

MODRO-ZELENÁ INFRASTRUKTURA

A JEJÍ VYUŽITÍ PRO ADAPTACI ZASTAVĚNÉHO ÚZEMÍ
VŮČI DOPADŮM ZMĚNY KLIMATU A K PODPOŘE
EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽEB INTRAVILÁNU



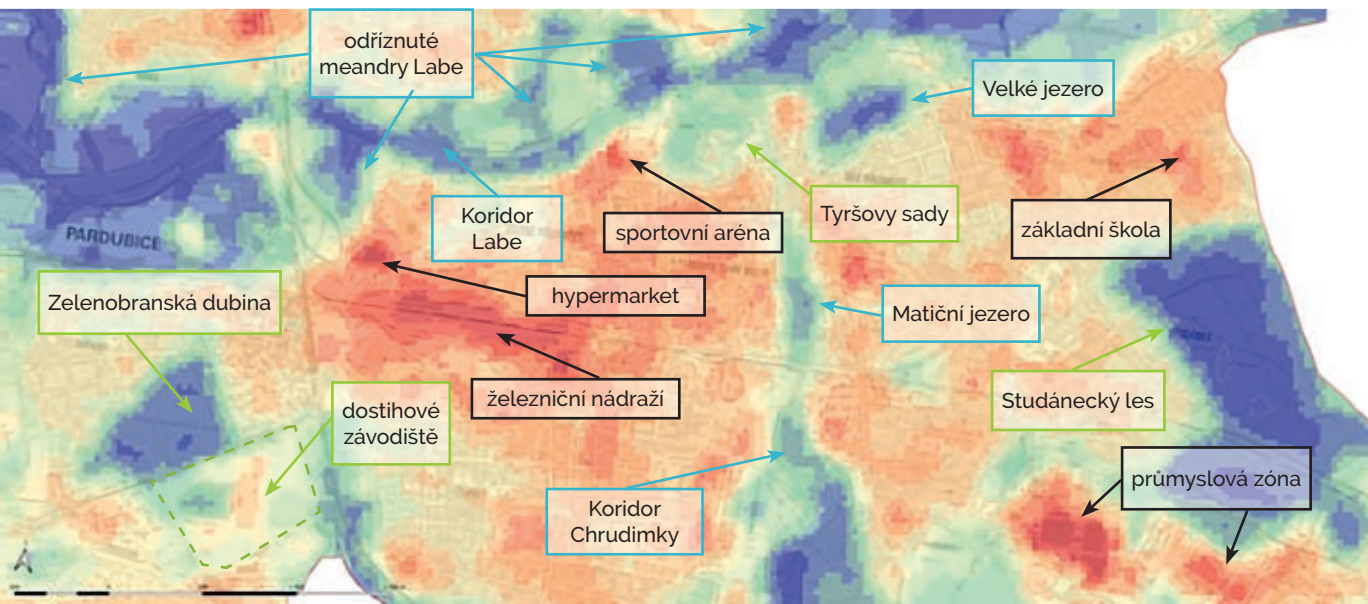
» *Své problémy nemůžeme vyřešit, používáme-li
stejný způsob myšlení, s jakým jsme je vytvořili.*
Albert Einstein

Příručka pro přípravu investičních
záměrů Libereckého kraje a jeho
příspěvkových organizací

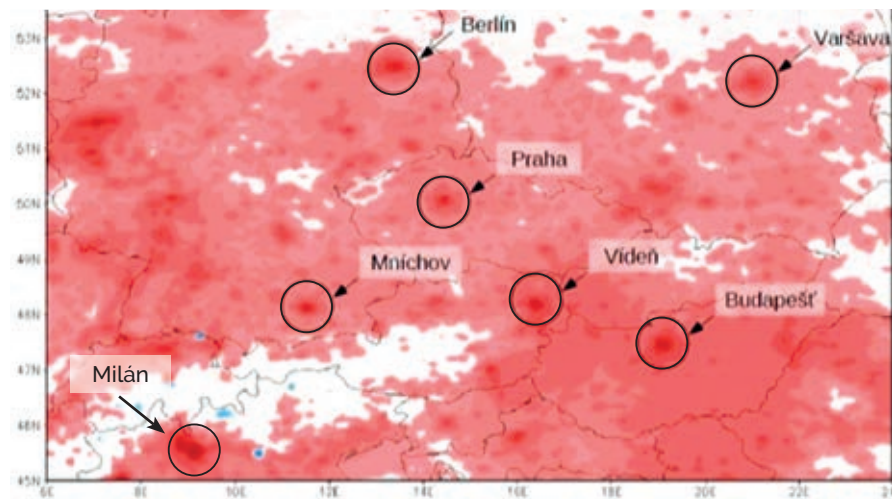
Efekt městského tepelného (klimatického) ostrova

- ✓ Průměrná teplota Prahy je v důsledku efektu městského tepelného ostrova o 1 °C vyšší, než kdyby se tento efekt neprojevoval (Skalák a spol., 2015). Pocitová teplota v centru Prahy se však po většinu roku liší od okolní krajiny o 2–3 °C (Pondělíček, Bizek (ed.), 2016).
- ✓ Signifikantní odchylky mikroklimatu se projevují již u měst s několika desítkami tisíc obyvatel (viz obrázek níže).
- ✓ Městské mikroklima je v důsledku vyšších teplot, ztráty přirozeného povrchu, vegetace a vodních biotopů také sušší.
- ✓ Městské klimatické ostrovy ovlivňují lokální průběh počasí i klimatické charakteristiky regionu, odborná studie (Jacobson, Ten Hoeve, 2012) dokonce předpokládá 2–4% podíl tohoto jevu na celkovém globálním oteplení.

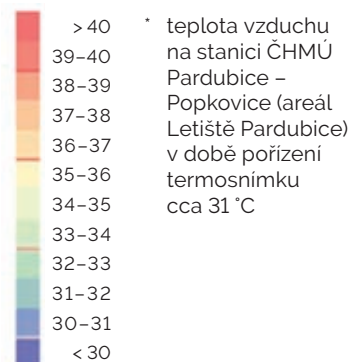
Teplota povrchu v Pardubicích dne 26. 6. 2019, 11.44 hod.
(zdroj: Zranitelnost města Pardubic vůči vysokým teplotám a možnosti adaptací, Ekotoxa, s. r. o., 2020, www.pardubice.eu)



Tepelné ostrovy měst, 2014, upraveno (ČHMÚ, zdroj: <https://ct24.ceskatelivize.cz>)



* Z porovnání rozlohou srovnatelných lokalit Tyršovy sady, dostihové závodiště a Zelenobranská dubina jsou patrné odlišné mikroklimatické vlastnosti různých typů tzv. zelených ploch i v oblasti teploty povrchu.



