

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradnictví



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Revitalizace stávající vertikální zahrady

Bakalářská práce

Kateřina Špatenková

Zahradnictví

Ing. Pavel Matiska, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Revitalizace stávající vertikální zahrady" 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 16.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Pavlu Matiskovi, za vzorné vedení mé práce a za jeho cenné poznatky a připomínky.

Dále bych také chtěla poděkovat svým rodičům za nikdy neutichající podporu při psaní mé práce a celém studiu.

Revitalizace stávající vertikální zahrady

Souhrn

Cílem práce bylo vylepšit stávající panely vertikální zahrady tak, aby bylo možné jejich běžné používání a aby byly zcela funkční a co nejvíce automatické. Dále bylo cílem vyřešit problematiku substrátů používaných ve stěnách a to zejména jejich tendence sesedání a vytváření tak mezer mezi jednotlivými patry stěny. Dalším cílem bylo vyzkoušet, jak trvalky dokážou růst ve vertikální zahradě v substrátech s netradičním složením a porovnat je tak s pěstování v běžných zahradnických substrátech.

Byly navrženy možnosti složení substrátů pro vertikální stěny, čemuž odpovídal jeden běžně prodávaný substrát a druhý substrát, který byl namíchan. První substrát měl být silně extensivní a měl tak představovat extrémní variantu, ve které ale rostliny dobře porostou a budou prosperovat. Byl srovnáván s druhým substrátem, který měl vyšší obsah organického podílu a měl se tak více přibližovat těm běžným zahradnickým substrátům. Substráty byly použity v již vytvořených konstrukcích pro vertikální pěstování rostlin, které ale byly mírně poupraveny, aby mohli lépe a dlouhodoběji stabilně fungovat. Pro výzkum byly použity 4 druhy rostlin *Aubrieta* × *hybrida*, *Festuca scoparia*, *Phlox subulata* a *Saxifraga paniculata*, které byly již z předchozích pokusů vybrány jako nejvhodnější.

Rostliny byly od výsadby po ukončení pokusu dokumentovány a byly sledovány jejich přírůstky, vzhled a jejich úhyn.

Bylo prokázáno, že substráty měly výrazný vliv na pěstování rostlin. Ne všechny rostliny jsou vhodné pro pěstování v substrátu s vyšším minerálním podílem, i přesto, že jsou vhodné pro pěstování ve vertikální stěně a mají pro to vhodné vlastnosti, jako např. jsou suchomilné, v domovině se vyskytují ve skalách bez většího množství živného substrátu nebo mají v oblibě propustné půdy. Silně extensivní substrát nebyl vhodný pro pěstování rostlin, ale substrát s vlastním složením se i přes vyšší minerální podíl ukázal jako vyhovující.

Tento pokus byl přínosný i díky tomu, že mnoho zejména starších autorů uvádí, že bez většího podílu rašeliny nelze rostliny pěstovat, nicméně se ukázalo, že jde její množství alespoň výrazně minimalizovat.

Klíčová slova: vertikální stěna, substrát, trvalky

Revitalization of the existing vertical garden

Summary

The aim of the work was to improve the existing vertical garden panels so that their normal use was possible and so that they were fully functional and as automatic as possible. Furthermore, the work also focused on the solution of the issues related to the substrates used in the walls, especially their tendency to settle and create gaps between the individual floors of the wall. Another goal was to test how perennials can grow in a vertical garden in substrates with a non-traditional composition and compare them with growing in common garden substrates.

Substrate composition options for vertical walls have been proposed, corresponding to one commercially available substrate and another substrate that was mixed. The first substrate was to be very extensive and should thus represent an extreme variant, in which the plants will, however, grow well and thrive. It was compared with the other substrate, which had a higher content of organic matter and was thus closer to conventional horticultural substrates.

The substrates were used in already established structures for vertical plant cultivation, which were, however, slightly modified so that they could function better and in the longer term. For the research, four plant species *Aubrieta* × *hybrida*, *Festuca scoparia*, *Phlox subulata* and *Saxifraga paniculata* were used, which have already been selected as the most appropriate in previous experiments.

The plants were documented from planting to the end of the experiment, while their growth, appearance and death were monitored.

Substrates have been shown to have a significant effect on growing of plants. Not all plants are suitable for growing in a substrate with a higher mineral content, even though they are suitable for growing in a vertical wall and have suitable properties: they are drought-tolerant, they occur in rocks in their homeland without a large amount of nutrient substrate or like permeable soils. The highly extensive substrate was not suitable for growing plants, but the substrate with its own composition proved to be satisfactory despite the higher mineral content.

This experiment was also beneficial due to the fact that many, especially older authors, state that plants cannot be grown without a larger proportion of peat, however, it turned out that its number can be at least significantly minimized.

Keywords: vertical garden, substrates, perennials

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Vertikální stěny	11
3.2 Rostliny vhodné do vertikálních zahrad	11
3.2.1 <i>Festuca</i> L. (kostřavy)	12
3.2.1.1 <i>Festuca scoparia</i> Hack. (kostřava metlovitá).....	12
3.2.2 <i>Saxifraga</i> L. (lomikameny).....	12
3.2.2.1 <i>Saxifraga paniculata</i> Mill. (lomikámen vždyživý)	13
3.2.3 <i>Aubrieta</i> Adans. (taříčky)	14
3.2.3.1 <i>Aubrieta</i> × <i>hybrida</i> (taříčka zahradní).....	14
3.2.4 <i>Phlox</i> L. (plamenky)	14
3.2.4.1 <i>Phlox subulata</i> L. (plamenka šídlovitá).....	15
3.2.5 <i>Lewisia</i> Chitty. (levisie).....	15
3.2.5.1 <i>Lewisia cotyledon</i> S. Wats. (levisie květnatá)	15
3.3 Pěstební média vhodná pro vertikální zahrady.....	15
3.3.1 Běžné zahradnické substráty.....	15
3.3.1.1 Základní rozdělení zahradnických substrátů	16
3.3.1.2 Organický podíl	16
3.3.1.3 Minerální podíl	18
3.3.1.4 Speciální zahradnické směsi.....	19
3.3.2 Alternativní materiály	19
3.3.3 Hydroponické pěstování	21
3.4 Závlahové systémy vhodné pro použití ve vertikální zeleni.....	22
4 Materiál a metody pokusu.....	23
4.1 Stanoviště	23
4.2 Konstrukce.....	23
4.2.1 Materiál.....	23
4.2.2 Příprava stěn	24
4.3 Substrát.....	26
4.4 Rostliny.....	26
4.5 Závlaha.....	27
4.6 Vedlejší vlivy.....	28
5 Výsledky.....	29

5.1	Vliv substrátu na vzhled rostlin.....	29
5.2	Přezimování.....	29
5.3	Funkčnost konstrukce.....	31
5.4	Cenové srovnání konstrukcí.....	31
6	Diskuze.....	32
6.1	Rostliny.....	32
6.2	Vliv substrátu.....	33
6.3	Konstrukce.....	33
6.4	Cenové srovnání.....	33
6.5	Budoucí cíle.....	34
7	Závěr.....	35
8	Literatura.....	36
8.1	Knižní zdroje.....	36
8.2	Internetové zdroje.....	37
8.3	Časopisy.....	38
9	Samostatné přílohy.....	I
9.1	Vývoj růstu a vzhledu rostlin.....	I
9.2	Obnovení stěn.....	XII

1 Úvod

S rozrůstáním měst klesá i prostor pro zeleň. Tím více se nabízí možnost přesunutí zeleně do vertikální polohy. Výhodou zelených stěn není pouze to, že šetří místem, mají také významné ekologické funkce. Městská zeleň významně snižuje teplotu, zvyšuje vlhkost a má velký podíl na biologické rozmanitosti. Stejnou funkci plní i vertikální stěny. V neposlední řadě jsou stěny i součástí moderního městského designu a doplňují tak městskou architekturu (Lopez-Rodriguez, G. et. al. 2016).

Je sice pravdou, že se vertikální stěny staly novodobým trendem, ale jako jeden z jejich předchůdců jsou označovány visuté zahrady Babylonu pocházející nejspíš už z období kolem roku 600 př. n. l. (Green 2014).

Stěny mají v městské architektuře i jiné než jen umělecké využití. Je prokázáno, že značnou mírou pomáhají k tepelné pohodě. V budovách, které mají živé fasády je v létě nižší teplota, než u ostatních budov, protože rostliny mohou poskytovat stín. V létě je tedy možné ušetřit díky stěnám na klimatizaci a to až o 28 %. Zelená fasáda pak funguje v zimě jako izolant.

Rostliny v zelených stěnách také fungují jako filtrace vzduchu, protože jsou schopné poutat malé částice. Dokonce i plynné látky odbourávají za pomoci fotosyntézy. Přispívají tak k čistšímu prostředí (Ritu & Janakiram 2016).

V neposlední řadě je také možné využít vertikální systémy pro pěstování mnoha druhů zeleniny (McLaughlin 2012).

Typů a druhů modulů existuje nespočetné množství. Některé jsou více nakloněny funkčnosti v malém měřítku, jiné jsou vhodné spíše pro velké plochy. Od toho se pak odvíjí i schopnost manipulace s nimi a případné úpravy, ať už mám na mysli výměnu rostlin, dosypávání substrátu a další. Od toho se pak odvíjí i uspořádání jednotlivých modulů, včetně možnosti závlahy, dávkování živin, nebo uspořádání prokořenitelného prostoru.

Pro získání těch nejlepších podmínek pro pěstování rostlin je ideální získat co největší souvislý prostor pro prokoření rostlin. Z tohoto důvodu se jako nevhodné v poslední době ukazují systémy fungující na principu kapes nebo jednotlivých boxů či přímo květináčů.

Od způsobu uspořádání systému se pak odvíjí i složení substrátu. Pokud vynecháme bezsubstrátové systémy, požadavky na strukturu substrátu jsou vcelku dané. Substrát by měl být lehký, měl by poměrně jednoduše a dobře poutat vodu a v neposlední řadě by neměl sesedávat, případně podléhat rozkladu. Substrát vertikálních stěn bývá často, co se požadavků týká kladen na stejnou úroveň jako substrát pro zelené střechy. Není tedy překvapením, že substráty pro zelené stěny mívají často převahu anorganické složky (Burian 2019).

Substráty pro vertikální zahrady bývají často jakousi součástí know-how realizačních firem a pokud si chceme zakládat vertikální zahradu sami, je vhodné navrhnout si složení na základě teoretických znalostí sám.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo zejména otestovat vhodnost substrátů s různým složením pro pěstování rostlin ve vertikálních stěnách.

Cílem práce také bylo rekultivovat stávající vertikální zahradu s ideálními podmínkami pro růst rostlin a pokusit se vyřešit nedostatky ve fungování stěny tak, aby mohla být vhodnou cenově dostupnější alternativou aktuálně prodávaným vertikálním systémům.

3 Literární rešerše

3.1 Vertikální stěny

Možností, jak ozelenit prostor je již mnoho. Jedním z nejinovativnějších způsobů je použití zelených střech a zelených fasád. Nejedná se pouze o věc estetickou, ale v této době i o velmi přínosnou pro životní prostředí. Stěny mohou do měst přinést biologickou diverzitu, která tam tak chybí. Mimo to stěny také pomáhají ke snížení teploty a v hodně moderních systémech i například hospodaření se srážkovou vodou (Manso & Castro-Gomez 2014). Díky tomu, že rostou spíše do výšky, mohou se vměstnat i do prostorů, kde by normálně na zeleň nebylo tolik místa (Green 2014). Pojem vertikální stěna představuje jakýkoliv systém, díky kterému jsme schopni ozelenit jakýkoliv svislý povrch. Nejedná se ovšem pouze o rostliny, které by byli schopné porůst celou stěnu, ale o systém, ve kterém můžeme pěstovat širší okruh rostlin, který můžeme zapěstovat do zelené souvislé plochy (Manso & Castro-Gomez 2014).

3.2 Rostliny vhodné do vertikálních zahrad

Blanc (2012) uvádí, že dobře vytvořená vertikální stěna může vydržet mnoho let. Protože ale realizace vertikální stěny není jednoduchou záležitostí, kdy v případě celých zelených fasád je potřeba použití i výškové techniky, snažíme se volit rostliny, které mají předpoklad pro co nejlepší výdrž. Právě kvůli tomu saháme po trvalkách - neboli vytrvalých rostlinách (Staffler 2016). Vaněk (1982) uvádí, že všechny zahradní květiny, vyjma letniček, se dají považovat za trvalky, pokud souhlasíme s definicí, že trvalka je rostlina, které nedřevnatí stonky a je schopná přežít v našich klimatických podmínkách více než dva roky, tedy včetně přezimování. Trvalky jsou vlastně čistě zahradnický pojem a z botanického hlediska jde o nijak nespécifikovanou skupinu, protože rostliny se z botanického pohledu člení jinak (Větvíčka 2007).

Trvalky hrají obecně v zahradách velmi důležitou roli, a považují se s dřevinami za ty nejdůležitější. Lze je využít různými způsoby – jako doplněk, výplň nebo třeba jako mezipatro mezi nízkými trávničky a vysokými dřevinami. Do zahrady dodávají barvu a světlo.

Ne každá trvalka je pro osazení vertikální stěny ideální. Jak uvádí Matiska (2017), rostliny do zelených stěn musí splňovat určité aspekty. Pro stěny nejsou vhodné příliš vzrůstné a vysoké byliny. Je nutné vysazovat spíše ty rostliny, které jsou kompaktní a mají tendenci růst půdopokryvně a kopírují terén. U příliš vysokých rostlin hrozí riziko vyvrácení a celkově pak rostliny nevypadají dobře. Nutné také je, abychom přemýšleli nad zimním vzhledem stěny. Proto je vhodné zařazovat do výsadeb některé druhy stálezelených travin, které působí ozdobně, přestože mohou třeba zažloutnout. Důležitým aspektem je v neposlední řadě mrazuvzdornost a dobrá schopnost regenerace. Trvalky zatahují své nadzemní části v zimním období pod zem, dochází ovšem i ke ztrátám v oblasti kořenového systému díky extrémním podmínkám, které pro rostliny ve stěně v zimě panují. Rostlina pak na jaře musí být schopná znovu regenerovat.

