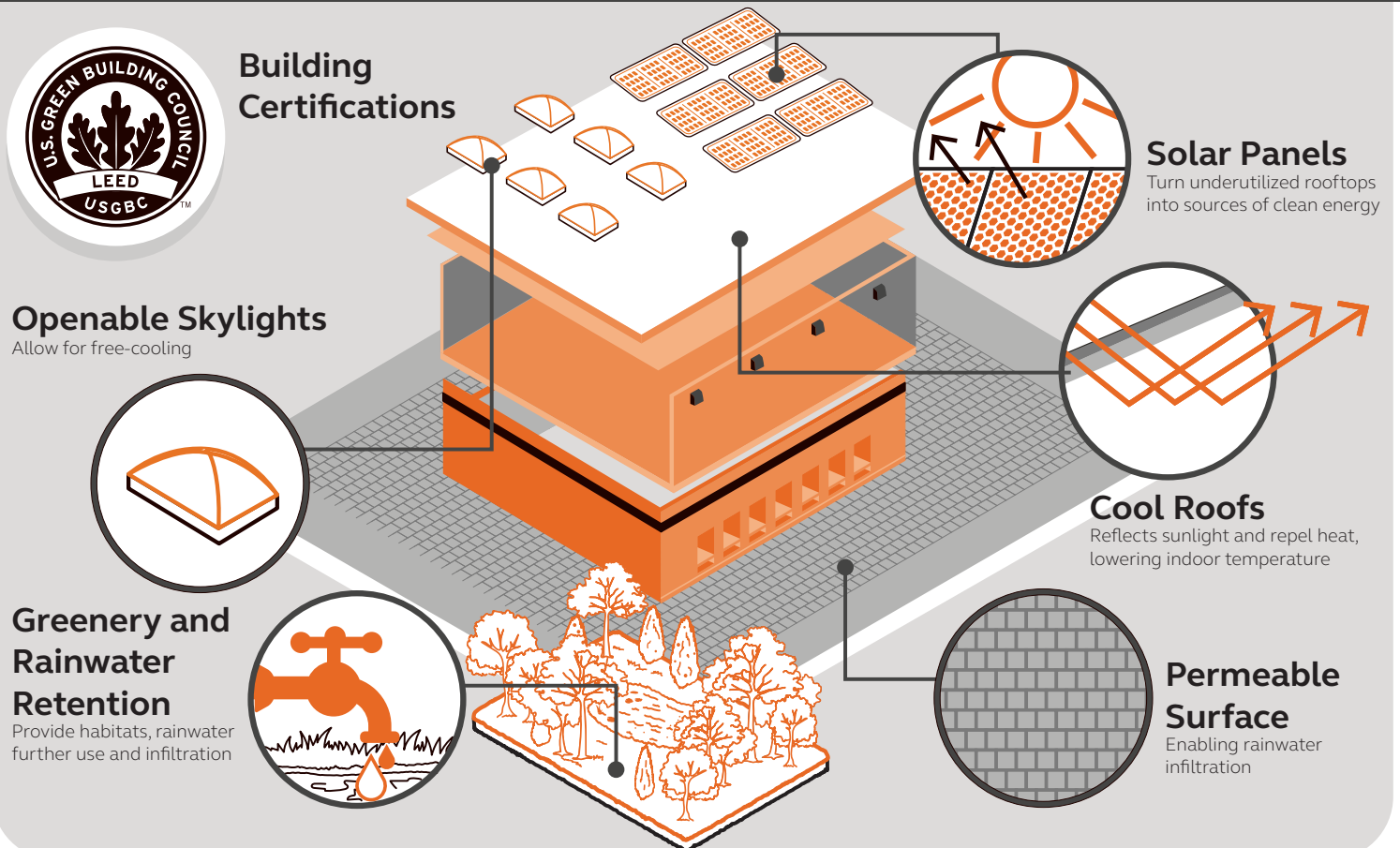


Extenzivní zelené střechy na průmyslových budovách



Zelené střechy jsou obvykle považovány za účinné při snižování hladiny atmosférického CO₂ kvůli jejich potenciálu snižovat spotřebu energie v budovách a schopnosti pohlcovat CO₂ ze vzduchu.

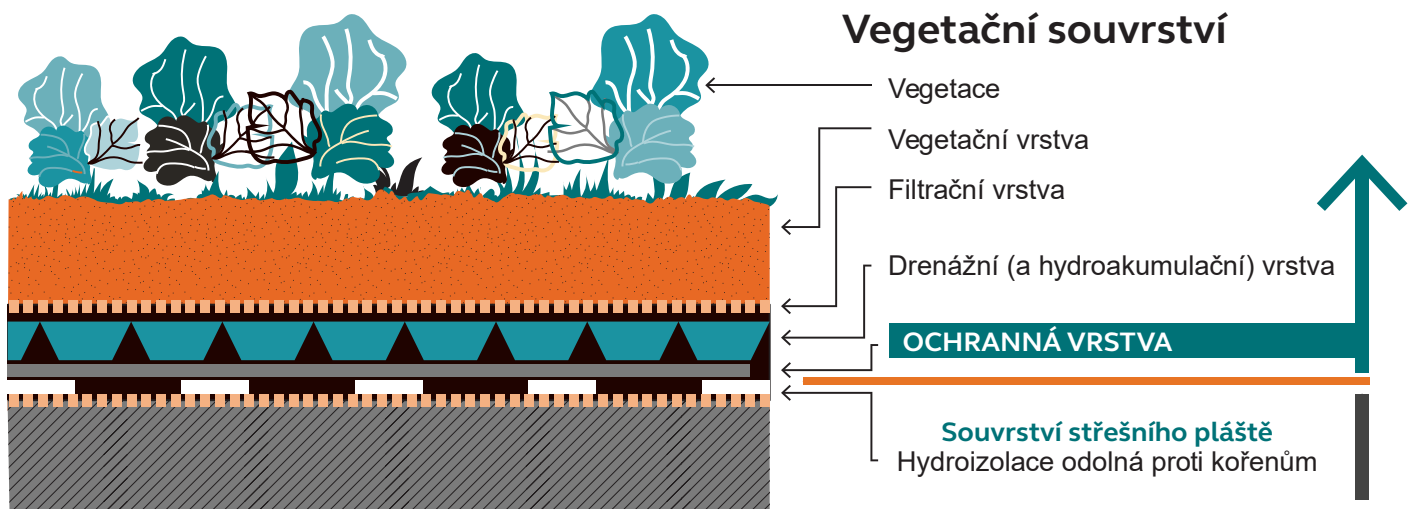
Nejvýznamnější výhodou zelených střech je zmírnění tepelných ostrovů a následné snížení ambientní teploty ve městě. Zelené střechy nejen pomáhají životnímu prostředí z ekologického a estetického hlediska, ale přinášejí také úspory při provozu budov – díky vrstvám, které pohlcují dešťovou vodu. Tím se mohou náklady na odvodňovací systém a izolační vrstvy snížit.

Dalšími výhodami je pak také vytváření habitatu pro volně žijící živočichy (v závislosti na intenzitě zeleně a zvolených druhů) a snižování stresu lidí pohybujících se v okolí budovy se zelenou střechou.

V případě skladových hal musí být nosná konstrukce pro rozsáhlou zelenou střechu mnohem robustnější než pro klasickou střešní konstrukci. To znamená, že počáteční náklady na zelenou střechu mají dopad na celou budovu.

Systém zelených střech však vyžaduje (v případě typického systému výstavby skladové haly) solidnější nosnou konstrukci a také celé souvrství skladby zelené střechy. Tyto odlišnosti přispívají k navýšení svázaných emisí CO₂ v celé konstrukci. Toto relativní zvýšení se snižuje spolu s celým životním cyklem, ale přesto zůstává.

Schéma rozhraní vegetačního souvrství a souvrství střešního pláště



Cílem této analýzy je proto posoudit nejen ekonomické investice, ale také uhlíkovou stopu pro extenzivní zelenou střechu skladu spolu s ohledem na emise CO₂ emitované během výrobních a dalších procesů, které jsou spojené se stavbou a údržbou průmyslové/skladovací haly.

Kromě ekonomické a uhlíkové návratnosti je také posouzen vliv zelené střechy na vnitřní mikroklima v budově, efekt tepelného ostrova, nakládání s dešťovými vodami a potenciál pro využití fotovoltaických panelů.

