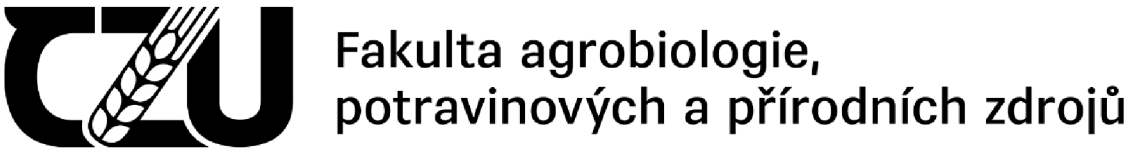
Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Monitoring a management vybraných střešních zahrad města Plzně

Diplomová práce

Bc. Adéla Mrázová

Management zakládání a péče o zeleň

doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.

© 2025 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Monitoring a managment vybraných střešních zahrad města Plzně " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.04.2025 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky poskytnuté během konzultací a terénního šetření.

Monitoring a management vybraných střešních zahrad města Plzně

Souhrn

Diplomová práce se zabývala problematikou střešních zahrad v městském prostředí, konkrétně na území města Plzně. Cílem bylo analyzovat vybrané realizace střešních zahrad z hlediska jejich stavu, funkčnosti a údržby a navrhnout doporučení pro jejich efektivní management. Práce se rovněž zaměřila na identifikaci přínosů střešních zahrad ve vztahu k urbanistickému, ekologickému a socioestetickému kontextu města.

V úvodní rešeršní části je zpracován historický vývoj střešních zahrad. Dále jsou popsány hlavní funkce zelených střech (ekologické, estetické, tepelněizolační a retenční), jejich typologie (extenzivní, intenzivní, polointenzivní) a technické konstrukce, včetně přehledu používaných vegetačních souvrství a druhů rostlin.

Ve druhé části práce byly shromážděny vstupní podklady k pěti vybraným střešním zahradám v Plzni. U každé plochy byla provedena inventarizace rostlinného materiálu, hodnocení stavu vegetace, popis konkrétních lokalit, typ ozeleněných střech a úroveň údržby.

Na základě těchto poznatků byla navržena konkrétní doporučení, jak zlepšit funkčnost a udržitelnost sledovaných realizací.

Vlastní projekt se zaměřoval na revitalizaci nejstarší střešní zahrady v Plzni, jedná se o střechu divadla J.K Tyla v Plzni. Projekt se zaměřil na zlepšení estetické hodnoty, prodloužení doby atraktivity vegetace, posílení ekologické funkce a zároveň snížení nároků na údržbu. Nový návrh výsadby spočíval v novém uspořádání plochy na 3 části, kterými byly výsadba trvalek v kombinaci s okrasnými travinami, druhá část zahrnovala výsadbu solitérního keře s podrostem a třetí část tvořila pás s lučním charakterem, který byl od trvalkové výsadby vizuálně rozdělen okrasnými travinami.

Klíčová slova: střešní zahrada, sortiment, historie, managment

Monitoring and management of selected roof gardens in Pilsen

Summary

The diploma thesis dealt with the issue of roof gardens in the urban environment, specifically in the city of Pilsen. The aim was to analyze selected roof gardens in terms of their condition, functionality and maintenance and to propose recommendations for their effective management. The work also focused on identifying the benefits of roof gardens in relation to the urban, ecological and socio-aesthetic context of the city.

In the initial research section, the historical development of roof gardens is elaborated. Then the main functions of green roofs (ecological, aesthetic, thermal insulation and retention), their typology (extensive, intensive, semi-intensive) and technical design are described, including an overview of the vegetation layers and plant species used.

In the second part of the thesis, input documents were collected for five selected roof gardens in Pilsen. For each plot, an inventory of plant material, an assessment of the vegetation condition, a description of the specific sites, the type of green roofs and the level of maintenance were carried out.

Based on these findings, specific recommendations were proposed to improve the functionality and sustainability of the monitored implementations.

The project itself focused on the revitalisation of the oldest roof garden in Pilsen, the roof of the J.K. Tyl Theatre in Pilsen. The project focused on improving the aesthetic value, extending the period of attractiveness of the vegetation, strengthening the ecological function and at the same time reducing maintenance requirements. The new planting design consisted of a new arrangement of the area into 3 parts, which were planting perennials in combination with ornamental grasses, the second part included planting of solitary shrubs with undergrowth and the third part consisted of a strip with a meadow character, which was visually separated from the perennial planting by ornamental grasses.

Keywords: roof garden, assortment, history, management

Obsah

1. Úvod **8**

2. Vědecká hypotéza a cíle práce **9**

3. Literární přehled **10**

3.2. Střešní zahrady v historii **10**

3.3. Historie střešních zahrad v Česku **13**

3.4. Význam střešních zahrad **14**

3.4.1. Urbanistická a krajinářská funkce 14

3.4.2. Ekologická funkce a působení zelených střech 15

3.4.3. Ochranné působení a ekonomické funkce 16

3.5. Druhy a typy zelených střech **17**

3.6. Faktory ovlivňující volbu vhodného typu vegetačního souvrství a formy vegetace **20**

3.7. Požadavky na stavbu a stavební materiály **21**

3.8. Skladba ozeleněných střešních plášťů **25**

3.9. Výběr rostlin **28**

4. Zhodnocení podkladových údajů **30**

4.1. Popis lokality – Plzeň **30**

4.2. Historie města Plzeň **31**

4.3. Přírodní podmínky **31**

4.4. Střešní zahrada Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň **32**

4.4.1. Fotodokumentace 33

4.4.2 Inventarizace – Současný stav 34

4.5. Střešní zahrada bytového komplexu panorama Plzeň **35**

4.5.1. Fotodokumentace 36

4.5.2. Inventarizace- Současný stav 37

4.6. Střešní zahrada Ball **37**

4.6.1. Fotodokumentace 39

4.6.2. Inventarizace- současný stav 39

4.7. Střešní zahrada na autobusové zastávce **39**

4.7.1. Fotodokumentace 40

4.7.2. Inventarizace – současný stav 41

5. Vlastní projekt – Střešní zahrada u divadla J.K. Tyla **41**

5.1. Proměny střešní zahrady v čase **41**

5.2. Současný stav zahrady **43**

5.3. Fotodokumentace **44**

5.4. Návrh revitalizace **45**

5.5. Technická část **50**

5.5.1. Bourací práce 51
5.5.2. Technologický postup výsadeb a výsevů 51
5.5.3. Rostlinný materiál 52
5.5.4. Ochrana stávajících dřevin 52
5.5.5. Dokončovací práce 53
5.5.6. Rozvojová péče 53

6. Rozpočet 54

7. Diskuze 55

8. Závěr 57

9. Literatura 58

10. Samostatné přílohy II

10.1. Fotografie střešní zahrady divadla J.K. Tyla II

10.2. Fotografie střešní zahrady pavilonu onkologického pavilonu Fakultní nemocnice III

5.3. Fotografie střešní zahrady bytového komplexu Panaroma IV

1. Úvod

Urbanizace a s ní spojené změny v krajině vedou k narůstajícímu tlaku na přírodní prostředí a jeho schopnost poskytovat ekosystémové služby. Vzhledem k omezenému prostoru pro zeleň ve městech se střešní zahrady stávají jedním z klíčových prvků udržitelného urbanismu. Tyto vegetační prvky nejen zvyšují estetickou a rekreační hodnotu budov, ale především přispívají k ekologické stabilitě městského prostředí (Šimečková et al. 2010; Getter & Rowe 2006).
Střešní zahrady mají široké spektrum funkcí: od snižování teplotních výkyvů a efektu městského tepelného ostrova, přes zlepšení kvality ovzduší a retenci dešťové vody, až po podporu biodiverzity (Oberndorfer et al. 2007; Boas Berg et al. 2022). Významnou roli hrají také z hlediska hospodaření s energiemi a prodloužení životnosti střešních konstrukcí (Berardi et al. 2014; Castleton et al. 2010).

Zelené střechy se v České republice stávají čím dál běžnější součástí nových i rekonstruovaných staveb, což je podpořeno nejen legislativou, ale i rostoucím zájmem investorů a veřejnosti (Dostálová 2021). Město Plzeň v tomto směru není výjimkou a v posledních letech zde vznikla řada různorodých realizací, jejichž kvalita, funkčnost a údržba však dosud nebyly systematicky hodnoceny.
Cílem této práce je monitoring a vyhodnocení stavu vybraných střešních zahrad v Plzni, s důrazem na jejich ekologické, technické a estetické aspekty, a navržení doporučení pro jejich efektivní management a údržbu. Výsledky mohou sloužit jako podklad pro další rozvoj modrozelené infrastruktury ve městě a přispět k jejímu lepšímu plánování a správě.

2. Vědecká hypotéza a cíle práce

Střešní zahrady představují jakoukoliv plochu, na níž se pěstuje zeleň na střeše domu. Tyto zahrady mají nejenom estetický efekt, ale také jsou místem pro biodiverzitu nejenom rostlin, ale i živočichů. Dále je možné je využívat pro pěstování rostlin pro konzum, kdy hovoříme o střešním zemědělství. Další význam těchto zahrad spočívá v regulaci teploty, přírodních stanovišť a využití srážkové vody. Lidé pěstují rostliny na uměle vytvořených stavebních konstrukcích od starověku.

Vzhledem k těmto skutečnostem bude pozornost (cíle) zaměřena nejenom na zhodnocení vybrané střešní zahrady, včetně návrhu managementu

Hypotézy

a) existují rozdíly mezi různými typy střešních zahrad;
b) stanovit optimální management pro údržbu střešních zahrad;
c) srovnání současných a historických městských střešních zahrad.

3. Literární přehled

3.2. Střešní zahrady v historii

Historicky mají střešní zahrady dlouhou tradici (Ghosh & Giovanangeli 2016). Zelené střechy se v minulosti objevovaly na různých místech světa, jako je Island, Faerské ostrovy, Skandinávie, USA, Kanada, ale také Tanzanie či Guatemala, a to navzdory rozdílným klimatickým podmínkám. V teplých oblastech sloužily k ochlazení interiéru, zatímco v chladnějších prostředích pomáhaly udržovat teplo. Na Islandu navíc představovaly jedinou ochranu před zimou, protože tamní domy nebyly vytápěné a jediným zdrojem tepla bylo tělesné teplo lidí a zvířat, kteří v nich žili (Čermáková et al. 2009).

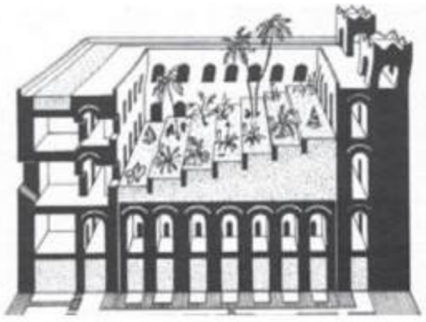
Ve Skandinávii byly tradiční zelené střechy vytvářeny pomocí přibližně 20 cm silné vrstvy travních drnů, která se kladla na šikmé střechy se sklonem 30–45 °, což umožňovalo efektivní odvodnění. Jejich životnost, ovlivněná zejména klimatickými podmínkami a množstvím srážek, se obvykle pohybovala mezi 20 a 40 lety (Čermáková et al. 2009). Podobný přístup k využití vegetačních vrstev byl rozšířen i na Islandu a Faerských ostrovech, kde se v reakci na nedostatek dřeva a drsné arktické podmínky uplatňovaly vícevrstvé střešní konstrukce. Ty tvořily dřevěné krovy a vaznice pokryté několika vrstvami rašeliny a travních drnů, jež zároveň plnily tepelněizolační a hydroizolační funkci (Jim 2017). Archeologické výzkumy na Faerských ostrovech potvrzují, že zástavba z 9.–11. století často zahrnovala domy s masivními stěnami a střešními vrstvami z travních drnů, rašeliny, písku a jílu, které měly zajistit tepelný komfort a stabilitu i v náročných klimatických podmínkách (Arge 2014).

V Severní Americe, konkrétně v oblastech USA a Kanady, byly v období rozšiřování osídlení v 19. století stavěny tzv. „sod houses“ – domy z drnu, dřeva a kamene, viz obr. 1. Tyto domy vznikaly převážně v bezlesých oblastech, jako odpověď na nedostatek stavebního materiálu. Výhodou byla jejich dostupnost a nízké náklady, nevýhodou však byla nízká odolnost vůči silným dešťům a nutnost pravidelné údržby (Čermáková et al. 2009; Jim 2017).

Obr. 1. Tradiční travní dům (sod house)
Zdroj: https://www.evergreenturf.com/blog/the-history-of-sod-houses/

Za jednu z nejstarších terasovitých střešních zahrad můžeme pokládat zahrady z éry panování krále Šalamouna (917–929 př. n. l.) (Hájková 2005). Uvedené zahrady byly tvořeny různými druhy rostlin, vodními prvky a architektonickými strukturami. Jejich vzhled byl potvrzen také archeologickým průzkumem na základě vykopávek ve městě Ninive (Čermáková et al. 2009). Visuté zahrady v Babylonu, považované za jeden ze sedmi divů světa podle antické tradice,

dodnes představují vrchol architektonického a zahradnického umění. Byly unikátní nejen svou stavbou na klenutých terasách, ale také díky pokročilému systému zavlažování (Dalley 1994; Šimečková 2016). Uvedené zahrady vznikly v 6. století před naším letopočtem, a to na počest královny Semiramis (Čermáková et al. 2009), viz obr. 2. Na stupňovitých kamenných terasách postavených na mohutných valech tehdy pěstovali vzrostlé stromy a popínavé rostliny (Šimečková 2016). Už tehdy byli stavitelé schopni navrhnout zavlažovací systémy, které trvale zajišťovaly vláhu pro vegetaci (Bohuslávek 2009).



obr. 2. Semiramidy vysuté zahrady, Babylón, Mezopotámie
zdroj.: Čermáková et al. (2009)

Podle Hájkové (2005) se ve starověkém Římě střešní zahrady staly běžnou součástí patricijských domů a paláců, protože městské pozemky byly velmi drahé a stavební možnosti byly kvůli omezenému prostoru ve městě značně omezené. Později se spolu s kulturou Východu do starověkého Řecka a Říma dostal zvyk sázet na ploché střechy a balkony rostliny v květináčích, keře a ovocné stromy. Během vykopávek v Pompejích a Herculaneu, pohřbených pod vrstvou popela po výbuchu Vesuvu, byly nalezeny pozůstatky zahrady na střeše arkády, která obklopovala ze tří stran vilu Mystérií v Herculaneu (Popov et al. 2019). Dalším neobvyklým architektonickým objektem, postaveným v roce 28 př. n. l., je Mauzoleum Augusta ve starověkém Římě. Šlo o mohutnou a zároveň skromnou stavbu obklopenou terasou se sloupy, která nabízela výhled na střechu s vysázenými stromy a stálezelenými cypřiši (Popov et al. 2019). S úpadkem římské kultury byl vývoj střešních zahrad na začátku křesťanské éry přerušen přibližně na 400 let. Teprve s rozkvětem renesance se střešní zahrady opět dostaly do popředí a navázaly na starověké tradice (Šimečková 2016). Hájková (2005) uvádí, že v Itálii se vyskytovaly jak skromné, tak i náročné formy tohoto druhu zahradní architektury. Popov et al. (2019) konstatují, že ve Florencii již kolem roku 1400 rostly exotické rostliny ve střešních zahradách vily Medici (Popov et al. 2019).

V Německu, Francii a dalších evropských zemích si bohatí lidé, kteří si mohli dovolit nákladné stavby, často budovali terasy a střešní zahrady především z důvodu reprezentace (Šimečková 2016).

V období baroka se architektonická důležitost střešních teras a zahrad ještě zvýšila (Šimečková 2016). Mezi nejvýznamnější stavby té doby patřila dvouúrovňová zahrada na střeše paláce arcibiskupa Johanna-Philippa v Pasově, kde dominovaly květinové záhony, zatímco keře a stromy byly zasazeny do nádob. Celá stavba byla dokončena roku 1705 (Popov et al. 2019; Šimečková 2016).

Sedmnácté století bylo klíčové pro rozvoj střešních zahrad, kdy vznikly první teoretické práce věnující se této problematice. Mezi významné přispěvatele k tomuto tématu patřili P. J. Merperger & K. Robitz. Zásadním rokem se stal rok 1864, kdy A. Moenir vynalezl železobeton, který otevřel nové možnosti a zásadně ovlivnil další vývoj střešních konstrukcí (Hájková 2005).

Střešní zahrady dlouho zůstávaly výsadou šlechty a bohatých, teprve v 19. století s příchodem nových stavebních materiálů a konstrukcí došlo k jejich masovému rozvoji (Popov et al. 2019). Bohuslávek (2009) uvádí, že ve 20. století si lidé začínají uvědomovat, že střešní zahrady by měly mít větší význam při utváření městského prostředí. Jedním z průkopníků v této oblasti byl Le Corbusier (Bohuslávek 2009).

Le Corbusier formuloval „pět základních bodů moderní architektury“, z nichž dva se týkaly přístupných střech pro zeleň, a to podpůrné pilíře a terasy s plochými střechami. Inspirováni Le Corbusierovými myšlenkami začali podobné projekty realizovat i další slavní architekti v mnoha zemích (Popov et al. 2019). Pět bodů nové architektury (Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle), které Le Corbusier představil v roce 1927, se stalo manifestem modernismu a základem pro nové prostorové myšlení. Každý z těchto principů vychází z možností železobetonové konstrukce a spojuje technickou inovaci s estetickým záměrem. Prvním bodem jsou pilotis – nosné sloupy, které nahrazují tradiční zdi, umožňují volné uspořádání přízemí a vizuální i fyzické oddělení stavby od terénu.

Druhý princip, toit-jardin, představuje zahradní střechu, která není jen funkční, ale také estetickým a obytným prostorem, přičemž zároveň chrání konstrukci před teplotními výkyvy. Třetím bodem je plan libre, tedy volný půdorys, kdy oddělení nosné konstrukce od vnitřních příček umožňuje flexibilní dispoziční řešení. Čtvrtý princip, fenêtre en longueur, znamená podélné horizontální okno táhnoucí se po celé délce fasády, které maximalizuje přísun denního světla a umožňuje nový způsob vizuálního kontaktu s okolím. Pátý bod, façade libre, představuje volnou fasádu nezávislou na nosném systému, čímž dává architektovi volnost v jejím tvarování. Tyto body umožnily vznik otevřeného a plynulého prostoru, který Le Corbusier dále rozvíjel prostřednictvím konceptu architektonické promenády, tedy vnímání prostoru v pohybu, v čase a v sekvencích (Le Corbusier World Heritage 2019; Oechslin 1987).

Třicátá léta 20. století přinesla pevné základy pro novou koncepci moderního řešení, avšak zároveň odhalila problémy spojené se stavebními a konstrukčními postupy, volbou vhodných půdních substrátů, rostlinného materiálu a zejména s otázkou jejich hmotnosti.

První technologicky vyspělé systémy zelených střech vznikly v Německu na počátku 70. let 20. století a nabízely nejen spolehlivou izolaci, ale také závlahové systémy a ochranu proti prorůstání kořenů. Další důležitý vývoj nastal koncem 80. let, kdy se začaly navrhovat tzv. extenzivní zelené střechy – lehčí, levnější a vhodné pro rozsáhlé ploché střechy. Hlavní motivací bylo přiblížení přírody do městského prostředí a ochrana střešních konstrukcí před výkyvy teplot a povětrnostními vlivy (Owaisi et al. 2018).

V Německu se už na počátku 20. století budovaly zelené střechy ve městech a v 70. letech, během ropné krize, se začal zkoumat jejich potenciál v oblasti energetických úspor. Do poloviny 20. století bylo v Německu zazeleněno přibližně 13 milionů m² střech (Owaisi et al. 2018).

Ve Spojených státech se zelené střechy rozvíjejí především v New Yorku, kde mají pomoci se zadržováním srážek a zmírněním dopadů přívalových dešťů na městskou infrastrukturu. První taková střecha však vznikla už ve 30. letech 20. století na Rockefellerově centru (Owaisi et al. 2018).

Historicky byly zelené střechy vytvářeny buď z praktických důvodů, nebo kvůli estetice. Dnes však stále více chápeme jejich ekologický a energetický přínos pro městské prostředí (Owaisi et al. 2018).

Střešní a terasovité zahrady jsou dnes nedílnou součástí moderní bytové výstavby (Hájková 2005).

3.3. Historie střešních zahrad v Česku

Na území České republiky se dochovalo jen několik střešních zahrad z minulosti, které stejně jako v jiných částech světa byly v minulosti dostupné hlavně bohatším vrstvám obyvatelstva (Hájková 2005). Zakládání střešních zahrad zde začalo ve druhé polovině 19. století, přičemž mezi nejvýznamnější historické příklady patří pravděpodobně střešní zahrada na konírně v Lipníku nad Bečvou (Šimečková 2016).

Zámek v Lipníku nad Bečvou byl postaven v 16. století. Významná novoklasicistní přestavba proběhla v 60. letech 19. století pod vedením stavitele Josefa Ziaka (Žáka), jak dokládá obr. 3. Na základě jeho návrhu, a za pomoci zahradníka Ferdinanda Wenzla, byla terasa na střeše bývalých stájí západního dvorního křídla přeměněna na střešní zahradu. Ta byla spojena můstkem s bývalým salónkem v jihozápadním nároží. Několik Žákových plánů z roku 1863 se dochovalo a nyní jsou uloženy v archivu lipenského velkostatku v Janovicích (Čermáková et al. 2009). Tato zahrada prošla rekonstrukcí ve 40. letech a dnes slouží jako užitková. Pravděpodobně jde o naši jedinou dochovanou historickou střešní zahradu.

Obr. 3. zámek Lipník nad Bečvou, rok 2007
Zdroj: Čermáková et al. (2009)

Na zámku Konopiště byla koncem 19. století také vybudována terasovitá střešní zahrada, která však byla později zničena a znovu obnovena až v letech 1969–1972 (Hájková 2005). Sklon terasy je 2 % (přibližně 90 cm výškového rozdílu na celé její délce). Původní hrad Konopiště byl postaven na konci 13. století Tobiášem z Benešova jako gotická pevnost, ale kolem roku 1725 ztratil svou obrannou funkci, což vedlo k několika změnám. Například skleník byl po roce 1734 přestavěn na současnou oranžerii. Využití jižní terasy se také změnilo, ale k těmto úpravám bohužel nejsou k dispozici žádné dokumenty (Čermáková et al. 2009).

Mezi další známe stavby se střešní zahradou patří skleněný dům, nacházející se v Praze 6 – Bubenči, viz obr. 4. Jde o komplex pěti domů, jež mají společný vchod, třístranné průčelí, suterénní parkoviště a plochou ozeleněnou střechu (Čermáková et al. 2009).

Obr. 4. Skleněný palác v pražském Bubenči
Zdroj: https://www.bubenec.eu/skleneny-palac/

Po druhé světové válce se začaly zakládat zahrady označované jako střešní, ale ve skutečnosti šlo o typ terasovitých zahrad, například terasa u jízdárny Pražského hradu s garážemi pod ní. Tyto zahrady byly budovány na stavební konstrukci, která byla v konečném výsledku skrytá. V té době se v naší zemi začaly rozvíjet zahrady převážně terasovitého typu, kde byly sadové úpravy realizovány formou květinových žlabů (Hájková 2005).