Jednou z možností pro použití ve vertikálních stěnách jsou xerothermní rostliny. Jedná se o rostliny, které jsou schopny přežívat v suchu a teple. Tyto rostliny jsou úplně nejdál v osidlování pevniny, po opuštění oceánů rostlinami. Jsou zcela schopné žít v prostředí s

nedostatkem vody. Mezi tyto rostliny nepatří pouze sukulenty a jiné rostliny známé jako odolné suchu, ale i trvalky, které běžně pěstujeme v našich podmínkách (Křesadlová & Vilín 2005). Je ale důležité, aby bylo při používání těchto rostlin přizpůsobeno i stanoviště (Šuchmanová 2005).

Vhodnosti jednotlivých druhů se již dříve věnovala Suldovská (2015) a Kozderová (2016), z jejichž výzkumů vychází shrnutí Matisky (2017) Podle jeho publikace jsou nejvhodnějšími druhy pro osázení slunných vertikálních stěn druhy: *Festuca scoparia* Hack., *Saxifraga paniculata* Mill. , *Aubrieta x hybrida*, *Phlox subulata* L. a *Lewisia cotyledon* S. Wats.

3.2.1 *Festuca* L. (kostřavy)

Rod kostřav obsahuje přibližně 170 druhů rostoucích v Evropě. Vyskytují se v chladnějších koutech celého světa. Kostřavy jsou běžnou součástí všech trávníků. Pro pěstování v zahradách je vhodné velké množství druhů. Kostřavy se řadí mezi trsnaté i výběžkaté trávy se škálou barev od modrošedé po sytě zelené a v zimě žloutnoucí (Součková & Opatrná 2003). V celém světě se kostřav vyskytuje přes 570 druhů, jedná se tak o nejbohatší rod trav (Prančl 2011). Hanzelka (2007) uvádí, že je tento rod velmi složitý a občas se stává, že máme problém rozlišit, zdali jde o kultivar vyšlechtěný z druhu *Festuca scoparia* Hack. nebo *Festuca glauca* Vill.

Do rodu kostřav patří například druhy jako: kostřava sivá (*Festuca glauca* Vill.), kostřava metlovitá (*Festuca scoparia* Hack.), kostřava ametystová (*Festuca amethystina* L.) a kostřava obrovská (*Festuca gigantea* L.) (Součková & Opatrná 2003).

3.2.1.1 *Festuca scoparia* Hack. (kostřava metlovitá)

Kostřava metlovitá neboli *Festuca scoparia* Hack. patří do čeledi *poaceae* (lipnicovité). Jedná se o známou, převážně suchomilnou travu. Podle Vaňka a Vaňkové (1982) jde o nízkou smaragdově zelenou travu vhodnou do plošných, hustých kobercových výsadeb. Tenké listy dorůstají jen přibližně do 10 centimetrů. Domácí je na sutích a skalních římsách v Pyrenejích. Vyhovující jsou pro ni chudé, kamenité, suché a propustné půdy. Opatrná a Součková (2003) také uvádějí, že pokud v zimě není v přílišném vlhku, je mrazuvzdorná a dlouhověká. Uvádí se, že *Festuca scoparia* Hack. dokáže i přes zimu udržet sytě zelené zbarvení listů (Křesadlová & Vilín 2005).

3.2.2 *Saxifraga* L. (lomikameny)

Zástupce čeledi *Saxifragaceae* (lomikamenovité). Jedná se o jeden z nejrozsáhlejších druhů čítající několik stovek odrůd. Jsou velice rozmanité i ve smyslu nároků na stanoviště. Některé lomikameny vyžadují plné slunce s velmi suchým stanovištěm, jiné druhy zase rostou v polostínu, některé dokonce v podmáčených místech (Hanzelka 2007). Část lomikamenů tvoří různorodé růžice spousty barev, část pak jemné mechovité porosty, ale i tvrdé pevné celky. Větší druhy rostou ideálně na plném slunci ve skalních spárách, menší druhy tvořící růžice mají radši pouze polední slunce, stínomilné druhy mají v oblibě putující stín. Květy mají uspořádány v hroznech, okolících nebo latách v růžových a červených barvách, častěji

však v bílé či žluté. Kvetou od března až do pozdního léta, některé druhy vydrží až do podzimu. Lomikameny nejčastěji využíváme ve skalkách, jako náhrobní květiny, na ohraničení záhonů řídkěji ale i jako květinu vhodnou k řezu do vázy (Haberer 2005).

Vzhledem k různorodosti lomikamenů je můžeme rozdělit do skupin, následně pak i do sekcí.

Sekce *Dactyloides* je zástupce mechovitých lomikamenů. Tyto rostliny vytváří díky svému kompaktnímu vzrůstu sytě zelené polštáře o maximální výšce 10 centimetrů (Haberer 2005). Jde o nenáročné druhy, vyžadující pouze humózní půdu. V ideálních podmínkách se velmi rychle rozrůstají díky nadzemním výběžkům a často pak utlačují okolní druhy. Vysazujeme na slunné stanoviště, ovšem chráněné před přímými slunečními paprsky. Roste i ve stínu, ale často pak ztrácí svůj kompaktní tvar. Tyto lomikameny mají sytě zelené listy, některé druhy se mohou na podzim zbarvovat do červena. Nejvýznamnějším zástupcem této sekce je druh *Saxifraga × arendsii* (Hanzelka 2007).

Pozdní dobou květu a okrouhlými listy se vyznačují druhy sekce *Diptera*. Vyžaduje stinné umístění a humózní půdu (Haberer 2005). Do této sekce se řadí *Saxifraga stolonifera* Meerb. – lomikámen výběžkatý, známý spíše jako pokojová rostlina (Hanzelka 2007). Přirozeně roste v lesích a křovinách v oblastech jihovýchodní Asie. Jeho lodyha s výběžky je celá pokrytá žláznatými trichomy. Pokud tento lomikámen pěstujeme v zahradě, vyžaduje přistíněné stanoviště a zimní ochranu proti mrazům (Hoskovec 2019).

Lomikameny s domovinou ve vysokohorských oblastech střední a východní Asie jsou ze sekce *Hirculus*. Tyto druhy mají v oblibě vlhkou, drenážovanou půdu a chladnější stanoviště (Hanzelka 2007). Hlavním zástupcem je *Saxifraga hirculus* L., který roste na vlhkých loukách, prameništích a rašeliništích v subarktických a arktických oblastí severní polokoule. Jedná se o zvláště chráněnou rostlinu (Hoskovec 2007).

Lomikameny s tuhou stříbrnou růžicí s pevnou krustou reprezentuje sekce *Euaizoonia*. Rozmnožuje se výhonky, proto po několika letech vytváří souvislé ostrůvky. Kveté v převislých bílých latách, které často přesahují přes původní růžici (Haberer 2005). Na koncích stříbrných listů vylučuje uhličitán vápenatý. Velmi dobře snáší plné slunce a v domovině rostou zástupci této sekce na suchých vápencových skalách (Hanzelka 2007). I lomikameny tedy lze zařadit mezi xerotermní rostliny (Křesadlová & Vilín 2005).

3.2.2.1 *Saxifraga paniculata* Mill. (lomikámen vždyživý)

Lomikámen vždyživý řadíme do čeledi *Saxifragaceae* (lomikamenovitých). Jedná se o domácí druh a je také tím nejvíc pěstovaným (Hanzelka 2007). Jedná se o vytrvalou bylinu rostoucí v trsech a dorůstající výšky 5-50 cm při kvetení. Stříbrno-zelené obkopynaté listy jsou uspořádány v přízemní růžici. Lodyha je pak téměř neolistěná a nevětvená. Listy jsou jemně pilovité, na svrchní straně každého zoubku je vylučován uhličitán vápenatý. V přírodě se vyskytuje v štěrbinách i na vrcholcích skal, proto i v kulturních výsadbách ji umístíme do kamenných skalek a zídek (Pazdera 2015). Roste dobře i v polostinných místech na minimálním množství substrátu (Křesadlová & Vilín 2005).

Další významné lomikameny jsou ze sekce *Porophyllum*, které tvoří časně kvetoucí malé růžice, sekce *Porphyron* se stálezelenými lístky a s krátkými stonky a sekce *Robertsoniana* zahrnující stínomilné půdopokryvné druhy (Haberer 2005).

3.2.3 *Aubrieta* Adans. (taříčky)

Taříčky patří do čeledi brukvovitých (Vít et. al. 1994). Ceníme je hlavně díky jejich schopnostem zvládat suchá stanoviště. Jsou schopny růstu i ve vertikálních polohách ve spárách. Ideální je pro ně plně osluněná plocha s humózní, hlinito–písčitou zemínou. Při kvetení vytváří souvislé barevné koberce. Taříčky využíváme k ozelenění suchých skalek, ale i jako obrubu záhonů v běžných výsadbách (Hanzelka 2007). Vhodná je i na osázení skalních spár, (Haberer 2005) nebo na pokrytí celých ploch (Noordhuis 1995). Přestože pochází z horských oblastí jižní Evropy a Asie v zimě při holomrazech namrzá (Vít et. al. 1994).

3.2.3.1 *Aubrieta* ×*hybrida* (taříčka zahradní)

Roste v hustých, 10 - 15 cm vysokých stálezelených polštářích. Kvetे jednoduchými či plnými květy v pestrobarevných variantách, nejčastěji se však vyskytují v růžových a červených barvách (Haberer 2005). Taříčka zahradní kvete zpravidla v dubnu až květnu, některé kultivary jsou ale remontantní (Vít et. al. 1994). Díky svému bujnému růstu může utlačovat a omezovat okolní rostliny, proto musíme výsadbu vždy přizpůsobit (Hanzelka 2007). Vhodnými rody pro doplnění taříčky zahradní ve výsadbách jsou rody *Arabis* L., *Euphorbia* L., *Doronicum* L., *Iberis* L. případně i nízké druhy rodu *Phlox* L. (Vít et. al. 1994).

3.2.4 *Phlox* L. (plamenky)

Plamenky jsou zástupci čeledi *Polemoniaceae* (jirnicovité). Jsou původem ze Severní Ameriky a z pěstitelského hlediska je lze rozdělit na nízké druhy a vysoké druhy. Rozdíl v těchto skupinách není pouze ve výšce, ale také v době kvetení. Vyšší druhy totiž kvetou v létě, zatímco ty nížce rostoucí na jaře (Vít et. al. 1994). Jedná se o rod zastoupený více než 70 druhy, převážně vytrvalými a jednoletými bylinami, zřídka i polokeři. Jsou označovány za velmi atraktivní rostliny s nízkými požadavky na stanoviště. Velké množství odrůd je významně odolné vůči suchu a téměř nevyžadují zalévání (Hanzelka 2007). Díky oblíbené propustné půdy a plného slunce jsou vhodné pro tvoření polštářů ve zdech. Mají úzké a rovné lístky a velké množství až dvoucentimetrových květů. Kvetou mnoha krásnými barvami většinou v odstínech červené, růžové a fialové (Haberer 2005).

Nízké druhy floxů, které jsou pro vertikální stěny významné, lze dále podle nároků rozdělit na další dvě skupiny. První skupinou jsou velmi nízké, často až kobercovitě rostoucí druhy, které pocházejí z vyšších poloh Severní Ameriky. Ty rostou v domovině na skalách a velmi propustných substrátech na plně osluněných stanovištích. Tomu musíme pak přizpůsobit i místo výsadby v kulturních stanovištích. Vyžadují drenážovaný substrát a plně osluněné stanoviště. K této skupině řadíme *P. subulata* L., *P. douglasii* Hook., *P. condensata* (Grey) E. Nels. a *P. bifida* Beck.

Nízké floxy z druhé skupiny přirozeně rostou ve světlých lesích, na místech, která ani v letním období úplně nevysychají. Vyžadují také vyšší podíl humusu. V kulturních výsadbách je tedy používáme jako podrosty vyšších dřevin a sázíme je na stanoviště s vyšším podílem organických látek a významnou zásobou vody. Zástupci této skupiny jsou například *P. divaricata* L., *P. glaberrima* L. a *P. stolonifera* Sims. (Hanzelka 2007).

3.2.4.1 *Phlox subulata* L. (plamenka šídlovitá)

Šuchmanová (2005) plamenku šídlovitou označuje za suchomilnou trvalku. Přirozeně roste na písčítých nebo skalnatých svazích. Ve výsadbách jí tedy dopřáváme slunné stanoviště a dostatečnou drenáž (Haberer 2005). Dorůstá do výšky 10 centimetrů a tvoří kobercovité porosty široké až 60 centimetrů (Šuchmanová 2005). Listy jsou čárkovité a v období kvetení téměř kompletně překryté drobnými květy (Křesadlová & Vilín 2005). Kvete v období od dubna do května, ale může kvést i později (Hanzelka 2007). Květy rostou v menších hroznovitých květenstvích, obvykle majících růžovou, červenou, fialovou a bílou barvu. (Vít et. al. 1994) Běžně se vysazuje na okraje záhonů, suchých zídek a skalek. Přestože se většina suchomilných trvalek označuje za spíše krátkodobější záležitosti, plamenka šídlovitá se považuje za dlouhověkou, ale kvalita habitu rostliny po zhruba 4 až 6 letech slábne (Hanzelka 2015). I tato trvalka lze zařadit mezi xerothermní (Křesadlová & Vilín 2005).

3.2.5 *Lewisia Chitty*. (levisie)

3.2.5.1 *Lewisia cotyledon* S. Wats. (levisie květnatá)

Zástupce čeledi *Montiaceae* (zdrojkovité). Tento rod roste v domovině, tedy v Severní Americe v podhorských a písčítých oblastech. Vytváří přízemní růžice s jemně růžovými květy (Dos Santos & De Craene 2016). Kvete obvykle od května do června na 20-35 cm vysokých stvolech. Kozderová (2016) ovšem uvádí, že v praxi dokáže kvést od května až do prvních mrazů. Kvůli náchylnosti k houbové hnilobě krčku vyžaduje propustnou a výživnou půdu. Pěstujeme ji tedy ve štěrbinách a škvírách na přímém slunci (Pazdera 2015). Ve vertikální stěně má výborné uplatnění na slunném stanovišti a jeví se tam jako velmi nenáročná (Kozderová, 2016).

