské zeleno-modré infrastruktury (green-blue infrastructure) 800 až 1000 m, kdy maxima dosahoval ve 20 až 25 m. V průměru se dvě třetiny studií soustředily pouze na jeden typ vegetace, nejvíce na stromy (34,18 % výzkumů), o něco méně zelené střechy (15,19 %), vertikální ozelenění (7,59 %) a nejméně výzkumů se zabývalo vodními plochami (5,06 %) zeleno-modrých infrastruktur. Trávy a keře nebyly uvažovány, byly brány jako nezávislé prvky obvykle součástí jiného typu infrastruktury. Nejlépe hodnocenými typy vzhledem ke snížení tepelných vlivů města byly struktury stromů s trávami, poté zelené střechy osázené stromy a vertikální zahrady a třetí nejefektivnější stromy s keři a trávami (Liu et al., 2021).

Mnoho studií potvrdilo, že rozvoj městských zeleno-modrých prostorů může být lepším řešením nežli ochlazovací materiály prostředí z ekonomického hlediska a blízkého vztahu k přírodě. Dle posledních výzkumů čítajících na 245 hlavních měst bylo potvrzeno, že zeleno-modré infrastruktury jsou cenově přijatelnější v oblasti snižování venkovní teploty oproti chladicím střechám, které pod určitým úhlem odráží sluneční svit (Yang et al., 2020).

Termín zeleno-modré infrastruktury lze přenést na zeleno-modré střechy. Místo vodní plochy se na střeše nachází vrstva, která hromadí dešťovou vodu a zvyšuje tak vodní kapacitu střechy. Ve městech snižuje dopad bleskových povodní a omezuje splach z povrchů. Zachycená voda může být použita v domácnosti ke splachování, závlaze a mytí povrchů podobně jako přefiltrované šedé vody (Shafique et al., 2018).

Znásobit chladicí efekt lze začleněním vodní plochy do instalovaného zeleného systému s ohledem na celkové zatížení střechy. Vodní plochy mají silný dopad na mikroklima, zvláště na pokles teploty vzduchu díky pohlcení slunečního záření a následného výparu skrze evapotranspiraci. K ochlazení lze vysadit stromy s malou hodnotou plochy listu (leaf area index) podél hranice vody ke snížení rychlosti proudícího větru zeleným komplexem a tím zvýšit množství vyzařovaného tepla v nočních hodinách (Liu et al., 2021).

Efektivní využití prostoru, prolnutí energetického zásobování a výhod, které poskytují zelené střechy, je umístění fotovoltaických panelů na povrch ozeleněné střechy. Krom již zmíněných předností zelených systémů, chladicí efekt vegetace zvyšuje účinnost panelů a působí jako prevence požárů. Srážková voda stéká po panelech a hromadí se v zásobnících, odkud je dodávána k pozvolné závlaze vegetace. Pro tuto stavbu je nejvhodnější typ ozelenění extenzivní střecha (Šimečková & Večeřová, 2010). Panely vytváří stín a brání přímému slunečnímu záření, které v době nejvyšší síly může vegetaci poškodit (Shafique et al., 2018).

11. Výsledné zhodnocení

Doporučená druhová složení napříč typy ozelenění jako jsou zelené střechy extenzivní, polointenzivní, intenzivní a stěny se překrývala u většiny autorů, zvláště pak výčet druhů rodu *Sedum*. Z experimentálních studií je patrná platnost doporučení s mírnými odchylkami, která byla ověřena v čase (Jílková, 2016; Šimečková, 2005; Šimečková & Večeřová, 2010). V praxi jsou ozeleněné plochy velmi častými prvky jak vnějších, tak i vnitřních prostorů. V rámci Olomouce je můžeme nalézt například na střeše centra sportu a zdraví Omega, vily na síle, budovy Krajského úřadu, hotelu NH Collection Olomouc Congress a bytových jednotek (Jílková, 2016; Šimečková & Večeřová, 2010). Druhové složení se shoduje a dlouhodobě prospívá (za podmínky dodržení požadované péče daného typu zelené stavby).