Rozvoj střešních zahrad v naší zemi nabral výrazný vzestup zejména po roce 1989, kdy se začalo s realizací mnoha zahrad na střechách různých budov. Dnes jsou střešní zahrady u nás běžně podporovány a plánuje se jejich další rozšíření. Staly se přirozenou součástí výstavby a již nejsou považovány za luxus (Hájková 2005).

3.4. Význam střešních zahrad

Střešní zahrady plní řadu funkcí, jako je pěstování rostlin, poskytování prostoru pro rekreační aktivity, zajištění stínu a v neposlední řadě přispívají k estetické hodnotě, která významně zvyšuje tržní hodnotu nemovitosti (Kurland et al. 2011). Funkce se vzájemně propojují a ovlivňují různými způsoby, přičemž jejich význam se může lišit v závislosti na konkrétní situaci (Šimečková et al. 2010). Šimečková (2016) zdůrazňuje, že je nezbytné hodnotit je v celkovém kontextu.

3.4.1. Urbanistická a krajinářská funkce

Střešní zahrady plní v urbanistickém a krajinářském kontextu klíčovou roli. Zatímco městské prostředí trpí nedostatkem volného prostoru a rozsáhlými plochami pokrytými betonem, zelené střechy nabízejí inovativní řešení, jak tyto nevyužité povrchy proměnit v ekologicky prospěšná místa (Getter & Rowe 2006). Přeměna střech na vegetační plochy nejen přispívá k estetickému vzhledu městské zástavby, ale také pomáhá zlepšovat kvalitu života obyvatel (Oberndorfer et al. 2007). Studie Hussein et al. (2022) rovněž zdůrazňuje, že střešní zahrady mohou fungovat jako prostor pro společenské aktivity, komunitní setkávání nebo relaxaci. Díky tomu přispívají nejen k ekologii, ale i ke zvyšování kvality života ve městech. Psychologické účinky střešních zahrad jsou nepochybně velmi pozitivní a představují značný přínos pro obyvatele města. Přidání vegetace činí střechu pro mnoho lidí krásnější a příjemnější (Mang & Reed 2013). Na rozdíl od kovové střechy, která při silném slunečním záření odráží ostré světlo a může být nepříjemná nebo dokonce dráždivá, pohled na zelenou střechu je příjemný a pozitivně ovlivňuje náladu člověka (Šimečková et al. 2010). Zelené střechy tedy představují důležité opatření, které podporuje udržitelný rozvoj městského prostředí (Spala et al. 2008).

3.4.2. Ekologická funkce a působení zelených střech

Regulace teploty a mikroklima

Zelené střechy významně přispívají ke zlepšení mikroklimatu prostřednictvím regulace teploty (Del Barrio 1998; Saiz et al. 2006) a zmírňují efekt městských tepelných ostrovů (Boas Berg et al. 2022). Vegetace a rostlinné substráty zachycují a rozptylují sluneční záření, čímž snižují množství infračerveného záření, které se vrací zpět do ovzduší (Del Barrio 1998; Saiz et al. 2006). Tím se zabraňuje přehřívání vzduchu a vytváří se příznivé mikroklima. Speak et al. (2013) uvádějí, že teplota vzduchu 300 mm nad zelenou střechou byla v průměru o 1,06 °C nižší ve srovnání s betonovou střechou, přičemž maximální pokles činil až 1,58 °C.

Podobné výsledky přinesla také japonská studie Sendo et al. (2010), která hodnotila efekt vegetace na povrchovou teplotu střechy během letních měsíců. Autoři zjistili, že betonový povrch dosahoval za slunečného dne až 50 °C, zatímco vegetační kryt měl teplotu o 10–20 °C nižší v závislosti na použitém druhu rostlin. Největší ochlazení substrátu bylo zaznamenáno u *Petunia hybrida*, zatímco u *Lampranthus spectabilis* byly teploty nejvyšší. V nočních hodinách pak vegetační povrch zůstával chladnější o 6–8 °C ve srovnání s betonem, což vedlo k rychlejšímu ochlazení střešní konstrukce. Výsledky potvrzují význam vegetace jako účinného nástroje pro zmírnění tepelných extrémů na povrchu střech a zároveň pro snižování tepelné zátěže budov i jejich okolí.

Takebayashi a Moriyama (2007) doplňují, že zelené střechy a vertikální zahrady mohou snižovat náklady na vytápění a chlazení tím, že omezují ztráty tepla či příjem tepla přes povrchy budov. Zelené střechy fungují jako izolační vrstva a snižují teplotní výkyvy uvnitř objektu. Parizotto a Lamberts (2011) potvrzují, že konstrukční řešení budovy hraje klíčovou roli v teplotní stabilitě a energetické efektivitě.

Regulace vlhkosti

Zelené střechy přispívají k udržení relativní vlhkosti venkovního prostředí. Prostřednictvím evapotranspirace dochází k ochlazování a udržení vlhkosti v substrátu. Rostlinný kryt zároveň omezuje přímé sluneční záření, čímž snižuje výpar z povrchu. Substrátové vrstvy pak svými izolačními vlastnostmi přispívají k udržení vlhkosti v systému. (Wong et al. 2007; Beyhan & Erbas 2013).

Čištění ovzduší

Rostliny na zelených střechách absorbují oxid uhličitý a produkují kyslík během fotosyntézy (Šimečková et al. 2010). Vegetační povrch pohlcuje prach a škodlivé plyny, přičemž částice ulpívají na listech a jsou následně smývány deštěm do substrátu (Beyhan & Erbas 2013). Zelené střechy tak pomáhají snižovat koncentraci znečišťujících látek ve městech, což je důležité z hlediska ochrany lidského zdraví (Mayer 1999; Pérez 2018).

Omezení víření prachu

Nezastíněné střešní plochy se v letních měsících zahřívají na extrémní teploty (až 80 °C), což vede ke vzniku vzestupných proudů a opětovnému víření prachu a nečistot z ulic (Šimečková et al. 2010). Zelené střechy a fasády vytvářejí bariéru, která prach a částice zachytává. Listy, větvičky a další části rostlin tvoří povrch, na kterém se částice usazují. Srážky pak zajišťují jejich transport do substrátu, čímž se redukuje jejich koncentrace ve vzduchu.
Vegetace zvyšuje turbulentní proudění, a tím podporuje vertikální transport čistšího vzduchu (Architecture that Grows 2022). Rostliny zároveň prostřednictvím průduchů absorbují plynné znečišťující látky, jako je oxid siřičitý (SO_2), oxid dusičitý (NO_2) a ozon (O_3). Tyto látky jsou difundovány do mezibuněčných prostor listu, kde jsou následně rozloženy nebo přeměněny na

méně škodlivé sloučeniny. Tento proces přispívá ke zlepšení kvality ovzduší a snižuje zdravotní rizika spojená se znečištěním vzduchu, zejména ve městském prostředí (Nowak et al. 2014).

Retence a zpomalení odtoku srážkové vody

Ve městech s převahou nepropustných povrchů představují zelené střechy významný nástroj v hospodaření se srážkovou vodou. Zpomalují odtok, zadržují vodu a přispívají ke zlepšení její kvality, mimo jiné díky schopnosti vegetace absorbovat rizikové kovy (Mentens et al. 2006). Tím chrání podzemní vody před kontaminací.

Zelené střechy zpožďují začátek odtoku, snižují jeho intenzitu a rozkládají ho v čase (VanWoert et al. 2005). Retenční kapacita je ovlivněna vlastnostmi substrátu, kdy vyšší obsah organických látek zvyšuje jeho infiltrační schopnost (Brady & Weil 2008). Getter et al. (2007) upozorňují, že stárnutí zelené střechy může zvyšovat její retenční schopnosti díky změnám v substrátu.

Na efektivitu retence má vliv i sklon střechy, typ vegetace a klimatické podmínky (Berndtsson 2010). Hloubka pěstebního média pak hraje klíčovou roli při regulaci objemu a rychlosti odtoku (Bengtsson et al. 2005).

Podpora biodiverzity

Zelené střechy vytvářejí náhradní biotopy pro flóru a faunu ve městech, kde přirozené zelené plochy často ustupují zástavbě. Nabízejí prostor pro vznik stanovišť, která podporují diverzitu městských ekosystémů (Beyhan & Erbas 2013; Wooster 2022). Studie ukazují, že zelené střechy přitahují různé druhy hmyzu, ptáků i dalších živočichů.

Podle Lundholma (2005) nabízejí zelené střechy podmínky srovnatelné s přirozenými stanovišti na skalních výchozech nebo sutích. Gedge (2004) doplňuje, že zvláště v hustě zastavěných oblastech představují tato stanoviště cenný úkryt pro specializované nebo ohrožené druhy. Z toho důvodu se v návrzích zelených střech stále více uplatňuje koncept „střech pro biodiverzitu“ (Dunnett 2006), kde se využívají lokální rostliny a specifické substráty s cílem podpořit přírodní charakter vegetace a ekologické funkce.

Výsledky studií zaměřených na vegetaci v suburbánních a postindustriálních oblastech zároveň naznačují, že i uměle vytvořená nebo narušená stanoviště – pokud jsou dostatečně pestrá a strukturálně členitá – mohou vykazovat překvapivě vysokou druhovou bohatost. Mozaikovitost krajiny a rozmanitost stanovišť jsou podle Čepelové a Münzbergové (2012) klíčovými faktory ovlivňujícími druhové složení a biodiverzitu. Tyto závěry lze vztáhnout i na střešní zahrady, které v městském prostředí fungují jako náhradní biotopy s potenciálem pro podporu původní vegetace.

3.4.3. Ochranné působení a ekonomické funkce

V současnosti jsou zelené střechy ceněny zejména díky svému pozitivnímu vlivu na životnost střešních konstrukcí, schopnosti zadržet srážkovou vodu a snížit spotřebu energie. Tyto přínosy mají významný dopad nejen na životní prostředí, ale také na ekonomickou stránku provozu budov. Správné ocenění dlouhodobých přínosů zelených střech může zvýšit jejich hodnotu v očích investorů, kteří se neomezují pouze na posouzení počátečních nákladů (Clark 2008).

Ochrana střešních konstrukcí a prodloužení životnosti

Zelené střechy poskytují přirozenou ochranu střešních konstrukcí před nepříznivými klimatickými vlivy. Vegetační vrstva chrání hydroizolaci před UV zářením, extrémními teplotními výkyvy a mechanickým opotřebením. Tím dochází k prodloužení životnosti střešního pláště až o několik desítek let (Castleton et al. 2010). Výzkumy potvrzují, že zelené střechy mohou snížit teplotu střešního povrchu až o 30 %, čímž dochází k omezení přehřívání

a následného poškození materiálu (Berardi et al. 2014). Zelené střechy rovněž omezují erozi, snižují potřebu častých oprav a přispívají ke snížení nákladů na údržbu (Sailor et al. 2008).

Tepelněizolační účinky

Střecha hraje zásadní roli v energetické bilanci budovy. Zelené střechy zvyšují její tepelný odpor a pomáhají omezit přenos tepla do interiéru budovy. Vegetační vrstva spolu s drenážní fólií obsahují vzduchové mezery, které zajišťují dodatečnou izolaci a zmírňují denní výkyvy teplot (Jim 2014). Vegetační kryt má navíc vyšší odrazivost a emisivitu než běžné střešní materiály, což omezuje absorpci sálavé energie a podporuje její vyzařování zpět do atmosféry. Přestože zelené střechy mají izolační účinky, nejsou plnohodnotnou náhradou za standardní tepelnou izolaci (Tam et al. 2016).

Zvuková izolace

Další přínos zelených střech spočívá ve zlepšení akustických vlastností budov. Studie prokázaly, že zelené střechy a vertikální systémy zeleně snižují šíření hluku ve srovnání s pevnými konstrukcemi, a to až o 10 dB v pásmu 500–1000 Hz (Galbrun 2017; Renterghem 2008). Tato schopnost plyne z vícevrstvé struktury zelených střech, která využívá ztrát přenosu mezi vrstvami a tím zvyšuje tlumení zvuku. Porézní materiály, jako jsou substráty, absorbují hluk díky své pórovitosti, velikosti částic, obsahu vlhkosti a stupni zhutnění (Renterghem 2008).

Akustické vlastnosti zelených střech lze dále optimalizovat – zejména regulací vlhkosti substrátu. Měření pomocí impedanční trubice potvrdila, že substráty mají v suchém stavu dobré zvukově izolační vlastnosti (Renterghem 2008).

Retenční schopnost a ekonomické dopady

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, zelené střechy sehrávají důležitou roli v hospodaření se srážkovou vodou. Tento aspekt je však úzce propojen i s ekonomickými funkcemi. Schopnost zadržet a zpomalit odtok vody snižuje zatížení městských kanalizačních sítí, což vede k nižším nákladům na infrastrukturu a její údržbu (Mentens et al. 2006; Dunnett & Kingsbury 2008). Zelené střechy tak představují účinné opatření, které snižuje riziko záplav při přívalových deštích a přispívá ke zlepšení vodního hospodářství ve městech. Díky těmto funkcím mají zelené střechy nejen ekologický, ale také výrazný ekonomický přínos v dlouhodobém horizontu (Šimečková et al. 2010).

3.5. Druhy a typy zelených střech

Střešní zahrady mohou být klasifikovány podle různých kritérií (Šimek 2005), přičemž typologie zelených střech vychází z jejich specifických vlastností, a přitom každý typ přináší odlišné přínosy a náklady jak pro soukromý, tak pro veřejný sektor (Mahdiyar et al. 2018). Existence střešních zahrad je v každém případě závislá na člověku ať už jako nálet na štěrkových střechách, který člověk trpí nebo jako jejich úmyslně založená konkrétní forma. Jedním z třídících hledisek může být rozsah lidského vlivu na ekosystémy (Šimek 2005). Jiným používaným kritériem jsou podle Šimka (2005) ekonomické aspekty, tedy náklady na založení střešní zahrady a na potřebnou péči včetně technickoekonomických faktorů. Samotný ekonomický faktor však v žádném případě nestačí pro klasifikaci forem střešních zahrad, protože i u náročných lze při zakládání a následné péči ušetřit nemálo peněz. Ani z možných užitkových forem, pokud se posuzuje z hlediska užitnosti jako užitkový a neužitkový se nedá určit kvalitativní označení (Šimek 2005).

Podle Šimečkové (2016) lze střešní zahrady rozdělit dle druhu vegetace, přístupnosti, převažující funkce, skladby vegetačního souvrství, sklonu, polohy a prostorové vazby na okolní rostlý terén. Dle druhu vegetace se zelené střechy dělí na dva hlavní typy, extenzivní zelenou střechu a intenzivní zelenou střechu. Několik výzkumníků však uvedlo, že existuje třetí typ zelených střech jako jednoduchá intenzivní zelená střecha, která se nazývá polointenzivní zelená (Mahdiyar et al. 2018).

Extenzivní střešní zahrady se vyznačují tenkou vrstvou substrátu, která obvykle nepřesahuje 20 cm, a nízkými investičními náklady. Tento typ zahrady je ideální pro rostliny, které se snadno adaptují na extrémní podmínky, jako jsou rozchodníky, mechy nebo suchomilné trávy. Extenzivní střechy jsou oblíbené kvůli své jednoduchosti na údržbu, neboť většinou vyžadují pouze minimální zásahy, jako je dvakrát ročně odstranění náletových dřevin, a to bez nutnosti zavlažování (Van Lennep & Finn 2008). Další výhodou extenzivních střech je jejich relativně nízká hmotnost, což minimalizuje dodatečné náklady na zesílení střešní konstrukce (GSA 2011). Extenzivní zelené střechy jsou navrženy tak, aby byly soběstačné a prakticky bezúdržbové (Bianchini & Hewage 2012).

Intenzivní zelené střechy představují opak extenzivních střech. Mají silnou vrstvu substrátu (20–200 cm), která umožňuje pěstování široké škály rostlin, včetně keřů, malých stromů, a dokonce i travních porostů. To však s sebou nese vyšší náklady jak na instalaci, tak na údržbu, protože intenzivní střechy často vyžadují zavlažování, pravidelné hnojení a odstraňování plevele (Vijayaraghavan 2016). Tyto střechy jsou navrženy jako plnohodnotné zahrady, které mohou být přístupné veřejnosti, což zvyšuje jejich hodnotu z hlediska estetického i rekreačního využití. Nicméně, kvůli velké hmotnosti substrátu a potřebě zavlažovacího systému jsou intenzivní zelené střechy náročné na konstrukční řešení, což může výrazně zvýšit náklady na budování. V některých případech je nutná dodatečná konstrukční podpora, aby střecha unesla těžké vegetační prvky (Mahdiyar et al. 2018).

Kromě extenzivních a intenzivních střech existuje i polointenzivní zelená střecha, která kombinuje prvky obou zmíněných typů. Tento typ zahrady nabízí výhodu relativně nízké hmotnosti a přístupnosti pro širší rozsah vegetace než extenzivní střechy. Polointenzivní střechy mohou obsahovat drobné keře, půdopokryvné rostliny a trávy, ale zároveň jsou méně nákladné na údržbu než intenzivní střechy (Van Lennep & Finn 2008). Přestože polointenzivní střechy stále vyžadují zavlažování a údržbu, nejsou tak náročné jako intenzivní střechy, což z nich dělá ideální kompromis mezi ekologickými a ekonomickými výhodami (Bianchini & Hewage 2012).

Z těchto tří typů jsou extenzivní zelené střechy nejrozšířenější, zejména kvůli jejich nižším nákladům a jednodušší údržbě. Jsou také nejvhodnější pro budovy s omezenou nosností, což je hlavní důvod, proč se extenzivní střechy často využívají na komerčních nebo veřejných budovách, kde střecha neslouží primárně jako zahrada (Bianchini & Hewage 2012). Tento typ střechy také poskytuje významné ekologické výhody, jako je snížení teploty ve městě a zadržování dešťové vody (Mahdiyar et al. 2018).

Celkově tedy výběr typu zelené střechy závisí na mnoha faktorech, včetně konstrukční nosnosti budovy, finančních možností a plánovaného účelu střechy. Intenzivní střechy nabízejí velký prostor pro kreativitu a ekologický dopad, ale vyžadují vysoké investiční náklady a údržbu. Na druhé straně extenzivní střechy poskytují nenáročné a nákladově efektivní řešení pro zvýšení ekologické hodnoty budov, aniž by výrazně zatížily střešní konstrukci (Mahdiyar et al. 2018).

Podle přístupnosti můžeme střešní zahrady rozdělit do tří hlavních kategorií, jak uvádí Šimečková (2016): pochozí, nepochozí a pobytové. Nepochozí střechy nejsou navrženy pro běžný pohyb osob. Obvykle se zde pohybují pouze odborníci, kteří se starají o kontrolu a údržbu. Bezpečnost na těchto střechách může být zajištěna použitím osobního jištění (Šimečková 2016). Tyto střechy jsou většinou těžko přístupné a mají omezenou možnost

údržby, proto je nezbytné zvolit souvrství a vegetaci, které jsou stabilní, odolné vůči zaplevelení a mají nízké nároky na údržbu. Takové střechy obvykle spadají do kategorie extenzivních střech. Přesto mohou i na těchto střechách vegetační souvrství plnit většinu ekologických funkcí, jako je podpora biodiverzity, zlepšení tepelných vlastností budovy a zvýšení schopnosti zadržovat srážkovou vodu (Dostálová 2021; Getter & Rowe 2006).

Pochozí zahrady jsou zpřístupněné pouze úzkému okruhu lidí v omezeném rozsahu (Šimečová 2016). I zde je navrhována výsadba pro extenzivní střechu s minimálními nároky na údržbu. Z důvodu nepoškozování vegetace je doporučené zřídit chodníčky z kameniva, dlaždic, roštů nebo kamene (Dostálová 2021).

Pobytové zahrady jsou většinou běžně přístupné, slouží zejména pro pohyb a pobyt osob (Šimečková 2016). U tohoto typu střech lze již využít s ohledem na nosnost konstrukce intezivní či polointezivní výsadbu. Vždy však musíme myslet na adekvátní údržbu a systém zavlažování (Dostálová 2021).

Dále můžeme ozeleněné střechy rozdělit dle vegetačního souvrství, a to na jednovrstvé vegetační souvrství a vícevrstvé vegetační souvrství. U jednovrstvého souvrství substrát plní vegetační, drenážní a hydroakumulační funkci. Tento typ souvrství se využívá hlavně u jednoduchých extenzivních a šikmých střech (Šimečková 2016). U šikmých střech je důležitý sklon kvůli odvodu vody a prevenci vzniku kaluží (Dostálová 2021). Základním požadavkem je nízký obsah jemných částic v substrátu a jeho dobrá propustnost pro odvádění přebytečné vody (Šimečková 2016). Pro zlepšení drenážní funkce lze do substrátu vložit drenážní kanálky ve směru odtoku vody (Dostálová 2021).

Vícevrstvé vegetační souvrství se skládá z několika vrstev, nejčastěji vegetační, filtrační, hydroakumulační, drenážní a ochranné (Šimečková 2016). Tento typ se uplatňuje především u intenzivních, polointenzivních a většiny plochých extenzivních střech (Dostálová 2021). Výběr typu souvrství a vegetace ovlivňuje způsob využití, stavební podmínky, vlastnosti konstrukce, lokalita a výška budovy (Šimečková 2016).

Střešní zahrady lze také rozdělit i podle sklonu střechy, jak uvádí Šimečková (2016) se střechy dělí na ploché, které mají sklon menší než 5 °, a šikmé, s rozsahem sklonu mezi 5 °–45 °. Šikmé střechy se dále dělí na střechy s mírným sklonem 5 °–20 ° a se sklonem velkým, tedy 20 °–45 °, v závislosti na konstrukci vegetačního souvrství a zajištění vrstev proti sesuvu. Další kategorií jsou strmé střechy se sklonem nad 45° (Šimečková 2016).

Sklon střechy ovlivňuje volbu typu zeleně i opatření potřebná k zajištění stability souvrství. Zelené střechy lze vytvořit na všech plochých střechách, včetně těch s opačným pořadím vrstev (Čermáková et al. 2009). Šikmé a strmé střechy jsou technicky náročné a vyžadují opatření proti sesuvu vrstev, mají i další specifické požadavky (Dostálová 2021). Zeleň lze aplikovat na šikmé střechy se sklonem až do 60 °, ale optimální sklon pro zelené střechy je obvykle mezi 2–5 °. U střech se sklonem do 5 % klesá potřeba hydroakumulace, ale roste tloušťka drenážní vrstvy. U sklonů nad 5 % je potřeba opačná – více hydroakumulace a menší důraz na odvodnění. Střechy se sklonem nad 30 % vyžadují individuální přístup. Při navrhování je třeba vzít v úvahu nejen sklon, ale i vláhové nároky vegetace. Střechy se sklonem do 2 % bývají dlouhodobě vlhké, což není vhodné pro suchomilné rostliny, které by mohly být vytlačeny mechem. S vyšším sklonem střechy přicházejí extrémnější podmínky, například vyšší sluneční záření, vítr, eroze a rychlejší vysychání, což také ovlivňuje dostupnost přirozených srážek (Čermáková et al. 2009). Šikmé a strmé střechy bývají atraktivní, na rozdíl od plochých, které často nejsou viditelné (Dostálová 2021). Při návrhu střech je nutné respektovat místní urbanistické regulativy, které často určují tvar, sklon, výšku a někdy i barvu střechy, protože střecha významně ovlivňuje architektonický vzhled budovy (Čermáková et al. 2009). Vzhledem k vyšší technické náročnosti a ceně jsou většina projektovaných a realizovaných zelených střech ploché nebo jen mírně šikmé (Dostálová 2021).