3.3 Pěstební média vhodná pro vertikální zahrady

Nejběžnějším pěstebním médiem je půda. Půda má svoje charakteristické vlastnosti a vyznačuje se zejména tím, že je utvářena dlouhodobým vývojem. Vzhledem ke specifickým požadavkům rostlin existují ale výhodnější pěstební možnosti, než je běžná půda (Bedrna 1989). Nejběžnější součástí substrátů v zelených stěnách je rašelina, perlit a kamenná vlna. Z ekologických, ale i ekonomických důvodů jsme ale stále více motivováni k objevování alternativních druhů substrátu (Lopez-Rodriguez, G. et. al. 2016).

3.3.1 Běžné zahradnické substráty

Soukup et. al. (1979) uvádí, že na základě zkušeností, které v zahradnické praxi máme, je jasné, že na tvorbu hmoty okrasných rostlin má kromě klimatických podmínek významný vliv i spousta faktorů související s půdními vlastnostmi. Důraz na kvalitní substrát je u vertikálních stěn kladen ještě výrazně více, než u pěstování rostlin např. v nádobách. Bez správného substrátu rostliny neprosperují a nerostou. Nabídka substrátů na trhu je velmi rozmanitá. Teoreticky vhodné pěstební médium jsme si schopni s dostatkem znalostí o

sortimentu rostlin sestavit sami (Staffler 2016). Dle Soukupa et. al. (1979) je půdě nutné věnovat zvýšenou pozornost, protože je zprostředkovatelem edafických faktorů.

Ještě poměrně nedávno se směsi substrátů pro pěstování květin připravovali ze zemin, zejména rostlinného původu (jehličnatka, listovka, vřesovka, drnovka, nebo například kompostovaná zemina. Tyto zeminy se ale kromě některých specifických použití využívají jen velmi zřídka, zejména kvůli nedostatku potřebných základních materiálů jako je právě nedostatek kvalitního listí, jehličí z borovic nebo rostlinných částí z přírodních vřesovišť. Dalším z důvodů upuštění od těchto zemin je poměrně náročná příprava zeminy. Obstarávání materiálů je velmi pracné a navíc ideální doba pro zpracování a uložení materiálu jsou alespoň dva roky. Jednou z nejstarších, ale stále využívaných zemin je rašelina, která je nyní tou nejzákladnější složkou většiny zahradnických substrátů (Vít et. al. 1994).

Hlavním požadavkem na zahradnické substráty je standardní složení s nejvyšším zastoupením snadno získatelných materiálů. Ideální pak také je, jakmile má substrát co nejvyšší okruh využití (Bedrna 1989).

3.3.1.1 Základní rozdělení zahradnických substrátů

Zjednodušenou zásadou pro odhad fyzikálních vlastností směsi substrátu je poměr množství jednotlivých komponentů. Substrát s menším množstvím jednotlivých složek má zpravidla větší potíže se zachováním podílu kapilárních a nekapilárních pórů. Zahradnické zeminy se oproti polním půdám vyznačují velkým množstvím nekapilárních pórů i při velkém množství vody. Poměr vody a vzduchu je pro rostliny velmi významný a odvíjí se od něj složení a výběr jednotlivých substrátů. Je zřejmé, že požadavky rostlin na vodní kapacitu jsou pro jednotlivé rody velmi podobné, ale nároky na vzdušnou kapacitu se výrazně liší (Soukup et. al. 1979).

Zahradnické substráty lze v úplném základě rozdělit na tradiční zahradnické zeminy (ty, které se používají již dlouhou dobu) a namíchané substrátové směsi, které více či méně vycházejí z takzvaných standardních substrátů, tedy směsí, které sdružují snadno dostupné materiály a vytvářejí tak základní substrát. Zahradnické substráty začali být vyvíjeny za účelem poskytnutí těch nejlepších podmínek pro rostliny. Dalo by se také říci, že tradiční zeminy jsou zejména primární materiály, ze kterých jsou poté míchány substráty standardní. Tradiční materiály je poté možné rozdělit podle jejich původu - organického nebo minerálního (Soukup et. al. 1979).

3.3.1.2 Organický podíl

Obsah organického podílu v půdě je hlavním rozlišovacím znakem mezi půdou, mateřskou horninou a připraveným substrátem. Zeminy, které se běžně používají v okrasném zahradnictví, vyžadují poměrně vysoký obsah humusu. Obsah se ideálně pohybuje kolem 2 až 5 % v závislosti na půdním druhu. Zajišťuje to tak ideální fyzikální vlastnosti, stabilitu zeminy i vhodnou strukturu. Dostatečný obsah organických látek také významný vliv na příjem živin a to jak živin v půdě již přítomných tak i těch doplněných (Soukup et. al. 1979). Organický podíl substráty prokypřuje a zlepšuje jejich vododržnost a obohacuje je o přirozeně

se vyskytující živiny a biologicky aktivní látky. Mezi nejběžnější suroviny organické složky patří rašelina, zelená hmota, listí, hrabanka, ale například i chlévský hnůj (Bedrna 1989).

Rašelina je nepoužívanější hmotou v zahradnictví. Je přírodní organickou látkou s více než polovičním podílem spalitelných látek, vznikající tzv. rašeliněním. Rašeliněním se nazývá proces, kdy dochází k rozkladu odumřelých rostlin v anaerobním prostředí, při trvalém zamokření. Přidáním rašeliny do substrátu zvýšíme objem pórů a snížíme podíl pevné hmoty. Rašelinu dělíme podle vzniku na vrchovištní a slatinnou (Soukup et. al. 1979).

Podle Bedrny (1989) se nejčastěji do zahradnických substrátů používá vrchovištní rašelina s kyselým pH, nebo neutrální až mírně zásaditou slatinnou rašelinou. Rašelina si díky své kyselé alkalické reakci umí zachovávat hmotu, protože zvládá po určitou dobu odolávat bakteriálnímu působení. Velkou výhodou rašeliny také je její lehkost, ale zároveň příznivý vliv na množství půdních pórů.

Z pohledu vodních zdrojů a ekologie je nadměrná těžba rašeliny velmi komplikovaná věc. Evropa je momentálně dostatečně zásobena díky pobaltským zemím jako je Estonsko nebo Litva, případně z Ukrajiny nebo Ruska, ale i tak se zásoba rašeliny otevřených ložisek těchto zemí odhaduje na 15-20 let (Profipress 2003). Z tohoto důvodu klademe stále větší důraz na různé alternativní materiály, které mají podobné vlastnosti rašelině. Nejzajímavější se jako náhrada jeví kokosové vlákno nebo kůra především jehličnatých stromů získaná odkorněním (Soukup et. al., 1979).

Dalším tradičním organickým materiálem je jehličnatka. Významnou vlastností jehličnatky je její kyselé pH. Dříve byla používána zejména jako substrát pro rostliny čeledi *Ericaceae* (Bedrna 1989). Čerstvá jehličnatka má své uplatnění má v provzdušňování půdy. Jejím problémem ovšem je, že při skladování tuto vlastnost ztrácí. Výhodou skladování ale je, že se zvyšuje její schopnost vodonasákavosti, přestože v čerstvém stavu jehličnatka vodu spíše propouští a hodně trpí vysycháním. Jehličnatka má poměrně nízké množství živin a i její schopnost živiny poutat není příliš vysoká. Jehličnatka by byla vhodná zejména pro průmyslovou výrobu substrátu specializovaného na vřesovcovité rostliny, avšak kvalitní borové jehličnatky je momentálně významný nedostatek (Soukup et. al. 1979).

Mezi klasické substráty organického původu patří také listovka, vznikající rozkladem listí na hromadách. Tyto hromady je nutné pravidelně přehazovat, a pokud je příliš suché počasí také je zavlažovat. Její vlastnosti se významně odvíjejí od jejího stáří. Kypré a vzdušné listovky jsou ty nejmladší, tedy ty po 1–2 letech zrání. Jedná se o velmi lehkou složku substrátů a často se používá právě k odlehčení. O staré hnojovce můžeme hovořit po 3–5 letech zrání. Často se pak jedná o zcela homogenní hmotu, která již není tak zlehčující jako mladá listovka. Listovka je stejně jako jehličnatka na živiny spíše chudá. Používá se v substrátech určených pro výsevy a pěstování mladých rostlin (Soukup et. al. 1979). Její podíl v prodáváných substrátech je běžně kolem 10–50 % (Bedrna 1989).

Organického avšak částečně živočišného původu je hnojovka. Tvoří jí téměř kompletně kompostovaný hnůj (Soukup et. al. 1979). Bedrna (1989) uvádí, že se jedná spíše o hnojivo než složku substrátů. Uvádí také, že jeho poměr objemu C:N je narozdíl od substrátů zcela rostlinného původu ideální a tak není nutné ho nijak upravovat.

3.3.1.3 Minerální podíl

Minerální látky jsou základem velké části pěstitelských substrátů. Bez organického podílu by ale minerální látky nebyly vhodným substrátem k pěstování rostlin (Bedrna 1989). Minerální komponenty přidáváme do substrátů pro zlepšení chemických i fyzikálních vlastností. Mají vliv na úpravu pH, sorpční schopnosti, ale i na poměr vody a vzduchu v substrátu (Dubský & Šrámek 2004). Z těch nejčastějších a zejména dříve používaných přísad minerální složky můžeme hovořit o drnovce, kompostované zemině, dezinfikované zemině, jílem ze spodních vrstev půdy nebo kvalitní ornici – které je ovšem nedostatek (Soukup et. al. 1979, Vít et. al. 1994). Nyní už používáme také pálené jíly jako je liadrain a keramzit, vyvřelé a drcené horniny a minerály jako je perlit, spongilit, pemza nebo zeolit (Dubský & Šrámek 2004). Použití také lze i minerální látky jako písek, šterk, kámen, popel, mletý vápenec a další (Bedrna 1989).

Minerální složkou hlavně dříve používanou je drnovka. Ta je získávána zpracováním a zkompostováním sloupnutého drnu. Drnovku je možné použít už po jednom roce kompostování, avšak musí být po 6 měsících obrácena a prokypřena. Drnovka je charakterem spíše těžší zemina s nižším obsahem kapilárních i nekapilárních pórů. Vzhledem k tomu, že je drnovky nedostatek, není již v moderní výrobě substrátů používána (Soukup et. al. 1979).

Písek se považuje za jeden z nejčastěji používaných materiálů pro míchané zahradnické směsi. Většina zdrojů uvádí, že je písek vhodný pro provzdušnění substrátů a zvýšení jejich vodní propustnosti. Z moderních výzkumů ale vyplývá, že se dá písek považovat za neúčinný se spíše zhoršující funkcí. Se stoupajícím množstvím písku totiž prudce klesá objem pórů (Soukup et. al. 1979). Co se týká vodní sorpce, je písek naprosto bezcenný (Bedrna 1989).

Zeolitem rozumíme směs jílových minerálů, kde největší zastoupení má illit a montmorillonit. Hornina obsahuje i jiné minerály (Bedrna 1989). Tyto komplexní aluminosilikáty v největším zastoupení obsahují vápník, draslík, sodík a baryum. Dají se rozdělit do třech skupin: vláknité, lamelární, a stejnorodé. Kanálkovitá struktura mřížky zeolitu lze použít mimo zahradnický obor jako tzv. molekulární síta (Petránek et. al. 2016). Ty se používají pro čištění a absorpci plynů a tekutin (Keinath & Newsom 2013). Naleziště zeolitu se nacházejí v metamorfovaných (přeměněných) horninách, dutinách magmatu, ale také v hlubokomořských sedimentech nebo v sedimentech vybraných jezer (Petránek et. al. 2016). V substrátu má zeolit prokypřující a vododržnou funkci a to hlavně díky nízké poměrné hmotnosti a obsahu vody a vzduchu (Bedrna 1989). Zeolit samotný je na živiny poměrně chudý, umí ale poutat a postupně uvolňovat živiny ve formě draselných, anionových a vápenatých kationtů, (Bambušek 2014) méně pak i anionty NO_3^- , PO_4^{3-} a SO_4^{2-} . Zeolitem se také mírně snižuje kyselost substrátu, protože díky převaze vápníku v sorpčním komplexu má zeolit neutrální až alkalickou reakci. Před přidáním do substrátu je nutné zeolit rozemlet, pro potřeby substrátu je nejlepší hrubozrnná frakce o rozměru zrn 3,1–5,0mm (Bedrna 1989).

Spongilit je termín pro některé druhy opuk pocházející z křídly Českého masivu. Tyto opuky zpravidla obsahují zbytky jehlic křemičitých hub (Petránek et. al. 2016).

Dalším častým zástupcem je bentonit. Jedná se o směs montmorillonitu a dalších jílovitých materiálů vznikající zvětráváním sopečných hornin (Bedrna 1989). Je označován za přírodní superabsorbent a má tedy skvělou schopnost vázat vodu. Schopnost jeho vodní absorpce závisí na koncentraci sodných iontů, přičemž při vzrůstajícím množství sodných

iontů roste i schopnost poutání vody (Rabbani & Kazemi 2022). Má výrazné bobtnající schopnosti, při plném nasátí dokáže až o polovinu znásobit svůj objem. V substrátech má podobnou funkci jako zeolit. Používáme ho pro jeho zlepšující vlastnosti většinou do 20 % objemu substrátu (Bedrna 1989).

3.3.1.4 Speciální zahradnické směsi

Mícháním výše zmíněných materiálů můžeme získat speciální zahradnické směsi s upravenými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Je tak možné získat substráty s co možná nejvhodnějším složením pro jednotlivé skupiny rostlin nebo pro danou výsadbu. Zahradnická pracoviště dříve nebyla příliš sdílná ve spojitosti se sdělováním složení jednotlivých substrátů, ale ukázalo se, že vcelku zbytečně, protože typy jednotlivých substrátů jsou složením podobné a často vycházejí ze standardních substrátů, které jsou míchány.

Standardní substráty jsou 2 základní pěstební média používaná v zahradnictví. Vychází ze základních v dostatečném množství snadno získatelných surovin a mají jasně definované hodnoty. Patří sem jílovitorašelinový a rašelinový substrát. Jílovitorašelinový substrát se skládá z různě velkých částic rašeliny a jílu, které se při smíchání částečně spojí a vytváří vhodnou strukturu. Má dobrý poměr kapilárních i nekapilárních pórů a je vhodný pro pěstování téměř všech rostlin, kromě kyselomilných a orchidejí. Živiny do tohoto substrátu doplňujeme minerálními hnojivy. Při průmyslové výrobě substrátu jsou hnojiva přidávána hned při míchání jednotlivých směsí.