Projekt vybraný pro srovnání je typickým “současným standardem” výstavby skladových/ průmyslových hal. Projekt má HPP 14.000 m² o standardní nosné konstrukci vedoucí k maximalizaci využitelnosti vnitřního prostoru. Na projekt se aplikuje typický střešní a zelený střešní systém. Následně jsou oba systémy zhodnoceny a porovnány.



Obrázek 1

Náklady životního cyklu

Analýza LCC (Life Cycle Cost = Náklady životního cyklu) posuzuje celkové náklady v průběhu životního cyklu hodnoceného objektu nebo jeho částí z hlediska nákladů. Jednoduchá LCC analýza reprezentuje výpočet bez započtení diskontní sazby.

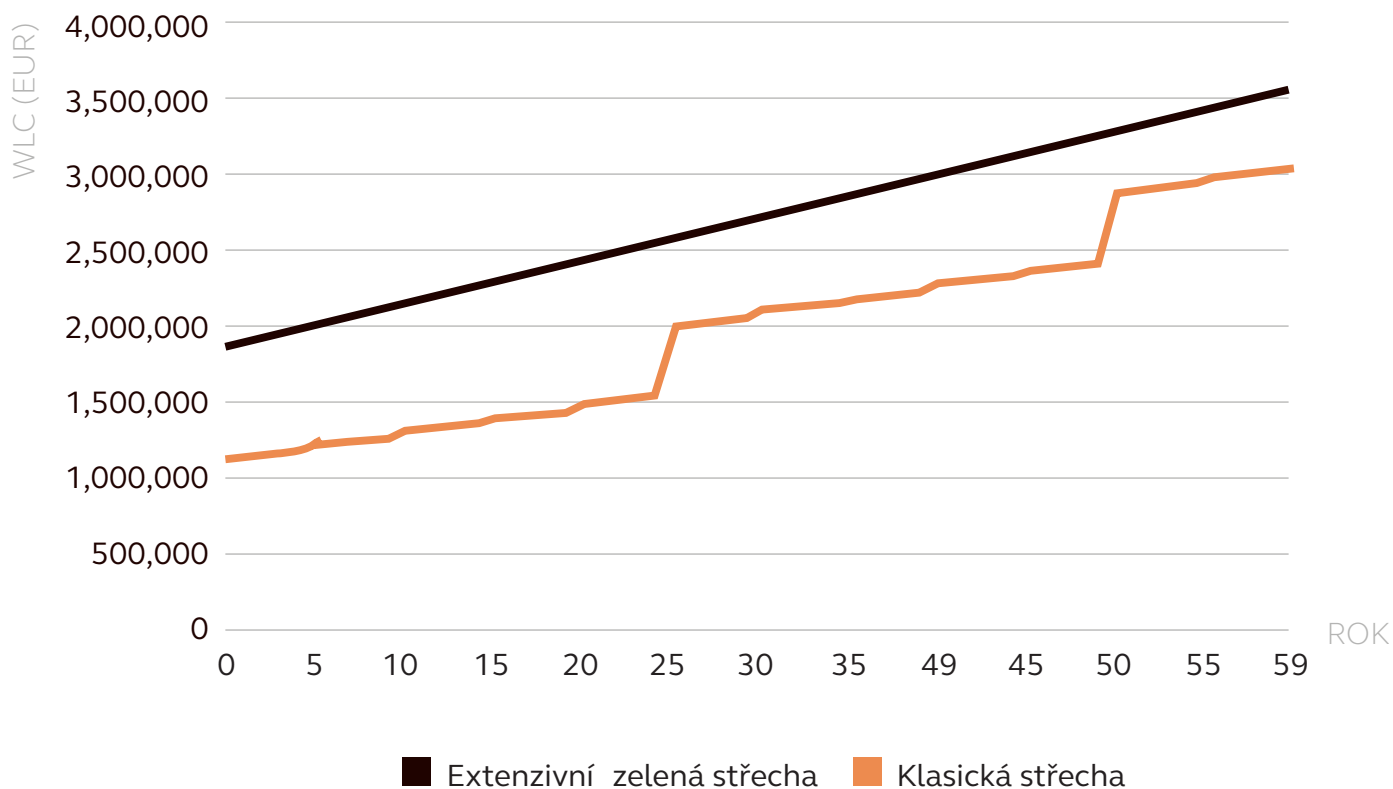
Posuzovaná varianta extenzivní zelené střechy se skládá z několika vrstev – na nosné střešní konstrukci je parozábrana, poté tepelná izolace, střešní fólie, hydroizolace, drenážní vrstva, filtrační membrána, vegetační vrstva a horní vegetace.

Jako alternativa pro zelenou střechu byla zvolena jednoduchá trémová konstrukce s trapézovými plechy. Jedinou funkcí tohoto typu střechy je ochrana proti

povětrnostním vlivům. Ostatní funkce, jako je tepelná izolace, zvuková izolace nebo pochozí povrch, jsou v případě skladové struktury méně důležité a jsou splněny pouze v nezbytně nutném rozsahu.

Z výše uvedených linií grafu je patrné, že z hlediska nákladů během celého životního cyklu vychází zelená střecha jako horší řešení a k návratnosti investice nedojde ani během 60 let.

LCC analýza pro varianty střešního pláště





Obrázek 2

Analýza uhlíkové stopy

Posuzování stavebních prvků z pohledu uhlíkové stopy (tj. jejich celkového vlivu na životní prostředí) je z hlediska vlivu lidské činnosti na přírodu zcela zásadní. Cílem EU je do roku 2030 dosáhnout redukce emisí tohoto plynu o 40 %.

Vyhodnocování dopadu stavebního průmyslu a jednotlivých stavebních prvků se stává důležitou součástí návrhu projektů. Stejně tak vyhodnocení dopadu fungování stavebních/ developerských firem jako celku. Velká část evropských států a společností směřuje k cíli být uhlíkově neutrální.

Jednotlivé části souvrství zelené střechy mají potenciální environmentální dopad/přínos skrze celý jejich životní cyklus (těžba, zpracování, doprava, opravy, údržba apod.). Celková životnost objektu je uvažována 60 let, dle běžného standardu uvažovaném v LCA analýzách.

Tato analýza byla provedena pro průmyslovou/ skladovací halu o hrubé podlahové ploše 14.000 m². Je uvažováno se standardní prefabrikovanou nosnou konstrukcí skládající se ze základů, nosných sloupů, průvlaků, trámů a trapézového plechu.

Tepelně izolační vrstvou svíslého obvodového pláště jsou pak fasádní panely z oceli a jádrem z minerální izolace a pro izolaci

střešního pláště tepelná izolace z minerální vlny. Celkové tepelně izolační charakteristiky obvodového pláště splňují dnešní legislativní požadavky a standardy.

Byla porovnána varianta střešního pláště konstruovaného jako extenzivní zelená střecha s tloušťkou substrátu 100 mm a klasická střecha ukončená hydroizolační vrstvou. Skladba obou alternativ střešního pláště je uvedena v následující tabulce. Dále se předpokládalo, že vrstva tepelné izolace a další vrstvy jsou pro obě varianty shodné a nejsou tak součástí porovnání.

Vrstvy střešní skladby	Standardní střecha CO ₂ emise [kg CO ₂ eq / m ²]	Extenzivní zelená střecha CO ₂ emise [kg CO ₂ eq / m ²]
Substrát (zemina / perlit)	-	0 / 18,08
Geotextílie	-	0,74
Hydro-akumulační vrstva	-	3,22
Geotextílie	-	0,74
Hydroizolační vrstva (vč. kotvení)	7,15	7,02

V analýze bylo také uvažováno s nezbytným ošetřováním zeleně ve fázi vývoje zelené střechy. Tato fáze je ohraničena prvními třemi lety po instalaci zelené střechy a počítá se s hodnotou 0,33 kg/CO₂eq / m² / rok. Tato hodnota obsahuje především závlivu a dohnojení, potřebné pro zdárné uchycení rostlin.

Dále se pro zelenou střechu v průběhu životního cyklu uvažuje s průběžnou kontrolou, přihnojování, doplnění erodovaného substrátu, odstraňování náletových dřevin a jiné náletové vegetace a došetí. Životnost celého souvrství zelené střechy je uvažovaná 60 let, což je standardně používaná doba při posuzování životního cyklu budov.