Podle prostorové vazby na terén můžeme zelené střechy rozdělit na tři základní typy: zelené střechy v úrovni s parterem, v dotyku s parterem a bez dotyku s parterem (Šimečková 2016). Zelené střechy v úrovni s parterem jsou často navrženy jako veřejné prostory, které se nacházejí nad podzemními objekty, jako jsou například garáže, stanice metra nebo nákupní centra. Tyto střechy jsou tak nenápadně začleněny do městské struktury, že si uživatelé často neuvědomují, že se pohybují nad podzemními objekty. Vzhledem k intenzivnímu využívání těchto prostor jsou tyto zahrady nejčastěji navrhovány jako intenzivní střešní zahrady (Dostálová 2021).

Druhý typ, zelené střechy v dotyku s parterem, nabízí architektům široké možnosti využití při tvorbě nových městských nebo krajinných prostorů. Tento typ umožňuje budovám přirozeně splynout s okolním prostředím, což je obzvlášť užitečné ve volné krajině. Vzhledem k náročnějším podmínkám pro vegetaci jsou však tyto střechy obvykle navrženy buď jako extenzivní, nebo jako jednoduché intenzivní zelené střechy (Dostálová 2021).

Nejčastější variantou zelených střech jsou střechy, které se nacházejí mimo přímý dotyk s parterem. Tyto střechy mohou mít různé funkce, ale při jejich návrhu je důležité respektovat provozní, kompoziční a bezpečnostní omezení vycházející z povahy objektu a potřeb uživatelů. Zvolený typ zahrady – extenzivní, intenzivní nebo polointenzivní – musí být těmto omezením přizpůsoben (Šimek 2005).

3.6. Faktory ovlivňující volbu vhodného typu vegetačního souvrství a formy vegetace

Pro výběr vhodného typu zelené střechy a druhu vegetace je klíčová nosnost stavební konstrukce (Dostálová 2021). Rozhodnutí o nosném systému učiní stavební inženýři na základě dostupných informací o stávající budově, nebo na základě podrobného posouzení. Definitivní omezení nastiňují návrh rozložení zatížení a požadované výztuže, jako jsou: skutečná pevnost a konstrukční konfigurace stávající budovy, únosnost zeminy, zatížení větrem a zemětřesením, kromě návrhové přidané hmotnosti, která definuje některá omezení při rozhodování o nejvhodnějším nosném systému (Papageorgiou 2016). Pokud je nosnost nízká, je nutné tomu přizpůsobit vše ostatní.

Dalším důležitým faktorem je způsob využití střechy a možnosti její údržby (Dostálová 2021). Úkony údržby představují soubor postupů, které by měly být dodržovány během celého životního cyklu zelené střechy (Silva et al. 2015). Zmiňuje se také potřeba odlišných požadavků na údržbu u extenzivních a intenzivních zelených střech (Landschaftsentwicklung 2008). Kontrolní seznam stávající údržby pro každou střechu zahrnuje např. následující úkony (Landschaftsentwicklung 2008; Tolderlund 2010; Fundacio 2012): úklid, zálivka, hnojení, prořezávání, odstranění nežádoucí vegetace, doplnění substrátu, doplnění ochranné vrstvy proti erozi, opětovná výsadba míst, ochrana proti škůdcům, kontrola ukotvení vysoké vegetace, odstranění suché vegetace a suti (Bouattour & Alain). Přístupnost pro údržbu střechy je důležitá pro zajištění pravidelné údržby. Střecha může být nevyužívaná, určená pro občasný pohyb omezeného počtu osob, trvalý pohyb lidí či vozidel nebo pro soukromé či komerční zemědělské či zahradnické účely. Pro majitele, který nechce střechu intenzivně využívat, je vhodná vegetace, která vyžaduje minimální údržbu a má nízké náklady na zavlažování. Obecně platí, že čím tenčí je souvrství, tím nižší a méně druhově bohatá je vegetace, s menším výskytem plevele a nižšími nároky na péči, přičemž je nutné zajistit podmínky pro přežití a regeneraci rostlin (Dostálová 2021).

Důležité jsou také informace o budově, jako je její poloha, způsob využití a charakteristiky střechy, včetně rozlohy zelené střechy, typu, sklonu a dostupnosti. Zároveň je nutné zvážit, zda je střecha viditelná z domu nebo okolí. Při výběru vegetace je třeba vzít v úvahu specifické

podmínky, jako je orientace ke světovým stranám a větrná expozice. Podstatné je také posoudit případné zastínění nebo překážky bránící srážkám, protože tyto faktory ovlivňují růst a ochranu rostlin, a přizpůsobit tomu výběr druhů vegetace (Dostálová 2021; Silva et al. 2015)

3.7. Požadavky na stavbu a stavební materiály

Vytvoření úspěšné zelené střechy vyžaduje úzkou spolupráci mezi mnoha členy stavebního týmu. Záměry a úkoly musí být vyjasněny v rané fázi, protože to bude mít význam pro každou část projektu (Johnston & Newton 2004).

Téměř všechny střešní konstrukce lze do jisté míry ozelenit. Některé jsou vhodnější, některé zase méně vhodné (Šimečková 2016). Zelené střechy neboli střechy s vegetačním souvrstvím řadíme mezi střechy s provozním souvrstvím obdobně jako balkony, lodžie a terasy. Vegetační vrstvy se nejčastěji aplikují na plochých střechách, které mohou být z hlediska stavební konstrukce řešeny jako jednoplášťové nebo dvouplášťové, zateplené i nezateplené. Zateplení nemá u extenzivní vegetace zásadní vliv, protože rostliny, které se zde vyskytují, dokážou přežít i v přírodě za extrémních podmínek. Tenká vrstva substrátu v zimě promrzne na zateplené i nezateplené střeše stejně. U intenzivní vegetace mohou na nezateplené střeše některé citlivější druhy rostlin vymrzat (Dostálová 2021).

Jednoplášťová střecha, často označovaná jako "teplá" střecha, je charakteristická přítomností izolační vrstvy, která zajišťuje tepelnou izolaci (Šimečková 2016). Jedná se o pevné střechy bez vzduchové mezery mezi jednotlivými vrstvami střešní konstrukce (Zingre et al. 2015). Tento typ střech je nejrozšířenější mezi plochými střechami a je tvořen jedním nosným pláštěm, který odděluje vnitřní prostředí od vnějšího. V minulosti byly tyto střechy navrhovány se systémem větracích kanálků, který se však ukázal jako často neefektivní (Čermáková et al. 2009). Jednoplášťové střechy bez izolační vrstvy se používají pro nevytápěné objekty, kde plní dvě hlavní funkce: hydroizolační a nosnou. V této podobě představují nejjednodušší konstrukci. Ve většině případů obsahují parotěsnou vrstvu, bez níž je vhodné je realizovat pouze v prostorách s relativní vlhkostí nižší než 60 %. Nevětraná jednoplášťová střecha je specifická absencí větracích kanálků spojených s vnějším prostředím a je charakteristická umístěním hydroizolační vrstvy nad izolační vrstvou (Šimečková 2016).

Dvouplášťová střecha, která se skládá ze dvou pevných střech (sekundární střecha nahoře a primární střecha dole) oddělených vzduchovou mezerou (buď otevřenou, nebo uzavřenou), je oblíbenou metodou pasivního chlazení střechy (Wong & Li 2007). Sekundární střecha chrání primární střechu před přímým slunečním zářením a vzduchová mezera funguje jako izolační vrstva. V případě otevřené vzduchové mezery umožňuje proudění vzduchu efektivně odvádět teplo do venkovního prostředí a tím snižovat tepelné zisky do vnitřního prostředí přes primární střechu (Zingre et al. 2015). U tohoto typu střech je spodní vrstva masivní a vzduchotěsná, přičemž je nejčastěji tvořena železobetonovou konstrukcí, zatímco horní vrstvu tvoří dřevěná konstrukce (Šimečková 2016). Zelené střechy se používají především u budov s vnitřním prostředím, kde je vysoká relativní vlhkost vzduchu (přes 80 %), například nad plaveckými bazény. Ozeleňování těchto střech za účelem zlepšení jejich tepelně izolačních vlastností nemá kvůli přítomnosti odvětrávané vzduchové vrstvy významný efekt (Čermáková et al. 2009).

Podle Čermákové et al. (2009) máme podle umístění vrstev střešního pláště střechu bez tepelně izolačních požadavků, poté s klasickým pořadím vrstev, kde hydroizolační vrstva je na vrchním líci střešního pláště. Dalším typem je takzvaná obrácená střecha. Obrácená střecha je specifická konstrukce, u níž je hydroizolační vrstva umístěna pod tepelnou izolací. Jako tepelně izolační materiál se využívá výhradně extrudovaný polystyren (XPS) díky jeho dobrým tepelně izolačním vlastnostem a nízké nasákavosti, která nepřesahuje 0,5 % (Šimečková 2016). Tento typ střechy prodlužuje životnost střešního pláště, protože tepelná izolace chrání hydroizolaci

před teplotními výkyvy a mechanickým poškozením. Obrácené střechy rovněž významně omezují tvorbu kondenzace v konstrukci střechy (Čermáková et al. 2009).

Realizace obrácených střech je z ekonomického hlediska nákladnější, a to především kvůli použití dražšího extrudovaného polystyrenu. Výhodou však je, že montáž tepelné izolace není ovlivněna počasím, čímž se celý proces výstavby urychluje a eliminuje potřeba dočasné hydroizolace (Šimečková 2016). U tohoto typu střech je také nutné počítat s možným výskytem náletové zeleně, a proto je důležité přizpůsobit hydroizolaci tak, aby byla odolná proti prorůstání kořenů. V případě, že se taková vegetace objeví, musí být pravidelně odstraněna, buď mechanicky, nebo pomocí herbicidů s dlouhodobým účinkem (Čermáková et al. 2009).

Hydroizolační vrstva na obrácených střechách musí být odolná proti nasákavosti a opakovanému cyklu zmrazování a rozmrazování. Extrudovaný polystyren, který se u těchto konstrukcí používá již desetiletí, splňuje tyto požadavky díky své vysoké pevnosti v tlaku a odolnosti vůči biologické korozi (Francke & Geryło 2018).

Dalším typem jsou DUO střechy, které kombinují vlastnosti jednoplášťové střechy s klasickým pořadím vrstev a obrácené střechy. Tento typ skladby se používá především při rekonstrukcích plochých střech, kdy je potřeba dodatečné zateplení, ale také u nových střech, kde je důležité minimalizovat prochlazování nosné konstrukce dešťovou vodou a zároveň ochránit hydroizolaci nebo zvýšit zatížitelnost tepelné izolace (Dostálová 2021). Po opravě nebo výměně hydroizolační vrstvy se na stávající střechu přidá další vrstva tepelné izolace, obvykle z extrudovaného polystyrenu, zatímco původní izolace zůstává jako doplňková. Tento přístup je typický pro rekonstrukce, ale lze jej použít i u ozeleněných střech, kde substrát a vegetace nad hydroizolací fungují jako přídavná tepelná izolace (Čermáková et al. 2009).

Takzvané "Plus střechy" se používají především při rekonstrukcích, kdy se na stávající hydroizolaci střechy s klasickým pořadím vrstev po její výměně nebo opravě přidá další vrstva tepelné izolace. Na tuto novou izolační vrstvu se následně aplikuje nová hydroizolační vrstva. Původní hydroizolace přitom obvykle slouží jako parozábrana (Čermáková et al. 2009).

Dispoziční požadavky pro ozeleněné střechy zahrnují celou řadu faktorů, které je nutné zohlednit pro zajištění optimálních podmínek růstu vegetace. Problematická jsou například místa v dešťovém stínu, kde dochází k nedostatku vlhkosti, nebo uzavřená atria, kde vysoké letní teploty a omezená výměna vzduchu mohou ohrožovat vegetaci. Dalším kritickým faktorem je dlouhodobé proudění vzduchu, například v důsledku okolní zástavby, nebo blízkost komínů a výdechů technologických zařízení, kde mohou teplotní extrémy a chemické látky negativně ovlivnit růst rostlin (Dostálová 2021).

Umístění zelené střechy hraje v tomto kontextu klíčovou roli. Výška budovy, orientace střechy, její vystavení větru, slunečnímu záření a stínění okolními budovami mohou významně ovlivnit funkčnost a dlouhodobou udržitelnost zelené střechy. Větrná expozice, zejména u vysokých budov, se odvíjí od místních podmínek, typu střechy a její konstrukce. Současně mohou vizuální aspekty, jako pohledy na střechu a z ní, ovlivnit rozmístění jednotlivých prvků, aby byl zajištěn maximální estetický i funkční efekt (Hiu 2011). Ve všech těchto případech je nutné pečlivě vybírat vhodné rostliny, nebo v případě potřeby nahradit část vegetace praným kamenivem, které zajistí stabilitu konstrukce a sníží rizika spojená s nepříznivými podmínkami (Dostálová 2021).

Zatížení střešního pláště je klíčovým aspektem při návrhu zelené střechy a musí být pečlivě zohledněno již v počáteční fázi projektu (Šimečková 2016). Pochopení konstrukčního zatížení (vlastní a užitné zatížení) během implementace je obzvláště důležité. Stanovení únosnosti konstrukce je kombinací vlastního zatížení (všechny trvale umístěné části střechy nad a pod, včetně zpevněného povrchu, rostlin, pěstebního média, prvků atd.) a živého zatížení (nekonzistentní hmotnost, jako jsou lidé, dešťová voda, dočasné součásti a zařízení). Během výstavby je třeba pečlivě naplánovat a vypočítat dočasné umístění těžkých součástí, jako jsou stromy, palety nášlapných kamenů, pěstební média, betonové květináče, stěny a nábytek.

Doporučuje se pečlivě rozfázovat dodávku a instalaci pěstebních médií, aby se udržely nízké mzdové náklady a zajistilo, že harmonogram zůstane podle plánu (Hiu 2011).

Důležitým faktorem při navrhování zelených střech je také typ použitého vegetačního souvrství. U intenzivních zelených střech je nutné zohlednit váhu dřevin při jejich cílové velikosti, protože hmotnost těchto rostlin může během let výrazně převýšit běžné zatížení plánované pro danou konstrukci (Šimečková 2016). V případě bodového zatížení, jako jsou například těžké květináče nebo stromy, je nutné toto zatížení řešit individuálně, aby nedošlo k přetížení konstrukce. Také je třeba brát v úvahu přitížení způsobené použitím kameniva na střeše, které je často vyžadováno z technických nebo požárních důvodů, zejména na převislých okrajích střech (Dostálová 2021).

Celková únosnost konstrukce je určena kombinací stálého a provozního zatížení, přičemž důležité je i správné rozložení hmoty při samotné realizaci. To zahrnuje nejen hmotnost stálých prvků, jako jsou substráty a drenážní vrstvy, ale také dočasné zatížení, například během instalace těžkých částí vegetačního souvrství. Pečlivé plánování a rozfázování instalace jednotlivých materiálů může pomoci udržet náklady na nízké úrovni a zajistit, že projekt bude postupovat podle harmonogramu (Hiu 2011).

Sklon střechy je jedním ze základních prvků při navrhování střešní zeleně, protože každá střecha by měla mít spád, aby umožnila odvod vody při srážkách. Tento sklon hraje klíčovou roli při řešení odtoku přebytečné vody a erozi substrátu. Pro extenzivní nebo jednoduchou intenzivní vegetaci se doporučuje minimální sklon střechy 2 %, zatímco bezspádové střechy jsou vhodné pro intenzivní ozelenění s akumulací vody, kterou lze zajistit i pomocí akumulačních prahů (Šimečková 2016). Výzkum Getterové et al. (2007) prokázal, že sklon střechy má přímý vliv na množství zadržovaného odtoku. Retenční schopnosti se s rostoucím sklonem snižují, což bylo významné zejména pro sklony mezi 2 % a 15 % a také mezi 2 % a 25 %.

Odvodnění zelených střech je klíčovým faktorem pro zajištění jejich dlouhodobé funkčnosti a ochrany nosné konstrukce střechy. V rámci návrhu odvodnění je třeba se zaměřit nejen na samotné odvodnění vegetačních ploch, ale také na odvodnění ploch bez vegetace a na vodu, která stéká z fasády budovy. Podle Šimečkové (2016) rozlišujeme tři základní způsoby odvodnění: odvodnění ve vegetační ploše, mimo vegetační plochu a samostatné odvodnění pro ozeleněné a neozeleněné plochy. Zajištění efektivního odvodu vody lze dosáhnout použitím různých odvodňovacích zařízení, mezi která patří střešní vpusti, žlaby, štěrbinové žlaby, okapové žlaby a chrliče (Čermáková et al. 2009).

Zelené střechy hrají významnou roli v udržitelných odvodňovacích systémech. Tradičně je nad vrstvou hydroizolační a ochranné vrstvy umístěna drenážní vrstva, jejímž účelem je zadržovat vodu pro rostliny a bezpečně odvádět její přebytek do drenážního systému. Tento systém nejen zajišťuje efektivní využití vody rostlinami, ale také chrání konstrukci střechy před potenciálním poškozením způsobeným hromaděním vody (Baryła 2019).

V případě šikmých střech se odvodnění často provádí pomocí štěrkového pásu s drenážními trubkami, nebo bez nich, s napojením na podstřešní žlaby či chrliče. U těchto střech je důležité počítat se zvýšeným povrchovým odtokem vody, který se projevuje zejména v okapní oblasti, což ovlivňuje dimenzování drenáže (Šimečková 2016). U plochých střech je možné odvodnění provést vnitřním nebo vnějším odvodněním, přičemž vnitřní odvodnění se obvykle řeší pomocí žlabů zaústěných do vtoků nebo samostatnými vtoky umístěnými přímo na střeše. Důležité je také zajistit minimálně dva vtoky pro každou samostatnou část plochy střechy, přičemž pro případy, kdy je pouze jeden vtok, se doporučuje použít nouzový přepad (Dostálová 2021).

Pokud jde o ozeleněné střechy, je nezbytné chránit odvodňovací systémy proti zanášení a zajistit přístup pro pravidelnou kontrolu a čištění. K tomu se doporučuje použití štěrkového obsypu kolem vtoku, což zabraňuje pronikání zeminy a nečistot do systému. Současně je nutné

zajistit, aby hydroizolace byla na těleso vtoku napojena vodotěsně, což je klíčové pro dlouhodobou funkčnost střechy (Čermáková et al. 2009).

Výkonnost zelených střech týkající se hospodaření s dešťovou vodou se může v jednotlivých geografických regionech lišit v důsledku různého klimatu, vzorců srážek, stavebních postupů a materiálů zelených střech. Vliv regionálních podmínek je nezbytné zohlednit při návrhu a realizaci zelené střechy, aby byla zajištěna její efektivita v odvodnění a hospodaření s dešťovou vodou (Locatelli et al. 2014).

Současně je nutné brát v úvahu specifika odvodnění podle typu vegetačního souvrství. U extenzivních střech je součinitel odtoku dešťové vody obvykle 0,3, zatímco u intenzivních souvrství může dosahovat hodnoty až 1,0. Vliv vegetace na odtok dešťové vody je nezanedbatelný, protože díky substrátu a rostlinám se zpomaluje odtok vody, což snižuje riziko vzniku povodní a přetížení kanalizačních systémů (Čermáková et al. 2009).

Správně navržené a realizované odvodnění je tedy nezbytným prvkem pro efektivní fungování zelených střech. Při návrhu je kladeno důraz na kvalitní odvodňovací systémy, které zajišťují nejen ochranu střechy, ale i prevenci problémů spojených s hromaděním vody na střeše, což by mohlo vést k vysokým nákladům na opravy a obnovu systému v případě poruch (Šimečková 2016).

Zavlažovací systémy jsou nezbytným prvkem pro udržení zdravé vegetace na zelených střechách, především v obdobích sucha a v klimatických podmínkách, které neumožňují dostatečné přirozené zavlažování (Pirouz et al. 2023). Pro účinné zavlažování zelených střech je nutné zajistit minimálně jeden přívod vody, který je chráněný před poškozením mrazem, a přizpůsobit systém podle konkrétních podmínek stavby, velikosti půdorysu a typu vegetace (Šimečková 2016). Výběr správného zavlažovacího systému je zásadní, přičemž běžné systémy zahrnují jak povrchové, tak podpovrchové závlahy. Podpovrchové zavlažování je stále častěji využíváno, protože snižuje spotřebu vody tím, že minimalizuje ztráty odpařováním, a navíc přináší vyšší efektivitu ve větrných podmínkách oproti tradičním postřikovacím systémům (Pirouz et al. 2023). Vlhkost substrátu je jedním z nejdůležitějších faktorů pro úspěšné pěstování rostlin na střechách, zejména v letních měsících, kdy je nutné počítat s vyššími ztrátami vody a doplnit přírodní zdroje umělým zavlažováním (Johnston & Newton 2004).

Jako konstrukční opatření proti sjíždění a sesouvání vrstev je možné použít speciální prostorové smyčkoviny pevně nakašírované na textilii, protiskluzové prahy, mřížoviny, nopové protiskluzové desky nebo textilie. Konstrukční opatření nesmí omezovat vývoj vegetace (Šimečková 2016). Johnston & Newton (2004) a Čermáková et al. (2009) zmiňují, že stabilizace substrátu je nezbytná u střech s náklonem přesahujícím 20 °. Při sklonu 15 ° by měla být stabilizace pečlivě zvážena. Lze se setkat i s doporučením realizace stabilizačnho opatření již při sklonech nad 5 °, což nelze chápat doslovně, jelikož je potřebné zohlednit specifické podmínky daného stanoviště (Čermáková et al. 2009).

Laťové konstrukce z materiálů náchylných k hnilobě, jako je například dřevo, slouží pouze jako dočasné řešení při montáži a neposkytují trvalou ochranu proti sesuvu. Pokud jsou využívány geotextilie nebo kombinované materiály, je třeba ověřit jejich pevnost a stabilitu s ohledem na případné zatížení, včetně zatížení sněhem. U střech s jedním šikmým sklonem je nezbytné trvalé ukotvení hřebenové nebo okapní části. Při použití vegetace ve formě rohoží či koberců na šikmých střechách je doporučeno dočasné ukotvení, dokud kořeny pevně neprorostou nosnou vrstvou střechy. U těžších vrstev by mělo být ukotveno každé oddělení. Na šikmých střechách s vegetačními rohožemi nebo koberci je vhodné použít protiskluzové desky nebo geotextilie s protiskluzovými prvky (Šimečková 2016).

Vítr představuje významný faktor zatížení staveb, zejména střech, svým působením tlaku, sání a třecích sil. Tyto síly jsou ovlivněny intenzitou a směrem větru, výškou budovy, jejím tvarem a sklonem střechy. U vegetačních střech může sání větru způsobit poškození skladby střešního pláště, a to nejen v průběhu výstavby, ale i v dokončeném stavu. Již při projektování

je proto nutné navrhnout odpovídající opatření ke stabilizaci střechy proti sání větru, aby byla zajištěna její dlouhodobá vodotěsnost (Šimečková 2016).