Rašelinový substrát má značnou výhodu v nízké objemové hmotnosti, což výrazně snižuje náročnost manipulace s ním. Pokud je vytvořen z mladé hrubovláknité rašeliny jedná se o poměrně všestranný substrát. Jeho nedostatkem je ale to, že rašeliny vhodné pro výrobu rašelinového substrátu je nedostatek. Problémem také může být snižující se hodnota pH během vegetace, což se poté prokazuje zejména v trvalých výsadbách. Rašelinový substrát je považován za ten nejuniverzálnější s nejširším polem působnosti. Pro pěstování trvalek je ale vhodnější jílovitorašelinový substrát (Soukup et. al. 1979).

Z rašelinového substrátu vychází běžně dostupný zahradnický substrát (Bedrna 1989).

Problémem substrátů, které mají výrazný podíl rašeliny, je jejich sesedání, které je určeno nízkou objemovou hmotností rašeliny (Soukup et. al. 1979). Směsi, které se přirozeně míchají s menším podílem rašeliny jsou substráty pro orchideje a také střešní substráty. V střešních substrátech jsou využívány materiály spíše na minerální bázi a mají svá negativa. Výsadby z těchto substrátů se musí hned při výsadbě dohnojovat, protože substrát sám o sobě neobsahuje příliš mnoho živin. Složeny jsou většinou z rašeliny, expandovaného jílu a spongilitu, ale rašeliny se dává výrazně menší podíl než do běžných substrátů (Vokál, rok neznámý). Tyto materiály je vhodné používat na zelené střechy i do vertikálních stěn (Burian 2019).

3.3.2 Alternativní materiály

Většina substrátů je založena na základě rašeliny, je nutné ale podotknout, že existuje velké množství alternativních materiálů, kterými lze rašelinu z malé, či velké části nahradit. Mezi ty nejzajímavější organického původu patří kokosové vlákno, kůra a různé druhy

kompostů. Z řad minerálních materiálů to je perlit, pemza, vermikulit, keramzit a další (Schindler et. al. 2017).

Zástupcem skupiny organických materiálů je kokosové vlákno. To se využívá jako náhrada rašeliny hlavně díky podobné schopnosti zadržovat a uvolňovat vodu. U kokosového vlákna je nutné počítat s tím, že stejně jako jiné organické materiály podléhá rozkladu (Perez-Urrestarazu et. al. 2019). Dle výzkumu Rivas - Sancheze et. al. (2019) má kokosové vlákno spolu v kombinaci s rýžovými slupkami podobné vlastnosti jako klasický substrát připravovaný z rašeliníku. Kokosové vlákno při pokusu vykazovalo pouze menší sorbci vody. Rostliny měli jinak jak v substrátu z kokosových vláken a rýžových slupek tak v substrátu z rašeliníku vhodný vývoj, výborný vzhled i přírůstky. Mezi substráty tedy nejsou žádné výrazné rozdíly a substrát z kokosového vlákna je tedy vhodný k použití do vertikálních stěn.

Vhodnou náhradou rašeliny mohou být některé odpadní materiály. Kůra, která je vhodná k využití ve výrobě substrátů, vzniká jako odpad při odkorňování při zpracování dřeva. Největší význam má kůra z jehličnatých stromů, zejména rodu *Picea* a *Pinus*. Kůru je potřeba před použitím alespoň 6 měsíců kompostovat, protože bez tohoto základního zpracování může obsahovat látky s inhibičním vlivem (Profi press, 2003). Kůra má také desinfekční účinky (Bedrna 1989). Výhodou kůry jsou vlastnosti jako dobrá pórovitost (jak kapilárních tak nekapilárních pórů) a vodorozpustnost. Problém ale můžeme hledat v její rychlé vysychavosti a neschopnosti poutat živiny. Sorpční kapacita je významně nižší než u rašeliny a je tedy nutná kontrola dostatku vody, protože hrozí přesychání (Profi press, 2003). Důležité je taky dodat, že podle některých zdrojů kůra potřebuje vápnit, kvůli její nadbytečné kyselosti (Bedrna 1989). Pro dobrý růst rostlin tedy musíme brát na tyto okolnosti zřetel a přizpůsobovat tak ostatní složky substrátu (Profi press, 2003). Kompostovaná kůra je do běžných substrátů určených k hrnkování v produkčních podnicích přidávána z 15–30 % objemu (Dubský & Šrámek, 2009).

Důležitým materiálem, který začíná být často používán, je perlit. Jedná se o horninu sopečného původu, která se žíháním při vysokých teplotách mění na expandovaný perlit bílé až šedobílé barvy. Je velmi lehký a sterilní. Substrát neobohacuje o živiny, ani je není schopný poutat. Vyznačuje se ovšem vysokou vododržností protože dokáže až 2 třetiny svých pórů zaplnit vodou. Jeho hlavní funkcí je tedy odlehčení substrátu, zvýšení vododržnosti a zároveň omezení vysychavosti (Bedrna 1989). Perlit má také výrazný vliv na obsah vzduchu v substrátu (Schindler et. al. 2017). Celkově pak perlit výrazně snižuje objemovou hmotnost a zpravidla nahrazuje jílovitý podíl. Používá se ve směsích s rašelinou a to i s tou méně kvalitní. Jeho množství v substrátu se zpravidla odvozuje od účelu substrátu. U výsevových substrátů se podíl může vyšplhat až k 50 %, u těch běžných je to většinou do 25 % (Soukup et. al. 1979, Bedrna 1989).

Ve spojitosti s perlitem často srovnávaným a v řadách laické veřejnosti i často zaměňovaným materiálem je pěnový polystyrén. Ten má také vysoké množství pórů (až 98 %), narozdíl od perlitu ale není absolutně schopen poutat vodu a jeho póry tak zůstávají naplněny pouze vzduchem. Jedná se o velmi pružný materiál, který pomalu podléhá rozkladu. Jeho cílem v substrátu je tedy snížení objemové hmotnosti a provzdušnění (Soukup et. al. 1979).

Keramzit má velký význam v hydroponii, nicméně i v běžných substrátech může mít své místo. Jedná se o oválné části, které vznikají při žíhání hlíny o teplotě kolem 1 100–1400

°C. Schopnost nasakovat vodu má poměrně nízkou, používáme ho ale ke zlehčení směsí (Bedrna 1989).

I pemza je materiál využívaný v hydroponii, ale i v zahradnických substrátech. Jedná se o inertní vyvřelý hlinitokřemičitanový materiál. Využíváme ji ve velikosti do 8 mm. Pemza je čistý materiál bez jakýchkoliv patogenů a semen plevelů. Výhodou pemzy je, že se jedná o materiál neznečišťující prostředí, kterého je v zemích, kde dochází k jeho těžbě dostatek, protože není dostatečně průmyslově zpracována. Použití různých velikostí částic pemzy závisí na jejím účelu. Částice menších velikostí slouží spíše k zadržování vody, větší částice pak k provzdušnění substrátu (Gizas & Savvas 2004).

Zajímavým a úplně odlišným materiálem používaným v zahradnictví je hydrofilní minerální plst. Má velmi vysoký podíl pórů a vysokou vodní kapacitu. Její chování z fyzikálního pohledu bývá často přirovnáváno k rašelině. Plst má oproti rašelině vyšší procento snadno dostupné vody, ale díky vyššímu množství nekapilárních pórů se také ze substrátu voda rychleji vypařuje (Dubský & Šrámek 2009). Často nachází své využití v hydroponii pro pěstování zeleniny, nebo květin určených k řezu. Tvoří také podstatnou součást zelených střech, kde funguje jako jedna z vrstev podloží pro zakořeňování rostlin. Využití často nachází i v zelených stěnách (Dubský & Vokál 2019). Dubský a Šrámek (2009) udávají, že u substrátů s převážně organickými komponenty za možné množství přidané plsti můžeme označit rozpětí 10–35 % objemu, protože je nutné myslet i na to, že minerální hydrofilní plsti přidáváme do půdy mnoho minerálních látek. Udává se ovšem, že u minerálních substrátů není kromě dávky vápence nutné upravovat hnojení. I kvůli tomu se udává rozmezí optimální, a to 10–25 % objemu. Vždy ovšem záleží na kombinaci ostatních materiálů. U substrátů s převážně minerálními komponenty, se doporučené množství mění. U těchto substrátů používáme plst jako částečnou náhradu rašeliny nebo jiných organických složek. Její zastoupení je pak 10–20 % objemu. Pro ideální podmínky se doporučuje spíše ta vyšší hranice. V neposlední řadě je výhodou minerální plsti fakt, že se jedná o odpadní materiál často vznikající ve stavebnictví a jejím použitím tedy můžeme napomáhat recyklaci a bezodpadovému hospodaření.

3.3.3 Hydroponické pěstování

Hydroponie je pěstební metoda kdy se před pěstováním rostlin v substrátu dává přednost pěstování v živném roztoku (Bartok 2009). Roztok již obsahuje všechny důležité živiny a přítomnost substrátu je možná, ale ne nutná (Vít et. al. 1996). Véber (1986) uvádí, že hydroponie je po teoretické i praktické stránce dokonale prozkoumána a pokud tedy pěstitel dodrží nutné podmínky, není možné pěstování pokazit. Hydroponická zařízení se napříč světem liší zejména provedením, které se často odvíjí od klimatických podmínek a použitým materiálem. Každá hydroponická soustava se skládá z pěstebních žlabů, nádrží na živné médium, rozvodů a řídicí a filtrační jednotky. Zatímco dříve byla konstrukce těchto zařízení zejména z betonu, železobetonu nebo asfaltobetonu, materiály, které jsou používány nyní, jsou podstatně jednodušší a lehčí. Často se již kultura pěstuje na přírodních materiálech.

Žlaby, nad kterými jsou uchyceny hluboká lůžka držící rostliny, mohou být pouze naplněna živným roztokem, často ale vyplňují tyto žlaby různé materiály jako třeba rašelina

nebo vermikulit (Bartok 2009). Mezi často používané substráty v hydroponii patří také kamenná vlna, perlit nebo expandovaný jííl (Perez-Urrestarazu, L. et. al. 2019).

Významnými výhodami hydroponického pěstování je šetření přírodních vyčerpatelných zdrojů (jako už výše zmíněné rašeliny), menší spotřeba vody (až o 70 %), ale také značné snížení potřeby pesticidů. Vertikální stěny fungující na bázi hydroponie se používají spíše v produkčním zahradnictví (Birkby 2016).

3.4 Závlahové systémy vhodné pro použití ve vertikální zeleni

Přestože například některé suchomilné rostliny zálivku během vegetace téměř nepotřebují, většina trvalek dostatek vody potřebuje alespoň v rané fázi těsně po vysazení při počátku růstu (Šuchmanová 2005).

Většina trvalek má ideální přírůstky pouze pokud má dostatečné množství snadno dostupné vody. Kapilární póry v substrátu by měli být vždy alespoň z 60 % zaplněny vodou. Důležité ale je, aby v substrátu nebylo vody příliš, protože pak by to mohlo být na úkor vzdušné kapacity a to by mohlo vyvolávat různé jevy, jako například nedostatku vzduchu pro kořeny nebo přemnožení anaerobních bakterií (Vít et. al. 1994).

Pro zavlažování stěn se jako jedna z mála možností nabízí kapkový systém. Ten může být buď s uzavřeným systémem, podobně jako funguje hydroponie, a nebo s otevřeným. Kapková závlaha se začala využívat hlavně, aby byla ušetřena sladká voda. Díky moderním technologiím už je možné řídit závlahu přímo podle momentálních podmínek v půdě, což výrazně zabraňuje plýtvání. Jedná se v podstatě o propojení rozvodových hadiček s řídicími jednotkami a čidly. Kapkovým systémem se jednoduše ovládá průtok a množství vody, což znamená optimalizaci růstu. Potrubí je většinou z polyethylenu. Dávkování vody kapkou je hodně pomalé a dovoluje tak postupné vsakování vody. Výhodou také je, že voda proudí přímo ke kořenům a snižuje se tak riziko odpaření. Další významnou výhodou je také to, že za pomoci kapkovacího systému je možné dávkovat hnojivo přesně a přímo do zálivky. Neposledním přínosem kapky je, že tím, že je voda vedena přímo ke kořínkům, nedochází tak z vlhčení zelených částí rostliny a to pak zabraňuje přebytečnému množení patogenních organismů ve vlhku (Galande & Agrawal 2013).

4 Materiál a metody pokusu

Byly založeny dvě vertikální zahrady. Stěny č. 1 a č. 2 se lišily složením substrátů a některými technickými úpravami v konstrukci. Do stěn byl použit substrát s výrazně nízkým obsahem organického podílu. Do těchto dvou substrátů byly vysazeny stejné rostliny ve stejném rozmístění. Poté byly pozorovány přírůstky rostlin a úhyn. Vše bylo v pravidelných intervalech fotografováno. Během mého pokusu probíhal na demonstrační pozemku ještě další pokus zahrnující pěstování rostlin ve vertikálních zahradách. V tomto pokusu se pracovalo se stejnými taxony rostlin, ale ve stěnách bych použít běžný zahradnický substrát. Stěny s tímto substrátem tedy měly fungovat jako porovnání pro jednotlivé substráty.

4.1 Stanoviště

Stěny jsou postaveny na demonstračním a pokusném pozemku v Praze, Tróje. Jsou směřovány severovýchodním směrem a ze zadní strany jsou chráněny budovou, která se nachází přibližně 30 cm od stěn. Nad stěny přesahuje střecha budovy, takže jsou z vrchu chráněny před srážkami.

4.2 Konstrukce

4.2.1 Materiál

Konstrukce je schválně navrhnutá tak, aby se dala smontovat z běžně dostupného stavebního materiálu. Je tvořena ze dvou konstrukčních trubek s vnitřním průměrem 10cm. Ty jsou na pevně zabudovány v zemi. Stěny konstrukce tvoří 2 kari sítě s velikostí ok 10 × 10cm a o rozměrech 2 m v šířce a 2 m v délce. Síť je na okrajích přivařena do ocelového profilu. Na kari síti je ještě instalováno jemné chovatelské pletivo, které má pouze centimetrová oka. To je uvnitř stěny natvarováno do "kapsy". Vytváří tak do stěny. Aby se substrát nesypal ze stěny ven, je po celé délce sítě natažena šedá geotextilie o síle 200g/m².