* teplota vzduchu na stanici ČHMÚ Pardubice – Popkovic (areál Letiště Pardubice) v době pořízení termosnímku cca 31 °C

Práce s příručkou

- ✓ Účelem příručky je nabídnout inspirativní vodítko ke komplexnímu pojetí přípravy investičních záměrů z pohledu adaptace staveb a zastavěného území vůči dopadům změny klimatu a v neposlední řadě také z pohledu podpory ekologické stability krajiny a ekosystémových služeb zastavěného území.
- ✓ Příručka si neklade za cíl poskytnout vyčerpávající manuál projektové přípravy záměrů. Cílem příručky je nabídnout základní představu o možných opatřeních v souvislosti s rostoucími požadavky na zohledňování otázek životního prostředí při výstavbě a urbanizaci a posílit potenciál pro konstruktivní diskusi s odbornými projektanty při přípravě investičních záměrů.
- ✓ Uvedená opatření nepředstavují úplný výčet možností.
- + Příručku bude možné vhodně využít jako podklad pro naplňování požadavků vyplývajících z připravované vnitřní směrnice Libereckého kraje pro přípravu investičních záměrů.
- ✓ Základní principy, které by měly být zohledněny během přípravy všech investičních záměrů, nehledě na jejich detailní povahu a odlišnosti, jsou shrnuty v červeném bloku „Příprava investičních záměrů a zadávání projekční přípravy“.
- Vzhledem k širokému spektru podmínek a potřeb při řešení konkrétních záměrů i variabilitě výsledných opatření doporučujeme při následném zacílení na konkrétní oblast zájmu věnovat se celému bloku. Na jeho základě je pak nutné individuálně zvážit a s odbornou osobou projednat nejvhodnější řešení pro dané podmínky.

Oblast zájmu	Příslušné kapitoly a podkapitoly	Strana, barva kapitoly
Příprava investičního záměru a zadávání projekční přípravy	Základní principy environmentálně uvědomělé výstavby	4
	Hospodaření se srážkovými vodami pomocí modro-zeleno-šedé infrastruktury	13
	Optimalizace prostorového využití stavebních pozemků	14
Zpevněné plochy	Propustné zpevněné povrchy	15
Zelené střechy	Vegetační (zelené) střechy	17
Zelené zdi	Zelené zdi a vertikální zahrady	20
Hospodaření se srážkovými vodami	Řešení bez vodního biotopu	22
	Retenčně-vsakovací a retenčně-akumulační nádrže na srážkovou vodu koncipované jako vodní biotop či mokřad	27
Plochy zeleně	Travnaté plochy	29
	Dřeviny	30
	Ekosystémové pojetí parků a zahrad	32
Použité zdroje informací a další užitečné odkazy		35

Základní principy environmentálně uvědomělé výstavby

- Minimalizace negativních dopadů záměrů na životní prostředí
- Aplikace modro-zeleno-šedé infrastruktury jako adaptačního opatření vůči změně klimatu
- Podpora biodiverzity, ekologických funkcí krajiny a ekosystémových služeb intravilánu
- Snižování materiální a energetické náročnosti záměrů
- Zahrnutí ostatních opatření a přístupů zvyšujících adaptabilitu zastavěného území

Minimalizace negativních dopadů

- ✓ Komplexní řešení stavebního záměru snižující jeho plošný zábor a/nebo upravující jeho prostorovou kompozici tak, aby se zábor vyhnul nejcennějším přírodním prvkům v lokalitě (hodnotné stromy, vodní a podmáčené biotopy, skalní biotopy, lesní porosty atp.) – viz str. 14.
- ✓ Minimalizace dopadů záměru na širší ekologické charakteristiky dotčeného území, jako jsou např. hydrogeologické poměry a migrační propustnost krajiny, volbou vhodného umístění a provedení.

”

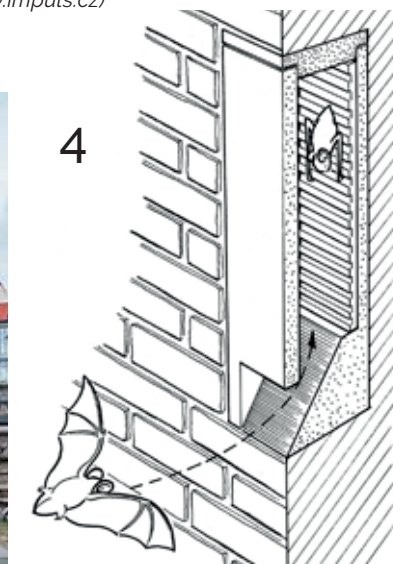
Zachovat existující přírodní prvky je nesrovnatelně výhodnější než vytvářet nové.

Existující zeleň a vodní prvky plní kýžené mikroklimatické a ekologické funkce ihned a zdarma. Ve srovnání s nově zakládanými mají zanedbatelné až nulové nároky na údržbu, mají předpoklad dlouhodobé stability a funkčnosti.

- ✓ Kompenzace neodstranitelných dopadů vhodnými opatřeními (náhradní výsadba, založení náhradních biotopů, náhradní hnízdní prostory na rekonstruovaných budovách, zasakování přerušovaných drah proudění podzemní vody, kompenzační revitalizační úpravy opevněných koryt, využití modro-zeléné infrastruktury → snížení dopadů na vláhové a mikroklimatické podmínky).
- ✓ Snižování dlouhodobých dopadů na životní prostředí – např. ochrana proti kolizím ptáků s konstrukcemi, využívání environmentálně šetrných technologií a prostředků (např. biodegradabilní mycí prostředky), moderní technologie čištění odpadních vod, včetně dočišťování přečištěných odpadních vod v kořenových čistírnách před jejich vypuštěním do vodního toku atd.



1. Účinné (tj., dostatečně husté) ochranné polepy na průhledné a reflexivní plochy (www.estav.cz)
2. Elementární revitalizační prvky v omezeném prostoru opevněného koryta – intravilánová revitalizace potoka Lauter, Bad Staffelstein, Bavorsko (<https://strednicechy.ochranaprirody.cz>)
3. Mobilní zeleň – alternativa v komplikovaných podmínkách, nám. Přemysla Otakara II., České Budějovice (www.impuls.cz)
4. Zabudovaná netopýří budka (www.priroda.cz)



Aplikace modro-zeleno-šedé infrastruktury jako adaptačního opatření vůči změně klimatu

Hlavní přínosy modro-zelené infrastruktury (MZI):

- ✓ zvýšení podílu vsakovaných a odpařovaných srážkových vod, snížení ohřevu zastavěného území;
- ✓ zadržení srážkových vod prostřednictvím přírodě co nejbližšího biotopu, kde voda bude k dispozici živým organismům a bude se moci především zapojit do malého koloběhu vody (v závislosti na místních podmínkách i částečně posílit vsakování do hlubších horizontů);
- ✓ částečná kompenzace jiných negativních dopadů zástavby na životní prostředí.

Podmínkou efektivní funkčnosti modro-zelené infrastruktury z hlediska hospodaření se srážkovými vodami je koncepční pojetí prostorové kompozice stavebních objektů a nepropustných ploch uplatňované od počátku projekční přípravy, které zaručí gravitační stékání srážkových vod do prvků MZI. Do systému MZI lze zahrnout také částečnou až úplnou revitalizaci obvykle regulovaných (až zcela zatrubněných či zrušených) vodních toků a stojatých vod v zastavěném území. Revitalizací toků se mimo jiné zásadně zvyšuje jejich samočisticí kapacita, která je základní podmínkou dlouhodobě funkčního systému čištění odpadních vod.

