



Téma: Extenzivní zelené střechy a jejich teplotní vlivy na budovy a město

Zprávy pro klíčové aktéry vydává Platforma pro zelenou a modrou infrastrukturu. Jsou výsledkem mezioborové diskuse aktuálních témat v rámci setkávání Platformy a spolupráce jednotlivých členů. Jejich účelem je poskytnout praktická doporučení a zvýšit povědomí o tématech ve vazbě na klimatickou změnu, zelenou i modrou infrastrukturu a kvalitu života.

Klíčová sdělení Zprávy pro klíčové aktéry:

- Zelené střechy jsou účinným nástrojem pro zmírnění dopadů klimatické změny a efektivním řešením pro boj s městským tepelným ostrovem.
- Pomáhají navracet zeleň do hustě zastavěných míst, kde už pro ni jinak nezůstává místo. Přispívají ke zvýšení městské biodiverzity.
- Díky zastínění a výparu z vegetace přispívají zelené střechy k ochlazení zastavěných území. Přispívají k hospodaření s dešťovou vodou.
- Nejvýznamnějším benefitem zelených střech je v současné době zvýšení tepelné efektivity střechy, potažmo celého objektu. V zimních měsících funguje zelená střecha jako další izolační vrstva před chladem a v letních měsících zase přispívá k ochlazení budovy pomocí zastínění.
- Zelená střecha rovněž chrání hydroizolaci střechy před zrychleným stárnutím, mechanickým poškozením nebo povětrnostními vlivy a tím prodlužuje její životnost.



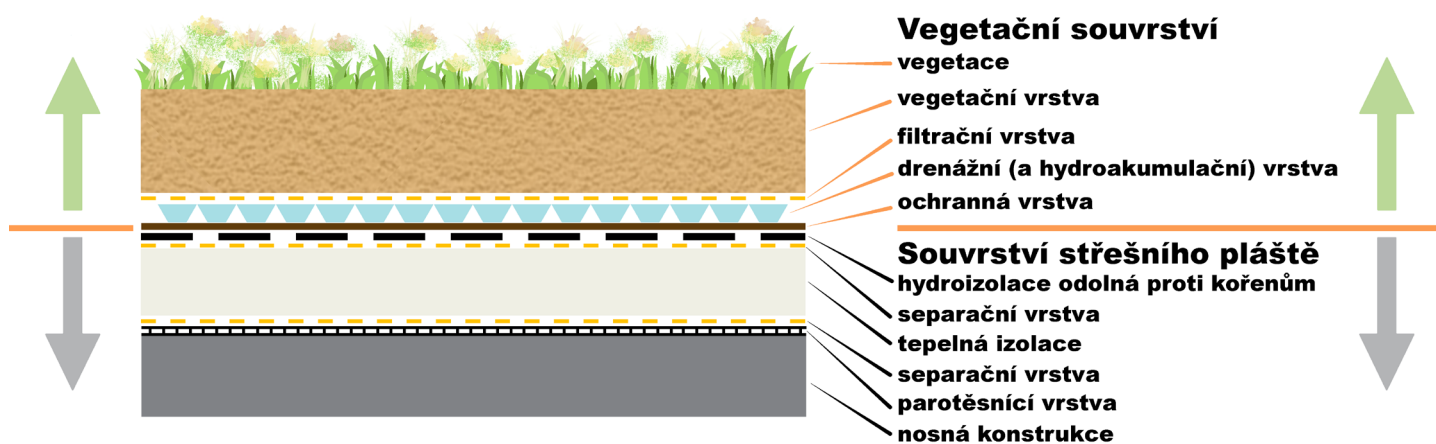
Úvod:

Vzhledem k silícím dopadům klimatické změny, která zasahuje do našich každodenních životů, vzniká větší poptávka po ozelenění našich měst, ulic a domovů. Jedním z řešení, které pomáhá zlepšit život ve městě prostřednictvím svých benefitů, je právě zelená střecha. Tato zpráva představuje závěry výzkumu zaměřujícího se na tepelnou efektivitu extenzivní zelené střechy. Výsledky vychází z experimentální zelené střechy na Pedagogické fakultě UJEP v Ústí nad Labem. Hlavními přínosy zelených střech jsou zlepšení tepelně izolačních funkcí střechy, prodloužení její životnosti, zvýšení městské biodiverzity, snížení hluku a prašnosti či snížení odtoku a výparu srážkové vody.