Lehké vegetační střechy, zejména modulární systémy, mají nižší odolnost vůči větru. Vítr na střechách vytváří sací tlak (podtlak), který ovlivňuje různé části konstrukce (Sukopová & Mohapl 2024). Tento účinek se projevuje zejména na hranách, rozích a vnitřních plochách střechy, kde jsou síly větru nejsilnější. Vegetační střechy s propustným povrchem lépe odolávají větrným vlivům díky nepravidelné struktuře vegetace a pěstebního substrátu. Největší riziko poškození však hrozí v počáteční fázi, kdy rostliny ještě nejsou pevně zakořeněné, což zvyšuje jejich náchylnost ke sání větru, zvláště v rohových a okrajových částech střechy (Appupillai et al. 2021).

Vítr má také vysušující účinek na rostliny a půdu, což může vést k erozi substrátu před vytvořením dostatečného půdního krytu. Nedostatečně chráněná vegetace může být silným větrem poškozena nebo vyvrácena. Opatření proti těmto negativním vlivům zahrnují různé možnosti – konfigurace budovy, kdy jsou střešní zahrady navrženy jako dvorky či terasy chráněné částmi budovy, parapetní stěny na střeše nebo umístění technických zařízení, která slouží jako ochrana. Další možností je výsadba odolných keřů či živých plotů, které mohou chránit citlivější rostliny (Johnston & Newton 2004).

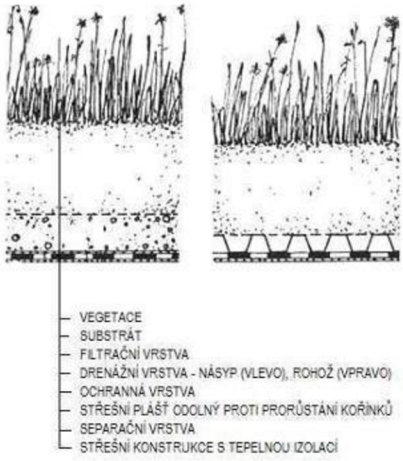
Při navrhování budov a během výběrového řízení je nutné dodržovat předpisy týkající se bezpečnosti práce a ochrany proti pádu z výšky během výstavby, údržby a oprav. Je rovněž důležité zajistit ochranu proti propadnutí stavebními konstrukcemi, jako jsou například světlíky (Šimečková 2016).

3.8. Skladba ozeleněných střešních plášťů

Zelené střechy se skládají z několika vrstev, které společně plní různé funkce a to od podpory vegetace, přes ochranu střechy před mechanickým poškozením, až po zajištění správného odvodnění. Návrh konkrétní skladby se odvíjí od očekávaného využití střechy, sklonu, klimatických podmínek, a konstrukčních vlastností nosné části střechy (Čermáková et al. 2009). Rozdělení jednotlivých vrstev se v odborné literatuře mírně liší, nicméně funkce jednotlivých vrstev zůstávají v zásadě stejné.

Šimečková (2016) definuje zelené střechy na základě **šesti základních vrstev, které jsou uvedeny na obr. 5**:

- **Vegetační vrstva**,
- **Filtrační vrstva**
- **Drenážní vrstva**.
- **Ochranná vrstva**
- **Separační vrstva**
- **Kluzná vrstva**



Obr. 5 Obecná skladba souvrství vegetační střechy
Zdroj: (Minke 2001)

Vegetační vrstva je estetická vrstva zelených střech, která tvoří základ pro růst rostlin a zajišťuje potřebné živiny a kořenění (Clark et al. 2008). Do substrátu je vysazena vegetace; proto materiály a živiny substrátové vrstvy podporují růst rostlin a fyziologickou výkonnost rostlin (Young et al. 2014). Musí být schopna akumulovat vodu, ale zároveň umožňovat dostatečné provzdušnění substrátu i při jeho plném nasycení vodou (Šimčková 2016).

Existují dva hlavní typy vegetační vrstvy: sypané substrátové směsi, které lze přirovnat k tomu, co bychom označili jako půdu nebo zeminu, a kombinace substrátových směsí s panely, jako jsou hydroakumulační desky, které jsou pokryty vrstvou minerálního substrátu (Dostálová 2021). Pěstební substrát na zelené střeše by měl být navržen tak, aby přinášel dlouhodobé výhody, jako je zlepšení kvality vody, snížení vrcholových průtoků a poskytování hlukové a tepelné izolace. Zároveň má substrát zásadní význam pro růst rostlin, protože zajišťuje jejich ukotvení a stabilitu a poskytuje podmínky vhodné pro jejich agronomický vývoj. Některé substráty mají tendenci rychle absorbovat vodu během deště, což zvyšuje jejich hmotnost. Obvykle se hmotnost substrátu u extenzivních zelených střech pohybuje mezi 12 a 14 kg/m² při tloušťce 8 cm, zatímco u intenzivních střech může dosahovat až 600 kg/m² s tloušťkou 50–60 cm (Cascone 2019).

Kvalitní střešní substrát by měl splňovat následující vlastnosti, jak uvádí Dostálová (2021): vhodnou objemovou hmotnost, dlouhodobou stabilitu a odolnost vůči erozi způsobené větrem a vodou. Důležité je, aby si substrát zachovával objem a měl dostatečnou schopnost zadržovat vodu, stejně jako byl dobře provzdušněný i při plném nasycení vodou. Substrát by měl mít dobrou propustnost pro vodu a nízký obsah jílovitých částic, které by mohly zanést drenážní vrstvu. Ve vegetační vrstvě střech s nízkou údržbou by měl mít minimální podíl organických látek a být schopný uvolňovat živiny. Dále by měl obsahovat přiměřené množství živin, nesmí obsahovat nadbytečná semena plevelů a jiné látky škodlivé pro životní prostředí. Je také nutné, aby splňoval limity obsahu rizikových prvků (Dostálová 2021).

Filtrační vrstva je prvkem vegetačního souvrství zelených střech, který odděluje substrát od drenážní vrstvy. Jejím hlavním úkolem je zabránit vniknutí jemných částic z vegetační vrstvy do drenáže, čímž chrání drenážní prostor před zanesením a ucpáním. Důležité je zajistit dostatečné překrývání sousedních pruhů filtrační textilie, aby substrát nepronikal do drenážní vrstvy, doporučuje se překrytí minimálně o 10 cm (Dostálová 2021).

Materiál filtrační vrstvy musí být odolný vůči dlouhodobé degradaci vlivem vlhkosti, mikroorganismů a kořenů. Často se používají netkané nebo tkané geotextilie s charakteristickou velikostí otvorů 0,06 až 0,2 mm, které zachytí až 90 % jemných částic. Pro ploché střechy s vegetační vrstvou o tloušťce do 25 cm je zpravidla vhodná filtrační textilie s plošnou hmotností 100–200 g/m². U šikmých střech není vždy nutná, jelikož substrát a drenážní vrstva se mohou promíchat, čímž se snižuje riziko sesuvu substrátu (Čermáková 2009).

Filtrační textilie musí mít vysokou propustnost vody, minimálně 10krát vyšší než podklad, aby nebyl omezen průchod vody (Chenani et al. 2015). Dva hlavní typy materiálů, které se používají pro filtrační vrstvu, jsou zrnité materiály (např. pemza, keramzit) a netkané geotextilie s propustností vody větší než 0,3 m/s. Filtrační vrstva musí rovněž odolávat mechanickému zatížení a být dostatečně pevná, aby se minimalizovala deformace a zachovala funkčnost systému (Cascone 2019).

Drenážní vrstva akumuluje přebytečnou vodu v dutinách a pórech a zbytek odvádí ke střešním vpustím. (Šimečková 2016). Chrání rostliny před přemokřením to je důležité, aby se zabránilo hnilobě kořenů rostlin v důsledku nadměrného množství vody v půdě (Maksimovic 2012), většina vegetace potřebuje větraný a nepodmáčený substrát (Jiang et al. 2017). Kořeny

rostlin potřebují přijímat kyslík, což je jim při ponoření ve vodě znemožněno a rostliny odumírají (Kotásková & Štěpán 2007). Při vhodném materiálovém složení slouží i k zásobení a akumulaci vzduchu ve střešním plášti (Šimečková 2016). Při rozhodování, zda je potřeba drenážní vrstva a jaká by měla být její tloušťka, je klíčovým faktorem sklon střechy. Na plochých střechách se voda po silných deštích hromadí, což brání rostlinám v dostatečném přístupu vzduchu ke kořenům. Proto je v takových případech drenáž nezbytná. U střech se sklonem nad 5° už drenážní vrstva obvykle není potřeba (Čermáková et al. 2009). Jiang et al. (2017) však uvádí, že drenážní vrstva není potřeba pro střechy se sklonem vyšším než 7 °. Drenážní vrstva však může sloužit i k akumulaci vody pro případy déletrvajícího sucha, v tomto případě se nazývá jako drenážně – hydroakumulační vrstva. Pro tuto vrstvu se mohou využívat sypké materiály (například liapor nebo cihlový recyklát) nebo profilované fólie a desky. U sypkých materiálů je důležité, aby měly schopnost zadržovat vodu (15–20 % objemově), proto by měly mít otevřenou pórovitost a různorodou velikost částic. Přírodní kamenivo se pro tento účel nehodí, jeho nevýhodou je vyšší objemová hmotnost a vyšší spotřeba vody (Kotásková & Štěpán 2007), jelikož materiál nedokáže zadržet nevyužitou závlahovou vodu pro pozdější použití (Čermáková a kol. 2009). Profilované fólie, jako jsou nopové fólie, a desky z polystyrenu slouží k uchování vody během suchých období a mohou pojmout 5–10 litrů vody na metr čtvereční. K dispozici jsou i perforované fólie, které zlepšují provzdušnění kořenů díky perforacím na vrchní straně nopků (Kotásková & Štěpán 2007). Samostatná drenážní vrstva může být složena z následujících materiálů: nopová fólie (bez hydroakumulační funkce, s hydroakumulační funkcí), drenážní panely (např. EPS tvarovky, desky z recyklátů, hydrofilní minerální vlna), sypké hmoty (např. keramit, láva, štěrk, pěnosklo), smyčkové rohože aj. (Dostálová 2021).

Ochranná vrstva chrání hydroizolační/kotvenozádržnou vrstvu. Při použití vhodného materiálu může současně tvořit veškerou ochrannou vrstvu (Šimečková 2016). Může však plnit i funkci ochrany proti prorůstání kořínků a přispívat k akumulaci menšího množství vody. Její funkci může přebírat i drenážní vrstva z nopkové fólie s přesahy (alespoň 250 mm) a prolepenými spoji. Toto řešení je však vhodné ověřit výrobcem (Kotásková & Štěpán 2007). Požadavkem na tuto vrstvu je schopnost odolávat zatížení a namáhání jak ve fázi výstavby, tak v provozní fázi. Proto je nutné jej umístit za antikořenovou membránu. Za běžných podmínek je hlavním zatížením, které musí tato vrstva unést, hmotnost konstrukčních vrstev umístěných nad antikořenovou membránou (Cascone 2019). Jako ochranná vrstva se mohou využívat netkané textilie s minimální plošnou hmotností 300 g/m², cementové nebo betonové potěry, hydrofilní minerální vaty, ale také desky a fólie, které se běžně používají v drenážní vrstvě. V případě použití cementového potěru se doporučuje snížit jeho nasákavost a zabránit vymývání karbonátu pomocí hydroizolační stěrky nebo uzavíracího nátěru. Cementový potěr by měl mít tloušťku alespoň 30 mm a měl by být oddělen od hydroizolace separační a dilatační vrstvou, například PE fólií (Kotásková & Štěpán 2007).

Separanční vrstva je klíčovou součástí střešního systému, jejímž úkolem je oddělit vrstvy, které by mohly být vzájemně poškozeny mechanickými, chemickými nebo jinými vlivy (Šimečková 2016, Čermáková et al. 2009). Tato vrstva je často využívána pro separaci materiálů s odlišnou tepelnou roztažností, jako je měkčené PVC a polystyren, aby se předešlo jejich vzájemnému narušení. Separační vrstvu lze vytvořit použitím geotextilií s odpovídajícími vlastnostmi nebo PE fólie o tloušťce 0,2 mm a plošné hmotnosti 190 g/m², přičemž je nutné splňovat požadavky evropské normy ČSN EN 13252, která se týká geotextilií a podobných materiálů určených pro odvodňovací systémy (Dostálová 2021).

Kromě své hlavní funkce může separační vrstva zároveň působit jako dilatační, drenážní nebo expanzní vrstva, pokud je správně zvolený materiál (Čermáková et al. 2009). PE fólie může sloužit také jako kluzná vrstva, která zmírňuje mechanické namáhání v případech, kdy

dochází k intenzivnímu mechanickému tlaku, například při brzdění vozidel na střešních parkovištích nebo při jejich provozu na jiných zatížených konstrukcích (Dostálová 2021).

Kluzná vrstva zabraňuje nežádoucímu přenosu sil mezi sousedními materiály a omezuje třecí síly mezi jednotlivými vrstvami (Šimečková 2016).

3.9. Výběr rostlin

Při výběru rostlinného materiálu pro ozelenění střech je nutné zohlednit řadu vzájemně souvisejících faktorů: konstrukční parametry střechy, klimatické podmínky, ekologické nároky rostlin, účel vegetace i plánovanou intenzitu údržby (Dostálová 2021; Šimečková 2016). Zásadním rozdílem mezi extenzivními a intenzivními střechami je mocnost substrátu a dostupnost vody. Zatímco u intenzivního ozelenění lze vybírat ze širokého spektra dřevin, trvalek, travin i stromů díky vyšší mocnosti substrátu a možnosti zavlažování, u extenzivních střech s mělkým profilem je nutné volit výhradně druhy s vysokou tolerancí k suchu a výkyvům teplot (Getter & Rowe 2006; Dostálová 2021).

Rostliny vhodné pro extenzivní systémy musí být schopny přežívat bez dodatečné zálivky, regenerovat po stresu a udržet stabilní pokryv půdy (Čermáková et al. 2009). Důležitými vlastnostmi jsou rychlý zápoj, vegetativní šíření, dlouhověkost a schopnost samovolného obnovení. Klíčovým kritériem je odolnost vůči suchu – včetně schopnosti snížit transpiraci, akumulovat vodu či uzavírat průduchy během dne (Getter & Rowe 2006). Například druhy s CAM metabolismem (crassulacean acid metabolism), jako jsou rozchodníky (*Sedum* spp.), přijímají CO_2 v noci, čímž minimalizují denní ztráty vody výparem (Durhman et al. 2006; Getter & Rowe 2006).

Mezi nejčastěji používané druhy patří *Sedum album, S. acre, S. spurium, S. reflexum*, které byly schopny přežít i několikaměsíční období bez zálivky (Getter & Rowe 2006; Williams et al. 2010). V některých případech byla prokázána extrémní odolnost, jako např. *Sedum rubrotinctum* přežil dva roky bez zálivky ve skleníkových podmínkách. Kromě rozchodníků jsou vhodné také další sukulentní druhy jako *Delosperma* sp., *Euphorbia* sp. či *Sempervivum* sp., jejichž uplatnění však závisí na konkrétních klimatických podmínkách (Getter & Rowe 2006; Sam & Hui 2011).

Šimečková (2016) upozorňuje, že nesprávný výběr druhů může vést k estetickým i funkčním výpadkům vegetace, zejména pokud není dodržen princip druhové pestrosti. Monokultury jsou obecně méně stabilní, proto je výhodné kombinovat více odolných druhů, které se vzájemně doplňují co do doby kvetení, habitu i ekologických nároků. Biodiverzita zvyšuje nejen estetickou kvalitu střechy, ale i její odolnost vůči stresovým podmínkám a škůdcům (Šimečková 2016; Dostálová 2021).

Podobně se výběrem vhodných kombinací trvalek zabývala i tříletá studie Pomatta et al. (2023), která hodnotila pokryvnost, tvorbu biomasy a potlačení plevelů u různých smíšených výsadeb bez zavlažování a hnojení. Nejlepších výsledků dosáhla kombinace *Tulbaghia violacea* a *Phlox subulata*, jež ve třetím roce dosáhla pokryvu přes 64 % a minimálního výskytu plevelů (0,5 g/m²). Naproti tomu složitější směsi se šesti druhy byly méně účinné, což poukazuje na význam promyšleného výběru druhů a jejich prostorového uspořádání. I když byl výzkum uskutečněn na městských záhonech, podmínky nízké údržby a stresového prostředí jsou srovnatelné s extenzivními zelenými střechami.

Podle Čermákové et al. (2009) je třeba zohlednit i umístění rostlin na ploše střechy, kdy například na okrajích a výše položených budovách dochází k vyššímu proudění větru, které zvyšuje transpiraci a mechanické namáhání. Méně odolné druhy je proto vhodné vysazovat do chráněnějších částí střechy. Nevhodné jsou stromy s kulovitým kořenovým systémem a

vzrůstem nad 10 m, které mohou deformovat vegetační souvrství nebo být staticky rizikové (Čermáková et al. 2009).

Dostálová (2021) doporučuje volit rostliny podle tzv. stanovištních okruhů, které reflektují přirozené biotopy. Pro extenzivní střechy jsou nejvhodnější druhy z okruhů SH1 (suchá step), FS1 (skalní step), SF (skalní štěrbiny) a M (mělká půda). Přístup založený na výběru druhů z příbuzných biotopů – např. horské svahy, vápencové skály, přímořské oblasti nebo polopouště – se ukazuje jako velmi efektivní (Lundholm et al. 2015; MacIvor & Lundholm 2011). Důležitým faktorem je i struktura vegetačního krytu – přednost mají rostliny s horizontálním rozložením listů a schopností zastínit substrát, čímž přispívají ke snížení výparu (Barrio 1998). Z praktického hlediska je pak třeba zohlednit i dostupnost rostlinného materiálu – některé druhy nejsou běžně pěstovány ve školkách a jejich získání může být složité (Dostálová 2021; Čermáková et al. 2009).

Globální studie potvrzují, že ekologické přizpůsobení rostlin místnímu klimatu je zásadní. Například v chladných a suchých oblastech jsou vhodné druhy odolné vůči nízkým teplotám a s nízkou potřebou vody, jako *Anacyclus depressus*, *Juniperus horizontalis*, *Sedum acre* či *Frankenia thymifolia* (Rickard 2011; Mahdiyar et al. 2019). V horkém a suchém klimatu je klíčová sukulence, hustota listů a hlubší zakořenění, což umožňuje rostlinám přežít období bez deště (Benvenuti & Bacci 2010; Farrell et al. 2013).

Výběr rostlin by měl vycházet z dlouhodobé strategie. V prvních dvou letech po výsadbě je klíčová péče a zavlažování, než dojde k ustálení porostu (Whittinghill et al. 2014; Sam & Hui 2011).

Další kategorií vhodných druhů pro výsadbu na střechách jsou užitkové rostliny, zejména nízkorostoucí druhy ovoce a zeleniny. Jejich použití se osvědčuje zejména u intenzivních a polointenzivních střešních zahrad, kde je dostatečná mocnost substrátu, pravidelná zálivka a snadná dostupnost pro uživatele. Výběr plodin by měl zohledňovat nejen jejich nároky na pěstební podmínky, ale také hmotnost, odolnost vůči suchu a kompatibilitu s ostatními rostlinami (Ajay Kumar et al. 2022).

Mezi vhodné ovocné druhy patří například jahodník (*Fragaria* spp.), maliník (*Rubus idaeus*), drobné citrusy, zakrslá papája (*Carica papaya* 'Dwarf') nebo marhaník granátový (*Punica granatum*). Ze zeleniny se nejčastěji pěstují rajčata, papriky, saláty, ředkvičky, cibule, okurky, fazole, hrách a listová zelenina, které dobře reagují na intenzivní péči a pravidelné zavlažování (Ajay Kumar et al. 2022).

Pěstování užitkových rostlin na střechách může zvýšit soběstačnost obyvatel, snížit uhlíkovou stopu potravin a zároveň posílit vztah uživatelů k místu. Důležité je zajistit vhodné pěstební nádoby nebo záhony s drenáží, dostatečnou hloubku substrátu a ochranu proti větru (Ajay Kumar et al. 2022).

4. Zhodnocení podkladových údajů

Předmětem výzkumu bylo pět střešních zahrad na území statutárního města Plzeň. Mezi nimi se nacházela i jedna z nejstarších střešních zahrad ve městě, situovaná v bezprostřední blízkosti Divadla Josefa Kajetána Tyla. Cílem monitoringu bylo zhodnocení tehdejšího stavu jednotlivých zahrad a návrh revitalizace nejstarší z nich.

U každé střešní zahrady byl proveden stručný popis, analýza druhové skladby a kompozičního řešení. Vzhledem k charakteru výsadeb (zejména u záhonových partií a keřových skupin) nebylo prováděno podrobné hodnocení zdravotního stavu jednotlivých rostlin, ale spíše celkové zhodnocení vitality porostu a úrovně jejich údržby.

Zvláštní pozornost byla věnována nejstarší zahradě v centru Plzně, která plnila reprezentativní funkci. Tvořily ji tři kruhově uspořádané záhony s dominantním stromem ve středu. Druhové složení těchto záhonů se každoročně měnilo. Dále byly analyzovány dvě intenzivní střešní zahrady – jedna v oblasti Jižní Předměstí, druhá na střeše onkologického oddělení v Lochotíně. Zbývající dvě zahrady měly extenzivní charakter – nacházely se na střeše výrobní haly společnosti Ball v Borských Polích a na zastřešení tramvajových zastávek v oblasti Bílá Hora. Jejich rozmístění v městě Plzeň je uvedeno na obr. 6.

Veškerá získaná data byla evidována v přehledných tabulkách a doplněna fotografickou dokumentací.

Obr. 6 Znázornění rozmístění jednotlivých zahrad
Zdroj: https://mapy.cz/letecka?x=13.3763970&y=49.7516037&z=13&ovl=1.cz

4.1. Popis lokality – Plzeň

Plzeň je krajské město Plzeňského kraje, které se nachází na soutoku čtyř řek Mže, Radbuzy, Úhlavy a Úslavy z nichž vzniká řeka Berounka. Jeho rozloha činí přibližně 138 km^2 (Plzeň – TURISMUS p. o., 2015) a počet obyvatel je 185 599 (Obyvatelé Česka 2025). Plzeň svojí rozlohou zaujímá čtvrté největší město v české republice a je významným centrem průmyslu, dopravy, školství i kultury v Západních Čechách (Plzeň – TURISMUS p. o. 2015). Město je členěno do 10 městských obvodů s vlastními orgány samosprávy (Pecuch 2021).

4.2. Historie města Plzeň

Plzeň byla založena kolem roku 1295 králem Václavem II. na soutoku čtyř řek, na křižovatce důležitých obchodních cest (Mazný et al. 2015; Pecuch 2022). Město mělo pravidelný půdorys se sítí ulic a centrálním náměstím, které si zachovalo původní podobu dodnes (Mazný et al. 2015). Z původních dřevěných domů se ve 14. století staly stavby zděné. V 15. století byly ulice dlážděny, vznikly kláštery a výrazně se rozvíjelo stavebnictví (Mazný et al., 2015). Po požáru roku 1507 město obnovilo domy v pozdně gotickém stylu. Následně se prosadila renesance, patrná na měšťanských domech jako U Zlatého hroznu (Mazný et al., 2015). V letech 1599–1600 byla Plzeň sídlem císaře Rudolfa II. (Pecuch 2022; Plzeň – TURISMUS, p. o. 2015). V roce 1618 ji dobyla vojska Mansfelda. Baroko reprezentovali tvůrci jako Auguston nebo Widman (Pecuch 2022).