Přední křídlo stěny je otvírací a slouží pro přístup do vnitřku stěny. Pro účel otvírání jsou na spodní straně na ocelovém profilu namontovány 2 panty. Do stěny č. 1 byla mezi pletivo a geotextilii nainstalována polyethylenová folie.

Uvnitř stěny jsou instalována patra pro pevné podržení závlahového systému. Patra jsou tvořena jednotlivými částmi kari sítě prostřídány s pruhy jednoduchého pletiva vždy o délce 180cm a šířce 10cm. Střídání kari sítě s pletivem bylo vybráno, aby se celková cena konstrukce mírně snížila. Na tato patra bylo připevněno dráty podpovrchové kapkovací potrubí Rain Bird Drip Line XFS2333100, které bylo před instalací omotáno bílou netkanou textilií, aby bylo zabráněno vytváření malých chodbiček způsobených kapáním vody z jednotlivých děr.

Řídící jednotka kapkovací závlahy byla zvolena Hunter NODE 100, jejíž výhodou je, že funguje na baterie a není tedy závislá na přímém přívodu elektrické energie.

4.2.2 Příprava stěn

Vzhledem k tomu, že se jedná o znovuobnovení stěn, konstrukce jako takové již byly hotové. Bylo nutné je rozmontovat, vyčistit, vyměnit nevyhovující součásti a následně složit.

Při rozmontování bylo vždy jako první otevřeno přední křídlo zahrady a vysypán starý substrát. Po vybrání starého substrátu byl odstraněn závlahový systém, který byl v obou stěnách již nevyhovující. Nakonec byla sundána geotextilie a očištěna konstrukce. Na následujícím obrázku je možné vidět vnitřek původní stěny, po vysypání substrátu, ještě před odstrojením kapkové závlahy a geotextilie. Je viditelná deformace kapkové závlahy, způsobená sesedáním substrátu.



Obr. 1 Původní stav stěny, Kateřina Špatenková 2021

Na stěně č. 1 byla po vyčištění stěny zevnitř na zadní stranu stěny nainstalována polyethylenová folie o síle 0,115 mm a rozměrech 2 × 2m, tak aby pokrývala celou část stěny. Do stěny č. 1 bylo plánováno dát směs velmi extensivního substrátu s minimem organické hmoty. Předpokládala jsem tedy vysychání substrátu kvůli menší vododržnosti, kterému měla zabránit právě polyethylenová folie. Folie byla ke stěně připevněna za pomoci plastových stahovacích pásek, které se běžně používají na svazování kabelů.

V dalším kroku bylo nutné pokrýt vnitřní strany stěn geotextílií a tu přichytit ke stěně. Geotextílie se nesmí nikde kroutit, ale také se nesmí přímo natahovat, protože pak ztrácí své původní rozměry i sílu. Pro přidělení byl použit obyčejný vázací drát a plastové stahovací pásky. Následně byly nainstalovány přepážky, které byly určené pro nesení kapkové závlahy. V původním pokusu, který byl prováděn od roku 2016, byla kapková závlaha připevňována

za pomoci lanka. Při rozmontování stěny se ukázalo, že lanko tlakem a tíhou substrátu bylo vytahováno a ztrácelo původní rozměry a strukturu. Díky tomu pak hadice trubkové závlahy nezůstávala na svém místě. Byly tedy nainstalovány přepážky z pevnějšího materiálu. Přepážky byly připevněny na pletivo, které bylo ve vnitřku stěny nataženo. Kapková závlaha byla nastříhána přesně dle rozměrů té původní (vodorovné patro dlouhé 190 cm) a za pomoci přepážek a drátů nainstalována do stěny. Jednotlivá patra závlahy byla ve směru od země nahoru umísťována hustěji, protože již dříve bylo zjištěno, že stěny mají v horní části tendence vysychat a naopak ve spodní části docházelo k přemokření. Kapková závlaha byla po nainstalování omotána bílou netkanou textilí o tloušťce 19g/m², která má za úkol zabránit tvorbě cestiček u kapkových otvorů. Na následující fotografii je vidět konstrukce stěny uvnitř.



Obr.2 Modul stěny zevnitř, Kateřina Špatenková 2021

Ve chvíli kdy byla zafixována kapková závlaha i geotextilie, bylo možné stěnu uzavřít. Do stěny č. 2 byla ještě před uzavřením do výšky 10 cm od země nainstalována drenážní trubka. Ve stěně č. 2 byl plánován substrát s větší schopností poutání vody, proto aby ve spodní části nedocházelo k přemokření, byla použita drenážní trubka. Oba její konce byly vyvedeny ven skrz zadní část stěny. Pak byly obě stěny uzavřeny. Zajištěny byly pomocí háčků po stranách a navíc byly přivázány dráty. Ve středu stěny, aby bylo zabráněno vyvalování přední strany, byly prostrčeny speciálně vyrobené stahovací spony.

4.3 Substrát

Substrát byl nejdůležitější částí pokusu. Do stěny č. 1 byl nasypán substrát Extensiv od firmy ACRE, který je běžně určen pro použití na zelených střechách. Tento substrát je složen ze spongilitu, který činí 55 % objemu, liadrainu, který je zastoupen z 20 %, keramzitu, který zabírá 20 % objemu a z 5 % rašeliny. Jeho výhodou byla předpokládaná relativně nízká hmotnost a také nízké podléhání rozpadu. Je nutné ale zmínit, že v této extensivní formě se na střechách používá na speciálních podložních vrstvách, které pomáhají alespoň z části zabránit vysychání. Od tohoto substrát bylo očekáváno, že nebude mít tendence ve stěně příliš sesedávat, nicméně byla vysoká pravděpodobnost, že bude stěna vysychat. I kvůli tomu byla ve stěně č. 1 v zadní části instalována polyethylenová folie, zmíněná výše.

Substrát ve stěně č. 2 měl větší podíl organické složky a byl více heterogenní. 20 % objemu tvořil spongilit, 15 % liadrain, 10 % zeolit, 10% rašelina, 15 % zemina, která měla mít funkci dodání živin a 10 % tvořila drcená hydrofilní plst, která měla zabránit nadměrnému vysychání a odtékání vody. Složení bylo odvozeno podle předchozích pokusů na stěnách a také podle obecně známých požadavků na pěstování rostlin. Tento substrát měl být celkově lepším médiem pro pěstování rostlin. Neměl tolik podléhat vysychání a rašelina se zeminou měly doplňovat snadno dostupné živiny. Substrát byl do stěn sypán z vrchní strany uzavřené stěny a za pomoci násady byl utlačován do spodních částí stěny. Bylo nutné, dostat substrát až do spod stěny, ale zároveň pracovat opatrně, aby nedošlo k přetrhání závlahy nebo poškození přepážek. Nakonec byl z vrchu substrát zalit proudem vody, aby s jistotou sesedl co nejnižší, zaplnil veškeré mezery a aby došlo k počátečnímu intenzivnímu zalití.

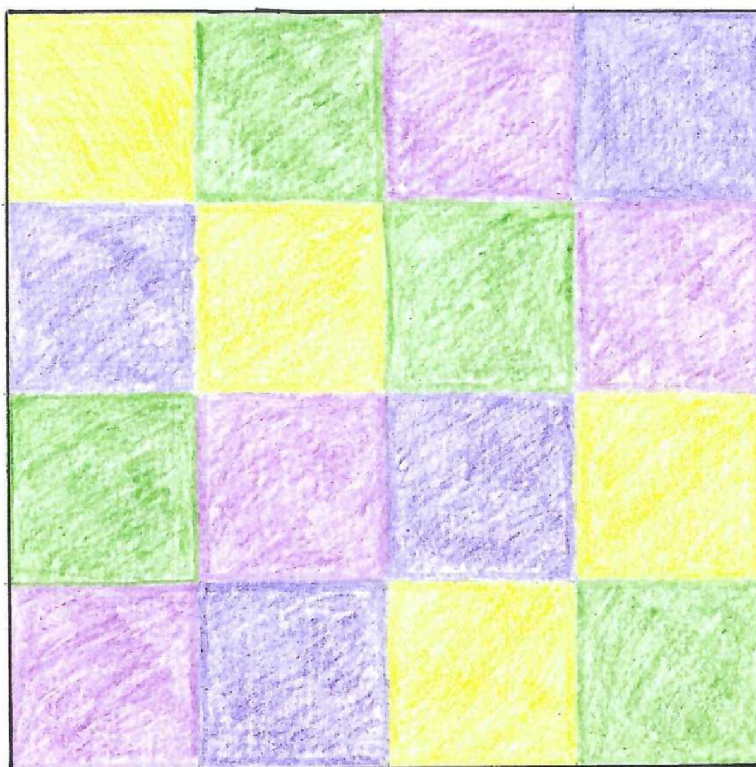
Ve třetí stěně, která byla pouze srovnávací a nebyla založena mnou, se nacházel zahradnický substrát určený pro trvalky ve složení obsahujícím rašelinu, kompost a zeolit.

4.4 Rostliny

Rostliny byly vybrány podle Matisky (2017), který shrnul předchozí pokusy Kozderové (2016) a Suldovské (2015). Jako nejvhodnější se pro slunné až polostinné stanoviště nabízeli rostliny *Festuca scoparia*, *Saxifraga paniculata*, *Lewisia cotyledon* a *Aubrieta × hybrida*. Bohužel, při objednání nebyla dostupná *Lewisia cotyledon* a proto byla nahrazena další vhodnou rostlinou dle seznamu a to *Phlox subulata*.

Ve stěnách byly vytvořeny v jemném pletivu okénka pro výsadbu. Bylo potřeba brát zřetel na tendence vysypávání se substrátu při otevření okénka stěny. Rostliny byly vysazeny v červnu, kdy již sice není zcela vhodné období pro vysazování rostlin, nicméně v období výsadby panovali poměrně přívētivé teplotní podmínky a proto byla výsadba zrealizována. Dříve výsadba nemohla proběhnout, protože dodací lhůta na tak velké množství rostlin je dlouhá. Rostliny byly vysazeny ve skupinách po většinou 6 kusech do celkem 16 čtverců do takových míst, aby jejich pozice byla u každého druhu na některým z extrémních míst, jako je vrchní strana stěny, spodní část nebo rohy a také aby každá rostlina byla v sousedství s každou a dal by se vyloučit vliv jednotlivých rostlin na okolní rostliny. Na následujícím obrázku jsou barevně znázorněny pozice skupin rostlin na stěně. Fialovou barvou je znázorněn druh *Aubrieta × hybrida*, růžovou *Phlox subulata*, žlutou *Saxifraga paniculata* a

zelenou barvou *Festuca scoparia*. Barvy byly určeny podle barvy kvetení. *Festuca* nekvete příliš zajímavě a proto je znázorněna pouze zelenou.



Obr. 3, Schéma výsadby rostlin, autor: Kateřina Špatenková, 2022

4.5 Závlaha

Závlaha byla v létě řešena pomocí automatického kapkovacího uzavřeného systému. Zalévání probíhalo vždy 6 minut a to třikrát denně v 7, 13 a 19 hodin. Průtok kapkovací hadice je 2,3 litru za hodinu a spon jednotlivých kapkovačů je 33 centimetrů. Při délce závlahové trubky 185 cm v celkem 4 patrech to znamená přibližně 22 kapkovačů. Navíc ale víme, že další kapkovače byli ve spojích mezi patry a to ve třech spojích 1 kapkovač a v jednom spoji po 2 kapkovačích. Znamená to závlahovou dávku přibližně 6,2 litru na stěnu na jeden závlahový interval. To se vzhledem k trvalkám zdá jako poměrně nízké množství, vzhledem k tomu, že závlahová dávka je zhruba 1,55l na 1 m², je ale nutné zdůraznit, že se jedná o teplomilné rostliny zvyklé na růst ve skalkách a také to, že tím, že je voda dávkována přímo ve stěně, nedochází k přebytečnému výparu nevsáknuté vody.

V zimním období jsou automatické závlahy velmi problematické. Kapkové trubky a elektromagnetické ventily jsou velmi citlivé na mráz, a protože jsou stěny včetně běžného zdroje vody venku, je nutné na to brát zřetel a vymyslet náhradní řešení. Zdroj vody pro zimní zalévání je přibližně 40 metrů od stěn v dřevěné budově, ve které ovšem dochází při dlouhodobých mrazech k poklesu teploty až na 0–2°C. Protože je terén od stěn směrem k čerpadlu z kopce, nebylo možné, aby byly stěny trvale propojeny hadicí se zdrojem vody, což znamenalo zásadní problém. Zimní závlahu by bylo možné řešit například za pomoci chytrých zásuvek, které jde spínat na dálku a ovládat s ním zapínání vody, jakmile teplota stoupne, ale tato možnost nepřipadala nakonec v úvahu kvůli terénu a zbytku vody v hadici. Stěny byly tedy zalévány buď přímo hadicí ručně z vrchu a ze stran a nebo kapkovací trubkou určenou

pro nadzemní závlahy. Trubka byla natažena nad všemi stěnami a pokaždé bylo pouze nutné na určitou dobu připojit hadici vedoucí od zdroje vody a nechat vykapávat, voda potom byla postupně přiváděna do stěny z horní strany. Tato možnost závlahy byla velmi časově náročná, zalévání trvalo vždy asi 2 hodiny, nicméně jevila se jako nejvhodnější.

Automatický systém uvnitř stěny fungoval do poloviny listopadu. Ručně se pak začalo zalévat pravidelně až v lednu, protože dříve nepanovali vhodné podmínky pro instalaci hadice k čerpadlu. Občas pak byly stěny zality konví.

Stěna se celá nachází v přesahu střechy budovy, u které se stěny nacházejí. Tím je minimalizováno množství vody, které se do stěn dostane díky srážkám. Celý systém vertikální zahrady je tedy závislý pouze na nainstalované závlaze.

4.6 Vedlejší vlivy

Na růst rostlin a celkovou vitalitu měla neblahý vliv dřevina druhu *Prunus amygdalus*, trvale rostoucí mezi stěnami. Přestože bylo její spodní větevní patro odstraněno, rostliny v rozích po olistění neměli žádný přístup ke světlu. Ty rostliny, které byly v přímém stínu, zažloutly a zahynuly.