Co to je zelená střecha?

Zelená střecha je jedním z prvků modrozelené městské infrastruktury, jejichž hlavním cílem je boj s klimatickou změnou, hospodaření v místě pro rekreaci a trávení volného času.

Zelené střechy tvoří několik vrstev, které se nacházejí nad samotným střešním pláštěm zakončeným hydroizolací odolnou proti prorůstání kořínků. Na hydroizolaci se obvykle pokládá ochranná vrstva (geotextilie), drenážní a hydroakumulační vrstva (nopová folie), filtrační vrstva (geotextilie) a následně substrát, do kterého se vysazuje vegetace. Vedle této skladby se lze setkat i se skladbami využívajícími minerální vaty a jiné materiály.



Podle typu střechy (ve větší míře dáno především mocností substrátu) je možné osazení specifickým druhem vegetace, který by měl současně odpovídat i lokálním podmínkám. Důležitým prvkem zelených střech je také technická infrastruktura, která slouží pro potřeby údržby vegetace nebo pro zajištění bezpečnosti při obsluze a pobytu. Jedná se například o chodníčky, žebříky, záchytný systém či zábradlí.



Není střecha jako střecha

Zelené střechy se rozdělují podle druhu vegetace a údržby na **extenzivní** (méně udržované) a **intenzivní** (častěji udržované). Přechodovým typem je pak **polointenzivní** zelená střecha, která v sobě nese prvky jak intenzivní, tak extenzivní zelené střechy.



Extenzivní zelená střecha, Zruč nad Sázavou, Zdroj: autoři



Intenzivní zelená střecha, Edinburgh, Zdroj: autoři

U extenzivních střech je obvykle použito 8-15 cm substrátu a bývají zde vysázeny rozchodníky (pokládkou koberce, výsadbou rostlin z květináčů nebo rozhozením řízků) a další sucho snášející rostliny. Tyto střechy přispívají k hospodaření s dešťovou vodou, snížení tepelného ostrova města a mají pozitivní vliv na teplotu uvnitř budovy. Určitou měrou přispívají i k podpoře biodiverzity a při dostatečné údržbě mají vliv i na vzhled budovy. Hlavní výhodou extenzivní zelené střechy jsou menší náklady na údržbu v porovnání se střechou intenzivní a menší zatížení. Obvykle je dostačující údržbu provádět dvakrát ročně. Ta zahrnuje odstranění plevelů, odkvetlých a suchých částí rostlin, hnojení a čištění odvodňovacích prvků. Většinou nejsou extenzivní střechy pobytové a pochozí. Nachází uplatnění jak na drobných objektech a rodinných domech, tak i na velkých střešních plochách, jako jsou výrobní a skladové plochy nebo komplexy kancelářských a bytových budov. Náklady na realizaci se pohybují obvykle okolo 1000-2500 Kč/m² zelené střechy.

U intenzivních střech (obvykle se substrátem o mocnosti více než 20 cm) může být využíváno bohatší druhové skladby včetně travních ploch a pestrobarevné květeny, v případě mocnosti více než 120 cm je lze osázet i dřevinami podle jejich schopnosti odolávat specifickým podmínkám. U intenzivních střech je nezbytné provádět častější údržbu než u extenzivních střech a jsou obvykle doplněny o závlahový systém. Vhodné je tak zelenou střechu kombinovat s opatřením na akumulaci dešťových vod z jiných zpevněných ploch. Vedle výše uvedených funkcí extenzivní střechy (které obvykle poskytuje ve větší intenzitě) poskytuje další přínosy, především prostor pro rekreaci či odpočinek uživatelů budovy (obyvatel/zaměstnanců, kteří v budově pracují). Z tohoto důvodu jsou intenzivní střechy mnohdy označovány jako parky na střeše nebo střešní zahrady. Náklady na realizaci intenzivních střech se pohybují mezi 2000-4000 Kč/m² zelené střechy.