Ve 19. století nastal průmyslový rozvoj – roku 1842 byl založen pivovar Pilsner Urquell a následně i Škodovka (Pecuch 2022; Plzeň – TURISMUS, p. o., 2015). Historické centrum bylo v roce 1989 vyhlášeno památkovou rezervací (Pecuch 2022). Po roce 1990 vznikla Západočeská univerzita, plzeňské biskupství a v roce 2015 získala Plzeň titul Evropské hlavní město kultury (Plzeň – TURISMUS p. o., 2015).

4.3. Přírodní podmínky

Plzeň leží uprostřed Plzeňské kotliny, která se vyznačuje převážně rovinatým až mírně zvlněným reliéfem se sklonem směrem k severovýchodu (Kolářík 2009). Územím kotliny protékají všechny čtyři hlavní plzeňské řeky, jejichž soutok se nachází přibližně v nadmořské výšce 300 m. Tento soutok, tvořený řekami o délce kolem sta kilometrů, představuje unikátní geografický jev v rámci celé České republiky. Historicky byla nejnižší říční terasa využita pro založení centrálního náměstí Republiky, zatímco vyšší terasy sloužily jako plošiny pro výstavbu budov, jako je Divadlo J. K. Tyla či zástavba na Borských Polích, kde dnes sídlí Západočeská univerzita a průmyslové podniky (Dudák 2008).

Z hlediska půdních poměrů dominují kambizemě, které jsou středně úrodné a mají dobré zásobení živinami. Jejich konkrétní vlastnosti se liší podle lokálních podmínek. V nivách řek převažují nivní půdy, zatímco na úbočích údolí se vyskytují zejména hnědozemní rankery (Kolářík 2009).

Potenciální přirozená vegetace je ve vyšších polohách tvořena acidofilními bučinami, v nižších pak převažují doubravy, místy doplněné o mezofilní porosty s výskytem habru. Současná krajina má převážně zemědělský charakter, s převahou orné půdy (Dudák 2008). V údolích vodních toků se zachovaly zbytky lužních lesů a olšin, doplněné o ruderální vegetaci a člověkem udržované travnaté plochy (Kolářík 2009).

V blízkosti města se nachází několik přírodně cenných lokalit, například přírodní rezervace Háj na východním svahu levého břehu Berounky a Zábělá na protilehlé straně. Tyto chráněné oblasti představují útočiště pro pestrá společenstva rostlin a živočichů, včetně vzácných a chráněných druhů (Kolářík 2009).

Klima oblasti lze zařadit do mírně teplé klimatické oblasti, pro kterou jsou typická suchá a teplá léta, krátká jara a podzimy a zimy s omezenou sněhovou pokrývkou. Průměrná lednová teplota činí -0,3 °C, zatímco v červnu dosahuje 17,4 °C (Pecuch 2020).

4.4. Střešní zahrada Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň

Střešní zahrada je situována na budově onkologického pavilonu ve Fakultní nemocnici Plzeň. Jedná se o pětipodlažní objekt s plochou vegetační střechou tvořenou více vrstvami. Zahrnuje plochu o rozloze 5600 m² a byla realizována v letech 2008 až 2010 jako intenzivní střešní zahrada s převahou keřových výsadeb. Projekt získal třetí místo v soutěži Zelená střecha roku v kategorii Veřejná zelená střecha a současně obdržel Cenu veřejnosti.

Zahrada je volně přístupná veřejnosti, především však slouží pacientům a jejich blízkým jako terapeutický a relaxační prostor. Z levé strany plynule navazuje na okolní terén, což umožňuje bezbariérový vstup zvenčí bez nutnosti procházet budovou. V prostoru zahrady je k dispozici dostatek laviček, které umožňují klidné posezení v příjemném prostředí.

Technické řešení zahrnuje vícesložkovou skladbu vegetačního souvrství:
– ochranná vrstva izolace (polypropylenová textilie min. 300 g/m², tl. 2 mm),
– drenážní a hydroakumulační vrstva (nopová PE fólie tl. 30 mm),
– filtrační vrstva (netkaná textilie min. 300 g/m², tl. 2 mm),
– vegetační vrstva tvořená speciálním substrátem výšky 340–460 mm.

Z hlediska aktuálního stavu výsadeb lze zahradu hodnotit jako funkční a stabilní prvek zelené infrastruktury viz obr. 7 a 8. Na zahradě byla provedena inventarizace viz. obr. 9., na jejím základě byl zjištěn výskyt například těchto rostlin: *Berberis thunbergii*, *Taxus cuspidata*, *Euonymus fortunei* ´Emerald Gold´. Rostliny vykazují vitalitu a přiměřený růst odpovídající daným podmínkám. Pravidelná údržba zajišťuje zachování kompozice a minimalizuje výskyt nežádoucích jevů. Vegetace plní nejen estetickou funkci, ale také přispívá ke zlepšení mikroklimatu budovy – zejména ke snížení teploty interiéru během letních měsíců – a má zásadní vliv na psychickou pohodu pacientů. Tím se potvrzuje důležitá socioestetická i terapeutická role střešní zeleně v kontextu nemocničního prostředí.

V některých částech, zejména na okrajích a exponovaných místech, dochází k úbytku jedinců, což narušuje celistvost porostu a snižuje celkový estetický dojem. Příčinou mohou být extrémní mikroklimatické podmínky a lokální nedostatky v zásobování vodou. Proto je důležité soustavné sledování zdravotního stavu rostlin a průběžné doplňování výsadeb jako součást dlouhodobého managementu.

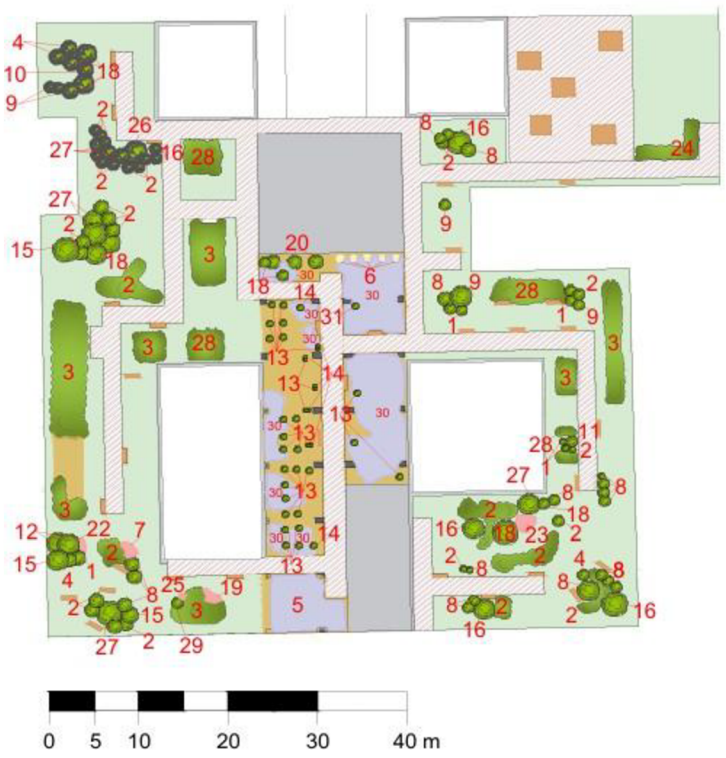
Zároveň by stálo za zvážení doplnění vegetace o smyslové (sensorické) rostliny, které by posílily zážitek uživatelů prostoru nejen vizuálně, ale i čichově či hmatově. Vhodně zvolené druhy s výraznou vůní (např. *Lavandula angustifolia*, *Nepeta x faassenii*, *Thymus serpyllum*) nebo jemnou texturou listů (*Stachys byzantina*, *Festuca glauca*) mohou podpořit relaxační funkci prostoru a obohatit biodiverzitu. Takové prvky jsou zvlášť přínosné v zahradách s terapeutickým nebo pobytovým charakterem, kde interakce s vegetací přináší další rozměr využití prostoru.

Z urbanistického a ekologického hlediska střešní zahrada přispívá ke zlepšení kvality městského prostředí, slouží jako příklad dobré praxe využití nevyužitých ploch budov, přináší zeleň do jinak technické zástavby a pomáhá vytvářet příznivější mikroklima v okolí nemocnice.

4.4.1. Fotodokumentace

Obr. 7 – Pohled na vegetaci a zkosené tribuny s lavičkami, levá část zahrady, rok 2024
Zdroj : Adéla Mrázová

Obr. 8 – Pohled na vegetaci levé části zahrady, rok 2024
Zdroj : Adéla Mrázová



LEGENDA

- TRÁVNÍK
- DŘEVĚNÝ CHODNÍK
- BUDOVY
- PRŮHLED
- TRVALKY
- POKRYVNÉ TRVALKY
- KEŘE
- SKUPINY KEŘU
- LAVIČKA
- OKRASNÉ TRAVINY

LEGENDA - DRUHOVÁ SKLADBA

1-*Beberis aquifolium*
2-*Berberis thunbergii*
3-*Buxus sempervirens*
4-*Buddleja japonica*
5-*Calystegia sepium*
6-*Carex paniculata*
7-*Rosa sp.*
8-*Caryopteris clandonensis*
9-*Cistus scoparius*
10-*Cotinus coggygnia*
11-*Crataegus laevigata*
12-*Elaeagnus angustifolia*
13-*Euonymus fortunei 'Emerald Gaiety'*
14-Euonymus fortunei 'Emerald'n Gold'
15-*Hydrangea arborescenes*
16-*Hypericum calycinum*
17-*Iris sibirica*
18-*Ligustrum vulgare*
19-*Paeonia lactiflora*
20-*Prunus laurocerasus*
21-*Prunus sp.*
22-*Salvia nemorosa*
23-*Solidago rugosa*
24-*Spiraea trilobata*
25-*Symphitum officinale*
26-*Syrinfa vulgaris*
27-*Tamarix galiica*
28-*Taxus cuspidata*
29-*Viburnum farreri*
30-*Vinca minor*
31-*Mahonia aquifolium*

Obr. 9 – schéma střešní zahrady onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzně
Zdroj: Adéla Mrázová

4.5. Střešní zahrada bytového komplexu panorama Plzeň

Střešní zahrada se nachází v bytovém komplexu na Jižním předměstí a svým charakterem odpovídá spíše intenzivnímu typu střešní zeleně. Zahrada je přístupná pouze obyvatelům bytového domu, čímž slouží výhradně jako polosoukromý prostor určený pro rekreaci a odpočinek.

Prostor je kompozičně rozdělen do pravidelných čtverců a obdélníků uspořádaných kolem hlavní zpevněné komunikace viz obr. 11 a 13. V centrální části se nachází devět kruhových nádob s výsadbami viz obr. 12, zatímco uvnitř travnatých ploch jsou navrženy výklenky se sedacími zónami s lavičkami. Po obvodu navazují terasy jednotlivých bytů, opticky oddělené pomocí výsadeb, čímž je zachováno soukromí obyvatel viz. obr. 10.

Zahrada využívá čtyři typy vegetačních úprav: intenzivní výsadby (substrát cca 70 cm), extenzivní a trávníkové plochy (substrát 18–20 cm) a výsadby v nádobách (substrát rovněž cca 70 cm). Na zahradě se konkrétně vyskytují například tyto druhy: *Acer platanoides ´*Globosum´, *Buxus sempervirens*, *Vinca minor*. viz. obr. 14. Přítomnost automatického závlahového systému přispívá k udržení dobrého stavu rostlin v období sucha.

Z hlediska současného stavu jsou výsadby ve velmi dobré kondici. Vegetace je zapojená, bez výrazných mezer nebo projevů stresu z nedostatku vody či živin. Dřeviny i keře vykazují rovnoměrný růst, hustotu koruny a dobrý zdravotní stav bez přítomnosti patogenů či škůdců. Extenzivní části jsou stabilní a dlouhodobě funkční. Výskyt plevelných druhů je minimální a je účinně potlačován v rámci pravidelné údržby.

Údržba je realizována systematicky a zohledňuje různorodost vegetačních typů. Pravidelný monitoring zdravotního stavu vegetace umožňuje včasný zásah a předchází větším problémům. To zajišťuje dlouhodobou funkčnost a estetickou hodnotu celé zahrady.

Z hlediska managementu lze doporučit pokračovat ve stávajícím režimu údržby, který se ukazuje jako efektivní. Doporučuje se pravidelné doplňování substrátu v nádobových výsadbách a kontrola funkčnosti závlahového systému, především v letním období. S ohledem na dlouhodobou udržitelnost je vhodné zvážit i periodické hnojení organickými hnojivy v intenzivních částech.

Z urbanistického hlediska představuje tato střešní zahrada důležitý rekreační a estetický prvek v hustě zastavěném obytném území. Podporuje kvalitu bydlení, zlepšuje mikroklima a přispívá k celkové ekologické stabilitě městského prostředí. Zároveň má pozitivní vliv na socioestetické vnímání prostoru – podporuje komunitní život, nabízí klidové zóny a přirozeně propojuje soukromý a poloveřejný prostor.

4.5.1. Fotodokumentace

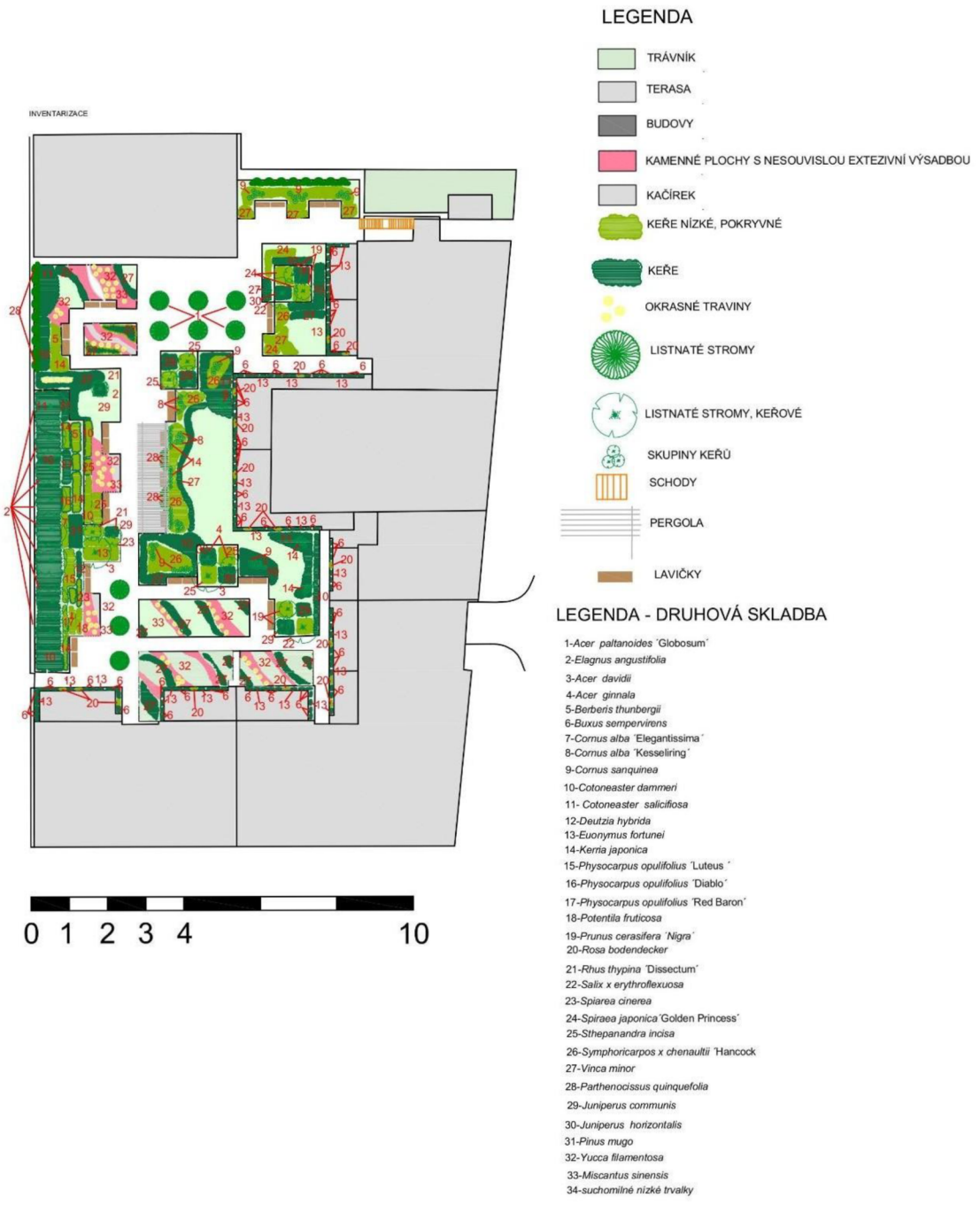
Obr. 10 – Pohled na vegetaci ve vnitrobloku, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 11 – Pohled na vegetaci v betonových nádobách, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 12 – Pohled na *Acer platanoides* ´Globosum´ v kruhových betonových nádobách, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 13 – Pohled na vegetaci ve vnitrobloku, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

4.5.2. Inventarizace- Současný stav



Obr. 14 – Schéma střešní zahrady bytového komplexu Panaroma
Zdroj: Adéla Mrázová

4.6. Střešní zahrada Ball

Na střeše výrobního závodu společnosti Ball, která se specializuje na výrobu hliníkových plechovek, byla zrealizována extenzivní střešní zahrada. Tento typ ozelenění je charakteristický minimálními nároky na údržbu a nízkou vrstvou substrátu, což z něj činí ideální řešení zejména pro průmyslové objekty.

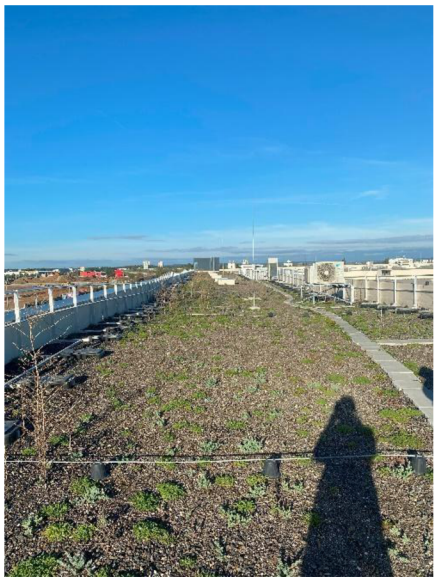
Rostlinná skladba této extenzivní střechy je tvořena výhradně zástupci rodu *Sedum* – například *Sedum dasyphyllum, Sedum aizoon či Sedum spurium,* viz. obr. 17. Tyto sukulentní druhy jsou přirozeně přizpůsobené extrémním podmínkám, jako je sucho, silné sluneční záření nebo vítr. Vegetace byla založena formou výsevu řízků rozchodníků, což představuje rychlou, efektivní a ekonomicky výhodnou metodu ozelenění, umožňující časem vytvoření souvislého vegetačního pokryvu. Stav zahrady je vidět na obr. 15. a 16.

Z hlediska současného stavu lze tuto střešní zahradu hodnotit jako funkční a stabilní vegetační systém, který úspěšně plní základní ekologické funkce, zejména v oblasti tepelné regulace, retence dešťové vody a zlepšení mikroklimatu v okolí objektu. Přestože byl systém navržen jako bezúdržbový, ve vegetační vrstvě se postupně začaly objevovat i náletové dřeviny a plevelné druhy, což je běžný jev u extenzivních zelených střech. Jejich výskyt je třeba pravidelně monitorovat a v případě potřeby zasáhnout, aby nedocházelo k nežádoucímu ovlivnění původní skladby a funkčnosti vegetace.

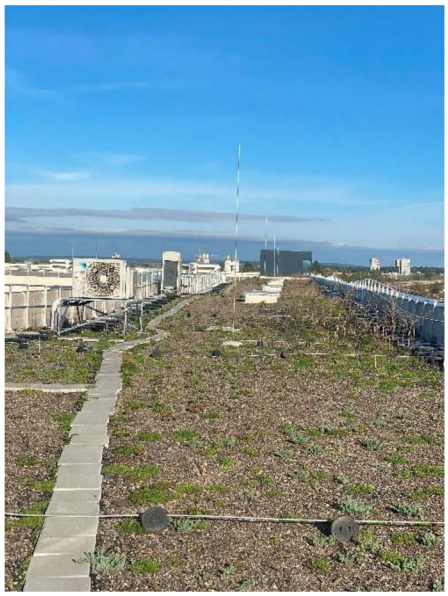
Z těchto zjištění vyplývá doporučení zavést základní plán údržby, který by zahrnoval minimálně jednorázový zásah ročně (ideálně na jaře či na podzim), kontrolu druhového složení a případné doplnění výsevu rozchodníků na místech s nižší pokryvností. Vhodné je rovněž zavést evidenci o stavu vegetace a dokumentaci zásahů, což může v dlouhodobém horizontu zefektivnit správu těchto ploch a snížit náklady na jejich obnovu.

Z urbanistického hlediska střešní zahrada představuje významný prvek zelené infrastruktury v jinak neprostupné průmyslové zóně. Její přínos spočívá nejen v ekologických funkcích, ale i ve zlepšení estetického vnímání areálu a v posílení pozitivního obrazu společnosti vůči okolní komunitě. Vegetační vrstva zároveň přispívá ke zvýšení biodiverzity, i když v omezené míře, a může sloužit jako demonstrační prvek udržitelných řešení v městském prostředí.

4.6.1. Fotodokumentace

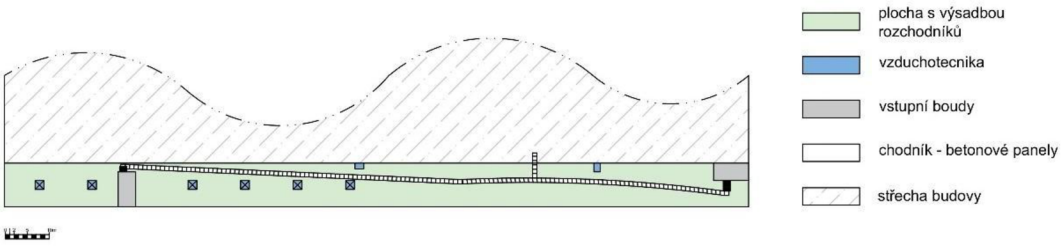


Obr. 15 – Pohled na střechu haly Ball, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová



Obr. 16 – Pohled na střechu haly Ball, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

4.6.2. Inventarizace- současný stav



Obr. 17 – schéma střešní zahrady haly Ball
Zdroj: Adéla Mrázová

4.7. Střešní zahrada na autobusové zastávce

Tato extenzivní střešní zahrada byla zřízena na objektu autobusové zastávky (viz. obr. 20) jako součást snahy o zlepšení mikroklimatických podmínek v městském prostředí a zvýšení estetické hodnoty jinak technického objektu. Jedná se o zelenou střechu s nízkou vegetační vrstvou, která byla zakládána pomocí rohože se zakořeněnou směsí více druhů rozchodníku.