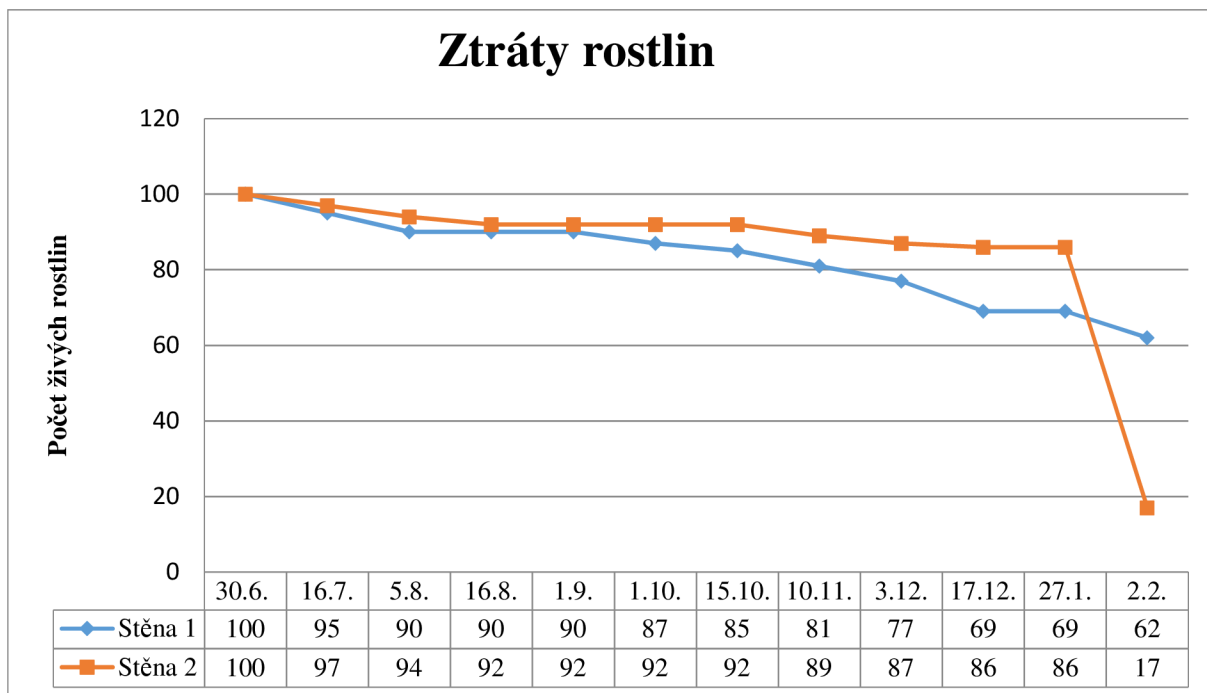
5 Výsledky

5.1 Vliv substrátu na vzhled rostlin

Prokázalo se, že přesně jak bylo od začátku očekáváno, pro růst rostlin je výrazně vhodnější substrát použitý ve stěně číslo 2. Rostliny se rychleji uchytily a jejich přírůstky byly viditelně významnější již na konci srpna. Nejviditelnější rozdíly byly mezi stěnami zaznamenané u druhů *Aubrieta x hybrida* a to v šířce rostliny až o 8 centimetrů a *Festuca scoparia*, v šířce přibližně 5 centimetrů. Je možno říci, že v polovině září už byly prosperující druhy vzájemně propojené a vytvářeli krásně vypadající kompaktní ostrůvky. Naopak se ukázalo, že některé druhy příliš neprosperují, ovšem ve všech stěnách. Ve stěně č. 1 rostliny rostly, ale podstatně hůře. Přírůstky na stěně č. 2 byly nejdříve srovnatelné a pak dokonce o několik centimetrů lepší ve srovnání s kontrolními stěnami s běžným zahradnickým substrátem.

5.2 Přezimování

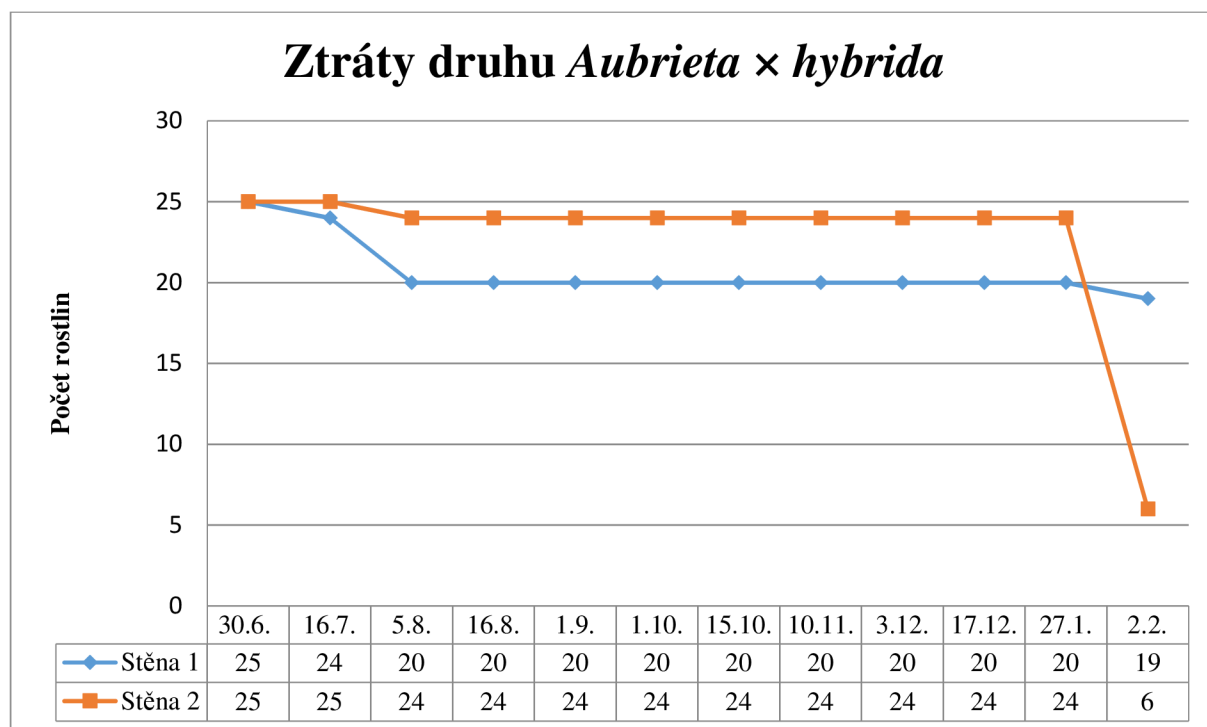
Přezimování se ukázalo jako celkem problematické. Na zimu nebyla přijímána žádná speciální opatření. Rostliny vypadaly celý prosinec a leden poměrně dobře, zvrát nastal v prvním týdnu února, kdy většina rostlin na stěně č. 2 zaschla. Následující graf ukazuje nejdříve plynulý úhyn rostlin následovaný skokovou ztrátou na přelomu ledna a února.



Graf č. 1, Ztráty rostlin, autor Kateřina Špatenková, 2022

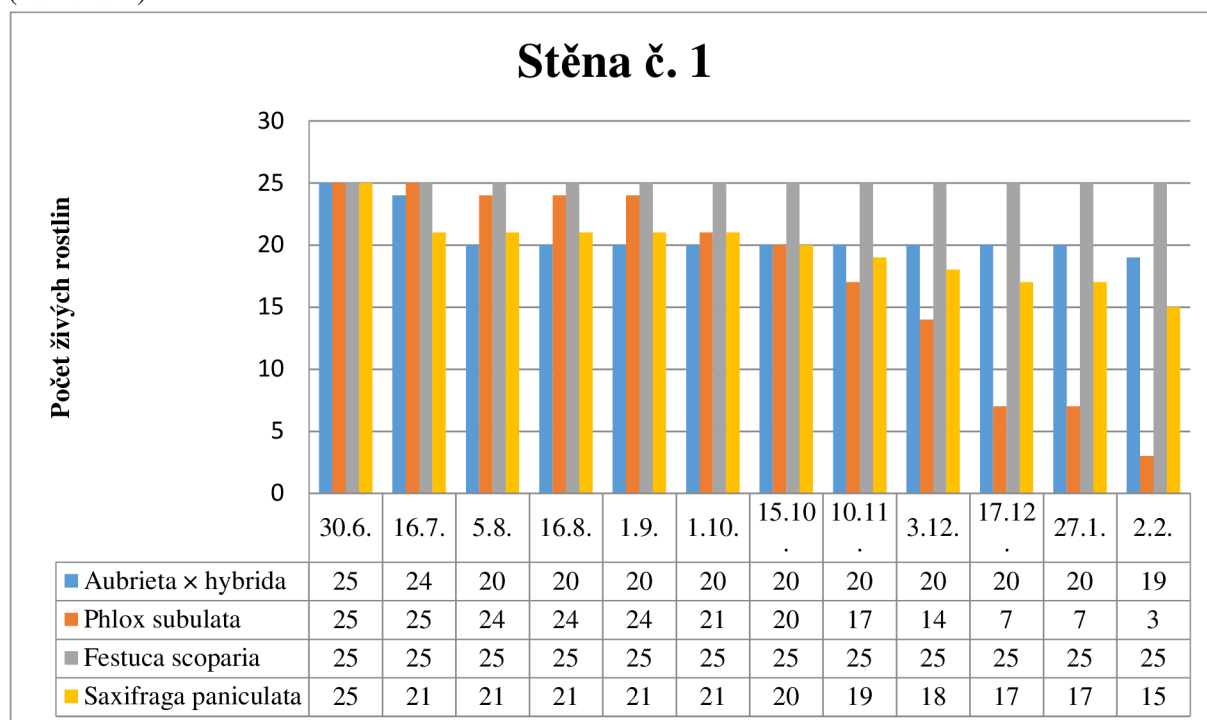
Je žádoucí dodat, že nejvyšší úhyny rostlin byly z řad druhu *Phlox subulata*, který zasychal už od výsadby a ze stěny vypadávajícího *Saxifraga paniculata*. Oproti tomu druh *Festuca scoparia* se jevil jako velice stabilní a odolný. Nejkrásněji na stěnách působil druh

Aubrieta × hybrida, který se ukázal jako velmi rychle rostoucí a odolný. Stálost toho druhu je znázorněna v grafu č. 2.

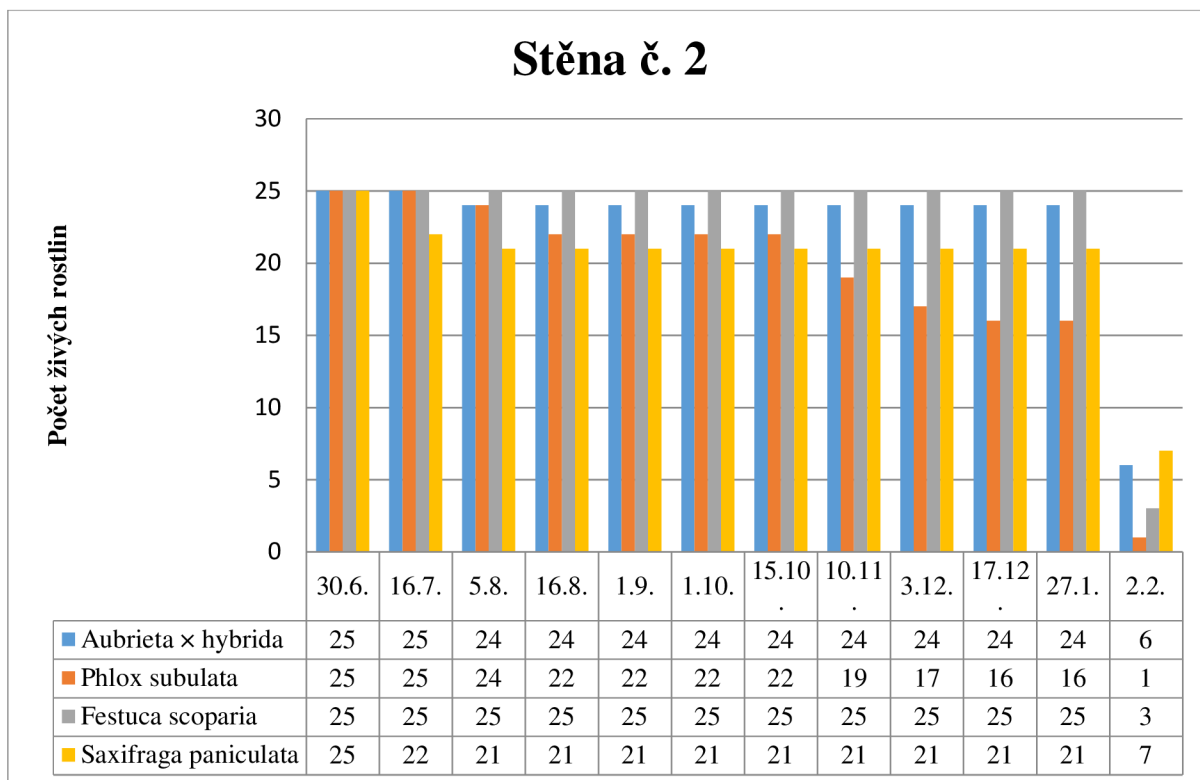


Graf č. 2 Ztráty druhu *Aubrieta × hybrida*, autor Kateřina Špatenková, 2022

Porovnání ztrát u jednotlivých druhů a stěn je znázorněno v grafu č. 3 (stěna č. 1) a č. 4 (stěna č. 2).



Graf č. 3 Ztráty jednotlivých druhů rostlin na stěně č. 1, autor Kateřina Špatenková, 2022



Graf č. 4 Ztráty jednotlivých druhů rostlin na stěně č. 2, autor Kateřina Špatenková, 2022

5.3 Funkčnost konstrukce

Konstrukce se ukázala jako bez dalších úprav nevhodná. Jako nedostatek se ukázaly vrchní rohy stěn, kde docházelo u obou stěn k úhynu, přestože se kořeny rostliny nacházely v substrátu. Problematické bylo také řešení zimní závlahy. Co se týká úprav v konstrukci stěny oproti předchozím výzkumům, jako zcela nevhodná do vertikální stěny se ukázala drenážní trubka. Naopak polyethylenová folie na zadní straně stěny č. 1 fungovala přesně, tak jak bylo očekáváno a plnila svůj účel. Není možné ale říci, že konstrukce stěny tak jak je, by byla vhodná pro plošné používání ve veřejné zeleni, nebo pro rodinné zahrady.