V případě "klasického" střešního pláště je hodnota svázaných emisí spojených s instalací materiálů doplněna o potřebnou údržbu v průběhu životnosti. Tato se sestává především z průběžné kontroly střešního pláště, čištění střešních vpustí, odstraňování náletových dřevin a jiné vegetace, lokálních oprav vzniklých porušením či opotřebením hydroizolační vrstvy a výměna této vrstvy na konci životnosti. Životnost hydroizolační vrstvy je předpokládána 25 let. Po uplynutí této doby je uvažováno s její kompletní výměnou.

Oproti souvrství zelené střechy je v tomto případě uvažováno s potřebou kotvení hydroizolace do trapézových plechů. Tato hodnota je součástí hodnoty CO₂eq / m² pro hydroizolaci uvedené v tabulce výše.

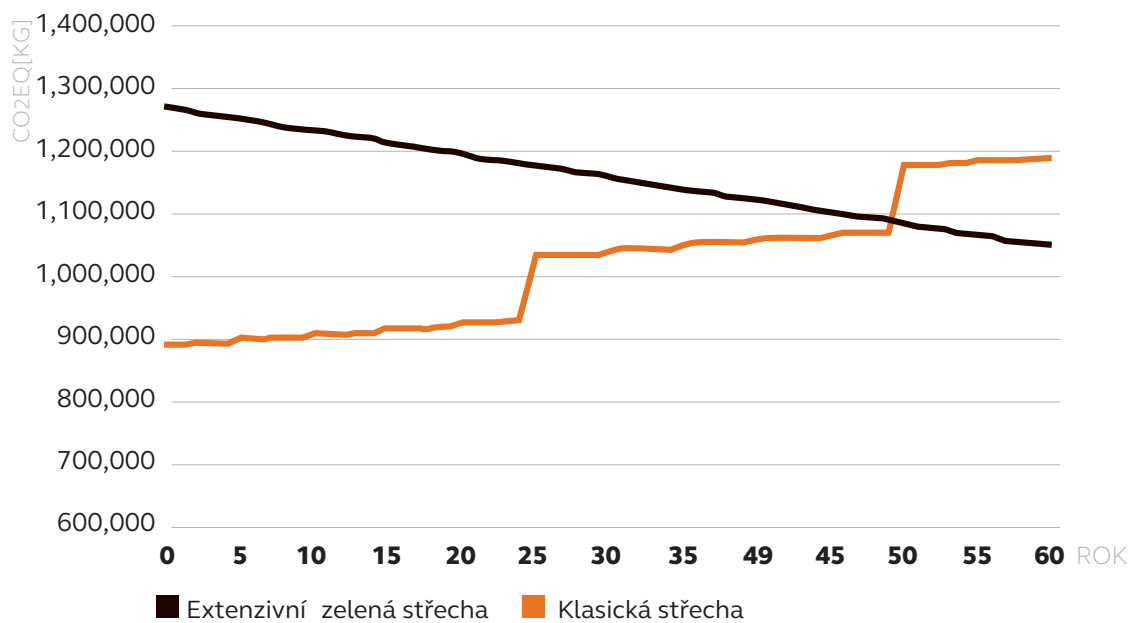
Ve výpočtu je také zohledněna schopnost zelené střechy absorbovat oxid uhličitý díky fotosyntéze. Tato hodnota je uvažována jako typická pro rostliny typu "Sedum", tedy rozchodníky. Tyto rostliny jsou nejběžnější při instalaci extenzivní zelené střechy.

Uvažovaná hodnota pro extenzivní zelenou střechu je tedy absorpce 0,313 kg CO₂eq / m² / rok. Tato použitá hodnota vychází ze studie "Extensive green roof CO₂ exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements, (Heusinger and Weber, 2017)".

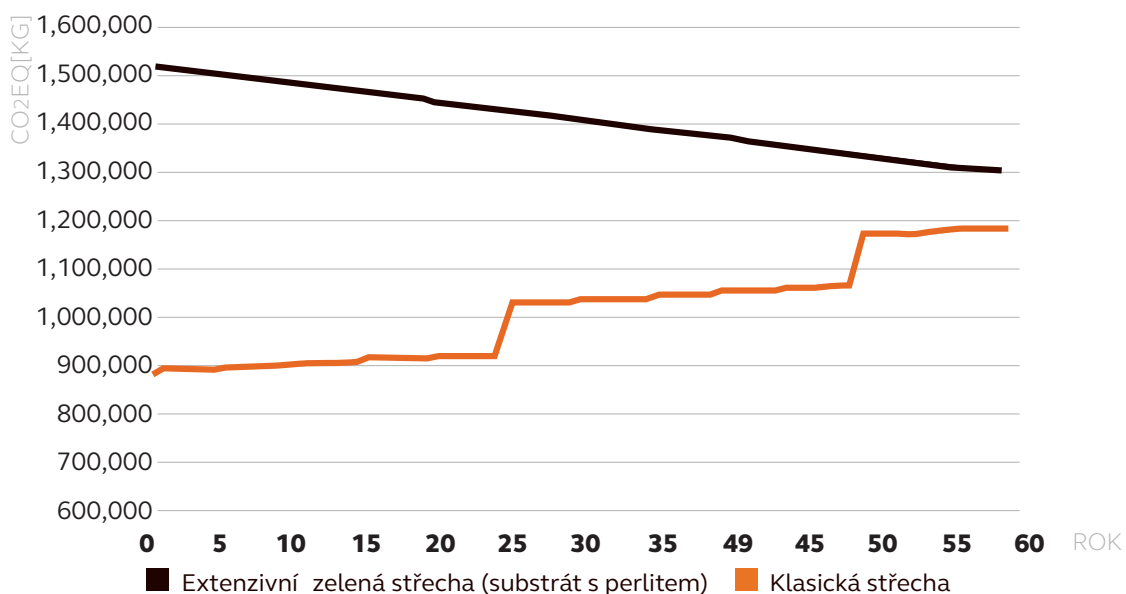
V případě instalace intenzivní zelené střechy s jinou skladbou rostlin by tato hodnota přirozeně dosahovala vyšších hodnot, zároveň by byl však kladen výrazně vyšší požadavek na nosné konstrukce, údržbu a zálivku.

Porovnání variant střešního pláště pro dvě řešení, zemina vs. substrát s perlitem, je patrné v níže uvedených grafech.

Uhlíková stopa pro varianty střešního pláště



Uhlíková stopa pro varianty střešního pláště (substrát s perlitem)



Z výsledků je patrné, že navýšení emisí CO₂eq z důvodu navýšení dimenzí nosných prvků a samotné skladby zelené střechy nebude kompenzováno v rozumné době od provedení instalace. V případě čistě přírodního substrátu s teoretickou svázanou emisí CO₂eq na hodnotě 0 dojde z pohledu uhlíkové stopy k návratnosti až po více než 45ti letech. V případě substrátu s příměsí z perlitu pak této návratnosti nebude dosaženo během životního cyklu budovy vůbec.

Graf jasně ukazuje, že uhlíková stopa extenzivní zelené střechy se v průběhu let snižuje. Avšak kvůli značné zátěži uhlíkem při výrobě betonu, kterého je pro nosnou konstrukci zelených střech potřeba mnohem více, a i kvůli produkci uhlíku pro výrobu ostatních vrstev se v rozumné době nestane extenzivní zelená střecha co do množství vypuštěného uhlíku na průmyslových halách výhodnější.

Samotný porost na střeše pohlcuje uhlík čili, kdyby nebylo přidaného betonu a oceli, uhlíková stopa extenzivní zelené střechy by byla výrazně nižší a po čase dokonce záporná.

Je potřeba zmínit, že v porovnání výše nejsou zahrnuty možné dopady zelené střechy na snížení potřeby chlazení v objektu. Toto je z důvodu, že pouze minimum těchto objektů vůbec s instalací chlazení vzduchu v interiéru počítá. Obecným standardem je tyto prostory vůbec nechládit. Posouzením vnitřního mikroklimatu se zabývá kapitola níže.

Dále pak není zahrnuta úspora na straně zelené střechy způsobená nižší potřebou na odvod dešťové vody (díky retenční schopnosti zelené střechy) a tím pádem nižším potřebným profilem dešťového potrubí. Vzhledem k tomu, že zelená střecha má dopad i do vtoků, které musí být konstrukčně upravené a například vyšší je tato úspora považována za zanedbatelnou.