Druhové složení zahrnuje například *Sedum sexangulare, Sedum album, Sedum pallidum a Sedum portulacoides*, ketré můžeme vidět na obr. 19. Tyto druhy jsou pro extenzivní výsadby ideální díky své vysoké odolnosti vůči suchu, přímému slunečnímu záření a teplotním výkyvům. Zároveň vytvářejí kompaktní vegetační kryt, který přispívá ke stabilizaci substrátu, snižuje výpar vody a podporuje dlouhodobou funkčnost střešní vegetace.

Při hodnocení současného stavu však byly pozorovány známky degradace substrátu. Dochází ke ztenčení a nerovnoměrnému rozprostření vegetační vrstvy, zejména v okrajových částech střechy. Příčinou může být kombinace větrné eroze, nerovností povrchu, nedostatečné výšky substrátu při zakládání či postupného vysychání vegetační vrstvy, které vede ke smršťování vegetačního koberce a jeho odtržení od okrajů. Na některých místech je substrát natolik seschlý a přemístěný, že zcela obnažuje povrch, čímž vznikají holá místa bez vegetačního krytu. Tento stav negativně ovlivňuje jak estetiku, tak funkčnost zelené střechy.

Přestože jsou extenzivní střechy často považovány za bezúdržbové, tato situace potvrzuje nutnost pravidelného monitoringu a minimální údržby i u tohoto typu. Doplňování substrátu, zarovnání povrchu a dosetí rozchodníků mohou významně přispět k obnovení plné funkčnosti. Tím lze zajistit nejen udržení estetické kvality, ale i důležité ekologické přínosy, jako je zlepšení mikroklimatu, snížení tepelného ostrova a podpora retence srážkových vod v městském prostředí.

V návaznosti na zjištěné problémy se smršťováním substrátu (viz. obr. 18) a vegetační rohože by bylo vhodné v budoucnu zvážit i alternativní způsob zakládání pomocí výsevu nebo výsadby řízků, který může zajistit lepší propojení vegetační vrstvy se substrátem a snížit riziko pozdějšího odtržení nebo degradace. Ačkoli výsev přináší vyšší nároky na podmínky v zakládací fázi, představuje ekonomicky výhodnou metodu s potenciálem větší dlouhodobé stability vegetačního krytu.

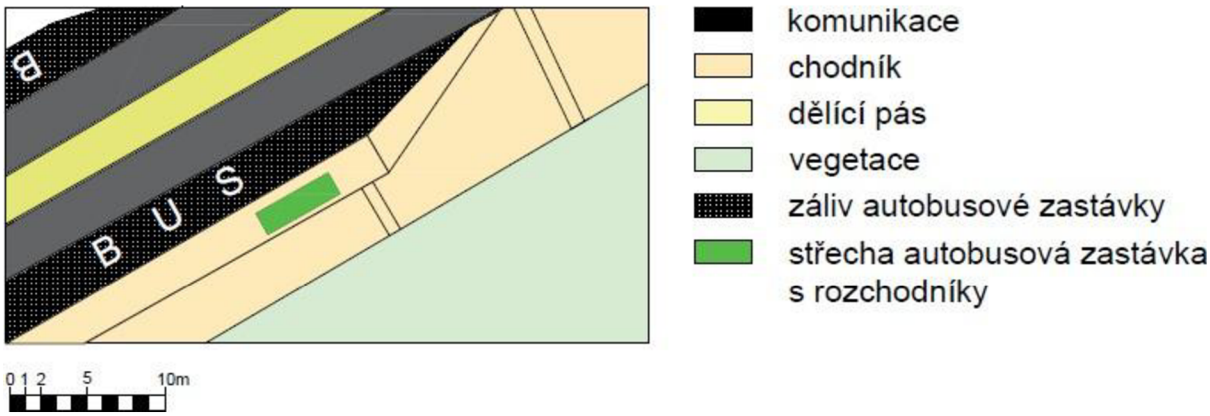
Z urbanistického hlediska představuje tato střešní zahrada efektivní způsob využití technické infrastruktury, který přispívá ke zelené infrastruktuře města. Zajišťuje vizuální zjemnění zastávky, zvyšuje biodiverzitu a působí jako modelový příklad využití malých ploch pro ekologická opatření.

4.7.1. Fotodokumentace

Obr. 18 – Pohled na střešní zahradu autobusové zastávky, na pravé straně se nachází smrštěná rohož, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 19 – Detail pohledu na střešní zahradu autobusové zastávky, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

4.7.2. Inventarizace – současný stav



Obr. 20 – Schéma střešní zahrady autobusové zastávky
Zdroj: Adéla Mrázová

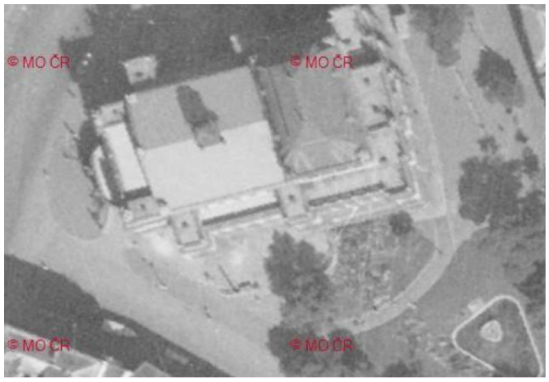
5. Vlastní projekt – Střešní zahrada u divadla J.K. Tyla

Střešní zahrada se nachází v centrální části města Plzně, vedle budovy Velkého divadla J. K. Tyla. Jedná se o intenzivní typ střešní zahrady, která je součástí širšího sadového okruhu města a současně navazuje na veřejný prostor kolem divadelní budovy. Zahrada byla do současné podoby realizována v roce 2015. Budova divadla má od 80. let 20. století novodobou přístavbu a dvě podzemní podlaží, což umožnilo vznik zahrady na stropní konstrukci těchto podzemních částí. Již v minulosti byla část okolního prostoru upravena jako zeleň na konstrukci. Po rekonstrukci byly tyto úpravy obnoveny a modernizovány do podoby současné intenzivní střešní zahrady. Dle průzkumu střešních zahrad v Plzni by se mělo jednat o jednu z nejstarších střešních zahrad Plzně.

5.1. Proměny střešní zahrady v čase

Jedná se o letecké snímky Divadla J. K. Tyla od roku 1961 až do roku 2024. Na zachycených fotografiích si můžeme především všimnout proměny zeleně u uvedeného divadla.

Zdroj všech uvedených fotografií (obr. 21 – obr. 26): https://geoportal.cuzk.cz/



Obr. 21 – letecký snímek Divadla J. K. Tyla v Plzni z roku 1961.

Obr. 22 - letecký snímek Divadla J. K. Tyla v Plzni z roku 1974.

Obr. 23 – letecký snímek Divadla J. K. Tyla v Plzni z roku 1994.

Obr. 24 – letecký snímek Divadla J. K. Tyla v Plzni z roku 2008.

Obr. 25 – letecký snímek Divadla J. K. Tyla v Plzni z roku 2015.

Obr. 26 – letecký snímek Divadla J. K. Tyla v Plzni z roku 2024.

5.2. Současný stav zahrady

Celková plocha střešní zahrady činí 280 m². Prostor je rozčleněn na travnaté plochy, květinové záhony a solitérní výsadbu, a je napojen na automatický závlahový systém města Plzně.

Travnaté plochy o celkové výměře 243 m² jsou založeny pomocí kobercových trávníků, uložených na trávníkový substrát o minimální tloušťce 20 cm. Objem použitého substrátu činí 171,9 m³. Květinové záhony, které zabírají plochu 36 m², jsou osazeny na květinovém substrátu v objemu 9,4 m³ a vymezeny kovovými obrubníky o výšce 125 mm, vystupujícími 3 cm nad úroveň terénu.

Záhony jsou osazovány ve dvou fázích v průběhu roku. Jarní efekt je tvořen cibulovinami a dvouletkami, které se vysazují na podzim (cca v polovině října) a kvetou od března do poloviny května. V květnu jsou nahrazeny letničkami, které zajišťují květinový efekt až do října. Výsadba pro léto roku 2024 obsahovala např. tyto rostliny *Salvia farinacea*, *Zinnia peruviana* a *Tagetes erecta* (viz. obr. 30 a 28).Všechny 3 kruhové záhony jsou osázeny stejným sortimentem ve stejným uspořádaním.

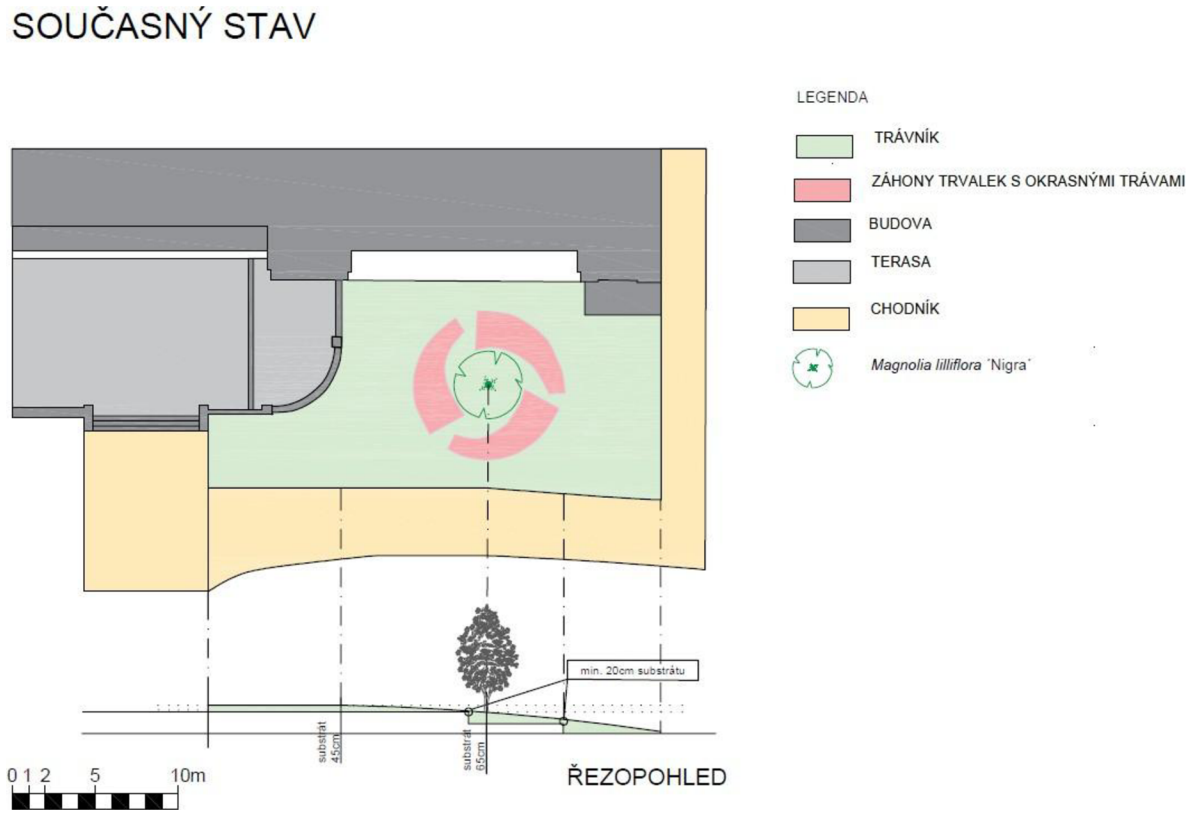
Ve středu zahrady je solitérní dřevina *Magnolia liliiflora* 'Nigra' (viz. obr. 27), která je vysazena do výsadbové kapsy vytvořené v místě konstrukčního uskočení. Hloubka výsadbové jámy dosahuje cca 65 cm a pro výsadbu byl použit substrát s příměsí jedné třetiny rašeliny (objem 0,7 m³). Umístění šácholanu ve středu zahrady podporuje kompoziční rovnováhu a přináší výrazný estetický prvek.

Zahrada je vybudována na stropní konstrukci podzemních garáží či technických prostor. Podklad tvoří betonová mazanina nebo nově provedená hydroizolace, na kterou navazuje vegetační skladba. Terén je modelován s ohledem na statiku konstrukce, zajištění odtoku vody a vytvoření vhodných růstových podmínek. Díky automatickému zavlažování jsou podmínky stabilní i v letních měsících.

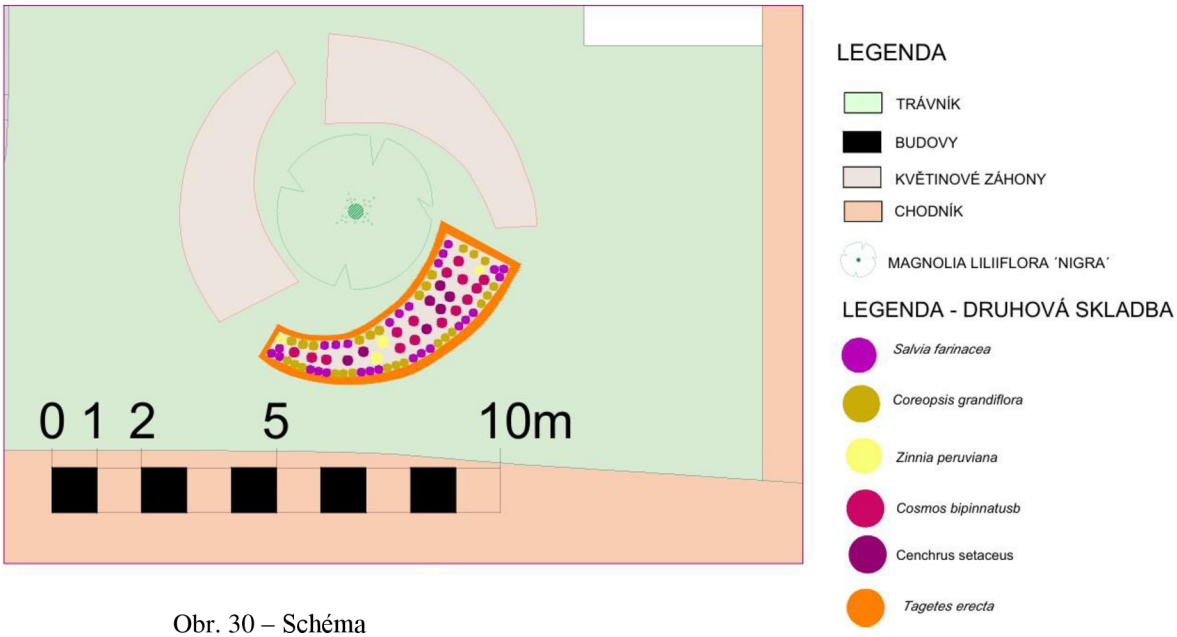
5.3. Fotodokumentace

Obr. 27 – Pohled na solitérní keř a záhony v kruhovém uspořádání, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 28 – Detail záhonu, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová



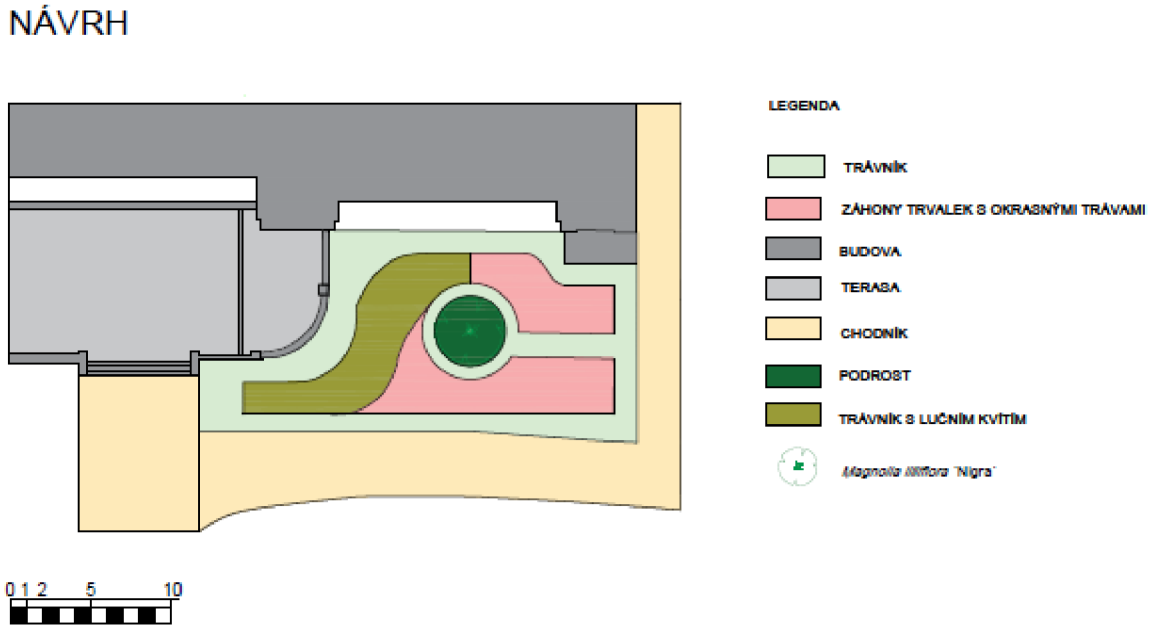
Obr. 29 – Schéma současného stavu střešní zahrady u divadla J.K. Tyla
Zdroj: Adéla Mrázová



Obr. 30 – Schéma
Zdroj: Adéla Mrázová

5.4. Návrh revitalizace

Současná podoba střešní zahrady u Divadla J. K. Tyla v Plzni je navržena jako intenzivní zelená střecha s vyváženým uspořádáním travnatých ploch, květinových záhonů a solitérních dřevin. Po několikaletém provozu se však ukázala potřeba částečné obnovy, jejímž cílem je zvýšit estetickou hodnotu, prodloužit dobu atraktivity vegetace, posílit ekologické funkce a zároveň snížit nároky na údržbu. Nový návrh výsadby je rozdělen do tří částí: první část tvoří výsadba trvalek v kombinaci s okrasnými travinami, druhá část zahrnuje výsadbu solitérního keře s podrostem a třetí část tvoří pás s lučním charakterem, který bude od trvalkové výsadby vizuálně oddělen okrasnými travinami.



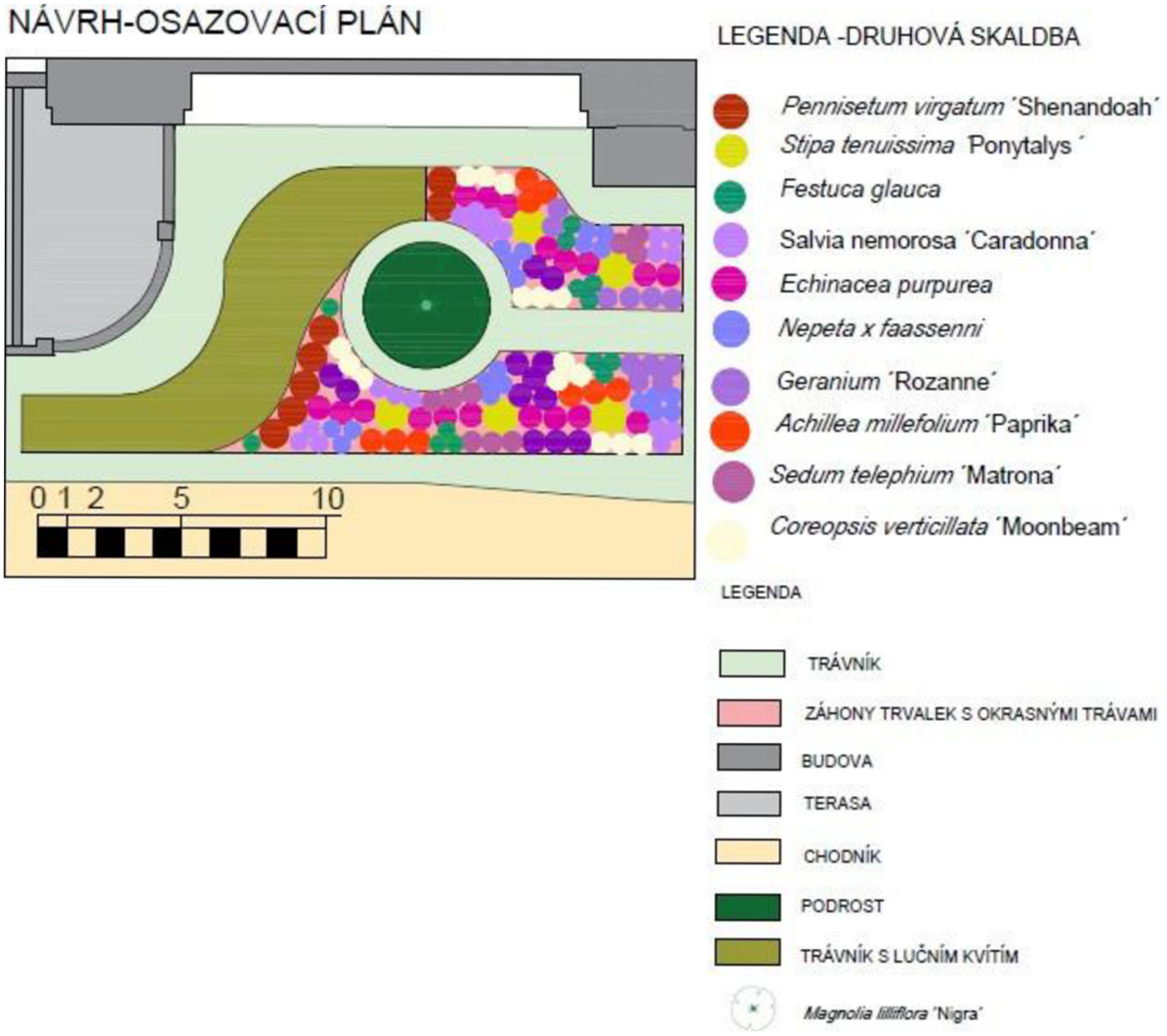
Obr. 31 – Návrh rozvržení jednotlivých části zahrady
Zdroj: Adéla Mrázová

Květinové záhony

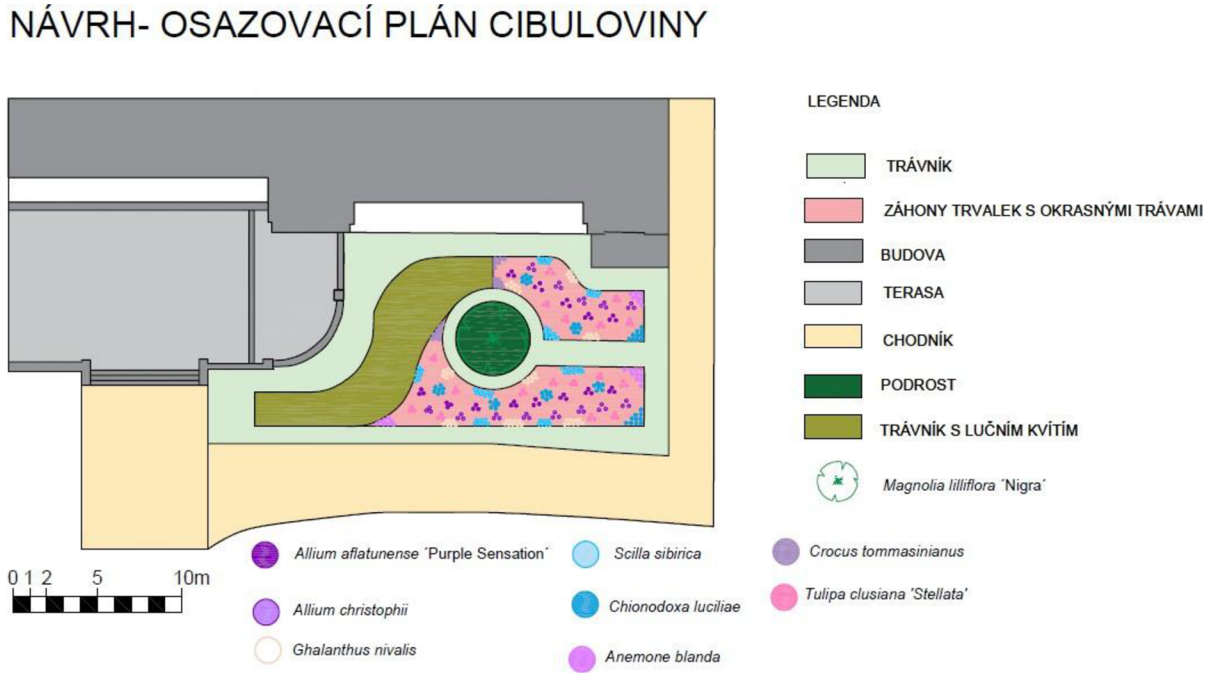
Stávající výsadba květinových záhonů je řešena jako sezónní, s výměnou jarních a letních aspektů pomocí cibulovin, dvouletek a letniček. Tento systém je náročný na údržbu a nevyužívá plně potenciál daného stanoviště. Proto je navrženo rozšíření výsadeb trvalek a okrasných trav, které zajistí celosezónní efekt s nižšími náklady na obnovu výsadeb. Současné záhony budou zrušeny a předělány do nového tvaru.