Šedá infrastruktura:

- ✓ propustné druhy zpevněných povrchů bez vegetace;
- ✓ podzemní vsakovací objekty;
- ✓ podzemní retenční nádrže a akumulační nádrže pro využití srážkových vod v budovách a technologiích;
- ✓ zastínění oken, fasád a pobytových ploch technickými prvky.

Teorie biotické pumpy

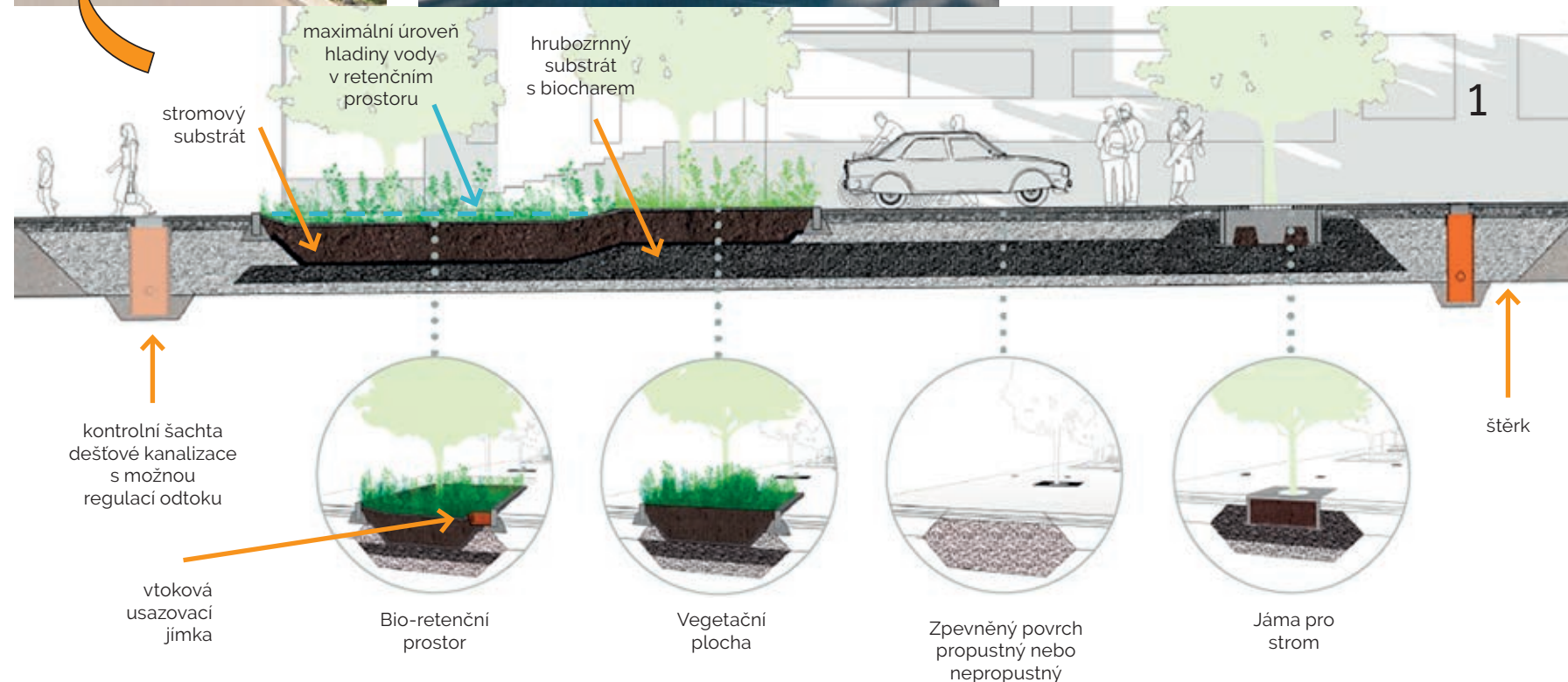
(Makarjeva A. M., Gorshkov V. G., 2010)

Teorie je založena na předpokladu makroklimatického významu transpirace velkých lesních komplexů. Např. listnaté lesy pahorkatin střední Evropy vykazují celkový výpar vody (vč. transpirace) až 673 mm/rok, s průměrem 508 mm/rok (Kantor P., Klíma S., 1997, in Švihla V., 2001). Pro srovnání výpar z travních porostů dosahuje v těchto podmínkách do 550 mm/rok, s průměrem 450 mm/rok (Švihla V., 2001).

Voda odpařená vegetací nad porostem následně kondenzuje, dochází k poklesu tlaku vzduchu a jím vyvolanému nasávání vzdušných mas z oceánů nad pevninu. V případě rozsáhlejšího zalesnění je tím dle teorie zajištěn soustavný přísun vlhkého vzduchu nad pevninu.

Vzhledem ke kontinentálnímu měřítku a složitosti klimatických systémů je teorie v praxi obtížně prokazatelná. Nicméně lze s její pomocí vysvětlit některé klimatické paradoxy, jako je např. proudění vzduchu v Amazonii směřující od oceánu nad pevninu i v době, kdy je kontinent chladnější než oceán. Nad částmi kontinentů s rozsáhlými lesními biomy také neklesá roční úhrn srážek s rostoucí vzdáleností od oceánů, přestože ty jsou jejich hlavním zdrojem.

Izotopovými analýzami v Amazonii, Číně či střední Africe je zároveň prokázáno, že vegetací, zejména pak rozsáhlými lesy odpařená voda, tvoří významný podíl srážek v částech kontinentů vzdálených od moře (Ellison D. et al., 2017).