Obrázek 3



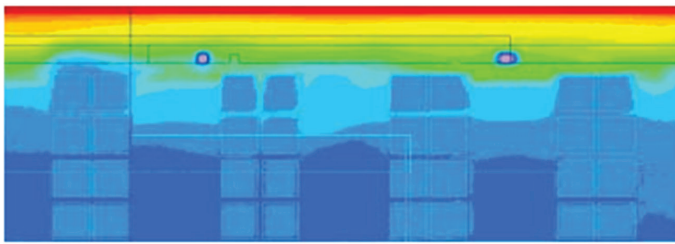
Obrázek 4

Vnitřní mikroklima budov

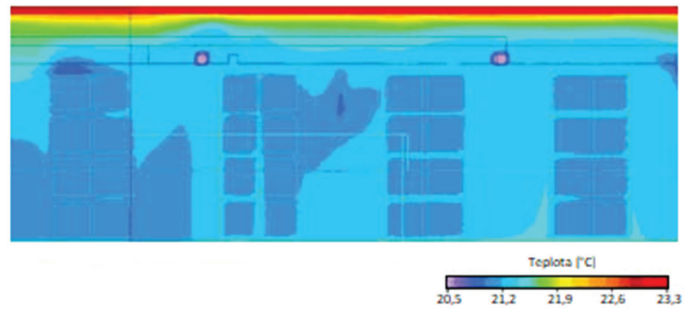
Velkou výhodou instalace zelené střechy na budově je možnost chlazení uvolňovaným latentním teplem. Díky tomu nedochází k přehřátí střešní konstrukce a následnému ohřátí vzduchu v interiéru pod střechou objektu. Na druhou stranu toto může vést k výrazné spotřebě vody potřebné k tomuto procesu v nejteplejších letních měsících.

V případě industriálních staveb je prostor pod střešní konstrukcí poměrně velký z jasného důvodu určení těchto staveb. V interiéru dochází ke stratifikaci vzduchu dle teploty a trvá, než se teplo dostane ve výrazném měřítku do pobytové zóny osob.

Toto lze eliminovat odvodem přehřátého vzduchu pod střešní konstrukcí pomocí světlíků vybavených klapkami napojenými na čidlo teploty. Oba stavy jsou zobrazeny v následujícím obrázku – vlevo je výchozí stav stratifikace vzduchu a vpravo je stratifikace po zavedení odvětrávání.



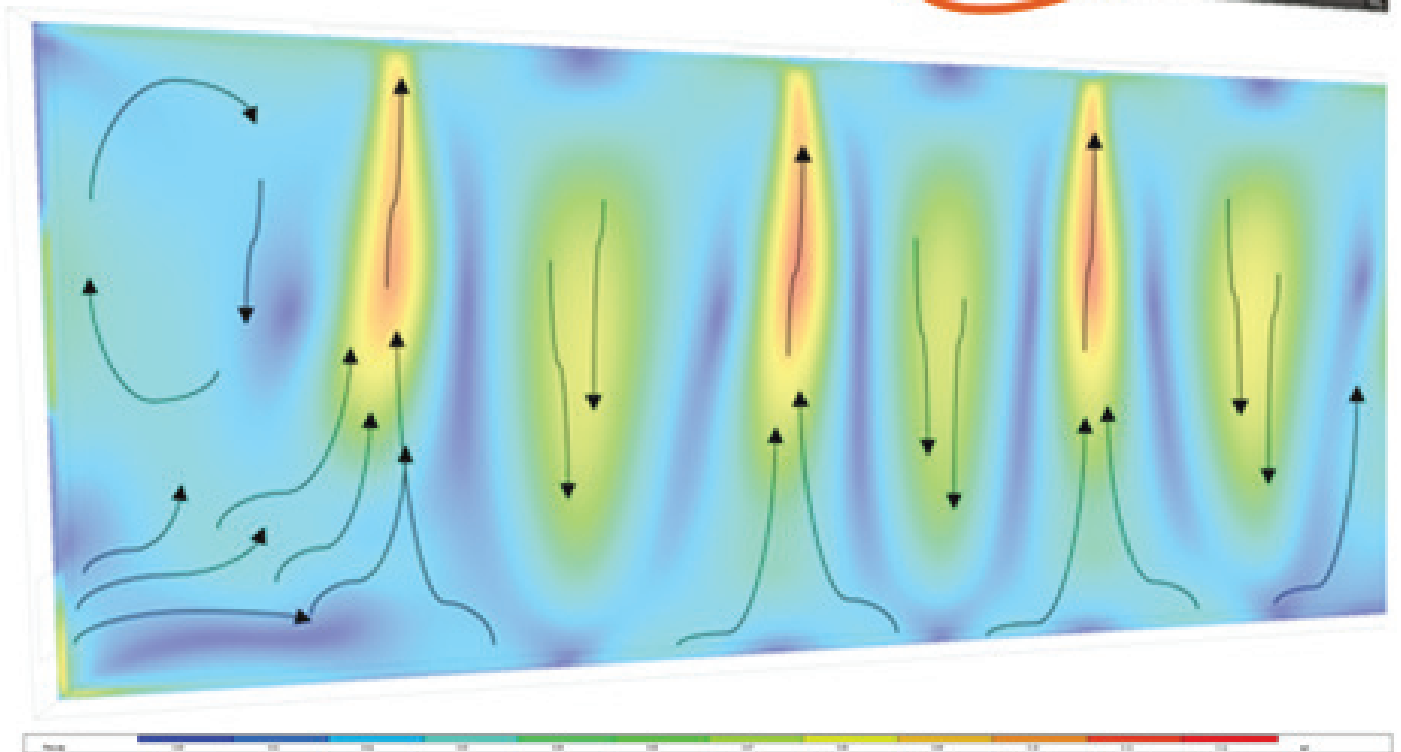
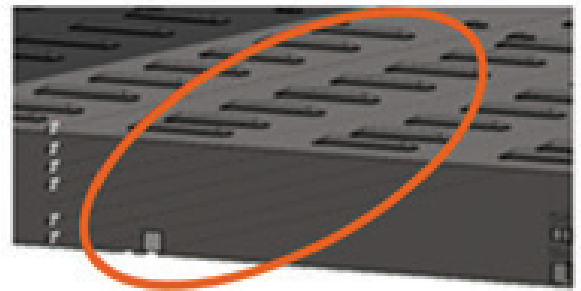
Obrázek 5