Navržené druhy zahrnují např. *Salvia nemorosa* ´Caradonna´, *Echinacea purpurea*, *Geranium* 'Rozanne', Nepeta faassenii a okrasné trávy jako *Festuca glauca* a *Pennisetum alopecuroides* ´Cassiana´ (viz. obr. 32). Tyto rostliny jsou atraktivní, dlouhověké a zároveň vhodné pro výsadbu do střešních substrátů s omezenou mocností. Jarní aspekt bude nadále tvořen cibulovinami, které mohou být ponechány k naturalizaci (např. *Allium* sp., *Crocus* sp., *Scilla* sp.) (viz. obr. 33).

Uprostřed budou umístěny nejvyšší rostliny a směrem ke krajům budou postupně vysazovány rostliny nižšího vzrůstu. Skladba rostlin je navržena tak aby záhon svým kvetením byl atraktivní celý rok (viz. tabulka č. 1).



Obr. 32 – Návrh osázení květinových záhonu s okrasnými travinami
Zdroj: Adéla Mrázová



Obr. 33 – Návrh osázení záhonu cibulovinami
Zdroj: Adéla Mrázová

Trvalky	Název	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Salvia nemorosa 'Caradonna'													
Echinacea purpurea													
Nepeta faassenii													
Geranium 'Rozanne'													
Achillea millefolium 'Paprika'													
Sedum telephium 'Matrona'													
Aster dumosus 'Prof. Anton Kippenberg'													
Coreopsis verticillata 'Moonbeam'													
Okrasné trávy													
Stipa tenuissima													
Pennisetum alopecuroides 'Cassia'													
Festuca glauca													
Cibuloviny													
Allium christophii													
Allium aflatunense ´Purple Sensation´													
Crocus tommasinianus													
Scilla siberica													
Chionodoxa luciliae													
Ghalanthus nivalis													
Anemone blanda													
Tulipa clusiana ´Stellata´													

Tabulka č. 1
Autor: Adéla Mrázová

Solitérní výsadba

Stávající výsadba šácholanu *(Magnolia liliiflora* 'Nigra') je zachována jako dominantní prvek prostoru. Dřevina na základě vyhodnocení jejího stavu (viz. tabulka č. 2) je stále v dobré kondici. Pro zvýšení vizuálního účinku a podpoření jarní atraktivity je navržena její podsadba pomocí stínomilných cibulovin jako *Galanthus nivalis* a *Anemone blanda*.

Zhodnocení stavu dřeviny

ID	TAXON	OBVOD KMENE	PRŮMĚR KMENE	VÝŠKA (M)	VÝŠKA NASAZEN	PRŮMĚR KORUNY	FYZ. STÁŘÍ	VITALITA	ZDRAV. STAV	STABILITA	PERSPEKTIVA	SADOVNICKÁ HODNOT
	Magnolia liliiflora ´Nigra´	95	27	6	1,5	7	3	1	1	1	A	1

Tabulka č. 2
Autor: Adéla Mrázová

Luční pás

Součástí návrhu je luční pás o výměře 50,6 m^2, který bude osazen výsevem suchomilné květnaté luční směsi, kde jsou dominantní *Centaurea jacea*, *Festuca pratensis*, *Poa pratensis*, *Leucanthemum ircutianum*, *Salvia pratensis*, *Knautia arvensis* a *Prunella vulgaris* . Tento prvek plní několik funkčních i estetických rolí.

Cílem je vytvořit přechodovou vegetační zónu, která vizuálně i ekologicky propojí volně pojatý extenzivní charakter výsevu s kompaktnější strukturou výsadby trvalek. Luční pás přináší do kompozice přírodní charakter, a zároveň výrazně zvyšuje biodiverzitu, podporuje výskyt opylovačů a dalších drobných živočichů.

Výběr směsi je přizpůsoben střešním podmínkám – půjde o nízkovzrůstovou suchomilnou květnatou směs s obsahem druhů přirozeně se vyskytujících na suchých loukách. Výsev bude proveden rozptýleně, bez pevného rastru, aby byl dosažen co nejpřirozenější efekt. V prvních dvou vegetačních obdobích může být podpora efektu doplněna i přechodnými letničkami, které zlepší zapojení porostu a estetiku.

Z hlediska údržby bude luční pás kosen dvakrát ročně, což odpovídá režimu mozaikového managementu běžnému u extenzivních výsadeb. Pás zároveň přispívá k retenční funkci a ochlazování povrchu střechy, čímž sekundárně napomáhá zlepšování mikroklimatu.

Závlaha a substrátové vrstvy

Plocha je již napojena na automatický závlahový systém, což umožňuje bezproblémovou údržbu i v letním období. V rámci revitalizace se doporučuje provést optimalizaci závlahových režimů v souladu s novým osázením – např. snížením frekvence v plochách s trvalkami. Výsadby budou provedeny do stávajícího substrátu (květinový substrát o objemu 9,4 m^3).

5.5. Technická část

Všechny navrhované vegetační úpravy budou vycházet z osazovacího plánu a návrhové dokumentace, přičemž budou respektovat širší rozvojový rámec městské zeleně v Plzni. Realizace výsadeb bude probíhat v souladu s platnými normami a standardy pro zakládání vegetačních prvků na parkových a veřejně přístupných plochách, zejména s ohledem na specifika intenzivních střešních zahrad. Použité technologické postupy budou odpovídat požadavkům uvedeným v příslušných ČSN z oblasti sadovnictví, krajinářství a práce s půdou

(např. ČSN 83 9021 a související), stejně jako doporučením pro ochranu vegetace při stavební činnosti.

Normy aplikované při zakládání vegetačních prvků

ČSN 83 9011 Technologie vegetačních úprav v krajině – Práce s půdou /únor 2006/,
ČSN 83 9021 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rostliny a jejich výsadba /únor 2006/,
ČSN 83 9031 Technologie vegetačních úprav v krajině – Trávníky a jejich zakládání /únor 2006/,
ČSN 83 9041 Technologie vegetačních úprav v krajině – Technologicko-biologické způsoby stabilizace terénu – Stabilizace výsevy výsadbami, konstrukcemi ze živých a neživých materiálů a stavebních prvků, kombinované konstrukce /únor 2006/,
ČSN 83 9051 Technologie vegetačních úprav v krajině – Rozvojová a udržovací péče o vegetační plochy /únor 2006/,
ČSN 83 9061 Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích /únor 2006/
ČSN 83 9001 Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice,
SPPK 02 003 Výsadba a řez keřů / 2022

5.5.1. Bourací práce

V rámci bouracích prací bude z plochy odstraněna současná výsadba spolu s kovovými obrubníky lemujícími okraje současného záhonu. Plocha pro nové vegetační prvky bude upravena pro nadcházející výsadbu. Práce se budou týkat pouze záhonů s letničkami a dvouletkami, které budou zcela zrušeny a přetvořeny v trvalkové výsadby s nižšími nároky na údržbu. Veškeré práce budou uskutečněny ručně, s ohledem na charakter střešní konstrukce a minimalizaci zatížení. Stávající nosné vrstvy střešní skladby zůstanou zachovány, nebude zasahováno do konstrukčních vrstev hydroizolace ani odvodňovacích prvků.

Odpad vzniklý během bouracích prací bude tříděn a odvezen dle platné legislativy. Rostlinný materiál bez známek chorob může být kompostován, ostatní biologický a stavební materiál bude likvidován v souladu s pravidly pro nakládání s odpady.

V místě stávajících záhonů bude po dokončení bouracích prací provedeno srovnání a modelace substrátu, aby bylo možné plynule navázat výsadbovými a dokončovacími pracemi dle návrhové části.

5.5.2. Technologický postup výsadeb a výsevů

Výsadba trvalek a travin

Výsadba bude provedena ručně do stávajícího střešního substrátu, který bude dle potřeby doplněn a prokypřen. Rostliny budou vysazovány do skupin podle navrženého osazovacího plánu s dodržením předepsaného sponu.

Uspořádání bude záměrně vrstveno – vyšší rostliny budou umístěny do centrální části záhonů, směrem k okrajům budou přecházet do nižších trvalek a travin. Výsadba bude provedena v období jaro nebo podzim, ideálně v době stabilní půdní vlhkosti. Po výsadbě bude provedeno důkladné zavlažení.

Výsadba cibulovin

Cibuloviny budou součástí výsadeb květinových záhonů i doplňkových výsadeb v podrostu. U většiny druhů bude zpracován osazovací plán, který určí jejich rozmístění v kombinaci s trvalkami a okrasnými travinami. Cibuloviny budou vysazeny do rozvolněného sponu, skupinovitě po 3–10 kusech, s důrazem na přírodní charakter výsadby a návaznost na kompozici trvalek.

Výsadba cibulovin v podrostu pod magnolií nebude mít pevně stanovené rozmístění. Druhy jako *Galanthus nivalis* a *Anemone blanda* budou vysazeny volným rozptylem s ohledem na světelné podmínky, prostor mezi kořenovým systémem stromu a celkový přirozený vzhled výsadby. Rozmístění bude působit vizuálně vyváženě a organicky, bez pravidelného rastru.

Výsadba bude realizována v podzimním období do předem připraveného substrátu. Po výsadbě bude plocha zavlažena.

Výsev luční směsi

V označeném levém pásu bude proveden výsev suchomilné květnaté směsi přizpůsobené střešním podmínkám. Výsev bude realizován na mírně urovnaný a prolitý substrát. Směs bude rozhozena rozptýleně a následně lehce zapravená do povrchu hráběmi nebo překrytím tenkou vrstvou substrátu. Pro lepší zapojení může být přechodně přimíchána i směs letniček. Výsev se doporučuje provádět na jaře nebo na podzim.

Ukončení výsadbových prací

Po dokončení výsadeb budou zamulčovány záhony s trvalkami a travami minerálním mulčem (dle umístění) v tloušťce 3–5 cm. Mulč napomáhá udržení vlhkosti, omezuje zaplevelení a zlepšuje estetický vzhled výsadeb.

5.5.3. Rostlinný materiál

Veškerý rostlinný materiál použitý při realizaci návrhu bude odpovídat normám ČSN 46 4902 a ČSN 83 9021 a bude dodán v odpovídající kvalitě, přizpůsobené podmínkám intenzivní střešní zahrady. Trvalky a okrasné trávy budou dodány převážně v kontejnerech velikosti P9 až P11, případně C1,5 až C2.

Veškerý materiál bude zdravý, vitální, bez známek poškození, s dobře prokořeněným balem, který se po vyjmutí z nádoby nerozpadá.

Cibuloviny budou použity do květinových záhonů i do podrostu pod šácholan. Budou dodány ve velikostech odpovídajících květuschopným, vyzrálým cibulím, bez mechanického poškození a bez známek napadení chorobami.

5.5.4. Ochrana stávajících dřevin

Ochrana stávajících dřevin během stavebních zásahů i následné realizace výsadeb se bude řídit platným standardem SPPK A01 002 – Ochrana dřevin při stavební činnosti (2017), jehož cílem je minimalizovat riziko poškození stromů. V souladu se zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, bude kolem dřevin vymezeno ochranné pásmo odpovídající desetinásobku průměru kmene měřeného ve výšce 130 cm nad zemí. Toto pásmo bude fyzicky

vyznačeno pomocí pevných dřevěných zábran. Po ukončení stavební činnosti bude ochranné pásmo dočasně odstraněno za účelem provedení podsadby pod stávající dřeviny.

5.5.5. Dokončovací práce

Dokončovací péče o výsadby bude probíhat až do předání plochy zadavateli. Jejím účelem je zajistit takový stav vegetace, který umožní její další bezproblémový vývoj v rámci následné rozvojové péče. Tato fáze zahrnuje všechny nezbytné úkony potřebné k dosažení odpovídajícího stavu porostu pro převzetí díla. Patří sem tyto úkony zavlažování, startovací hnojení, odstraňování nežádoucí vegetace, tvarování dřevin, dosev či dosadba, likvidace škůdců, odstraňování listí a zarůstající vegetace z okolí technických zařízení, odstraňování listí z ploch vegetace.

5.5.6. Rozvojová péče

Po ukončení dokončovacích prací a předání plochy zadavateli bude zahájena rozvojová péče, jejímž cílem je zajistit stabilní zapojení výsadeb a jejich dlouhodobou vitalitu. Tato fáze navazuje na dokončovací péči a představuje pravidelnou, systematickou údržbu vegetace v období následujících několika let.

Rozvojová péče bude zahrnovat především pravidelnou zálivku (s ohledem na klimatické podmínky a typ výsadby), odplevelování, kontrolu zdravotního stavu rostlin, doplňování mulče, případné dosadby a zásahy jako řez nebo tvarování travin. U lučního pásu bude uskutečněna mozaiková seč dvakrát ročně. Cibuloviny ponechané k naturalizaci nebudou po odkvětu odstraňovány, aby mohly zesílit do další sezóny. Celkově bude péče přizpůsobena charakteru intenzivní střešní zahrady, s důrazem na omezenou mocnost substrátu a vyšší expozici povětrnostním podmínkám.

V rámci rozvojové péče bude u šácholanu prováděna pravidelná kontrola zdravotního stavu, především s ohledem na výskyt škůdců, houbových chorob a poškození větrem. Řez nebude prováděn rutinně, pouze v případě nezbytného odstranění suchých nebo poškozených větví.

Zálivka bude zajištěna především v období sucha, protože šácholan špatně snáší dlouhodobé sucho, zejména v období rašení a květu. Pod korunou bude ponechán volný prostor bez hutnění a výkopů, podsadba bude udržována ručně, bez narušení půdy.

6. Rozpočet

Rozpočet						
					ceny v Kč	
č. položky	č.cen.položky		měrná jednotka	výměra	jednotková	dodávka
Práce						
1	111 11-1411	Odstranění stařiny ze souvislého povrchu 100 m² v rovině nebo na svahu do 1:5	m2	36	9,14 Kč	329,04 Kč
2	111 30-1111	Sejmutí drnu tl. Do 100 mm v jakékoliv ploše	m2	128	49,70 Kč	6 361,60 Kč
3	183 20-5111	Založení záhonu pro výsadbu rostlin v rovině nebo na svahu do 1:5 v zemině tř. 1-2	m2	128	12,20 Kč	1 561,60 Kč
4	183 21-1311	Výsadba květin do připravené připravené půdy se zalitím trvalek	kus	136	10,90 Kč	1 482,40 Kč
5	184 21-1311	Výsadba květin do připravené připravené půdy se zalitím cibulí	kus	266	8,48 Kč	2 255,68 Kč
6	181 43-1111	Založení trávníku ručně, na rovině do 1:5, v zemině tř. 1–2	m2	50,6	35 Kč	1 771,00 Kč
		Poznámka: Výsev luční směsi – květnatý luční pás				
7	183 91-1151	Mulčování záhonu kačírkem nebo drcenýmm kamenivem tloušťky mulče 20 mm do 50 mm v rovině nebo svahu do 1:5	m2	76,8	38,30 Kč	2 941,44 Kč
	vlastní kalkulace	Doprava materiálu do 25 km	paušál	1	1 800,00 Kč	1 800,00 Kč
8	111 80-1111	Nakládka a odvoz materiálu ze stavby	m3	6,4	500,00 Kč	3 200,00 Kč
9	9116 33-1111	Osazení zahradního obrubníku betonového	m	84,34	113,00 Kč	9530,42
	celkem					26 233,18 Kč
Materiál						
	vlastní kalkukace	Kačírek frakce 8/16, jedno balení 1000 kg	bal.	7	3 590,00 Kč	25 130,00 Kč
	vlastní kalkukace	Betonový záhonový obrubník zaoblený	m	76,8	73 Kč	5 606,40 Kč
	celkem					30 736,40 Kč
Rostlinný materiál						
		Trvalky				
	vlastní kalkulace	*Salvia nemorosa* 'Caradonna', p9	kus	19	85 Kč	1 615 Kč
	vlastní kalkulace	*Echinacea purpurea,* p9	kus	15	69 Kč	1 035 Kč
	vlastní kalkulace	*Nepeta faassenii,* p9	kus	20	69 Kč	1 380 Kč
	vlastní kalkulace	*Geranium* 'Rozanne', p9	kus	11	290 Kč	3 190 Kč
	vlastní kalkulace	*Achillea millefolium* 'Paprika', p11	kus	9	119 Kč	1 071 Kč
	vlastní kalkulace	*Sedum telephium* 'Matrona', p11	kus	12	109 Kč	1 308 Kč
	vlastní kalkulace	*Aster dumosus* 'Prof. Anton Kippenberg', p9	kus	10	76 Kč	760 Kč
	vlastní kalkulace	*Coreopsis verticillata* 'Moonbeam', p 11	kus	15	89 Kč	1 335 Kč
		Traviny				
	vlastní kalkulace	*Stipa tenuissima ´Ponytalys´,* p10,5	kus	5	149 Kč	745 Kč
	vlastní kalkulace	*Pennisetum alopecuroides* 'Cassian' C2	kus	7	119 Kč	833 Kč
	vlastní kalkulace	*Festuca glauca, C 1,5 L*	kus	13	69 Kč	897 Kč
		Cibuloviny				
	vlastní kalkulace	Allium christophii, p13	kus	39	149 Kč	5 811 Kč
	vlastní kalkulace	*Allium aflatunense ´Purple Sensation´*	kus	39	149 Kč	5 811 Kč
	vlastní kalkulace	*Crocus tommasinianus*	kus	23	5 Kč	112,7
	vlastní kalkulace	*Scilla siberica*	kus	64	9 Kč	576 Kč
	vlastní kalkulace	*Chionodoxa luciliae, bal. po 25 ks*	bal.	3	109 Kč	327 Kč
	vlastní kalkulace	*Ghalanthus nivalis, bal. po 10 ks*	bal.	46	120 Kč	5 520 Kč
	vlastní kalkulace	*Anemone blanda, bal. po 10 ks*	bal.	46	60 Kč	2 760 Kč
	vlastní kalkulace	*Tulipa clusiana ´Stellata´, bal. po 10 ks*	bal.	6	129 Kč	774 Kč
		Luční porost				
	vlastní kalkulace	*Květná luční směs*	kg	1	329 kč	329 Kč
	celkem					36 190 Kč
			Cena bez DPH		Cena s DPH	
			93 159,28 Kč		112 722,73 Kč	

Tabulka č. 3
Autor: Adéla Mrázová

7. Diskuze

Monitoring střešních zahrad v Plzni ukázal, že jejich funkčnost i ekologický přínos výrazně ovlivňuje režim údržby a typ vegetace. Zatímco intenzivní střechy (např. FN Lochotín, bytový koplex Panaroma) vykazovaly stabilní vegetační kryt díky pravidelné péči a závlaze, extenzivní střechy (např. Ball Plzeň) trpěly úbytkem porostu a přemnožením náletů, což potvrdilo, že i tzv. „bezúdržbové“ střechy vyžadují minimální dohled (Vijayaraghavan, 2016; Speak et al., 2013).

Podobné závěry uvádí Boas Berg et al. (2022), kteří zdůrazňují nutnost adaptivního managementu zelených střech s ohledem na měnící se klima. Ve sledovaných plzeňských lokalitách bylo dále potvrzeno, že vegetační typ zásadně ovlivňuje biodiverzitu. Zatímco rozchodníkové střechy slouží spíše jako technické řešení pro retenci a ochlazení povrchu (Dvorak & Volder, 2010), intenzivní střechy s trvalkami a keři podporují širší spektrum organismů (Wooster et al., 2022; Dunnett, 2006).

Z hlediska teplotního komfortu a retence vody odpovídají výsledky terénního pozorování studiím Speak et al. (2013) a Shafique et al. (2020), podle nichž vegetační střechy dokážou snížit teplotu povrchu až o 20 °C a zadržet 50–80 % ročního úhrnu srážek. V Plzni byly tyto efekty patrné především na intenzivních zahradách, kde se příznivý vliv projevil i ve vnímání prostoru (např. pobytový komfort pacientů FN nebo obyvatel bytového domu).

Navržené zásahy, jako dosadba suchomilných trvalek, zavedení pravidelné péče či diverzifikace druhů – odpovídají doporučením Bianchini & Hewage (2012) a Berardi et al. (2014), kteří zdůrazňují rovnováhu mezi ekologickou hodnotou a ekonomickou udržitelností.

V rámci sledované extenzivní střešní zahrady, konkrétně střechy autobusové zastávky došlo k výraznému zmenšení substrátu a odtržení vegetační vrstvy od okrajů, což přímo potvrzuje zjištění Schadeho (2002), jenž popisuje smršťování vegetačních rohoží s organickým nosným materiálem v důsledku vysychání. Stejně i v tomto případě došlo ke vzniku holých míst, která negativně ovlivňují jak vizuální stránku, tak funkční schopnosti střechy, například v oblasti retence vody a stabilizace mikroklimatu. Přestože byly použity vhodné druhy rozchodníků, které jsou známé svou odolností a schopností vegetativní obnovy (Gravatt, 2003), ukazuje se, že kvalita založení a výška substrátu jsou klíčové pro dlouhodobou funkčnost vegetační vrstvy. Založení pomocí rohože sice přineslo rychlý efekt plného pokryvu, jak uvádí Kolb & Schwarz (1999), avšak bez následné údržby a doplňování materiálu dochází k degradaci, která potvrzuje, že i extenzivní systémy vyžadují pravidelný dohled a zásahy.