Přínosy zelených střech

Zelené střechy přispívají díky svým funkcím k tvorbě lepšího prostředí pro život ve městě/práci v průmyslových areálech. Společně s dalšími prvky modrozelené infrastruktury jako jsou parky, aleje, zelené stěny či komunitní zahrady vedou k ochlazení měst a vytváří prostor pro rekreaci a volný čas. Užitek, který zelené střechy vytváří, se nazývají ekosystémové služby a zvýšení počtu zmíněných služeb je základním prvkem pro boj s klimatickou změnou. Jak už bylo zmíněno výše, instalace zelené střechy má pozitivní vliv na snížení energetické náročnosti při chlazení/vytápění objektů. Tím se nedosáhne jen finančních úspor majitelům objektů, ale také se sníží projevy městského tepelného ostrova. Výsledky ekonomických analýz prokázaly, že úspory za vytápění v zimních měsících a ochlazení budov v letních měsících převážily náklady na vybudování a údržbu zelené střechy (viz např. kniha Modrozelená města: Příklady adaptačních opatření v ČR a jejich ekonomické hodnocení).



Experimentální zelená střecha UJEP

Pro zkoumání efektu a přínosnosti střech byla na budově Pedagogické fakulty UJEP v Ústí nad Labem vybudována experimentální extenzivní zelená střecha s měřicími senzory teplot, vlhkosti a dalších ukazatelů. Plocha této střechy je 125 m², je zrealizována jako extenzivní střecha s mocností substrátu 8 cm a vegetací, kterou tvoří převážně rozchodníky, dále pak hvozdíky a další drobné kvetoucí rostliny. Mimo zelenou střechu došlo současně k umístění senzorů i na vedlejší část střechy o ploše 125 m², kde není vybudováno vegetační souvrství. Povrch této části tvoří hydroizolace z PVC. Je tak možné měřit například teplotní rozdíly mezi těmito střechami.

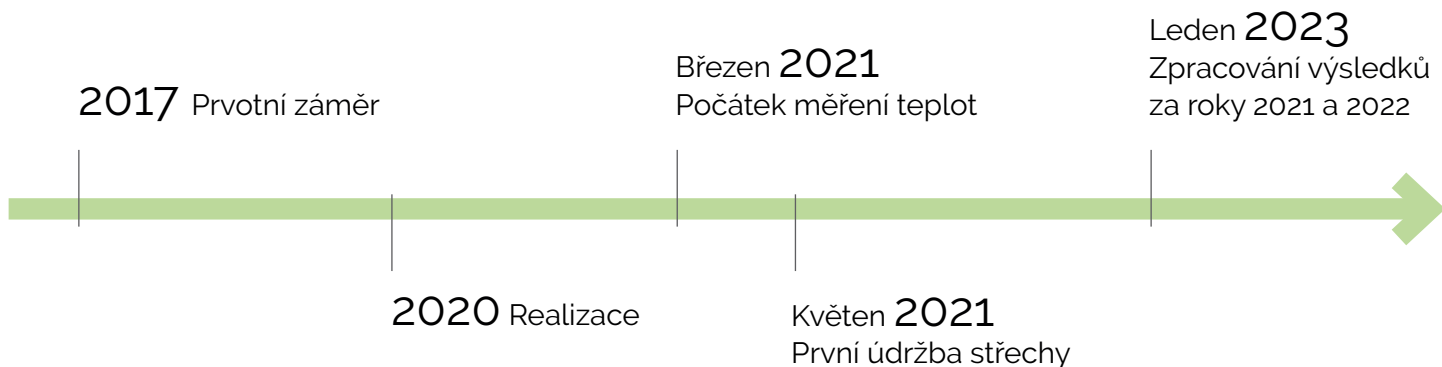


Pohled na zelenou experimentální střechu v červnu 2022,
Zdroj: autoři



Pohled na experimentální střechu – meteorologickou stanici a část bez vegetačního souvrství, Zdroj: autoři

Experimentální střecha vznikla v rámci rekonstrukce střechy v roce 2020, od března 2021 probíhá měření širokého spektra údajů zahrnujících teplotu vzduchu i teploty v různých vrstvách zelené střechy, vlhkost substrátu i vzduchu, průměrnou a okamžitou rychlost větru, směr větru, sluneční svit a množství srážek. Mimo to se měří i teploty uvnitř budovy pod částí střechy s vegetačním souvrstvím a pod částí, kde není. Měření probíhá kontinuálně. Většina údajů je měřena v deseti minutových intervalech. Vlivem nepříznivých podmínek bylo nutné v rámci jarní údržby v roce 2021 provést rozsáhlou dosadbu řízků rozchodníků, plně pokryta je zelená střecha od podzimu 2021/jara 2022.