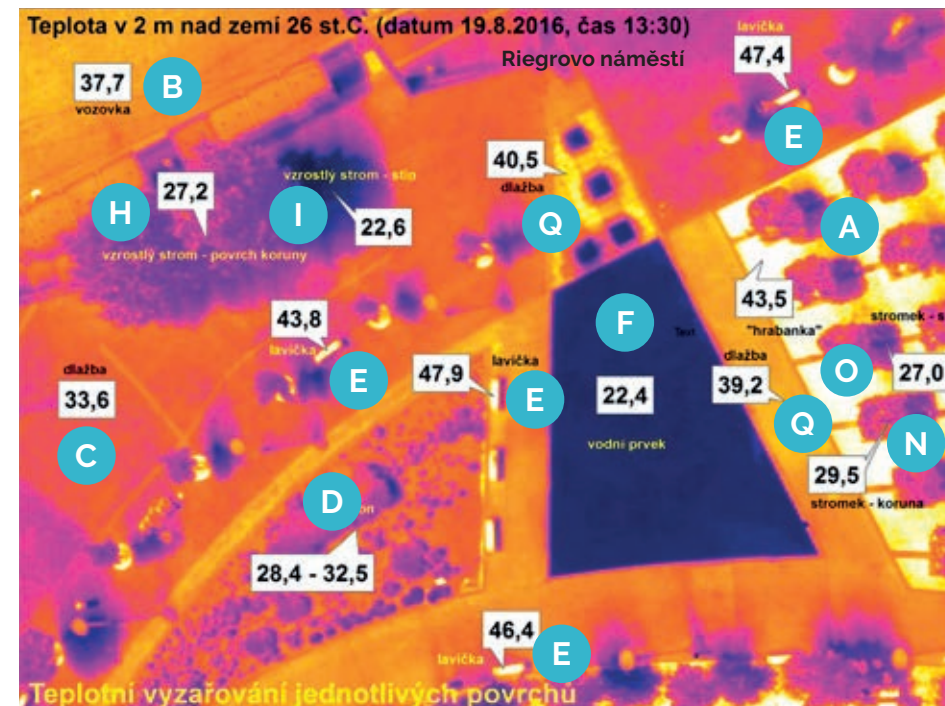
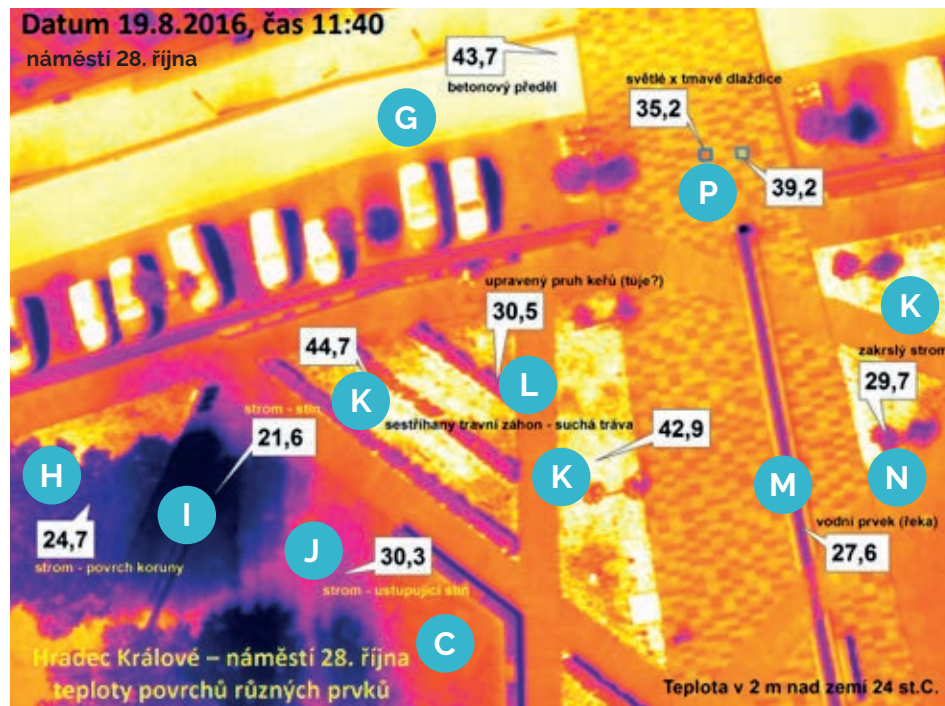


1. Schematické řešení MZI v rámci pouliční zeleně (Liveable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems, upraveno)
2. Jak to vypadá v praxi
3. Nedávno zbudovaný, vyvýšený zatravněný ostrůvek je zahazenou příležitostí, stékající voda je od trávy úhledně oddělena a pádí do nedaleké Lužické Nisy (ulice Sokolská, Liberec, foto: autor).

Efektivita různých prvků modro-zelené infrastruktury z hlediska zahřívání městského prostředí

„Zelená složka“ má svůj podstatný význam:

- ✓ Odpařování vody z povrchu rostlin při transpiraci odebírá teplo z okolí.
- ✓ Zatrávnění půdy zvyšuje pozitivní vliv nezastavěných ploch (např. ve srovnání s pokrytím kačírkem nebo kůrou) díky většímu oživení půdy – kořeny rostlin a aktivity půdních živočichů (zejména žížal) urychlují vsakování srážkových vod; vyšší podíl organických látek v půdě a mikropóry vytvářené půdními organismy zvyšují její retenční kapacitu. Zadržovaná voda je pak i déle dostupná pro snižování teploty vzduchu vypařováním a transpirací rostlin.
- ✓ Vzrostlý strom odpaří za letního dne cca 100–200 l vody / 24h (např. bříza až 400 l) → při změně skupenství naváže 200 l vody necelých 140 kWh tepelné energie ze svého okolí, což odpovídá doporučenému výkonu klimatizace pro prostor o objemu 467 m³ (výpočet dle vztahu na www.intechna.cz) při provozu 10 h/den. Při výšce stropu 2,5 m to odpovídá bytu o ploše cca 187 m².



Důležité postřehy vyplývající z uvedených termosnímků povrchu

- ✓ Vzrostlé stromy ochlazují své okolí daleko účinněji než okrasné záhony s nanejvýš nízkými keři – ty se sice zahřívají méně než zpevněné plochy, ale svému okolí poskytují v porovnání s velkými stromy jen minimální tepelné benefity.
- ✓ Zakrslé/malé stromy (obr. vpravo) navzdory hustému rozmístění poskytují lokálně zanedbatelné služby; suchá hrabanka se zahřívá dokonce více než všechny na snímku zachycené druhy zpevněných povrchů.
- ✓ Posečená a uschlá tráva se zahřívá téměř stejně jako asfaltová vozovka, a dokonce více než dlažba se světlým povrchem.
- ✓ Rozdíl v zahřívání světlých a tmavých povrchů je významný a je zřetelný dokonce v měřítku jednotlivých různobarevných dlaždic.
- ✓ V obou případech došlo rekonstrukcemi veřejných prostranství, realizovanými v letech 2008 a 2013, k významné redukci zeleně ve prospěch pěších zpevněných ploch. Lze však předpokládat, že pobyt na dotčených náměstích bude zejména v letních měsících v jejich důsledku pro člověka méně příjemný.