Druhová variabilita je bohatá a dostupnost na trhu dobrá. Hrozbou přežití rostlinných společenstev by mohla být náhlá změna klimatických podmínek způsobená dlouhodobým působením emisí nebo ekologickými katastrofami. Navazující výzkumy by se mohly zaměřit na druhové složení živoucích stěn, které se u nás zatím tolik nerozmožily tak jako zelené střechy, a na podmínky extrémních situací simulující únik chemikálií do ovzduší, vliv silných kyselých dešťů, radiace nebo invazních druhů rostlin i živočichů závislých na různých životních fázích rostlin (vajíčka snášená pod povrch půdy ke kořenům pouze určitého druhu rostliny, housenky invazního druhu požírající listy, dospělci hmyzu sající nektar květů atd.).

Vhledem k navrhovaným možným zaměřením dalších výzkumů by bylo vhodné volit místa experimentů jako jsou laboratoře s využitím exotických sazenic s podporou místních druhů vegetace pro výzkum hydroponických, aeroponických technologií a hospodaření s šedými vodami. V oblasti znečištění ovzduší volit místa vyšších koncentrací polutantů v rizikových městech či blíže ke zdroji znečištění například u základů komínů na střechách průmyslových podniků.

12. Diskuze

Část zdrojů nepochází z České republiky či okolí se stejným nebo podobným vegetačním výskytem. Vzhledem k místu studie byly zkoumány druhy místní i exotické se zaměřením na sukulentní druhy vhodné do extrémních podmínek prostředí. Rozšíření výzkumu rostlin vhodných pro zelené systémy ve zdejších podmínkách je na místě.

Experimenty probíhaly několik měsíců, zpravidla 1 rok (Jílková, 2016; Pérez et al., 2020; Van Mechelen et al., 2015; Yildirim et al., 2023). Navrhla bych delší dobu pozorování a to alespoň 2 roky, aby sběr dat probíhal po aklimatizaci vegetace (v případě nově instalovaného systému) na místní podmínky životního prostředí, zakořenění. Širším časovým rozpětím lze minimalizovat či dokonce vyloučit data ovlivněná náhlými krátkodobými změnami, které nastávají jen výjimečně. Délka trvání souvisí s kvalitou experimentu, jelikož některé sledované parametry se u krátkodobých studií mohou projevit až po jejich ukončení a výsledky jsou proto irelevantní a nepoužitelné.

Na váze studie se podílí i počet zkoumaných rostlinných zástupců a druhů. Minimální počet druhů by měl být roven 3 a 10 jedincům od každého druhu včetně kontrolních jednotek. Volba množství se odvíjí také od předmětu zájmu experimentu, finančních a prostorových nákladů, odbornosti pracovníků a kvalitě pracovních prostředků. Je možné zažádat o dotace, pronájem, podílení se na projektech a spolupráci s experty v dané oblasti.

Rozhodovací kritéria by mohla být aplikována i pro český výzkum s aktualizací lokálních druhů a exotické zeleně přeživší i v našich podmínkách. Taková kombinace je optimální k maximalizaci životaschopnosti a rozvoje rostlinného společenstva. Metody výběru zeleně z ekonomického hlediska by se měly týkat efektu životního prostředí, teplotního dopadu ozelenění na budovu a nutnosti závlahy (Tian et al., 2018; Van Mechelen et al., 2015; Yildirim et al., 2023). Na dělení vegetace lze nahlížet také v závislosti na sklonu střechy, času a délce květenství rostlinného společenstva nebo na zatížení střechy vrstvou hydroizolace, drenáže, filtrace, substrátu a vegetace (Bohuslávek & Horský, 2003).

Z průzkumů vyplývají rozdílné výsledky hodnot znečišťujících látek potvrzující závislost výsledků na lokálním znečištění (Thomaidi et al., 2022; Wróblewska & Ryong Jeong, 2021).

Výsledky práce se mohou uplatnit nejen na zelených stěnách a střechách, ale i pro ozelenění jiných ploch ve městě i mimo něj jako jsou parky, zahrady, hřiště, kempy, koupaliště, závodní dráhy, parkoviště nebo oplocení pozemků (Šimečková, 2005; Yang et al., 2020). Mohou pomoci zvýšit soběstačnost domácností (potažmo všech obydlených oblastí) v zásobování vodou hospodařením s dešťovými vodami a částí odpadních vod, a to vše na základě přírodních řešení (nature-based solutions) (Boano et al., 2020, 2022; Schrieke & Farrell, 2021; Thomaidi et al., 2022).