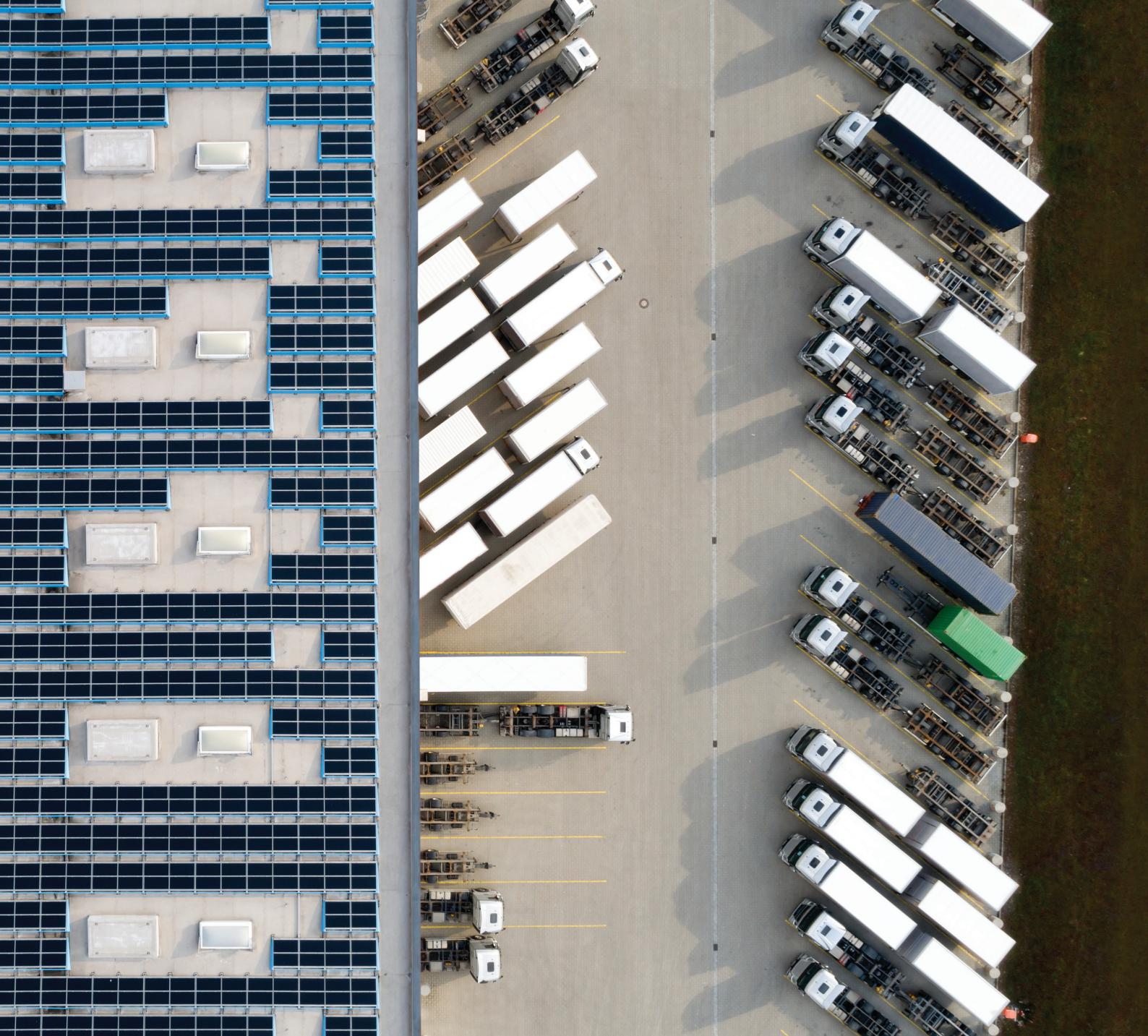


Zároveň je vhodné použít světlíky k takzvanému „free cooling“, tj. v kombinaci s otvory ve fasádě k nočnímu či rannímu předchlazení objektu, kdy je otvírání otvorů řízeno dle teploty v interiéru a exteriéru objektu

Následující obrázek vykresluje přirozené proudění vzduchu v budově halového typu. Červené zóny značí zvýšenou rychlost proudění vzduchu směrem vzhůru ke střešním světlíkům. Podmínkou takového provětrání je zajištění dostatečného přístupu vzduchu z exteriéru bočními otvory

Vertikální řez halou skladu:

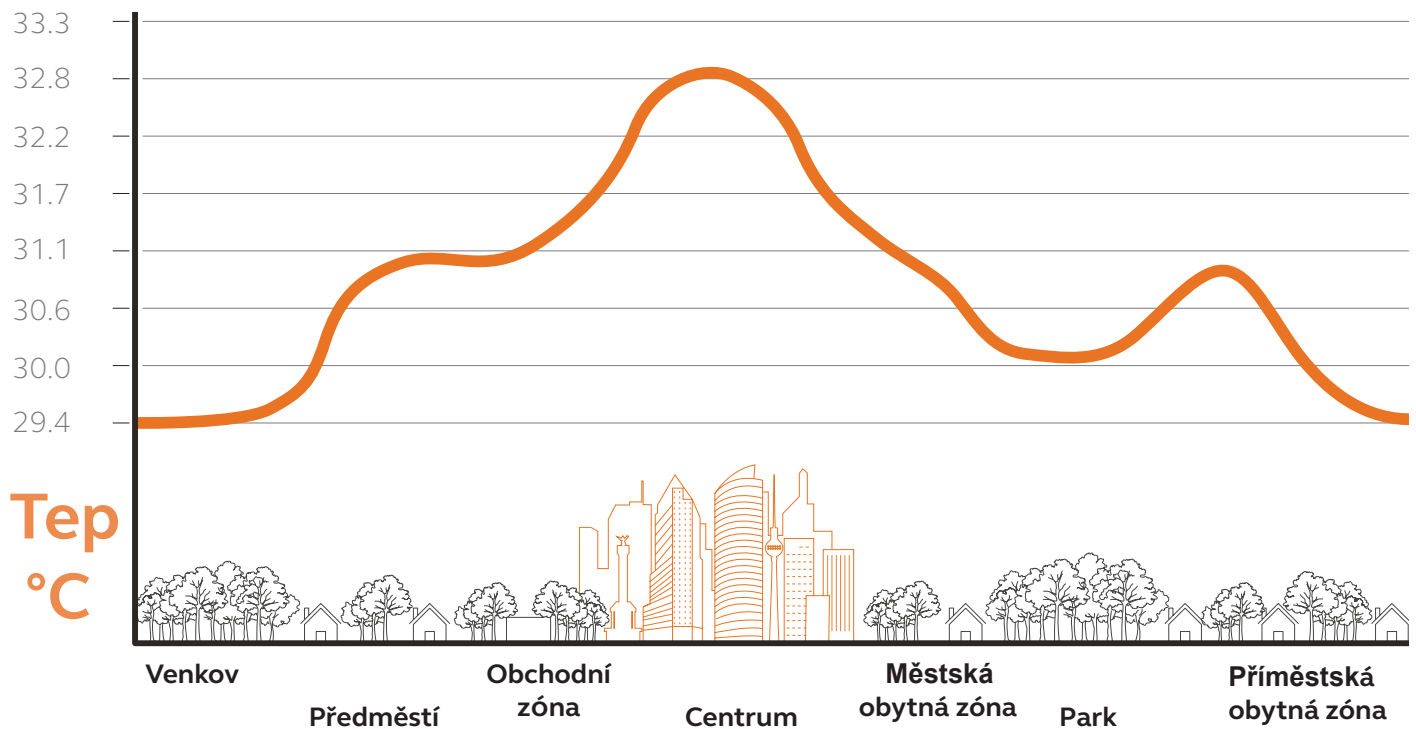




Efekt tepelného ostrova

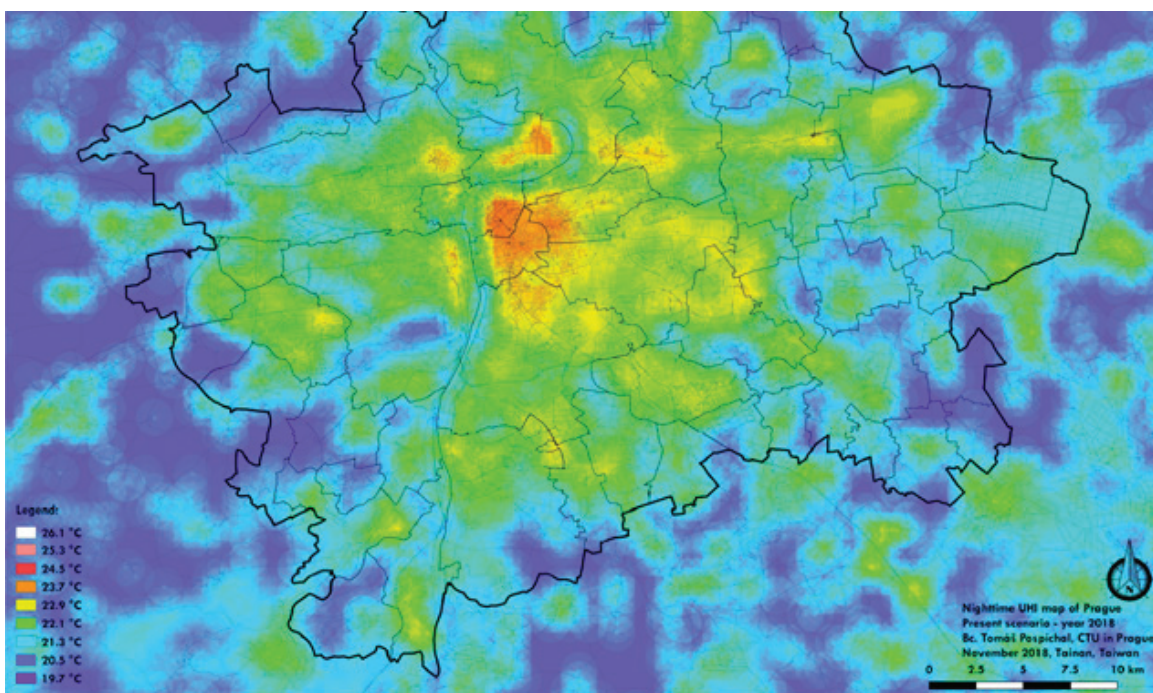
Tepelný ostrov je efekt, ke kterému dochází zejména v oblastech s vyšší zastavěností území, ačkoliv se odehrává i v přírodě nezasazené člověkem. Tepelné ostrovy jsou oblasti vykazující vyšší teploty vzduchu a povrchů, než jsou teploty v přilehlých oblastech se zvýšeným poměrem vegetace. K tomuto jevu tedy dochází jak ve městech, tak i dalších přírodních krajinách, které se skládají z pevných, hutných povrchů, jako je kámen, písek atd.