Termosnímky z Hradce Králové, 19. 8. 2016, 11.40 až 13.30 hod.
(zdroj: Prezentace „Robinsonem na tepelných ostrovech“, Struha P., 2016, upraveno; www.hradeckralove.org)

Vysvětlivky k termosnímům:

- | | | |
|------------------|---|------------------------------|
| A) hrabanka | G) betonový předěl | L) nízký pruh keřů (zerav?) |
| B) vozovka | H) koruna vzrostlého stromu | M) vodní prvek – umělý potok |
| C) světlá dlažba | I) stín vzrostlého stromu | N) zakrslý/malý strom |
| D) okrasný záhon | J) ustupující stín stromu na světle šedé dlažbě | O) stín malého stromku |
| E) lavička | K) posečený trávník – suchá tráva | P) světlá a tmavá dlažba |
| F) vodní plocha | | Q) tmavší dlažba |

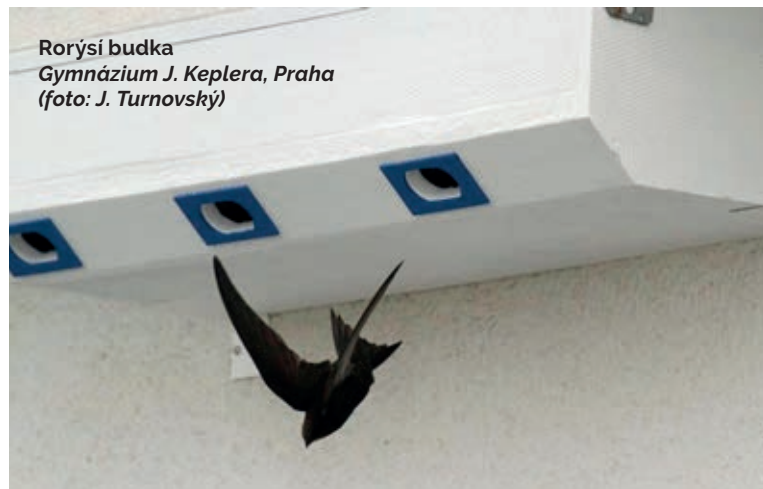
Podpora biodiverzity, ekologických funkcí krajiny a ekosystémových služeb zastavěného území

- ✓ vytváření přírodních prvků v zahradách, parcích a v okolí budov
- ✓ údržba přírodních prvků v intravilánu způsobem zvyšujícím jejich ekologickou hodnotu (např. méně časté a mozaikovitě sečení trávy, zachování doupných stromů v parcích, respektování přirozeného vývoje vodních koryt v technicky přijatelných mezích, případně jejich revitalizace atp.)
- ✓ budky pro ptáky a netopýry v zahradách, parcích a na stavbách či stavební úpravy umožňující jejich zahníždění

Provázání hydro-klimatických funkcí MZI s podporou biodiverzity zvyšuje i její celkový přínos pro člověka. Např. obojživelníci a dravé larvy a dospělci hmyzu ve vodních prvcích efektivně limitují přežívání larev komárů, přítomnost hmyzožravých ptáků (např. vlaštovky, jirčičky) a netopýrů účinně snižuje počty dospělých komárů (jeden netopýr uloví až 3 000 komárů za noc). Přitom komáří larvy se mohou vyvíjet i ve striktně technických vodních nádržkách (např. sud na dešťovou vodu), kdežto většina ostatních druhů hmyzu a obojživelníci vyžadují přítomnost alespoň základních zpřirodňujících prvků (mrtvé dřevo, organický materiál, vodní rostliny atp.).



Jehlanka vysávající larvu komára
(*Kapitolky o havěti*,
www.ceskatelevize.cz)



Rorýsí budka
Gymnázium J. Keplera, Praha
(foto: J. Turnovský)



Revitalizace
Blanice ve Vlašimi
(www.moderniobec.cz)



Intravilánová revitalizace potoka
Lauter s protipovodňovou funkcí,
Bad Staffelstein, Bavorsko
(www.wwa-kc.bayern.de)



1975 – starý dub s již
řidnoucí korunou před
radikálním bezpečnostním
ořezem provedeným po
vichřici v roce 1987



2018 – ponechané torzo
dubu ve stádiu rozpadu;
zabezpečeno radikálním
ořezem a oplocením
ohrožené plochy

Bandstand Oak, Hampstead, Velká Británie (www.ancienttreeforum.co.uk/)

Snižování materiální a energetické náročnosti záměrů

- ✓ Koncepční řešení, která snižují spotřebu stavebních materiálů a volí technologie využívající materiály s nižší ekologickou stopou (ve fázi vzniku, provozu i konečné likvidace), včetně recyklátů.
- ✓ Ve fázi provozu jde o technologická provedení snižující např. spotřebu vody (recyklace šedé vody; technologické prvky s nižší spotřebou vody – myčky, pračky, splachování), energie (rekuperace tepla z odpadní vody a klimatizace, solární kolektory pro ohřev teplé vody atp.).

Zahrnutí ostatních opatření a přístupů zvyšujících adaptabilitu intravilánu

- ✓ Prostorová kompozice objektů zvyšující zastínění průchozích a pobytových ploch v odpoledních hodinách (ideálně v kombinaci s listnatými dřevinami, které v zimních měsících nebrání průniku přímého osvětlení), zastínění chodníků a parkovišť technickými prvky (včetně např. fotovoltaických panelů).
- ✓ Využívání světlých barev pro povrchy osluněných ploch, pohyblivých stínících prvků na budovách atd.



1. Reactor recyklace šedé vody a rekuperace odpadního tepla z vody (www.asio.cz)
2. Zastínění zpevněných ploch fotovoltaickými panely (oze.tzb-info.cz)
3. Kraví hora, Brno (www.arawood.cz)
4. Zastínění ulic, Granada, Španělsko (www.turistika.cz)
5. Zastínění dětského hřiště, Praha (www.praha.zeleni.cz)



Hospodaření se srážkovými vodami pomocí modro-zeleno-šedé infrastruktury

Legislativní rámec hospodaření se srážkovými vodami (§ 5 odst. 3 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů)

Povinná hierarchie hospodaření se srážkovými vodami:

1. akumulace s následným využitím, popřípadě vsakování na pozemku a výpar;
2. není-li žádný z těchto způsobů možný nebo dostatečný, pak zadržování a řízené odvádění, nebo kombinace uvedených způsobů.

! Zákon nepřipouští přímé vypouštění srážkových vod do kanalizace nebo vodního toku bez využití některého z uvedených způsobů zpomalení odtoku.

Nejlepším způsobem hospodaření se srážkovými vodami je nevytvářet žádné srážkové vody, které by bylo nutné někam odvádět a nakládat s nimi.

- Jako první by měla být řešena otázka snížení množství odváděných srážkových vod z nepropustných povrchů na nevyhnutelné minimum.
- Teprve ve druhém kroku se zabýváme nejvhodnějším způsobem hospodaření s výsledným množstvím odváděných srážkových vod.
- Přednost má využití srážkových vod k zavlažování a cílenému vsakování případně odpaření na přírodních plochách před jejich pouhou retencí v zakrytých nádržích s regulovaným odtokem nebo před jejich využitím coby užitkových vod uvnitř budov a v rámci technologií – takto jsou vytrženy z přirozeného koloběhu vody v krajině.

Myšlenkový postup projekční přípravy:

I. Minimalizace množství odváděných srážkových vod

1. Optimalizace prostorového využití stavebních pozemků.
 - Jsou všechny uvažované stavební objekty nezbytné, nebo se lze vzdát nějaké zbytné stavby, případně zmenšit rozměry některého objektu?
 - Je možné snížit výměru nepropustných povrchů optimalizací prostorového využití stavebních pozemků, včetně integrace některých stavebních objektů (např. parkovacích ploch, pobytových teras) na sdílenou zastavěnou plochu?
2. Využití zpevněných povrchů propustných pro vodu.
3. Využití vegetačních střech a zelených zdí na budovách.