13. Závěr

Rešerše pracovala s výsledky z celosvětových výzkumů ve snaze poskytnout varianty druhového složení vhodné pro zelené střechy a stěny. Rozdílná podnebí v místě výzkumu ovlivnila studovaný druh vegetace, který nemusí být ideální do našich klimatických podmínek. I přesto je velký podíl z celého seznamu jmenovaných zástupců rostlin dostupný na trhu a vlastník stavby se může na základě této práce rozhodovat především dle požadovaného vzhledu stavby a jejího záměru. Výčet druhů je rozmanitý a rozlišení probíhalo na úrovni hloubky substrátu, konkrétního typu zeleného systému (zelená střecha, zelená stěna) a účelu zeleně. Byly vyhodnoceny druhy vhodné k ozelenění stěn a střech z botanického pohledu se zohledněním jejich dalších přínosů.

Stále neexistuje mnoho českých publikací na dané téma a tato práce shrnuje výsledky celosvětových studií včetně těch nejnovějších, což ji činí přínosnou v oboru životního prostředí a splynutí člověka s přírodou.

Bakalářská práce může posloužit jako návod a inspirace ke stavbě zelených systémů či při nejmenším podpořit povědomí společnosti o vlastnostech a důležitosti vegetace kolem nás. Ač se jedná o přírodní prvek, rostlinná biomasa výborně zapadá do moderního světa nikoli jako pouhý dekorativní element, ale jako součást cyklu hospodaření s vodou a její regenerace, napomáhá zlepšit upadající kvalitu ovzduší, ochlazuje přehřáté plochy a snižuje tak efekt tepelného ostrova, poskytuje příjemný a uvolňující prostor a je velmi prostorově úsporný.

Motivací volby tohoto tématu byl sen vlastnit dům podobající se tzv. hobitím norám na Novém Zélandu, respektive skandinávským domům, které téměř zcela splývají s okolím a nenarušují vzhled krajiny syntetickými materiály. Vnesení přírody do měst prostřednictvím zelených stěn a střech by bylo velmi vítané, výhodné pro obyvatele po mnoha stránkách a v neposlední řadě přispěním k udržitelnosti životního prostředí.

14. Seznam literatury a ostatních zdrojů

Zahraniční zdroje:

- Addo-Bankas, O., Zhao, Y., Vymazal, J., Yuan, Y., Fu, J., & Wei, T. (2021). Green walls: A form of constructed wetland in green buildings. *Ecological Engineering*, *169*, 106321. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2021.106321>
- Arabi, R., Fairuz Shahidan, M., Kamal, M. M., Fakri Zaky Bin Ja, M., Rakhshandehroo, M., Serdang, U., & Ehsan, D. (2015). *Considerations for plant selection in green roofs* (Vol. 8).
- Baran, Y., & Gültekin, A. B. (2018). Green Wall Systems: A Literature Review. In S. Firat, J. Kinuthia, & A. Abu-Tair (Eds.), *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)* (pp. 82–96). Springer International Publishing.
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A. H., & GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, *115*, 411–428. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2013.10.047>
- Besir, A. B., & Cuce, E. (2018). Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *82*, 915–939. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.09.106>
- Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Fiore, S., Demichelis, F., Galvaõ, A., Piscoiro, J., Rizzo, A., & Masi, F. (2022). Assessment of the Treatment Performance of an Open-Air Green Wall Fed with Graywater under Winter Conditions. *ACS ES and T Water*, *1*(3), 595–602. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.0c00117>
- Boano, F., Caruso, A., Costamagna, E., Ridolfi, L., Fiore, S., Demichelis, F., Galvão, A., Piscoiro, J., Rizzo, A., & Masi, F. (2020). A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of The Total Environment*, *711*, 134731. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134731>
- Calviño, A. A., Tavella, J., Beccacece, H. M., Estallo, E. L., Fabián, D., Moreno, M. L., Salvo, A., & Fenoglio, M. S. (2023). The native - exotic plant choice in green roof design: Using a multicriteria decision framework to select plant tolerant species that foster beneficial arthropods. *Ecological Engineering*, *187*, 106871. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2022.106871>
- Chiquet, C., Dover, J. W., & Mitchell, P. (2013). Birds and the urban environment: The value of green walls. *Urban Ecosystems*, *16*(3), 453–462. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0277-9>
- Dvorak, B., & Volder, A. (2010). Green roof vegetation for North American ecoregions: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, *96*(4), 197–213. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2010.04.009>
- Erçin, Ç., & Usluer, B. (2022). Analysis of the effects of green wall usage on the user's in indoor spaces. *Revista Amazonia Investiga*, *11*(53), 234–248. <https://doi.org/10.34069/ai/2022.53.05.24>
- Iligan, R., & Irga, P. (2021). Are green wall technologies suitable for major transport infrastructure construction projects? *Urban Forestry & Urban Greening*, *65*, 127313. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127313>
- Kader, S., Chadalavada, S., Jaufer, L., Spalevic, V., & Dudic, B. (2022). Green roof substrates—A literature review. In *Frontiers in Built Environment* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1019362>
- Lakhiar, I. A., Gao, J., Syed, T. N., Ali Chandio, F., Tunio, M. H., Ahmad, F., & Ali Solangi, K. (2020). Overview of the aeroponic agriculture – An emerging technology for global food security. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *13*(1), 1–10. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201301.5156>
- Liu, Z., Cheng, W., Jim, C. Y., Morakinyo, T. E., Shi, Y., & Ng, E. (2021). Heat mitigation benefits of urban green and blue infrastructures: A systematic review of modeling techniques,