Profil tepelného ostrova města a okolí



<https://www.lcs.org.pk/blog/understanding-the-urban-heat-island-effect/>

Důsledek vybraného scénáře tepelného ostrova v Praze znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 6

Z tohoto pohledu je zelená střecha vhodnější krytina než běžně používaná „šedá“ střešní fólie, u které navíc nedochází ani k dodatečnému ochlazování odpařováním.

Tepelný ostrov se hodnotí s pomocí indexu SRI (Solar Reflective Index) – jeho hodnota pro „šedou střechu“ je 46 (RAL 7035). V dnešní době se však na průmyslových halách stále častěji používají světlé materiály, které mají vysoké SRI (např. 95 – RAL 9016).

Z výše uvedeného je jasné, že vhodnější způsob snížení vlivu tepelného ostrova je instalace povrchové krytiny s vysokou hodnotou SRI. Takto realizované střechy se označují jako Chladné střechy – tzv. „Cool roofs“. Díky své vysoké odrazivosti mají nižší absorpci tepla než standardní střechy a jsou osvědčeným způsobem, jak v budovách redukovat spotřebu energie a výrazně redukovat efekt tepelného ostrova.

Výrazně vyšším rizikem pro efekt tepelného ostrova jsou pojezděné plochy v okolí takovýchto objektů. Tento negativní aspekt lze úspěšně eliminovat vhodnou konstrukcí vozovky a jejího podloží s druhotnou funkcí odloučení ropných látek.

Nově využitelné typy zasakovacích roštů lze využít jak pro bezpečné zasakování, tak pro eliminaci efektu tepelného ostrova.



Obrázek 7

Z tohoto pohledu jsou střešní pláště dosahujících vysokých hodnot SRI (>82) ekvivalentní k zelené střechě.





Obrázek 8

Nakládání s dešťovými vodami

Při realizaci zelené střechy dojde vždy k odparu v daném místě a výrazně se snižuje možnost zasáknutí srážek v rámci pozemku.

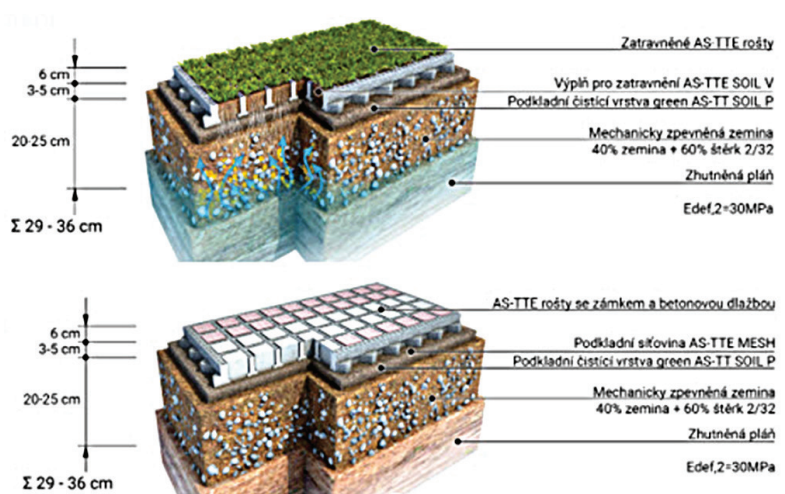
Při instalaci běžné střešní krytiny lze navíc dešťovou vodu druhotně využít v rámci objektu (např. pro splachování, závlahu na pozemku apod.) namísto využití pitné vody z vodovodního řadu.

Efektivním opatřením pro změnu způsobu nakládání s dešťovou vodou v průmyslových budovách jsou různé typy zasakovacích roštů, které lze využít jak pro bezpečné zasakování, tak pro eliminaci efektu tepelného ostrova.

Takovým opatřením může být např. zasakovací rošt společnosti ASIO, který je k vidění na obrázku.

Ve významném procentu případů díky povinnosti zasáknout spadlé srážky na pozemku dojde v konečném důsledku ke zlepšení bilance spodních vod oproti stavu před výstavbou (což je ale vždy závislé od složení a typu půdy a plodin na ní rostoucích).

Zelená střecha bohužel zasakování vody zpět do podzemních zdrojů, v míře umožňující toto zlepšení, výrazně snižuje.



Obrázek 9



Obrázek 10

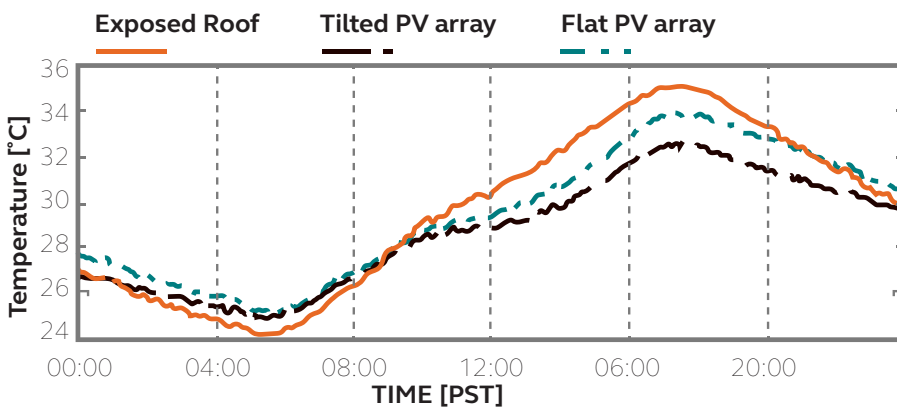
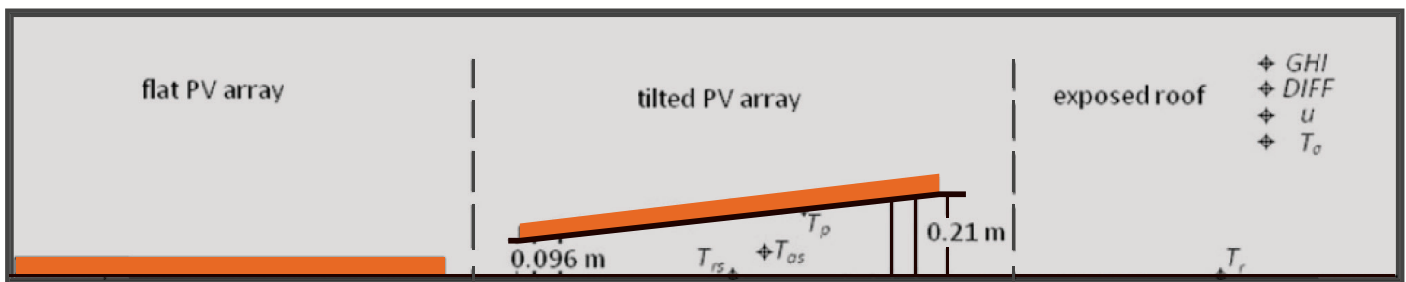
Instalace fotovoltaických panelů

Plochá střecha industriálních staveb je významně vhodnějším místem pro instalaci fotovoltaických (FV) panelů. Argumentem pro toto tvrzení je mimo jiné fakt, že systémy větrání a klimatizace budov významně přispívají do spotřeby energie zejména v hůře izolovaných budovách o velké ploše, právě takových jako velké skladovací haly, kde v letních měsících většina tepla vstupuje do objektu přes střechu.

Tomu lze předejít zvýšením albeda střechy neboli vyšší mírou odrazivosti povrchu střechy a to tak, že se běžný typ střešní krytiny překryje nebo nahradí materiálem, který odráží solární radiaci ve vyšší míře nežli původní finální vrstva nebo jiné běžně používané materiály.