II. Vlastní hospodaření s odváděnými srážkovými vodami

4. Akumulace a využívání odváděných srážkových vod pro zalévání zeleně (ideálně v kombinaci s dalšími opatřeními pro přebytečnou vodu).
5. Retence a vsakování srážkových vod ve vsakovacích průlezech a otevřených, přírodě blízkých nádržích.
6. Retence a vsakování srážkových vod ve vsakovacích / retenčně-vsakovacích podzemních objektech v závislosti na hydrogeologických podmínkách.
7. Při úplném zamítnutí vsaku hydrogeologickým posudkem prostá retence v retenčních objektech s regulovaným odtokem, s preferencí otevřených nádrží.

Minimalizace množství odváděných srážkových vod

Optimalizace prostorového využití stavebních pozemků

Příklady možných opatření:

- Přesunem budovy / parkovacích ploch blíže vjezdu na pozemek se sníží výměra příjezdové komunikace. V případě oddělené plochy parkování a hlavního objektu je následně možné pokračovat od parkovacích ploch již pouze pěší komunikací s nižšími nároky na šířku a zatížitelnost.
- Efektivní využití obestavěného prostoru a limitů výškového regulativu v územním plánu (počet pater) může významně snížit nároky na plošný zábor stavbou.
- Přidáním technického patra k budově lze integrovat parkovací plochy do stavební výměry hlavního objektu.

Příklad prostorového řešení stavebního pozemku z praxe

Nedostatky navrženého řešení stavebního pozemku:

- ✓ Prostorová kompozice budovy a parkoviště vyvolává nutnost vykácení téměř/úplně všech vzrostlých dřevin na pozemku.
- ✓ Při daném uspořádání parkoviště vzniká plocha potřebná k manévrování vozidel s výměrou srovnatelnou s plochou potřebnou pro vlastní odstavení vozidel.
- ✓ Vzniklá zpevněná plocha je neúměrně velká v porovnání s hlavním stavebním objektem i cílovým počtem parkovacích stání.



Vhodné úpravy projektu:

- ✓ Přesun hlavního objektu a parkoviště tak, aby byla zachována především skupina stromů v JZ třetině pozemku.
- ✓ Uspořádání parkoviště, které minimalizuje prostorovou náročnost manévrování a dráhu potřebnou k dosažení parkovacího stání od veřejné komunikace, a tím sníží výměru zpevněné plochy.
- ✓ Vyhodnocení potenciálu pro umístění všech/části parkovacích stání v garážích integrovaných do zastavěné plochy hlavního objektu.

Využití zpevněných povrchů propustných pro vodu

- ✓ Umožňují vodě procházet oběma směry, dochází tedy nejen ke vsakování srážkových vod, ale také k odpařování mělkých vod podzemních – ochlazují okolí díky absorpci skupenského tepla.
- ✓ Retenční kapacita půd je efektivněji využívána ve srovnání s bodovým vsakováním v centrálních vsakovacích objektech.
- ✓ Jejich prostřednictvím lze zachytit a biologickými procesy rozložit 97–99 % olejů obsažených v prosakující srážkové vodě (Široká H., 2018).
- ✓ Zatravnovací prvky navíc posilují i širší ekologické funkce krajiny (intenzivnější čištění prosakujících vod, mikroklimatické funkce vegetace, vazba vzdušného uhlíku v půdním prostředí).
- ✓ Eliminují potřebu kanalizačních systémů, investice do výstavby retenčních a vsakovacích objektů či filtračních systémů. Při započtení všech externalit tak mohou být ekonomičtější variantou zpevnění ploch ve srovnání s konvenčními metodami.

Štěrkové trávníky

(zdroj použitých informací: Žáková J.: Štěrkové trávníky – jejich význam a technologie zakládání, 2011; Straková M. & Jongepierová I. (eds.): Krajinné trávníky, 2018)

- ✓ Vegetační vrstva je tvořena směsí písčité zeminy s kompostem a štěrkové frakce.
- ✓ Vhodné pro málo frekventované parkovací a pojezdné plochy a pro pobytové plochy se sklonem do 5 % (ideálně v rozmezí 3–5 %). Pro občasné využití osobními auty je dostatečná tloušťka vrstvy 15 cm, při tloušťce vrstvy 30 cm je možný i příležitostný pojezd lehkých nákladních aut.



Zatravnovací rošty se souvislou výplní buněk, fungující jako vodopropustná dlažba s nižšími nároky na tuhost podložních vrstev v porovnání se zámkovou dlažbou, Mnichov (www.estav.cz)



Příjezdová štěrková cesta hřbitova v Dolních Břežanech (zdroj: Agrostis Trávníky, s.r.o., www.agrostis.cz).

Detail



Zatravnovací rošty

(zdroj použitých informací a fotografií: www.asio.cz, www.estav.cz)

- + Provázanost segmentů umožňuje vysokou zatížitelnost (včetně pojezdu nákladních automobilů) s výrazně nižšími nároky na tloušťku a tuhost podkladových vrstev ve srovnání s betonovou dlažbou. Lze je využít např. pro povrch tramvajových pásů, kde nebrání průjezdu vozidel IZS.
- + Podkladové vrstvy umožňují obousměrné proudění vody, růst vegetace, sorpci a bakteriální rozklad znečištění vody.
- + Významně zlepšují růstové podmínky, vitalitu a životnost stromů rostoucích v blízkosti zpevněných ploch. Splňují normované nároky na čištění srážkových vod z komunikací.
- ✓ Lze kombinovat zatravněné buňky se souvislou výplní (intenzivně vs. extenzivně pochozí části zpevněných ploch, viz foto).

Vodopropustný beton

(zdroj použitých informací: Široká H.: *Vodopropustný beton (pervious concrete)*, 2018, www.stavebnictvi3000.cz; technický list betonu Zapa Drop)

- + Propustí až 95 % celkového úhrnu kapalných srážek i při intenzivních srážkách.
- + Umožňuje zatížení například hasičským vozem. Snižuje riziko vzniku tzv. aquaplaningu či ledovky.
- + Světlý povrch betonu snižuje zahřívání slunečním zářením.
- + Může snížit hlučnost pneumatik o 8 dB.
- + V běžných podmínkách dosahuje životnosti 20–40 let. Výzkumy z Finska dokazují, že může mít i v tavném klimatu životnost více než 15 let.
- Dosahuje nižších mikroklimatických a dalších ekologických efektů než zatravnovací rošty (chybí aktivní transpirace a respirace živých organismů). Ve srovnání se zatravněným povrchem nedochází k fixaci vzdušného uhlíku.