- validation and scenario simulation in ENVI-met V4. *Building and Environment*, 200, 107939. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.107939>
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863–871. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.07.203>
- Mayrand, F., & Clergeau, P. (2018). Green roofs and green walls for biodiversity conservation: A contribution to urban connectivity? In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su10040985>
- Mobasher, M., Ana Paula Filipe Tomé Professor Mário Miguel Franco Marques de Matos, P., Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes Supervisor, P., & Ana Paula Filipe Tomé, P. (2014). *Green roofs-construction and functional requirements for four buildings on the IST campus Architecture Examination Committee*.
- Nagase, A., & Dunnett, N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning*, 104(3–4), 356–363. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.11.001>
- Nophadrain. (2020). *Nophadrain Water Retention Systems for intensive green roofs*. Nophadrain BV. Kerkade. Netherlands.
- Pérez, G., Chocarro, C., Juárez, A., & Coma, J. (2020). Evaluation of the development of five Sedum species on extensive green roofs in a continental Mediterranean climate. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126566. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2019.126566>
- Safikhani, T., Abdullah, A. M., Ossen, D. R., & Baharvand, M. (2014). Thermal impacts of vertical greenery systems. *Environmental and Climate Technologies*, 14(1), 5–11. <https://doi.org/10.1515/rtuct-2014-0007>
- Schrieke, D., & Farrell, C. (2021). Trait-based green roof plant selection: Water use and drought response of nine common spontaneous plants. *Urban Forestry & Urban Greening*, 65, 127368. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127368>
- Shafique, M., Kim, R., & Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 757–773. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.04.006>
- Shimmin, Heather. (2012). *A brief history of roof gardens*. (online) [cit. 28.3.2023], dostupne z <<https://www.heathershimmin.com/a-brief-history-of-roof-gardens>>.
- Sookhan, N., Margolis, L., & Scott MacIvor, J. (2018). Inter-annual thermoregulation of extensive green roofs in warm and cool seasons: Plant selection matters. *Ecological Engineering*, 123, 10–18. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2018.08.016>
- Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Ulf, •, Freisinger, B., Sawicka, M., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Walk, H., & Dierich, A. (2013). *Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings*. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4>
- Thomaidi, V., Petousi, I., Kotsia, D., Kalogerakis, N., & Fountoulakis, M. S. (2022). Use of green roofs for greywater treatment: Role of substrate, depth, plants, and recirculation. *Science of The Total Environment*, 807, 151004. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151004>
- Tian, G., Zhang, H., Feng, Y., Wang, D., Peng, Y., & Jia, H. (2018). Green decoration materials selection under interior environment characteristics: A grey-correlation based hybrid MCDM method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 682–692. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.08.050>
- Van Mechelen, C., Dutoit, T., & Hermy, M. (2014). Mediterranean open habitat vegetation offers great potential for extensive green roof design. *Landscape and Urban Planning*, 121, 81–91. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2013.09.010>
- Van Mechelen, C., Dutoit, T., & Hermy, M. (2015). Vegetation development on different extensive green roof types in a Mediterranean and temperate maritime climate.