5.4 Cenové srovnání konstrukcí

Podle ceníku společnosti Floravil, platným od 1. 1. 2021, vychází 1 kus plastového modulu o rozměru 0,25 × 1 × 0,5 m včetně ocelového nosiče na jednotkovou cenu 4 847, 93 Kč bez DPH. Při výpočtu ceny u stěny naší velikosti je konečná cena konstrukce 38 783,44 Kč bez DPH za jednu stěnu. Stěna vlastní vyrobené konstrukce stěny č. 2 byla 11 060,84 Kč bez DPH. Přesné cenové rozvržení za jednotlivé položky se nachází v kapitole Samostatné přílohy. Tato konstrukce je tedy cenově mnohem přívětivější než modul společnosti Floravil.

6 Diskuze

Ve stěně č. 2 přežilo pouze 17 % rostlin. To bylo velmi překvapivé, vzhledem k tomu, že celoroční výsledky byly výrazně lepší právě u této stěny. Ve všech stěnách byla použita stejná zálaha, všechny stěny musely snášet zimní nevhodnou zálivku. Chybou se s největší pravděpodobností ukázala být drenážní trubka, která se nacházela pouze ve spodní části stěny č. 2, protože substrát by měl mít ve srovnání se stěnou č. 1 lepší vododržnost a nasákavost hlavně díky vyššímu podílu rašeliny a díky použití hydrofilní plsti. Stěna musela být tedy s největší pravděpodobností drenáží naprosto odvodněna, a proto došlo při náhlé změně teplot k úhynu rostlin. Rostliny ve srovnávací stěně s běžným zahradnickým substrátem měly mírně nižší ztráty než stěna č. 1, se stěnou č. 2, ale nejde výsledek příliš srovnávat díky drenážní trubce, která ve stěně č. 3 použita nebyla.

6.1 Rostliny

Jakožto nejvhodnější i do netradičních substrátů se ukázal druh *Aubrieta × hybrida* což potvrzuje tvrzení Hanzelky (2007), že tařička skalní má velmi bujný růst a časté tendence k utlačování okolních druhů. Utlačování okolních druhů nemohu potvrdit, ale zejména z toho důvodu, že okolní druhy byly buď taky velmi bujné (*Festuca scoparia*), nebo naopak příliš nerostly a nedovršili tak předpokládané velikosti. Tařička vypadala po celou dobu vegetace velmi hezky, zeleně, bez přílišného žloutnutí a to i v zimě. Vytvářela nádherné kompaktní bochánky, což potvrzuje tvrzení Haberera (2005), který tvrdí, že tařička vytváří husté polštáře. Překvapivě začala kvést i mnohem dříve než tvrdí Vít et. al. (1994), že běžně kvete, což by ale mohlo být zapříčiněno vyššími teplotami v únoru. Nelze ani potvrdit tvrzení Víta et. al. (1994), že tařička při holomrazech vymrzá, protože v přezimování si ve srovnání s ostatními vedla velmi dobře. Toho ale může být příčinou i to, že přes zimu sice holomrazy panovaly několikrát, teploty hluboko pod nulou však nikdy nedosahovaly. Důvodem také může být to, že vertikální stěny mají 30 cm od zadní části budovu a nachází se tak na částečně krytém stanovišti. Druhu *Aubrieta × hybrida* se výrazně více dařilo v substrátu použitým ve stěně č. 2, nejspíš díky vyšší vlhkosti a vyššímu obsahu rašeliny.

Dalším výborně rostoucím druhem, tentokrát v obou substrátech byl druh *Festuca scoparia*, který poměrně dobře zvládal i přezimování. To souhlasí s tvrzením Součkové a Opatrné (2003), že pokud nejsou kostřavy v zimě v přílišném vlhku, jsou mrazuvzdorné. Vhodnost tohoto druhu již dříve také potvrdila Suldovská (2015) a Kozderová (2016). Nelze ale potvrdit tvrzení Křesadlové a Vilína (2005), že si *Festuca glauca* dokáže udržet sytě zelené zbarvení i přes zimu. Všechny rostliny tohoto druhu mají namátkově zažloutlé listy, obecně asi 30 % z celé rostliny, přestože rostlina celá neuschla. Kostřavě se velmi dařilo na obou stěnách, přírůstky měla sice mírně lepší ve stěně č. 2, rozdíl ale nebyly příliš patrné.

Vhodnost taxonu *Saxifraga paniculata* se vůbec nepotvrdila. Část tohoto druhu vypadala z otvorů ven, a ty co zůstaly, se sice začaly rozrůstat, ale velmi pomalu. Pokud by rostly všechny rostliny tak, jak bylo předpokládáno, hrozilo by utlačení ostatními druhy. Vypadávání z otvorů bylo způsobeno nedostatečným prokořeněním celého balu.

Kozderová (2016) tvrdí, že *Phlox subulata* působil ve vertikální stěně velmi bujně a měl tendence k utlačování ostatních druhů. To lze částečně potvrdit. Velká část rostlin tohoto druhu uhynula, nicméně ty které vydržely, rostly opravdu bujně.

6.2 Vliv substrátu

I v silně extensivním substrátu s minimem organického podílu lze některé trvalky pěstovat. Nízký podíl organického materiálu ve vertikální stěně však není vhodný pro všechny trvalky, které jinak dříve byly zhodnoceny jako vhodné pro zelené stěny. Jako vhodná se i pro silně extensivní substrát ukázala *Festuca scoparia*. V použitých substrátech se nedařilo druhům *Saxifraga paniculata* a *Phlox subulata*, které se dříve pro pěstování ve vertikálních zahradách ovšem s běžným složením substrátu dle Suldovské (2015) a Kozderové (2016) osvědčily. U druhu *Saxifraga paniculata* měl na vysokém úhynu podíl i nedostatečný kořenový systém při výsadbě. Problémy s druhem *Phlox subulata* ovšem jinak než nevhodným substrátem vysvětlit nelze. Je to ovšem velmi překvapivé, protože Haberer (2005) hodnotil rod *Phlox* jako nenáročný, běžně rostoucí na skalách i písčitém podloží.

Tvrzení Buriana (2019), že střešní substráty mohou najít využití i ve vertikálních stěnách lze částečně potvrdit, nicméně je nutné se na tyto substráty ještě více zaměřit. Použitý extensivní substrát od firmy Acre nebyl pro růst rostlin plně vhodný, ale i v něm rostliny rostly. Pokud by ale nebyl použit takto silně extensivní substrát a použil se některý s vyšším obsahem organického podílu, mohly by rostliny růst srovnatelně s druhým zkoušeným substrátem, případně s běžnými zahradnickými substráty.

Lze souhlasit i s tvrzením Dubského a Šrámka (2009), že substráty s vysokým podílem minerálních materiálů není nutné nijak výrazně přihnojovat. Ani jedna ze stěn nebyla nijak hnojena a obě měly významné přírůstky rostlin. I toto může být jedním z důvodů, proč měla stěna č. 2 výrazně lepší výsledky. Díky minerální plsti, která je sama o sobě zdrojem mnoha minerálních látek v kombinaci s jinými komponenty a vyšším množstvím rašeliny, šlo o velmi vhodné složení.

Bylo potvrzeno i tvrzení Stafflera (2016), že na základě znalostí jsme schopni si ideální substrát namíchat sami. Složení substrátu, které jsem navrhla sama, vyhovovalo rostlinám více, než střešní substrát, který se běžně prodává v již daném složení.

6.3 Konstrukce

Stěna má ještě jisté nedostatky. Její čištění a vnitřní instalace není jednoduchá, ale za předpokladu, že bude fungovat jako doposud, není tato manipulace tak častá, aby nás od používání odradila. Případné výměny uhynulých rostlin nejsou nijak významně obtížné.

6.4 Cenové srovnání

Je možné s jistotou říci, že materiál použitý na naší konstrukci stěny je cenově přijatelnější než plastové moduly od společnosti Floravil. Je nutné ale dodat, že plastové moduly se po přivezení na místo pouze skládají na záchytné nosiče a jejich kompletace je podstatně jednodušší, zatímco z materiálu použitého na naší stěnu si musíme konstrukci celou postavit, což obnáší i složitější úkony, jako je například svařování. Je ale důležité také říci, že

modul stěny použitý v pokusu stojí zcela samostatně, tedy na základě sloupků zabetonovaných v zemi a může tak stát naprosto kdekoliv v prostoru, kdy jedinou podmínkou je přístup ke zdroji vody pro závlahový systém. To hodnotím jako výraznou výhodu. Srovnávané plastové moduly jsou přímo určené pro připevnění k fasádě.

Důležité také je, že některý materiál se prodává pouze na celé role nebo délky a proto dost materiálu ještě přebývalo a některý materiál by vyšel i na dvě stěny. I tak ale cena vlastní konstrukce byla výrazně nižší.

6.5 Budoucí cíle

To, že se použitý střešní substrát vůbec neosvědčil, neznamená, že žádný střešní substrát není pro použití do vertikální stěny vhodný. Bylo by zajímavé zabývat se dále dalšími střešními substráty běžně dostupnými na trhu.

Musím také zdůraznit, že pro nějaké zjednodušené systémy vertikálních stěn, podobné těmto, není vyřešená problematika zimních závlah. Určitě by bylo vhodné, zamyslet se nad zakrýváním rostlin např. bílou netkanou textilií v zimním období, aby byly rostliny částečně chráněny před přímým sluncem.

7 Závěr

- Bylo potvrzeno, že rostliny lze pěstovat i v substrátu se složením, které neodpovídá běžným pěstebním substrátům určeným pro trvalky, ale je nutné myslet na všechny předpoklady, které rostliny vyžadují pro vhodný růst.
- Ukázalo se, že i v substrátu, který obsahuje jen minimální podíl organických látek je možné některé trvalky s úspěchem pěstovat. Nicméně je jasné, že podíl rašeliny, jiných organických materiálů a jejich náhrad má značný vliv na růst rostlin ve vertikálních stěnách. Rostliny v takovém substrátu mají rychlejší přírůstky. Při výsadbě rostlin je nutné sázet pouze rostliny s plně vyvinutým kořenovým systémem, jinak dochází k jejich vypadávání ze stěny a celkově je manipulace a sázení do jednotlivých otvorů mnohem složitější. Jako zcela nevhodné se ukázalo pěstování vzrostlých dřevin v okolí stěn.
- Složení substrátu použitého ve stěně č. 2 se ukázalo jako zcela vhodné. Pokud opomineme konečný úhyn rostlin způsobený odvodněním stěny díky drenážní trubce, měl tento substrát výrazně lepší výsledky než substrát ve stěně č. 1, a ze začátku srovnatelné, později dokonce lepší výsledky než kontrolní stěny s běžným zahradnickým substrátem. Díky speciálnímu složení ale byly vyřešeny potíže s přemokřováním stěny a také se sesedáním substrátu. Toto složení substrátu lze do podobných zahrad zcela doporučit.
- Je zřejmé, že stěny v této podobě stále nejsou schopny běžného používání. Odlehčeným substrátem bylo vyřešeno sesedání substrátu, nicméně přetrvává problematika vysychání horních rohů. Zimní závlaha by byla možná řešit, pokud by byl zdroj vody v blízkosti stěn, ale v nějaké budově, případně pokud by byl zdroj vody výš k úrovni terénu než stěny, aby voda vykapala a nedržela se v hadici. Zároveň by podle mě mohlo být přínosem, zkusit tento systém vertikálního pěstování mimo střechu budovy, protože by teoreticky mohly být srážky zachycovány a zejména v zimním období by mohly velmi dobře přispívat k vodnímu režimu stěny.

8 Literatura

8.1 Knižní zdroje

- Bedrna Z., Substráty na pestovanie rastlín. 1989. Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, n.p. , Bratislava
- Blanc, P., The Vertical Garden: From Nature to the City, 2012, W. W. Bortin, New York
- Hanzelka P., Skalničky v moderní zahradě. 2007. Grada publishing, a. s. Praha
- Opatrná M., Součková M., Pěstujeme okrasné trávy. 2003. Nakladatelství Brázda, s. r. o., Praha
- Staffler, M. Vertikal Gärtnern. 2016, Franckh-Kosmos Verlags - GmbH und Co.KG, Stuttgart, Deutschland
- Vaněk, V. Trvalky. 1982. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha
- Vít, J. a kolektiv. Květinářství. 1994. Střední zahradnická škola v Mělníku a Květ, nakladatelství Českého zahrádkářského svazu. Mělník.
- Petránek, J., a kolektiv. Encyklopedie geologie. 2016. Česká geologická služba, Praha
- Heberer, M., Skalky a květinové zídky. 2005. Knižní klub - EUROMEDIA GROUP, a.s., Praha
- Noordhuis, T., K., Encyklopedie zahradních rostlin. 1995. Rebo Productions, Praha
- Véber, K., CSc., Hydroponické kultivační systémy. 1986. Academia nakladatelství české akademie věd, Praha
- Kozderová, V., Uplatnění trvalek v systému vertikální zeleně, 2016, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita, Praha
- Suldovská, P., Uplatnění trvalek v systému vertikální zeleně, 2015, Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita, Praha
- Dubský, M., Šrámek, F., Pěstební substráty s přidavkem odpadní minerální plsti, 2009, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice
- Křesadlová, L., Vilín, S., Xerothermní rostliny v zahradě, 2005, C. P. Books, a. s., Brno
- Hanzelka, P., Květiny pro každou zahradu, 2015, Grada Publishing, a. s., Praha
- Větvička, V., Trvalky, 2007, Aventinum s. r. o., Praha
- Šuchmannová, I., Suchomilné trvalky, 2005, Grada publishing, a. s., Praha
- Green, N., Vertical Gardening: More Garden in Less Space, 2014, Speedy Publishing, Newark
- McLaughlin, Ch., Vertical Vegetable Gardening, 2012, Alpha Books published by Penguin Group, New York