Údržba:

příležitostné zametení, tlakové čištění vodou či vysátí vozovky za účelem obnovení propustnosti materiálu



Komunikace z vodopropustného betonu v parku Gaštanica v Bratislavě (www.stavebnictvi3000.cz)

Využití vegetačních střech a zelených zdí na budovách

(zdroj informací: Burian S. et al.: *Vegetační souvrství zelených střech, standardy pro navrhování provádění a údržbu*, 2019)

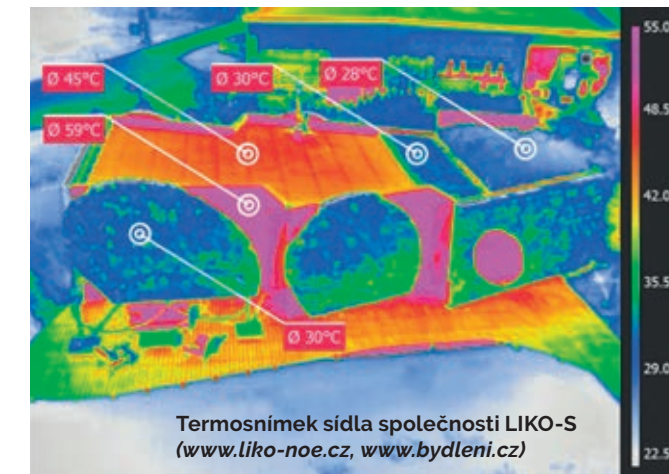
Vegetační (zelené) střechy

- ✓ Zelené střechy lze realizovat jak na plochých střechách, tak na střechách šikmých, včetně strmě šikmých střech. Při sklonu převyšujícím 5° je nutné použít různé úrovně záchytného systému podle konkrétního sklonu.
- + Snížení negativních dopadů zástavby na mikroklimatické podmínky zastavěného území (zvýšení vlhkosti – ochlazování odpařováním vody, snížení zahřívání osluněných povrchů, vyrovnání teplotních extrémů, snížení prašnosti).
- + Zpomalení odtoku vody a navrácení zachycené vody do malého vodního koloběhu (10 cm vegetačního souvrství pojme okolo 30 mm vodního sloupce). V závislosti na charakteru sníží součinitel odtoku z 1 na 0,8 až 0,3 (technická norma ČSN 75 6760).
- + V závislosti na umístění a charakteru vegetace mohou snížit negativní dopady zástavby na biodiverzitu a celkovou početnost drobných živočichů (zejména bezobratlých živočichů a ptáků, umožňují mimo jiné i chov včel).
- + Významně snižují dopady především plošně rozsáhlých staveb (např. průmyslové haly) na krajinný ráz, zejména pokud plynule navazují na rostlý terén.
- + Vhodně koncipované vegetační střechy zvyšují psychosociální komfort života lidí ve městech.
- + Snižují náklady na chlazení i vytápění vnitřních prostor, respektive na umělou izolaci budov.

- ! Zelené střechy nelze chápat jako plnohodnotnou náhradu zeleně na nezastavěné ploše – chybí biologická a hydrologická vazba na přirozené půdní prostředí a podzemní vody.

Extenzivní zelené střechy

- + vegetace s maximální mírou autoregulace, schopná udržet se v odpovídající kvalitě bez pravidelné zálivky a jen s minimální péčí (obvykle 1–2× ročně kontrola, odstranění nežádoucí vegetace, přihnojení podle typu substrátu a vývojové fáze porostu)
- ✓ obvykle nepochozí, vstup na plochy s vegetací pouze pro kontrolu a technickou údržbu
- ✓ mechy, rozchodníky, netřesky a další sukulenty, suchomilné traviny a byliny
- ✓ mocnost vegetačního souvrství cca 60–150 mm, plošná hmotnost v nasyceném stavu 90–200 kg.m⁻²



Termosnímek sídla společnosti LIKO-S (www.liko-noe.cz, www.bydleni.cz)



Extenzivní zelená střecha (www.drevoastavby.cz)

Polointenzivní zelené střechy

- ✓ přechodný typ; lze využít i další skupiny rostlin – trávy, trvalky, dřeviny (mají vyšší nároky na skladbu vegetačního souvrství, zásobování vodou a živinami), lze je omezeně využívat jako pobytové
- ✓ mocnost vegetačního souvrství cca 150–350 mm, plošná hmotnost v nasyceném stavu cca 200–400 kg.m⁻²
- vyžadují závlahu v sušších obdobích roku, dle potřeby sečení porostu, ostatní péče je srovnatelná s péčí o extenzivní zelené střechy



Biodiverzitní polointenzivní zelená střecha (www.greenville.cz)

Intenzivní zelené střechy

- ✓ charakter vegetace i údržby se obvykle podřizuje pobytové funkci; vyžadují intenzivnější zavlažování, včetně stabilního systému zavlažování
- ✓ trávník, trvalky, keře, stromy, užitkové rostliny (zelenina, ovocné keře a stromy)
- ✓ mocnost vegetačního souvrství od cca 300 mm, plošná hmotnost v nasyceném stavu od cca 300 kg.m⁻²

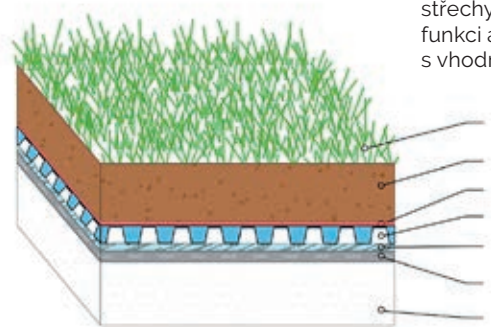


Intenzivní, pobytová zelená střecha (www.asb-portal.cz)

Zřízení zelené střechy na stávající konstrukci

Nutno prověřit zejména:

- ✓ nosnost střešní konstrukce, zatížitelnost tepelné izolace;
- ✓ existenci, způsob provedení a stav parozábrany i ostatních součástí tepelné a vodní izolace (obvykle je nutné zvýšit tloušťku izolace a použít hydroizolaci odolnou proti prorůstání kořenů – může vyústit v nutnost navýšení atik).



Řez vícevrstevným souvrstvím zelené střechy vhodným pro extenzivní, polointenzivní i intenzivní zelené střechy. Drenážní vrstva může mít i vodoakumulační funkci a může být tvořena různými materiály s vhodnými vlastnostmi. (www.zelenestrechy.info).

vegetace
vegetační vrstva
filtrační vrstva
drenážní vrstva
ochranná vrstva
kořenovzdorná vrstva (zpravidla hydroizolace)
souvrství střešního pláště

Zelené střechy s doplňkovou funkcí

Zelené střechy na podporu biodiverzity:

- ✓ proměnlivá mocnost a charakter substrátu; pestré druhové složení vegetace, kopírující přírodní biotopy (při dostatečné rozloze ideálně v mozaice několika biotopů).
- ✓ Údržba zaměřená na podporu biodiverzity – méně časté sečení, respektování sukcesních změn a přirozeného osidlování novými druhy roznášenými větrem a ptáky.
- ✓ **Doplňkové prvky:** mělké tůňky z dešťové vody a picí nádoby pro ptáky a hmyz; mrtvé dřevo; hromady chrastí, listí a kamenů; „hmyzí hotel“, ptačí budky atd. Charakter zelené střechy a doplňkových prvků je třeba přizpůsobit okolnímu prostředí a druhům, které reálně mohou vzniklý biotop využívat.