Vývojové schéma



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



SMART
City
Region
Community

Izolační efekt extenzivní zelené střechy

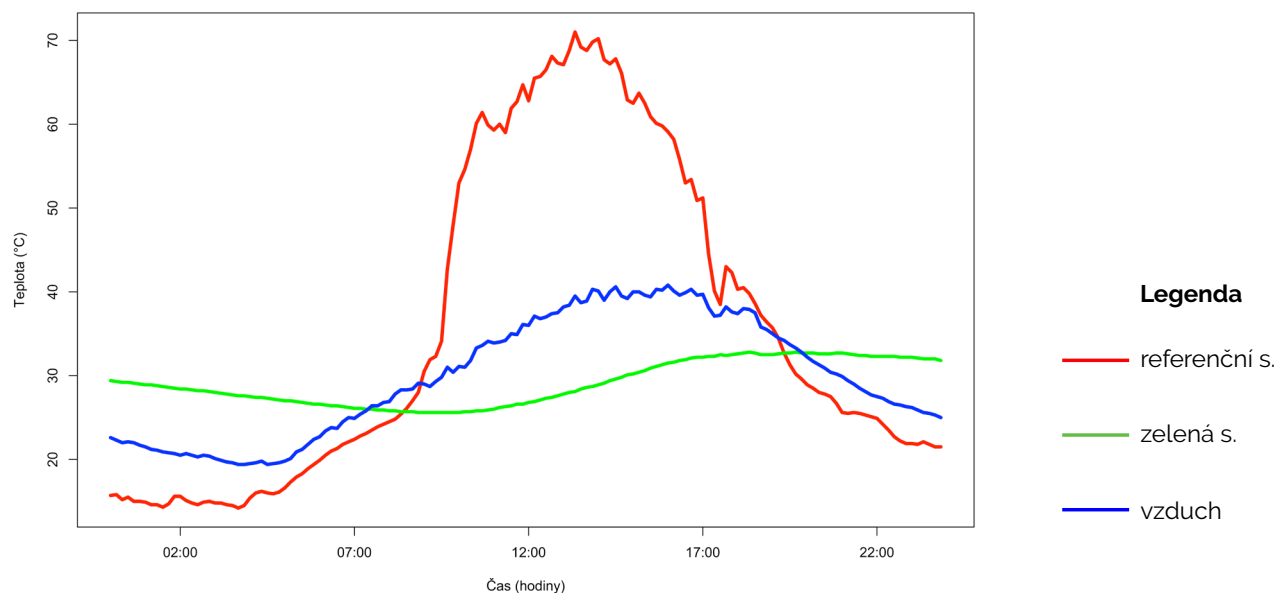
– výsledky dosavadního měření:

Dále prezentované výsledky vychází z dat naměřených v roce 2022. Pro názorné představení izolačního efektu vegetačního souvrství byly vybrány dvě extrémní situace: nejteplejší a nejchladnější den za měřené období.

Nejteplejší den (19.6.2022)

– maximální naměřená teplota vzduchu 40,8 °C v 16:00

Teplota vzduchu a teploty na izolaci zelené střechy a části bez vegetačního souvrství se významně liší. Jak je na první pohled z grafu vidět, zatímco teplota hydroizolace pod vegetačním souvrstvím a teplota vzduchu vykazují v rámci dne pouze pozvolné přírůstky, teplota hydroizolace na střeše bez vegetačního souvrství (pouze holé PVC) dopoledne skokově narůstá. Od východu slunce se ohřívá, již v 9:00 dosahuje teploty vzduchu a následně narůstá poměrně rychle až na úroveň 71 °C v 13:20. Dochází zde k rozptylu teplot až 56 °C. Část střechy s vegetačním souvrstvím se ohřívá (akumuluje teplo) pozvolněji, dochází zde k maximálnímu nárůstu o přibližně 10 °C. Maximální teploty je na hydroizolaci dosaženo až okolo 18:00, během noci pak dochází k postupnému ochlazení.