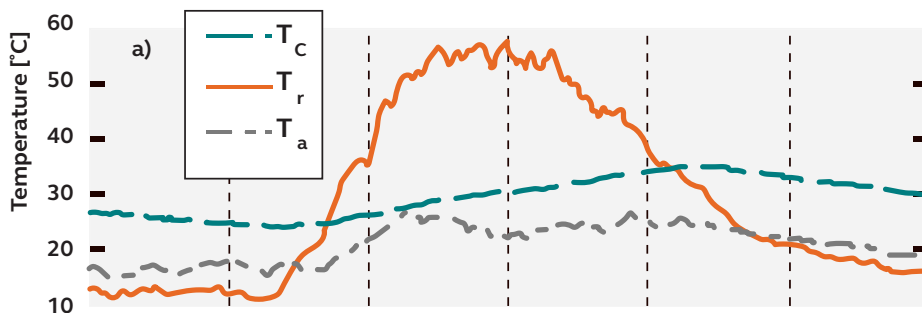
Na následujícím obrázku je možno vidět srovnání instalace fotovoltaických panelů s exponovanou střechou, a výše zmiňované zahřátí povrchu střechy, přes kterou vstupuje do skladových hal většina tepla.

Na obrázku jsou vidět teplotní rozdíly během dne mezi modelovou simulací testovanou s exponovanou střechou, nakloněnými fotovoltaickými panely a horizontálními fotovoltaickými panely. Teplotní rozdíl mezi exponovanou střechou a nakloněnými fotovoltaickými panely může dosáhnout až 2.5 °C.



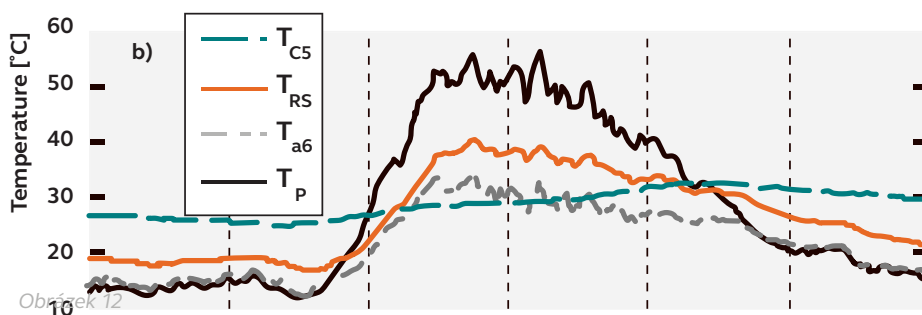
Studie, simulace a také termografické měření demonstruje, že teploty stropu pod fotovoltaickými panely jsou prokazatelně významně nižší právě v intervalech vrcholových potřeb energie na chlazení (mezi 12:00 - 18:00)

Effects of solar photovoltaic panels on roof heat transfer - Dominguez, Anthony.



Graf a)

Tc – Teplota stropu
 Tr – Teplota střechy
 Ta – Ambientní teplota vzduchu



Graf b)

Tcs – Teplota povrchu stropu
 Trs – Teplota povrchu střechy
 Tas – Teplota vzduchu
 Tp – Teplota zadního panelu FV.

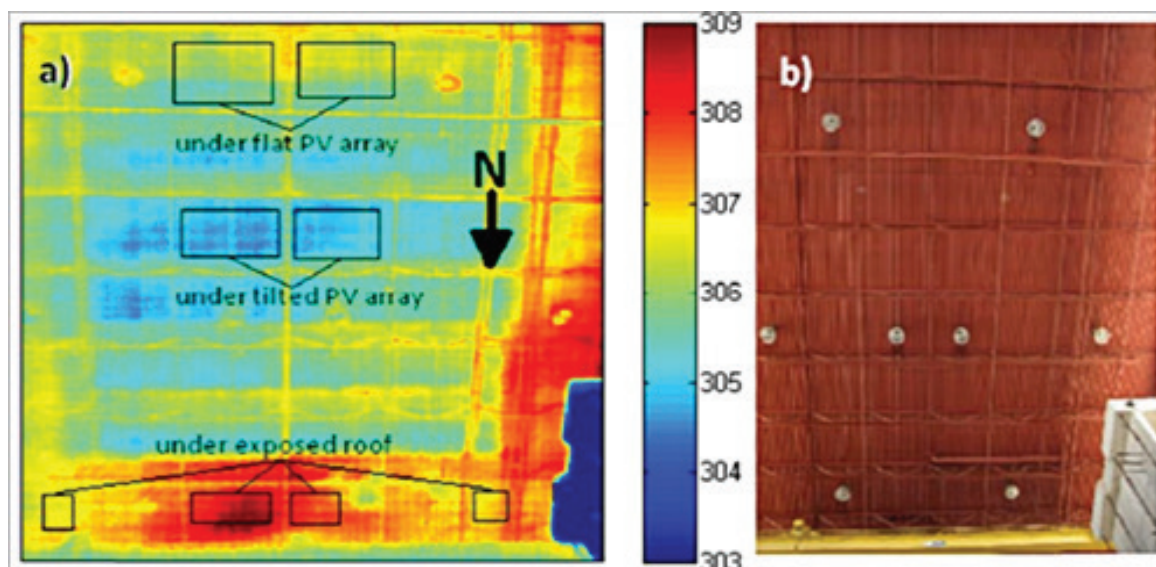
Obrázek 12

Graf a) ukazuje teploty venkovního vzduchu, střechy a stropu pro exponovanou střechu v průběhu dne. Teplota povrchu střechy při simulaci v typické letní poledne je vyšší než teplota vzduchu u stropu a vnitřní teplota stropu v průběhu dne, protože je ohřívána přímým slunečním zářením.

Graf b) ukazuje teploty konstrukce s nakloněným FV panelem. Teplota zadní strany FV panelu je podobná teplotě exponované střechy, simulace v grafu a), nicméně, protože střecha pod FV panely je zastíněna, teplota samotné střechy je výrazně nižší než u exponované nezastíněné střechy.

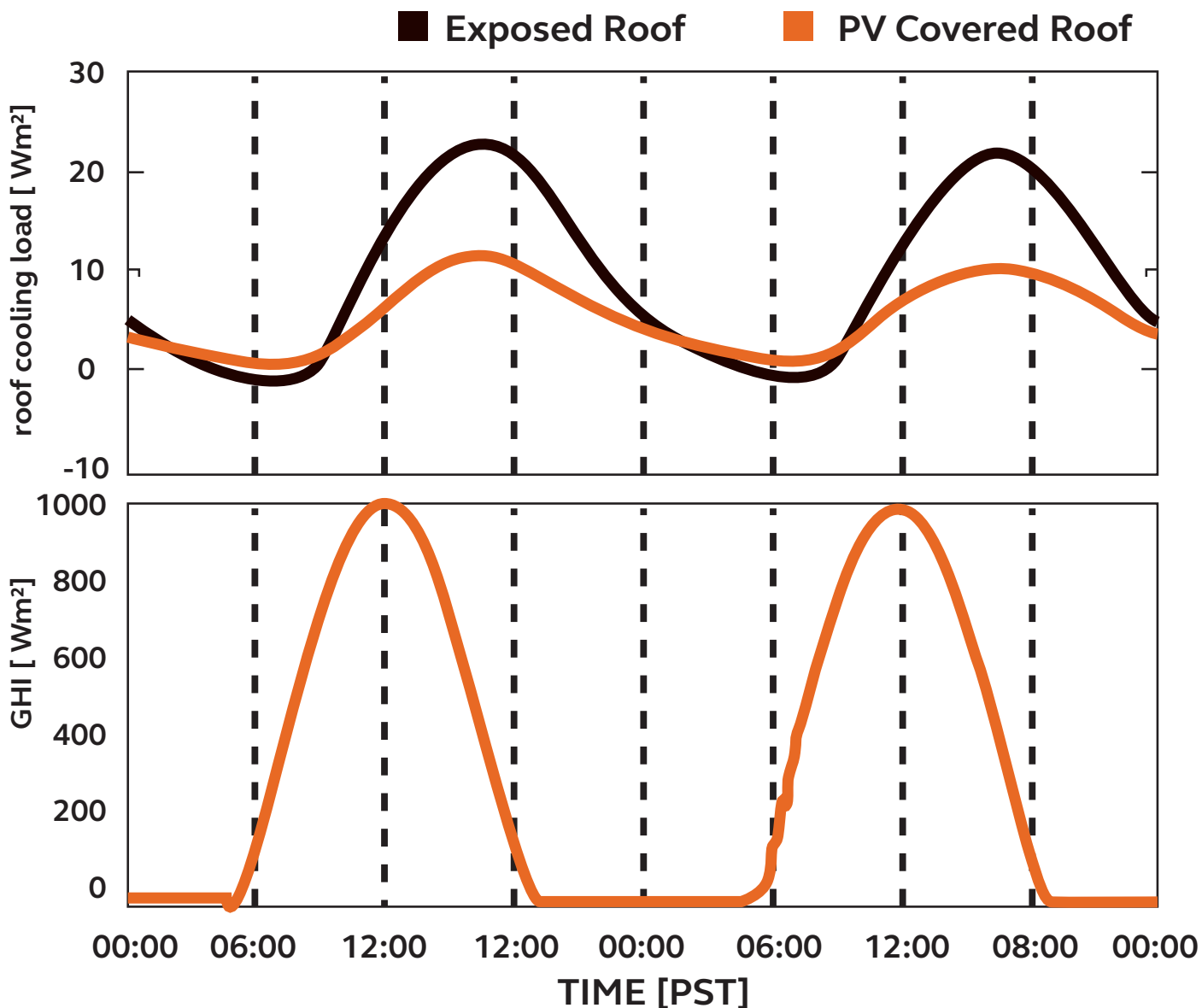
Teplota vnitřního stropu pak dosahuje teplotního vrcholu ve večerních hodinách v důsledku časové prodlevy přenosu tepla z vnějšího povrchu střechy k vnitřnímu stropu.