- Ecological Engineering*, 82, 571–582. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2015.05.011>
- Weinmaster, M. (2009). *Are green walls as 'green' as they look? An Introduction to the Various Technologies and Ecological Benefits of Green Walls* (Vol. 4). www.greenovergrey.com
- Wróblewska, K., & Ryong Jeong, B. (2021). *Effectiveness of plants and green infrastructure utilization in ambient particulate matter removal*. 33, 110. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00547-2>
- Yang, G., Yu, Z., Jørgensen, G., & Vejre, H. (2020). How can urban blue-green space be planned for climate adaption in high-latitude cities? A seasonal perspective. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101932. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101932>
- Yıldırım, S., Özburak, Ç., & Özden, Ö. (2023). Green Roofs, Vegetation Types, Impact on the Thermal Effectiveness: An Experimental Study in Cyprus. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032807>

České zdroje:

- Bohuslávek, P. & Horský, V., 2003. *Vegetační střechy a střešní zahrady, skladby a detaily – leden 2003, konstrukční, technické a materiállové řešení.*, Praha DEKTRADE a.s., 68 s.
- Burian, S., 2015. *Vegetace pro extenzivní zelené střechy*. „nepublikováno”. Průhonice. 30 s.
- Burian, S. a další, 2016. *Standardy pro navrhování, provádění a údržbu, vegetační souvrství zelených střech*. Brno. Odborná sekce Zelené střechy při Svazu zakládání a údržby zeleně. 33 s.
- Hron, F., 1987. *Rostliny strání, skal, křovin a lesů*. Praha. Státní pedagogické nakladatelství. 405 s.
- Jílková, K., 2016. *Rostliny pro střešní zahrady*. Mendelova univerzita v Brně, Fakulta zahradnická. Lednice. 87 s. (diplomová práce).
- Koblenc, P., 2019. *Zelené střechy-různé typy a jejich využití*. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí. Praha. 48 s. (bakalářská práce).
- Kremer, B. P. & Muhle, H., 1998. *Lišejníky, mechorosty, kaprad'orosty, Evropské druhy*. Praha. Gunter Steinbach, nakladatelství Ikar Praha spol. s.r.o. ve spolupráci s knižním klubem. 286 s.
- Mareček, J., 2022. *Zahradní a krajinářská architektura, kompoziční východiska*. Praha. Česká zemědělská univerzita v Praze, nakladatelství ČZU. 261 s.
- Minke, G., 2001. *Zelené střechy, plánování, realizace, příklady z praxe*. Ostrava-Plesná. Nakladatelství HEL. 92 s.
- Šimečková, J., 2005. *Zelené střechy, Zelené fasády, Zelená parkoviště*. Brno. Svaz zakládání a údržby zeleně. 26 s.
- Šimečková, J. & Večeřová, I., 2010. *Zelené střechy – naděje pro budoucnost*. Brno. Svaz zakládání a údržby zeleně. 38 s.

14.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Vlevo zelená fasáda, vpravo živoucí stěna (Safikhani et al., 2014).

Obrázek 2: Visuté zahrady Semiramidiny (Mobasheri et al., 2014).

Obrázek 3: Tradiční islandský dům na ostrove Strymoy, Faerské ostrovy (URL 1).

Obrázek 4: Měsíční hodnoty teplot na zelené střeše (zeleně) a neozeleněné střeše (hnědě), (Yildirim et al., 2023).

Obrázek 5: Zelená fasáda, způsob vysazení u základů zdi (URL 2).

Obrázek 6: Modulový typ živoucí stěny (Manso & Castro-Gomes, 2015).

Obrázek 7: Zelená fasáda (URL 3).

Obrázek 8: Interiérový modulový typ živoucí stěny (URL 4).

Obrázek 9: Čištění šedých vod průtokem (vlevo) a zásakem (vpravo) (Boano et al., 2020).

URL 1: <https://www.boredpanda.com/grass-roofs-turf-houses-scandinavia/?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=organic> [cit. 2023.03.28]

URL 2: < <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-pear-tree-espaliered-cordon-image24446417>> [cit. 2023.03.28]

URL 3: < <https://stock.adobe.com/cz/images/eco-friendly-building-with-vertical-garden-in-modern-city-green-plant-and-tree-forest-and-ivy-on-facade-on-sustainable-building-energy-saving-architecture-with-vertical-garden-clean-environment/275385952>> [cit. 2023.03.28]

URL 4: < <https://www.trendhunter.com/trends/home-garden-system>> [cit. 2023.03.28]