Nejteplejší den za sledované období, Zdroj: autoři



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

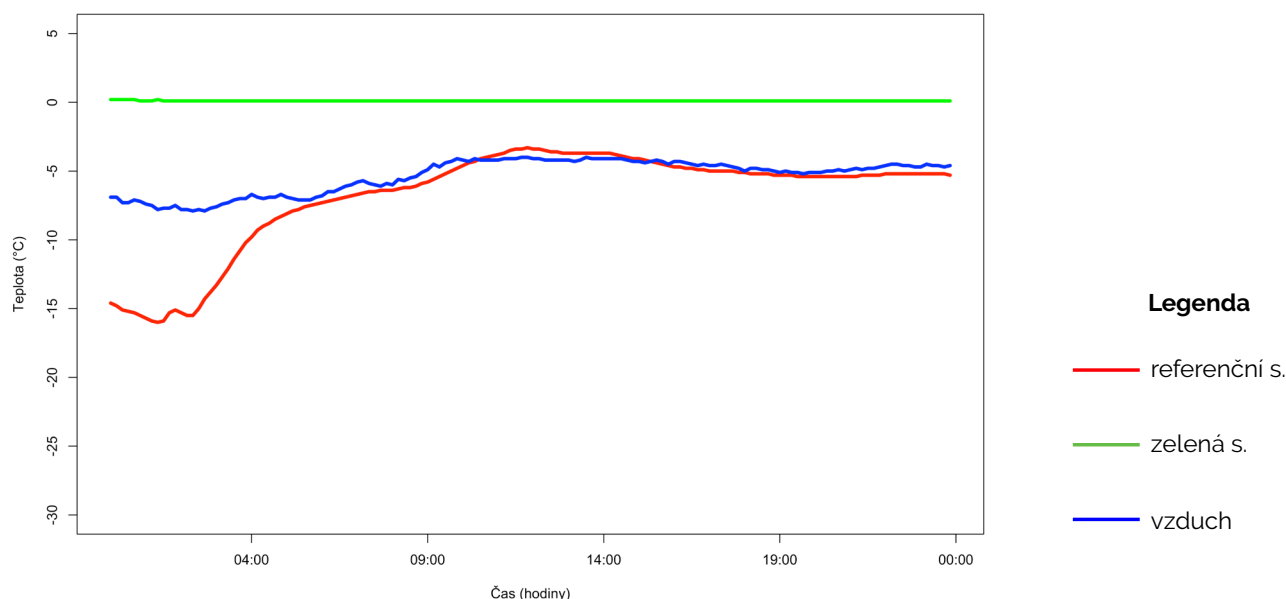


SMART
City
Region
Community

Nejchladnější den (18.12.2022)

– minimální naměřená teplota vzduchu -7,9 °C okolo 2:00

Přestože teplota vzduchu se pohybuje po celý den pod bodem mrazu, teplota na hydroizolaci pod zelenou střechou je stálá a pohybuje se nad bodem mrazu. Naopak teplota hydroizolace na části střechy bez vegetačního souvrství dosahuje nižších hodnot, než byla teplota vzduchu.



Nejchladnější den za sledované období, Zdroj: autoři

Zelená střecha a její izolační vliv v průběhu roku

S ohledem na porovnání části střechy s vegetačním souvrstvím a části bez ní je možné stanovit počty dní, kdy má zelená střecha ochlazující efekt, kdy má naopak zateplující efekt a kdy jsou teploty vyrovnané.

Na základě výsledků měření v rámci celého roku 2022 (365 dní) měla zelená střecha zejména v letních dnech ochlazující efekt (189 dnů), ve 112 dnech je možné vliv zelené střechy považovat za zateplující (zejména v zimě). V rámci přechodových období (jaro, podzim) se teploty významně nelišily, lze tedy v tomto období označovat vliv střech za neutrální (celkem 64 dnů ve sledovaném období). Z výsledků tak vyplývá, že potenciální dopad na úspory energií za vytápění nebo chlazení vnitřních prostor by měla střecha 301 dnů (82,5 %).

	efekt úspory chlazení	efekt úspory vytápění	neutrální efekt
počet dnů	189	112	64
v %	51,8	30,7	17,5