Pro lepší znázornění daného jevu je přiložen následující obrázek.



Obrázek 11

Díky této skutečnosti se při extrémních teplotách, v nejžhavější bezoblačné dny, snižuje přehřívání prostoru pod stropem až o 40-50 %, jak je viditelné na následujícím obrázku. Přehřátý prostor u stropu poté následně ohřívá vrstvy pod sebou, až se dostane do pobytové zóny.



Další naprosto nespornou výhodou instalace FV panelů je jejich schopnost vyrábět “zelenou energii” přímo v místě její spotřeby a při správně vybraném systému jsou schopny spotřebu energií v budově plně pokrýt.

Podpora instalace obnovitelných zdrojů energie jde také ve shodě s energetickými požadavky definovanými současnou legislativou (zákon 406/2000 Sb vč aktuálně platných prováděcích předpisů).

Stále výrazněji je požadovaná redukce celkové primární energie spotřebované budovou. Povinnost snižovat neobnovitelnou primární energii spotřebovanou budovou bude stále silnější.

Nejvyšším kontributorem k výši spotřebované neobnovitelné primární energie je elektřina spotřebovaná v budově.

Proto lze redukcí spotřebované primární energie realizovat právě např. skrze instalace fotovoltaických systémů, které při správné konfiguraci pokryjí elektrickou energii spotřebovanou budovou a zároveň mají pozitivní dopad na teploty střešního pláště a přispívají tak k redukcí tepelného ostrova aniž by narušovaly možnosti využití dešťové vody v rámci projektu a jejího zasáknutí do podlaží.



Naše Vize

Extenzivní zelená střecha má jistě své výhody. Její uplatnění je však vhodnější hledat u jiných konstrukčních systémů / typů budov než u průmyslových hal, kde není nutné výrazné navýšení množství konstrukčních materiálů, což vede k výrazně vyšší celkové uhlíkové stopě takového řešení.

V případě použití doporučené skladby zelené střechy ke kompenzaci uhlíku svázaného se stavbou vlivem působení zeleně během životnosti objektu nedojde vůbec. Z hlediska kompenzace uhlíku zelení je mnohem vhodnější výsadba stromů, které dokáží absorbovat uhlíku podstatně více. Dle plochy střechy lze vypočítat množství stromů, keřů a lučních ploch nutných k výsadbě a údržbě, aby došlo k úplné náhradě uhlíku potenciálně absorbovaného plochou zelené střechy.

V případě průmyslových hal zelená střecha nenapomáhá plnému alternativnímu využití potenciálu plochy střechy jako takové, která je ideální pro instalaci FV panelů. FV panely během své životnosti uhlík potřebný na svoji výrobu nejen vykompenzují, ale navíc vedou výrazně k jeho snižování při provozu budovy. Moderní systémy FV panelů v průběhu své životnosti mohou i na našem území dokonce plně kompenzovat uhlíkovou stopu provozu budovy.

Navíc při použití bílé svrchní vrstvy (SRI>82) se stírá výhoda zelené střechy při snižování efektu tepelného ostrova.

Další uváděnou výhodou zelených střech je tvorba habitatů pro volně žijící živočichy a nakládání s dešťovou vodou. Na většině skladových hal je tvorba přírodních habitatů a

zlepšování mikroklimatu v okolí budovy nahrazeno jiným řešením, a to jímáním dešťové vody do otevřených retenčních poldrů, které tak tvoří otevřenou vodní hladinu a přes které se voda také částečně vsakuje do podloží. Avšak tato retenční nádrž by se nenaplnila, pokud by na střeše byla vegetační vrstva, která vodu z velké části zadrží a vypaří.

Zásadní nevýhodou zelené střechy na průmyslové hale je tedy výrazné snížení využití dešťové vody a jejího zasáknutí do podzemních vod, což by mělo být hlavním cílem nakládání s dešťovými vodami v přírodě.

Dalším hlediskem, které je třeba brát v úvahu, je účel a morální životnost těchto budov. Studie vychází ze standardně uvažované životnosti objektu 60 let, v ČR se budovy staví na 50 let. Jak bylo řečeno výše, pro běžně instalovanou skladbu zelené střechy není nárůst uhlíkové stopy za tuto dobu vykompenzován vůbec. Pro méně standardním složením by byla návratnost přes 45 let, což je u horní hranice požadovaného limitu. Toto hledisko rozhodně dává prostor výrobcům zelených střech ke zlepšení.

Navíc morální životnost u průmyslových hal bývá jiná – změny v oblasti logistiky a skladování jsou velmi rychlé, design/ konstrukce a využití budov se mění a

přizpůsobuje požadavkům trhu ve výrazně kratším intervalu. Zelených střech lze naopak velice dobře využít při výstavbě kancelářských budov, kde je nosná konstrukce celkově robustnější ve svém základu. Toto však neplatí v případě průmyslových/skladovacích hal, které v návrhu pracují s lehkými materiály a celkově subtilními prvky nosné konstrukce a kde je toto řešení efektivní. Ve městech lze

výhody zelených střech také podstatně lépe zužít. Zde by naopak akumulace dešťových srážek ve střešním souvrství (preferovaná před odvedením kanalizací či komplikovaným zasakováním v městské zástavbě před zasakováním v městské zástavbě), spolu se snížením požadavků na kapacitu zdroje chladu či tepla, zlepšením mikroklimatu či akustických parametrů měly být jasnou prioritou.

Příklady vhodného využití zelených střech



AFI Vokovice



BB Centrum, Budova Delta

Kontakty



Ing. Lenka Matějčková

Head of Sustainability
BREEAM International Assessor NC,
RFO a In-Use Assessor
LEED AP, BREEAM AP

M +420 602 707 457



Ing. Petr Schorsch

Senior Sustainability Consultant
M +420 725 997 207

Použité zdroje:

- [2] Standardy pro navrhování, provádění a údržbu vegetační souvrství zelených střech; Kolektiv autorů
- [3] Extensive green roof CO2 exchange and its seasonal variation quantified by eddy covariance measurements; Jannik Heusinger, Stephan Weber
- [4] An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas; Muhammad Shafiqueab, Xiaolong Xuec, Xiaowei Luoab
- [5] LCA Database, One Click software
- [6] Environmental Product Declaration Of Heterogenous Waterproofing Membranes, Fatra, a.s.
- [7] Effect of Solar Photovoltaic Panels on Roof Heat Transfer Anthony Dominguez, et al., 2011

Obrázek 1: Panattoni

Obrázek 2: VGP

Obrázek 3: Panattoni

Obrázek 4: Panattoni

Obrázek 5: <https://www.pharmamanufacturing.com/articles/2008/093/>

Obrázek 6: Důsledek vybraného scénáře tepelného ostrova v Praze.

Obrázek 8: Panattoni

Obrázek 9: <https://www.asio.cz/cz/materialy-as-tte-rost>

Obrázek 10: CTP

Více o nás

Website: www.arcadis.cz

LinkedIn: [Arcadis Czech Republic and Slovakia](#)

Facebook: [Arcadis Czech Republic and Slovakia](#)

Twitter: [Arcadis Czech Republic and Slovakia](#)