V rámci diplomové práce byly analyzovány dvě extenzivní vegetační střechy, jejichž druhové složení bylo tvořeno převážně zástupci rodu *Sedum*. Tento přístup odpovídá častému modelu extenzivních střech s nízkou vrstvou substrátu, kde jsou sukulenty využívány především díky své odolnosti vůči extrémním podmínkám a minimálním nárokům na údržbu. Nicméně podle studie Van Mechelena et al. (2015) mají tyto tzv. „*Sedum* systémy“ významně nižší hodnoty funkční diverzity (FD) ve srovnání s druhově pestřejšími variantami. Autoři ve své práci prokázali, že druhová skladba založená výhradně na sukulentech omezuje rozsah poskytovaných ekosystémových služeb. Naopak střechy s vyšší druhovou pestrostí, zahrnující např. druhy jako *Achillea millefolium, Thymus serpyllum* či *Bellis perennis*, vykazovaly vyšší hodnoty FD a lepší výsledky v oblasti retence vody, podpory biodiverzity i estetického vnímání. Pro budoucí návrhy extenzivních střech by proto bylo vhodné uvažovat nad rozšířením druhové

skladby s ohledem na funkční vlastnosti rostlin, které mohou přispět ke zvýšení ekosystémové hodnoty vegetačních systémů.

Do budoucna je vhodné sledovat vývoj vegetace v čase a rozšířit monitoring o měření teplot, vlhkosti a biodiverzity. Zelené střechy tak mohou představovat stabilní prvek modrozelené infrastruktury, pokud je jim věnována cílená pozornost v celém životním cyklu – od návrhu po správu.

8. Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na monitoring a management vybraných střešních zahrad v Plzni a jejich vyhodnocení z hlediska ekologických, technických a estetických aspektů. Vlastní projektová část se soustředila na návrh revitalizace nejstarší střešní zahrady v Plzni, umístěné na střeše Divadla J. K. Tyla.

První analyzovanou zahradou byla intenzivní střešní zahrada Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň, která představuje významný veřejně přístupný terapeutický prostor. Její technické řešení je správně navrženo a vegetace vykazuje vitalitu, přesto se v exponovaných částech projevují lokální úbytky porostu. Proto je doporučeno průběžné doplňování výsadeb a rozšíření sortimentu o aromatické a smyslové rostliny (např. *Lavandula angustifolia, Stachys byzantina*), které mohou podpořit relaxační a terapeutický účinek zahrady.

Střešní zahrada bytového komplexu Panorama Plzeň je polosoukromým prostorem s kombinací intenzivních, extenzivních i nádobových výsadeb. Díky automatickému závlahovému systému a kvalitní údržbě je vegetace ve velmi dobrém stavu. Opatření zde směřují k pravidelnému doplňování substrátu v nádobách, kontrole závlahy v letním období a upřednostnění druhově bohatých, dlouhověkých výsadeb s vyšší ekologickou hodnotou.

Extenzivní střešní zahrada společnosti Ball na průmyslovém objektu je založena téměř výhradně z rozchodníků a byla navržena jako bezúdržbová. Postupně se však objevují náletové dřeviny a plevelné druhy, což ukazuje na potřebu alespoň minimálního managementu. Doporučeno je proto zavést základní plán údržby s pravidelnými kontrolami a doplňováním vegetace tam, kde klesá pokryvnost.

U extenzivní střešní zahrady na autobusové zastávce došlo k degradaci vegetační vrstvy, zejména kvůli sesychání a smršťování substrátu v okrajových částech. I zde je nezbytné doplňování substrátu, obnova vegetace výsevem a zvážení změny technologie zakládání pro lepší stabilitu vegetačního krytu.

Střešní zahrada Divadla J. K. Tyla byla předmětem detailní revitalizační studie. Jedná se o intenzivní zahradu členěnou na travnaté plochy, květinové záhony a solitérní dřevinu (*Magnolia liliiflora* 'Nigra'). V rámci návrhu byla doporučena transformace sezónních výsadeb na trvalkové a travinné záhony s vyšší celoroční atraktivitou, podsadba magnolie cibulovinami, založení lučního pásu z suchomilné směsi pro podporu biodiverzity. Současně byla navržena úprava závlahového režimu v souladu s novým složením výsadeb.

Souhrnně lze doporučit:

- přizpůsobení údržby typologii střechy,
- upřednostnění druhově bohatých výsadeb s delší sezonní atraktivitou,
- podporu biodiverzity prostřednictvím vhodného sortimentu a režimu managementu,
- systematický monitoring všech typů zelených střech.

9. Literatura

1. Appupillai, B., Mauricio, Ch., Sudhakar, M. New test methodology for wind resistance evaluation of built-in-place vegetated roof assembly. *Journal of Architectural Engineering*. 2021. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000475.
2. Arge, S. V. Viking Faroes: Settlement, Paleoeconomy, and Chronology. *Journal of the North Atlantic* [online]. 2014, Special Volume 7, s. 1–17 [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://doi.org/10.3721/037.002.sp701.
3. Architecture that Grows. *Green infrastructure and urban air quality: the role of vegetated roofs and facades*. Berlin: Institute for Sustainable Urban Design, 2022.
4. Barrio, E. P. D. Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. *Energy and Buildings*. 1998, 27(2), s. 179–193. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00029-7.
5. Baryła, A. M. Role of drainage layer on green roofs in limiting the runoff of rainwater from urbanized areas. *Journal of Water and Land Development*. 2019, s. 12–18.
6. Bengtsson, L. Peak flows from thin sedum-moss roof. *Hydrological Research*. 2005, 36(3), s. 269–280. DOI: https://doi.org/10.2166/nh.2005.0020.
7. Benvenuti, S., Bacci, D. Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated dry green roofs. *Urban Ecosystems*. 2010, 13, s. 349–363.
8. Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*. 2014, 115, s. 411–428.
9. Berndtsson, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: a review. *Ecological Engineering*. 2010, 36, s. 351–360. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.014.
10. Beyhan, F., Erbas, M. A study on green roofs with the examples from the world and Turkey. *Gazi University Journal of Science*. 2013, 26(2), s. 303–318.
11. Bianchi, F., Hewage, K. How "green" are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*. 2012, 48, s. 57–65.
12. Boas Berg, A., Hurajová, E., Černý, M., Winkler, J. Anthropogenic ecosystem of green roofs from the perspective of rainwater management. *Acta Scientiarum Polonorum. Architectura*. 2022, 21(1), s. 9–19. DOI: https://doi.org/10.22630/ASPA.2022.21.1.2.
13. Bohuslávek, P., Horský, V., Jakoubková, Š. *Vegetační střechy a střešní zahrady*. 2. vyd. Praha: Atelier DEK, 2009. 71 s. ISBN 978-80-87215-05-0.
14. Bouattour, M., Fuchs, A. *La végétalisation des bâtiments*. Paris: Direction Régionale de l'Equipement d'Ile-De-France, 2009
15. Brady, N. C., Weil, R. R. *The nature and properties of soils*. 14. vyd. Harlow: Prentice Hall, 2008.
16. Cascone, S. Green roof design: state of the art on technology and materials. *Sustainability*. 2019, 11(11), 3020.
17. Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S. B., Davison, J. B. Green roofs: building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*. 2010, 42(10), s. 1582–1591.
18. Clark, C., Adriaens, P., Talbot, F. B. Green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science & Technology*. 2008, 42(6), s. 2155–2161.
19. Čepelová, B., Münzbergová, Z. Factors determining the plant species diversity and species composition in a suburban landscape. *Landscape and Urban Planning*. 2012, 106(3), s. 336–346. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.008.
20. Čermáková, B., Mužíková, R. *Ozeleněné střechy*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2009. 248 s. ISBN 978-80-247-1802-6.

21. Dalley, S. Nineveh, Babylon and the Hanging Gardens: cuneiform and classical sources reconciled. *Iraq*. 1994, 56, s. 45–58. DOI: https://doi.org/10.2307/4200384.
22. Dalley, S. Nineveh, Babylon and the Hanging Gardens: cuneiform and classical sources reconciled. *Iraq*. 1994, 56, s. 45–58.
23. Dostálová, J. *Zelené střechy – souhra architektury s přírodou*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2021. 168 s. ISBN 978-80-271-1326-2.
24. Dunnett, N. Green roofs for biodiversity: reconciling aesthetics with ecology. In: *Proceedings of the 4th Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities*. Boston, MA, USA, 2006, s. 11–12.
25. Dunnett, N., Kingsbury, N. *Planting green roofs and living walls*. Portland, OR: Timber Press, 2008.
26. Farrell, C., Szota, C., Williams, N. S. G., Arndt, S. K. High water users can be drought tolerant: using physiological traits to improve green roof plant selection. *Plant and Soil*. 2013, 372, s. 177–193.
27. Francke, B., Geryło, R. Inverted roof insulation kits and their durability. In: *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018, s. 08005.
28. Fundacio de la Jardineria i el Paisatge. *Normas Tecnologicas de Jardinería y Paisajismo, Ajardinamientos Especiales e Cubiertas verdes (NTJ 11C)*. 2012 [cit. 2025-04-20]. Dostupné z: http://fjip-ntj.org/es/.
29. Galbrun, L., Scerri, L. Sound insulation of lightweight extensive green roofs. *Building and Environment*. 2017, 116, s. 130–139.
30. Gedge, D., Kadas, G. Bugs, bees and spiders: green roof design for rare invertebrates. In: *Proceedings, 2nd Annual Greening Rooftops for Sustainable Cities*. Portland, Oregon, 2004. Green Roofs for Healthy Cities, Toronto, Canada.
31. Getter, K. L., Rowe, D. B. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience*. 2006, 41(5), s. 1276–1285.
32. Getter, K. L., Rowe, D. B., Andresen, J. A. Quantifying the effects of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering*. 2007, 31(4), s. 225–231. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.004.
33. Ghosh, S., Vanni, I., Giovanangeli, A. Social aspects of institutional rooftop gardens. In: *Green Roof Retrofit: Building Urban Resilience*. 2016, s. 189–215.
34. Gravatt, D. A. Crassulacean acid metabolism and survival of asexual propagules of *Sedum wrightii*. *Photosynthetica*. 2003, 41, s. 449–452.
35. GSA, U. The benefits and challenges of green roofs on public and commercial buildings. A Report of the United States General Service Administration. 2011.
36. Hui, S. C. M. Technical guidelines for green roofs systems in Hong Kong. *CIBSE Hong Kong Branch*. 2011, 39.
37. Hussein, M., Al-Mughrabi, N., Alhyari, N. Guideline for designing rooftop gardens in Amman buildings. *Dirasat: Human and Social Sciences*. 2022, 49(6), Supplement 1, s. 293–306. https://doi.org/10.35516/hum.v49i6:.4011.
38. Chenani, S. B., Lehmann, S., Mathew, J. Life cycle assessment of layers of green roofs. *Journal of Cleaner Production*. 2015, 90, s. 153–162.
39. Jiang, L., Tang, M. Thermal analysis of extensive green roofs combined with night ventilation for space cooling. *Energy and Buildings*. 2017, 156, s. 238–249.
40. Jim, C. Y. An archaeological and historical exploration of the origins of green roofs. *Urban Forestry & Urban Greening* [online]. 2017, 25, s. 1–19 [cit. 2025-03-24]. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.014.
41. Jim, C. Y. Building thermal-insulation effect on ambient and indoor thermal performance of green roofs. *Ecological Engineering*. 2014, 69, s. 265–275.

42. Johnston, J., Newton, J. *Building green: a guide to using plants on roofs, walls and pavements*. London: London Ecology Unit, 2004.
43. Kolárik, R. Přírodní charakteristika Plzně [online]. Plzeň: ozp.plzen.eu, 1. 12. 2009 [cit. 31. 3. 2025]. Dostupné z: https://ozp.plzen.eu/priroda/prirodni-charakteristika-plzne/.
44. Kolb, W., Schwarz, T. *Dachbegrünung: intensiv und extensiv*. Stuttgart: Eugen Ulmer, 1999.
45. Kotásková, P., Štěpán, T. *Zelené střechy dřevostaveb*. 1. vyd. Brno: Centrum pasivního domu, 2007.
46. Kumar, A., Yadav, S. K., Kharga, S., Jangid, R. Rooftop gardening: A new era of gardening. ICAR-Indian Institute of Horticultural Research, 2022. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/361639276.
47. Kurland, N. B., Zell, D. Green management. *Organizational Dynamics*. 2011, 40(1), s. 49
48. Landschaftsentwicklung, Forschungsgesellschaft. *Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing: Green roofing guideline*. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwickung Landschaftsbau, 2008.
49. Le Corbusier World Heritage. *The architectural work of Le Corbusier: An outstanding contribution to the modern movement* [online]. 2019 [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: https://lecorbusier-worldheritage.org/wp-content/uploads/2019/08/dossier-de-candidature-en.pdf.
50. Locatelli, L., et al. Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications. *Journal of Hydrology*. 2014, 519, s. 3237–3248.
51. Lundholm, J. A habitat template approach to green building. In: *Proceedings, 3rd Annual Greening Rooftops for Sustainable Cities*. Washington DC, 2005. Green Roofs for Healthy Cities, Toronto, Canada.
52. Lundholm, J., Tran, S., Gebert, L. Plant functional traits predict green roof ecosystem services. *Environmental Science & Technology*. 2015, 49, s. 2366–2374.
53. MacIvor, J. S., Lundholm, J. Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. *Ecological Engineering*. 2011, 37, s. 407–417.
54. Mahdiyar, A., et al. Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection. *Sustainable Cities and Society*. 2018, 39, s. 772–783.
55. Mahdiyar, A., Tabatabaee, S., Durdyev, S., Ismail, S., Abdullah, A., Rani, W. N. M. W. M. A prototype decision support system for green roof type selection: A cybernetic fuzzy ANP method. *Sustainable Cities and Society*. 2019, 48, 101532.
56. Maksimovic, V. Environmental topics [online]. 2012 [cit. 2025-03-24]. Dostupné z: http://environmentaltopics.net/green-roofs-bringing-nature-to-your-doorstep/.
57. Mang, P., Reed, B. Regenerative development and design. In: *Sustainable Built Environments*. New York: Springer, 2013, s. 478–501.
58. Mayer, H. Air pollution in cities. *Atmospheric Environment*. 1999, 33, s. 4029–4037.
59. Mazný, P., Liška, M., Orna, J., Bernhardt, T. *Plzeň krok za krokem I: Historické jádro*. Plzeň: Starý most, 2015. ISBN 978-80-87338-57-5.
60. Mentens, J., Raes, D., Hermy, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*. 2006, 77(3), s. 217–226.
61. Oberndorfer, E., et al. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*. 2007, 57(10), s. 823–833.
62. Obyvatelé Česka. Plzeň – základní informace o městě. *ObyvateleCeska.cz* [online]. [cit. 20. 4. 2025]. Dostupné z: https://www.obyvateleceska.cz/plzen-mesto/plzen/554791.

63. Oechslin, W. *Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle*. Přel. z němčiny Wilfried Wang. *Assemblage*. 1987, č. 4 (říjen), s. 82–93. Cambridge, MA: MIT Press.
64. Owaisi, S., et al. Structural and environmental design: a study of using green roofs system in construction. 2018.
65. Papageorgiou, A. S. *Structural assessment and reliability of existing buildings*. 2016.
66. Parizotto, S., Lamberts, R. Investigation of green roof thermal performance in a temperate climate: a case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. *Energy and Buildings*. 2011, 43, s. 1712–1722.
67. Pecuch, M. Fyzickogeografické vymezení [online]. Plzeň: plzen.eu, 15. 5. 2020 [cit. 31. 3. 2025]. Dostupné z: https://plzen.eu/o-meste/statisticka-data/geografie/.
68. Pecuch, M. Po stopách historie města. *Plzen.eu* [online]. 2022. Dostupné z: https://plzen.eu/o-meste/historie/po-stopach-historie/.
69. Pecuch, M. Statutární město Plzeň. Městské obvody. *Plzen.eu* [online]. 2021. Dostupné z: https://plzen.eu/o-meste/mestske-obvody/.
70. Pérez, G., Perini, K. Green roofs and green walls layouts for improved urban air quality by mitigating particulate matter. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2018, 31, s. 35–47.
71. Pirouz, B., Palermo, S. A., Becciu, G., Sanfilippo, U., Nejad, H. J., Piro, P., Turco, M. A novel multipurpose self-irrigated green roof with innovative drainage layer. *Hydrology*. 2023, 10(3), 57.
72. Plzeň – Turismus. *Evropské hlavní město kultury 2015*. Plzeň: Plzeň – Turismus, p. o., 2015. 16 s.
73. Plzeň – Turismus. *Průvodce městem Plzeň*. Plzeň: Plzeň – Turismus, p. o., 2013. 49 s.
74. Pomatto, E., Larcher, F., Caser, M., Gaino, W., Devecchi, M. Evaluation of different combinations of ornamental perennials for sustainable management in urban greening. *Plants*. 2023, 12(18), 3293. https://doi.org/10.3390/plants12183293.
75. Popov, A. V., Melnikova, I. B., Slepchenko, A. N. The main historical development stages of accessible green roofs in the urban environment. *Amazonia Investiga*. 2019, 8(23), s. 406–418.
76. Popov, A. V., Melnikova, I. B., Slepchenko, A. N. The main historical development stages of accessible green roofs in the urban environment. *Amazonia Investiga*. 2019, 8(23), s. 406–418.
77. Rickard, S. *The new ornamental garden*. Collingwood: CSIRO Publishing, 2011.
78. Sailor, D. J., Elley, T. B., Gibson, M. Exploring the building energy impacts of green roof design decisions – a modeling study of buildings in four distinct climates. *Journal of Building Physics*. 2008, 32(2), s. 131–153.
79. Saiz, S., Kennedy, C., Bass, B., Pressnail, K. Comparative life cycle assessment of standard and green roofs. *Environmental Science & Technology*. 2006, 40(13), s. 4312–4316.
80. Sendo, T., Kanechi, M., Uno, Y., Inagaki, N. Evaluation of growth and green coverage of ten ornamental species for planting as urban rooftop greening. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2010, 79(1), s. 69–76. ISSN 1882-3351. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1/79/1/79_69/_article.
81. Shafique, M., Kim, R., Rafiq, M. Green roof benefits, opportunities and challenges – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 90, s. 757–773.
82. Schade, C. Eigenschaften und Anwendung von Vegetationsmatten. In: Köhler, M., Schmidt, M., eds. *Dachbegrünung: Grundlagen, Planung und Ausführung*. Stuttgart: Ulmer Verlag, 2002, s. 123–135.
83. Silva, C. M., Flores-Colen, I., Coelho, A. Zelené střechy ve středomořských oblastech – plánování průzkumu a údržby. *Stavebnictví a životní prostředí*. 2015, 94, s. 131–143.

84. Spala, A., Bagiorgas, H. S., Assimakopoulos, M. N., Kalavrouziotis, I. K., Matthopoulos, D. N., Mihalakakou, G. On the green roof system: selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. *Renewable Energy*. 2008, 33(1), s. 173–177.
85. Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S. J., Smith, C. L. Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof. *Science of the Total Environment*. 2013, 461–462, s. 28–38.
86. Spolupráce: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu. *Čas v životě, zahradě, krajině – Luhačovice 2005*. 1. vyd. Praha: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, 2005. 139 s. ISBN 80-902910-9-0.
87. Svaz zakládání a údržby zeleně, z.s. *Zelené střechy jako rozšířené obydlí*. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, z.s., 2016.
88. Šimečková, J., ed. *Zelené střechy – naděje pro budoucnost*. 1. vyd. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 2010. 38 s. ISBN 978-80-254-9123-2.
89. Takebayashi, H., Moriyama, M. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment*. 2007, 42, s. 2971–2979.
90. Tam, V. W. Y., Wang, J., Le, K. N. Tepelná izolace a nákladová efektivita systémů zelených střech: empirická studie v Hong Kongu. *Stavebnictví a životní prostředí*. 2016, 110, s. 46–54.
91. Tolderlund, L. *Design guidelines and maintenance manual for green roofs in the semi-arid and arid West*. Denver: Green Roofs for Healthy Cities, 2010.
92. Van Lennep, E., Finn, S. *Green roofs over Dublin: A green roof policy guidance paper for Dublin*. Draft guidelines for DCC to develop planning directives for the incorporation of green roofs in new development. 2008 [cit. 2013-08-06].
93. Van Mechelen, C., et al. Functional diversity as a framework for novel ecosystem design: the example of extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning*. 2015, 136, s. 165–173.
94. Van Renterghem, T., Botteldooren, D. Numerical evaluation of sound propagating over green roofs. *Journal of Sound and Vibration*. 2008, 317(3–5), s. 781–799.
95. VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Xiao, L. Watering regime and green roof substrate design affect Sedum plant growth. *HortScience*. 2005, 40(3), s. 659–664.
96. Vijayaraghavan, K. Green roofs: a critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, 57, s. 740–752.
97. Whittinghill, L. J., Rowe, D. B., Schutzki, R., Cregg, B. M. Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape and Urban Planning*. 2014, 123, s. 41–48.
98. Williams, N. S. G., Rayner, J. P., Raynor, K. J. Green roofs for a wide brown land: opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2010, 9(3), s. 245–251.
99. Wong, N. H., Li, S. A study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Building and Environment*. 2007, 42(3), s. 1395–1405.
100. Wooster, E. I. F., et al. Urban green roofs promote metropolitan biodiversity: a comparative case study. *Building and Environment*. 2022, 207, 108458.
101. Young, T. M., Phoenix, G. K., Cameron, D. D., Sorrill, J., Edwards, T. Importance of different components of green roof substrate on plant growth and

physiological performance. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2014, 13(3), s. 507–516.

102. Zingre, K. T., Yang, X., Wan, M. P. Performance analysis of cool roof, green roof and thermal insulation on a concrete flat roof in tropical climate. *Evergreen*. 2015, 2(2), s. 34–43.

10. Samostatné přílohy

10.1. Fotografie střešní zahrady divadla J.K. Tyla

Obr. 33- Střešní zahrada před revitalizací divadla J.K. Tyla, rok 2000
Zdroj: archiv Správy veřejného statku města Plzně

Obr. 34- Realizace střešní zahrady divadla J.K. Tyla, rok 2014
Zdroj: archiv Správy veřejného statku města Plzně

Obr. 35- Pokládání trávníku zahrady divadla J.K. Tyla, rok 2014
Zdroj: archiv Správy veřejného statku města Plzně

Obr. 36- Jarní výsadba divadla J.K. Tyla, rok 2016
Zdroj: archiv Správy veřejného statku města Plzně

10.2. Fotografie střešní zahrady pavilonu onkologického pavilonu Fakultní nemocnice

Obr. 36- Pohled na tvarované keře *Taxus cuspidata,* rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 37- Pohled na průčelí, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 38- Pohled na chodníček a zasazení laviček, rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 39- Pohled na vegetaci , rok 2024
Zdroj: Adéla Mrázová

5.3. Fotografie střešní zahrady bytového komplexu Panaroma

Obr. 40- Pohled keře stromové formy, rok 2025
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 41- Pohled na záhony s vyvýšenými betonovými nádobami, rok 2025
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 42- Pohled na pergolu, rok 2025
Zdroj: Adéla Mrázová

Obr. 43- Pohled kruhové betonové nádoby se stromy, rok 2025
Zdroj: Adéla Mrázová