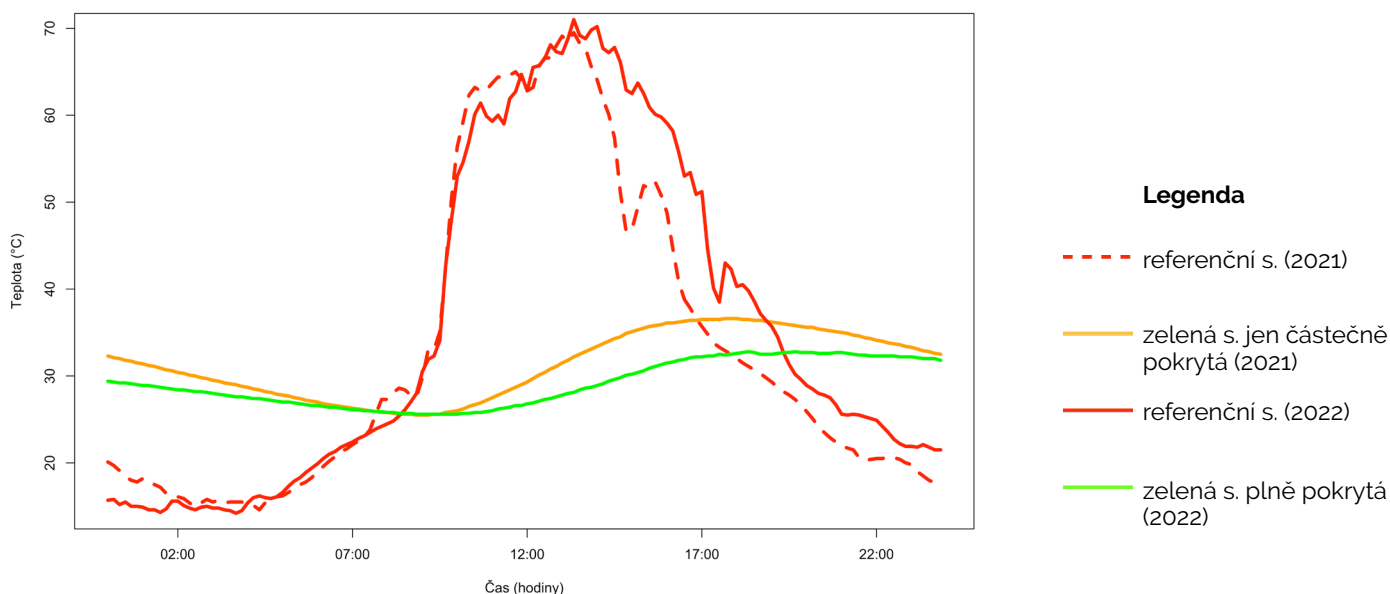
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



SMART
City
Region
Community

Izolační efekt před plným pokryvem vegetací

Jelikož byla střecha založena formou rozhození řízků, je možné výše uvedené výsledky z roku 2022 porovnat se situací v roce 2021, kdy rostliny nepokryly celou střechu. V rámci jarní údržby bylo nezbytné provést ve velké míře dosázení volných míst rozchodníky, současně došlo k výsevu hvozdíků a dalších drobných kvetoucích rostlin. Referenčním dnem je opět 19. červen, který se i v roce 2021 řadil mezi nejteplejší dny v roce. Z níže uvedených výsledků plyne, že i substrát s pouze částečným pokrytím rostlinami snižuje teplotu na izolaci. V grafu je vykreslena teplota na referenční střeše v roce 2021 a teplota na izolaci pod substrátem. Pro porovnání je zde vykreslena i teplota na referenční střeše v roce 2022 a teplota na izolaci již pod plně pokrytou zelenou střechou. Z grafu je patrné, že substrát s nízkou mírou pokrytí rostlinami snižuje teplotu oproti referenční střeše. Avšak plně pokrytá vegetační vrstva zelené střechy má v roce 2022 chladicí efekt významnější.