8.2 Internetové zdroje

- Ing. Dubský, M., RNDr. Šrámek F., CSc., 2004, ZAHRADAWEB, Použití minerálních komponentů pro zlepšení vlastností organických pěstebních substrátů, Available from: <https://zahradaweb.cz/pouziti-mineralnich-komponentu-pro-zlepseni-vlastnosti-organickych-pestebnich-substratu/>
- Keinath, A., Newsom M., 2013, JMP-GLAS, Levné molekulové síto není alternativa, Available from: <http://www.jmp-glas.cz/aktuality/levne-molekulove-sito-neni-alternativa>
- Ing. Bambušek, 2014, P., ACRE, Zeolit, Available from: <https://www.acre.cz/zeolit>
- Prančl, J., 2011, BOTANY, *Festuca pallens*, Available from: <https://botany.cz/cs/festuca-pallens/>
- Pazdera, Z., 2015, BOTANIKA.WENDIS, *Saxifraga paniculata* - lomikámen vždyživý Available from: <https://botanika.wendys.cz/index.php/14-herbar-rostlin/778-saxifraga-paniculata-lomikamen-vzdyziv>
- Pazdera, Z., 2015, BOTANIKA.WENDIS, *Lewisia cotyledon* - levisie květnatá, Available from: <https://botanika.wendys.cz/index.php/14-herbar-rostlin/124-lewisia-cotyledon-levisie-kvetnata>
- Hoskovec, L., 2019, BOTANY, *Saxifraga stolonifera*, Available from: <https://botany.cz/cs/saxifraga-stolonifera/>
- Hoskovec, L., 2007, BOTANY, *Saxifraga hirculus*, Available from: <https://botany.cz/cs/saxifraga-hirculus/>
- Dos Santos, P; De Craene, 2016, FLORAL, Floral development of *Lewisia* (Montiaceae): Investigating patterns of perianth and stamen diversity, Available from: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0367253015001504?via%3Dihub>
- Lopez-Rodriguez, G.; Perez-Esteban, J.; Ruiz-Fernandez, J; Masaguer, Alberto, 2016, ECOLOGICAL ENGINEERING, Behavior and evolution of sustainable organic substrates in a vertical garden, Available from: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0925857416302476?via%3Dihub>
- Perez-Urrestarazu, L.; Fernandez-Canero, R.; Campos-Navarro, P.; Sousa-Ortega, C.; Egea, G., 2019, SCIENTIA HORTICULTURAE, Assessment of perlite, expanded clay and pumice as substrates for living walls, Available from: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0304423819303358?via%3Dihub>
- Rivas-Sanchez, Y. A.; Moreno-Perez, M. F.; Roldan-Canas, J., 2019, INGENIERIA DEL AGUA, Improvement in the retention and distribution of water in green walls using alternative materials as a growing media, Available from: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/9736>
- Rabbani, M.; Kazemi, F., 2022, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, Water need and water use efficiency of two plant species in soil-containing and soilless

- substrates under green roof conditions, Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721020120>
- Schindler, U.; Lischeid, G.; Mueller, L. , 2017, HORTICULTURAE, Hydraulic Performance of Horticultural Substrates-3. Impact of Substrate Composition and Ingredients, Available from: <https://www.mdpi.com/2311-7524/3/1/7>
- Profi press, 2003, ZAHRADNICTVÍ, Využití odpadní kůry ve školkařství, Available from: <https://zahradaweb.cz/vyuziti-odpadni-kury-ve-skolkarstvi/>
- Bartok Jr., J., W., 2009, UMASS EXTENSION, Hydroponic Greenhouse Production resources, Available from: <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/factsheets/hydroponic-systems>
- Birkby, J., 2016, NCAT SMART GROWTH SPECIALIST, Vertical farming, Available from: <https://attra.ncat.org/htmlpub/vertical-farming/>
- Ritu, J.; Janakiram, T., 2016, NEW INDIA PUBLISHING AGENCY, Vertical gardening: A New Concept of Modern Era, Available from: https://www.researchgate.net/profile/Ritu-Jain-17/publication/295646943_Vertical_Gardening_A_New_Concept_of_Modern_Era/links/56cc380208ae5488f0dcebce/Vertical-Gardening-A-New-Concept-of-Modern-Era.pdf
- Vokál, J., rok neznámý, Příbalový leták Střešní substrát ACRE Extenzivní, Available from: <https://www.acre.cz/dokumenty>
- Gizas, G.; Savvas, D., 2004, AMERICAN SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCE, Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture, Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/42/5/article-p1274.xml>
- Galande., S., G.; Dr. Agrawal, G. H., 2013, INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TRENDS & TECHNOLOGY IN COMPUTER SCIENCE, Embedded Controlled Drip Irrigation System, Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.593.4874&rep=rep1&type=pdf>
- Manso, M., Castro-Gomes, J. P., 2014, RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, Green wall systems: A review of their characteristics, Available from: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics

8.3 Časopisy

- Matiska, P., Aspekty využití trvalek v systému vertikální zeleně, Časopis Zahradnictví 1/2017
- Burian, S., Vertikální zahrady střízlivým pohledem, Časopis Inspirace, 3/2019
- Dubský, M., Vokál, J., Hydrofilní mineální plst– vlastnosti a využití při výsadbě zeleně, Časopis Zahradnictví 2/2019

9 Samostatné přílohy

9.1 Vývoj růstu a vzhledu rostlin

V příloze naleznete fotografie z kontrolních focení v průběhu růstu rostlin.



Příloha č.1, Vzhled vertikálních stěn při výsadbě, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 2, Vertikální stěna č. 1, 16. 7. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 3, Stěna č. 2, 16. 7. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 4, Vertikální stěny 5. 8. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 5, Stěna č. 1, 16. 8. 2021, autor Julie Stiburková, 2021



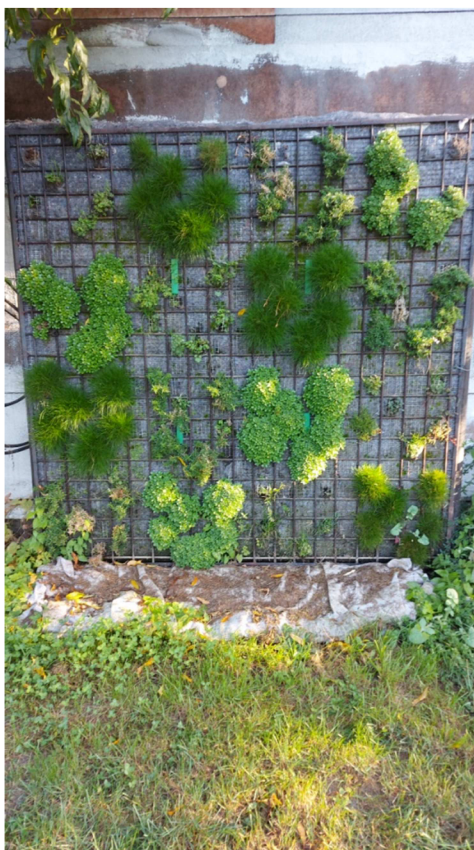
Příloha č. 6, Stěna č. 2, 16. 8. 2021, autor Julie Stiburková, 2021



Příloha č. 7, Vertikální stěny 1. 9. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



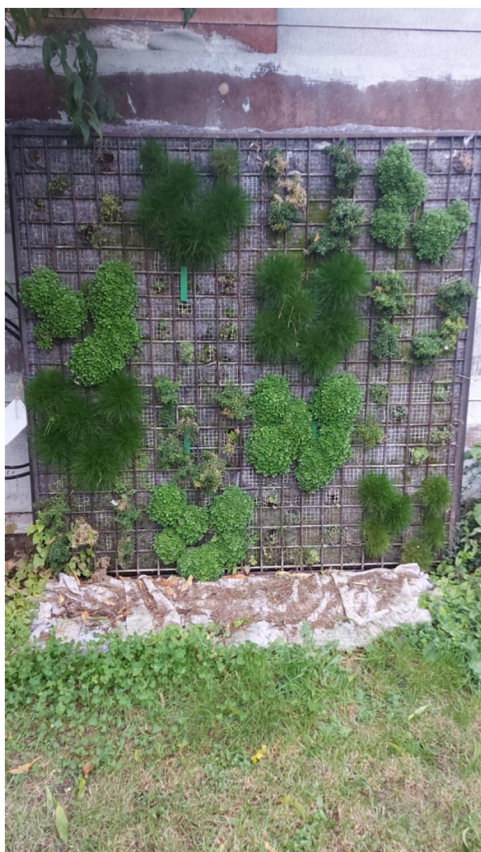
Příloha č. 8, Vertikální stěna č. 1, 1. 10. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 9, Vertikální stěna č. 2, 1. 10. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 10, Vertikální stěna č. 1, 15. 10. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 11, Vertikální stěna č. 2, 15. 10. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 12, Vertikální stěna č. 1, 10. 11. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 13, Vertikální stěna č. 2, 10. 11. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 14, Vertikální stěna č. 1, 3. 12. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 15, Vertikální stěna č. 2, 3. 12. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 16, Vertikální stěna č. 1, 17. 12. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 17, Vertikální stěna č. 2, 17. 12. 2021, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 18, Vertikální stěna č. 1, 27. 1. 2022, autor Kateřina Špatenková, 2022



Příloha č. 19, Vertikální stěna č. 2, 27. 1. 2022, autor Kateřina Špatenková, 2022



Příloha č. 20, Vertikální stěny 2. 2. 2022, autor Kateřina Špatenková, 2022



Příloha č. 21, Vertikální stěna č. 1, 17. 3. 2022, autor Kateřina Špatenková

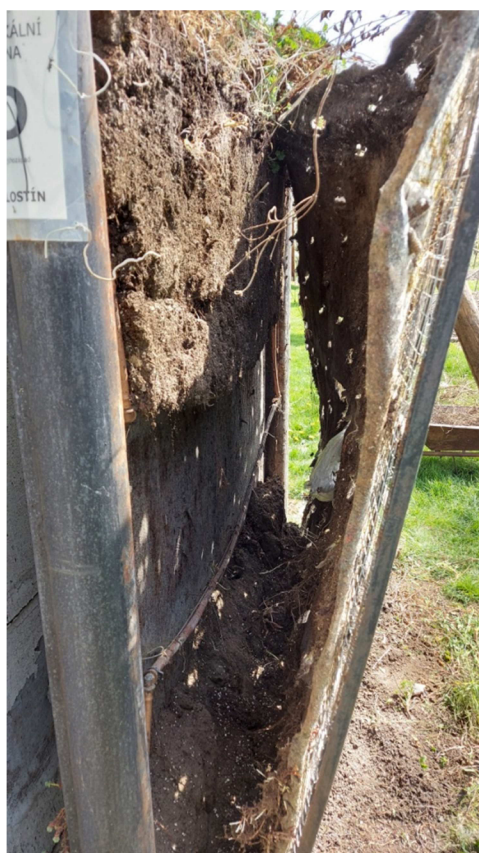


Příloha č. 22, Vertikální stěna č. 2, 17. 3. 2022, autor Kateřina Špatenková

9.2 Obnova stěn



Příloha č. 23, Původní vzhled stěn po posledním pokusu, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 24, Otevření stěny, sesedávání substrátu, tendence stěny k vyvalování, autor Kateřina Špatenková, 2021



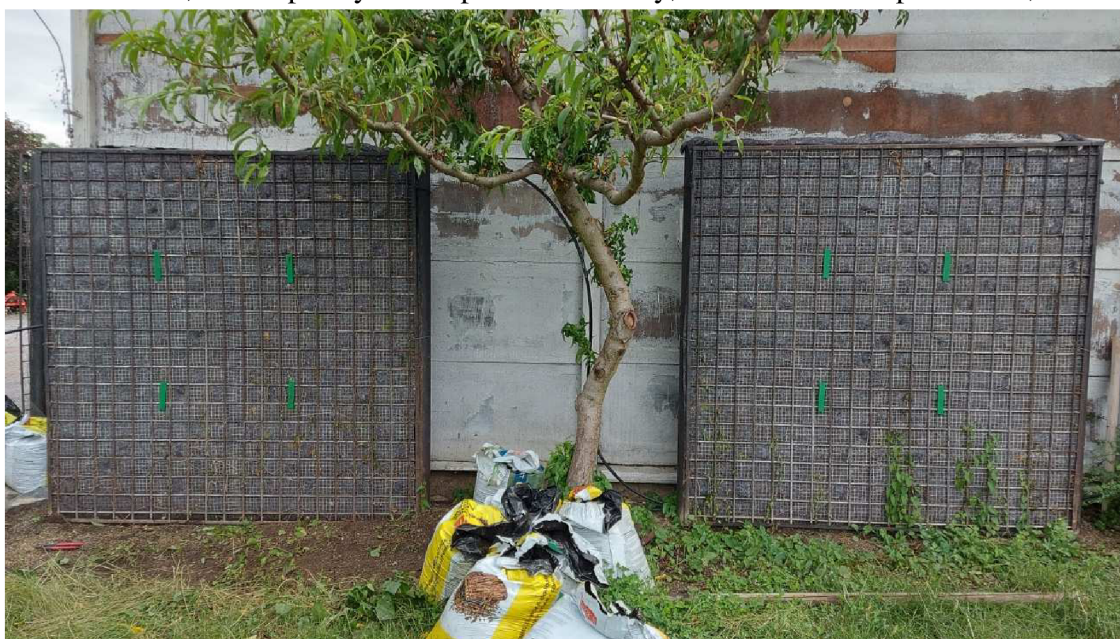
Příloha č. 25, Umístění polyethylenové folie na stěně č. 1, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 26, Patra s kapkovací závlahou, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 27, Detail přichycení kapkovací závlahy, autor Kateřina Špatenková, 2021



Příloha č. 28, Připravené stěny naplněné substrátem před výsadbou, autor Katřina Špatenková, 2021

Náklady na materiál použitý pro konstrukci stěny č. 2					
materiál	počet jednotek	jednotka	cena za ks (Kč)	cena celkem (Kč)	poznámka
sít' KARI 5/10/2x3	2	ks	1264,96	2529,92	
Trubka konstrukční 101,6x3 (délka 6 metrů)	1	ks	3342,48	3342,48	
Ocelový úhelník 35x35x3 (délka 6 metrů)	3	ks	658,38	1975,14	Zbytek o délce 2m
Svařovaná síť 10/0,8/1000 (délka 25m)	1	ks	1250	1250,00	Zbytek o délce 16,5 m
Beton	0,0706	m3	2684,96	189,56	Stanoveno dle ÚRS
Zinkované pletivo 120cm/oka 100x100mm	1	ks	948	948	Zbytek o délce 15,5 m
Drobný spojovací materiál (oka, svorky, dráty...)				350	
Geotextilie	10	m2	37,7	377	
Drenážní trubka 10 cm	2	m	49,37	98,74	
Cena celkem bez DPH				11060,84	

Příloha č. 29, Cena materiálů použitých na vertikální stěnu č. 2, vychází z cen eshopu kondor.cz