Porovnání teplot v roce 2021 a 2022 lišících se mírou pokrytí rostlin; Zdroj: autoři

Jak vyplývá z výše uvedených výsledků, izolační efekt vegetačního souvrství významně ovlivňuje způsob jeho realizace. V případě realizace zelené střechy pomocí pokládky rozchodníkových koberců oproti rozhození řízků by bylo možné plného chladicího efektu dosáhnout již v prvním roce. Chladicí efekt by bylo možné dále posílit tím, kdyby vegetační souvrství nebylo tvořeno jen rozchodníky, ale byly zde větší měrou využity rostliny s větší listovou plochou. V tomto případě by ale bylo nezbytné řešit v rámci delších období sucha i závlahu. Toto řešení by si tak vyžádalo vyšší náklady.

Vliv povrchu referenční střechy

Výsledky jsou prezentovány v porovnání s referenční střechou zakončenou vrstvou PVC fólií. PVC fólie se jako vrchní střešní krytina nepoužívají tak často, zájem o jejich využití ale v posledních letech roste. V současné době patří mezi nejběžnější povrchy střech asfaltové šindele, pálené tašky nebo asfaltové pásy. Ve většině těchto případů se jedná o povrchy tmavší, které mají menší albedo oproti referenční střeše zakončené PVC fólií. U běžných povrchů tak dochází k vyššímu zahřívání. Pokud by tedy byla referenční střecha pokryta některou z jiných krytin, než je PVC fólie, lze předpokládat, že by se chladivý efekt vegetačního souvrství, respektive rozdíly teplot ještě o něco zvýšily.



Závěr

Z výsledků měření vyplývá, že extenzivní zelená střecha má pozitivní dopad na snížení teploty na hydroizolaci střechy až o několik desítek stupňů Celsia v letních měsících. V zimních měsících naopak dobře funguje jako další izolační vrstva. Zmíněné přínosy přispívají k úsporám energií a tím i finančních prostředků na vytápění a chlazení budov. Současně je zde vidět i pozitivní vliv na snižování teplot na povrchu a tím přispění k eliminaci tepelného ostrova města (v tomto případě kampusu UJEP). Míru efektu ovlivňuje nejen způsob výsadby, kdy v případě rozchodníkových koberců lze dosáhnout plného efektu již první rok, ale i velikost listové plochy rostlin. Výstavbu zelených střech, zvláště těch extenzivních, má smysl podporovat s ohledem na jejich benefity spojené s bojem s klimatickou změnou.

Další materiály a použitá literatura:

- BURIAN, S. a kol. (2019). Vegetační souvrství zelených střech: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně. Dostupné: zelenestrechy.info/standardy-ke-stazeni
- MACHÁČ, J.; a kol. (2022). MODROZELENÁ MĚSTA: Příklady adaptačních opatření v ČR a jejich ekonomické hodnocení. Ústí nad Labem: Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP). Dostupné: ieep.cz/modrozelená-města-příklady-adaptacnich-opatreni-v-cr-a-jejich-ekonomicke-hodnoceni
- SÝKOROVÁ, M.; a kol. (2021). VODA VE MĚSTĚ. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. Praha: České vysoké učení technické. Dostupné: vodavemeste.cz

Zpráva pro klíčové aktéry je výstupem diskusních setkávání **Platformy** pro zelenou a modrou infrastrukturu. Platforma byla založena Institutem pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP, www.ieep.cz) v rámci projektu Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem SMART CITY – SMART REGION – SMART COMMUNITY (reg. č. CZ.02. 1. 01/0.0/0.0/17_048/0007435).

Cílem Platformy je propojovat zástupce z řad výzkumníků, aplikační sféry, samosprávy a státní správy v ČR a naleznout společné průniky pro budoucí rozvoj v týmatech, kterými se aktuálně ve vazbě na klimatickou změnu a zelenou a modrou infrastrukturu zabývají města a obce v ČR.

Hlavní autoři:

Jan Macháč, Jakub Mlejnek, Marek Hekrle (UJEP IEEP; www.ieep.cz) machac@ieep.cz

grafická úprava: Marie Bělohoubková, marie.belohoubkova@email.cz

Ve spolupráci s:

Pavel Dostal (GreenVille service s.r.o.), Vlasta Černochová (PFM-Greenvia s.r.o.)

Svaz zakládání a údržby zeleně (www.zelenestrechy.info)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



SMART City Region Community