Biodiverzitní zelená střecha na střeše vodojemu, Pražské vodovody a kanalizace, Praha 9 (www.zelenastrecharoku.cz)

Pěstební zelené střechy:

- + přináší možnost pěstování plodin i v hustě zastavěném městském prostředí;
- + představují velký potenciál pro školy, sousedské komunity a sociální zařízení.



Pěstební zelená střecha, článek Zelené střechy a fasády, 2020, (www.dttest.cz)

Fotovoltaické zelené střechy:

- ✓ umístění fotovoltaických panelů na zelené střeše je vhodné zejména pro extenzivní zelené střechy, jako doplňkový prvek i na polointenzivní a intenzivní zelené střechy s respektováním jejich hlavních funkcí;
- ✓ ochlazující efekt zelené střechy zvyšuje životnost a produktivitu fotovoltaických panelů, protože jejich účinnost klesá při teplotách nad 25 °C.



Fotovoltaická zelená střecha, Tuchoměřice (www.nejremeslnici.cz)

Zelené zdi a vertikální zahrady

(zdroj: Burian S.: Vertikální zahrady střízlivým pohledem, 2019)

- + zvýšení množství zeleně v zastavěném území při minimálních nárocích na plošný zábor – možnost začlenit zeď i do zcela zastavěných lokalit
- + při zavlažování dešťovou vodou (ideálně gravitačně ze střech) snižují přímý odtok srážkové vody, kterou vrací malému vodnímu cyklu
- + zvýšení vzdušné vlhkosti, snížení teploty vzduchu odpařováním vody, čištění vzduchu od prachu a jiných nečistot; snížení teplotních extrémů uvnitř budov

Extenzivní a semiextenzivní zelené zdi

- ✓ popínavé rostliny, které se mohou pnout přímo po konstrukci budovy, nebo po podpůrné konstrukci připevněné k budově
- ✓ možnost uložení substrátu ve velkoobjemových nádobách na úrovni terénu, pokud lokalita nenabízí volný terén s rostlou zemínou v dosahu
- + kořenují-li ve volné půdě, snižují se nároky na udržování růstových podmínek na minimum
- + v našich klimatických podmínkách najdou široké uplatnění a jsou téměř bezúdržbové



Materiální a energetické nároky adaptačního opatření by neměly převyšovat jeho reálné přínosy adaptability území vůči dopadům změny klimatu.

Tomuto principu je třeba přizpůsobit i návrh zelené zdi. U existujících staveb je v případě komplikovaných podmínek vhodné zvážit realizaci opatření na posílení ekologických funkcí krajiny mimo vlastní stavbu, kde lze při stejných nákladech dosáhnout významně větších přínosů. U nových staveb lze zelené zdi vnímat pouze jako doplňkové opatření, které samo o sobě nemůže uspokojivě snížit negativní dopady stavby na ekosystémové služby území.

Intenzivní zelené zdi – vertikální zahrady

- ✓ rostliny kořenují v nádobách/kapsách se substrátem, které jsou upevněny k vertikální konstrukci nebo přímo v textilním nosném materiálu bez substrátu
- + pohlcují hluk; mohou fungovat i jako kořenová čistírna
- vyžadují poměrně intenzivní hnojení a zavlažování; jsou relativně choulostivé na nesprávné provedení celého systému, výpadky funkčnosti jeho dílčích prvků, případně nesprávně zvolený druh systému a způsob pěstování pro dané vláhové a mikroklimatické podmínky



1. Bezsubstrátová vertikální zahrada v Buštěhradu s funkčním zavlažováním (vlevo) a po havárii závlahy (zdroj: Vertikální zahrady střízlivým pohledem, www.szuz.cz).
2. Jižní stěny domu porostlé břečtanem, Ruprechtická ul., Liberec (foto: autor)
3. Sídlo společnosti Liko-S, Slavkov u Brna, zelená zeď slouží jako kořenová čistírna, čímž je zajištěn stabilní přísun vody (zdroj: <https://ceskacenaarchitekturu.cz/projekty/2016>).

Hospodaření s odváděnými srážkovými vodami

(zdroj použitých informací: www.asio.cz; Vsakování srážkových vod, Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj, 2019; Česká technická norma TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, 2013)

Masivní odlesňování, přeměna lesů a travinných porostů (zejména stepí mírného pásma) na zemědělskou půdu, umělé odvodnění krajiny a rostoucí zástavba oslabují malý vodní cyklus. Tím dochází k úbytku drobných, ale častých dešťů z vláhly odpařené nad pevninou. Dle odborné studie je kácení pralesů v povodí řeky Kongo zodpovědné za až 50 % silného úbytku srážek v dotčené oblasti (Nogherotto R., et al., 2012).

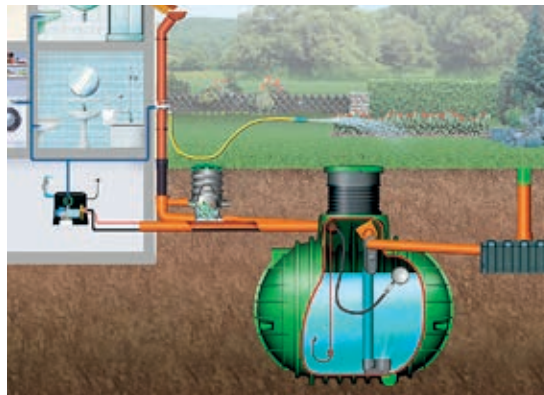
Cílem hospodaření se srážkovými vodami je proto navrácet vodu přirozeným složkám koloběhu vody a mimo jiné tak posílit malý vodní cyklus.

Akumulace s využitím vody k zalévání zeleně

- ✓ v základní podobě jednoduchý způsob hospodaření se srážkovou vodou
- ✓ nutné počítat se zajištěním přebytečného množství vody v závislosti na dispozicích daného pozemku (retence, vsakování)



Jednoduché řešení pro malé střechy (zdroj: www.svecisteni.cz)



Akumulace srážkových vod v kombinaci s recyklací šedé vody (zdroj: www.voda.tzb-info.cz)

Vhodný způsob hospodaření se srážkovými vodami musí vyhodnotit a definovat hydrogeolog pro každý případ individuálně na základě hydrogeologických podmínek lokality.

Panuje však silně zažitá, poměrně jednotvárná praxe, která srážkové vody vnímá stále spíše jako něco, co se „likviduje“, nehospodaří s nimi.

Je vhodné probrat s hydrogeologem v předstihu zájem na využití modro-zelené infrastruktury, aby věděl, že jeho úkolem není navrhnout nejjednodušší řešení z hlediska projektanta stavby, ale nejlepší řešení z hlediska podpory přirozeného vodního cyklu v krajině.

Plošné vsakování

- ✓ odvod srážkových vod plošným rozptylem (podmínka funkčnosti) na zatravněnou plochu se sklonem nejvýše 5 %
- ✓ výměra vsakovací plochy musí dosahovat nejméně 1/5 odvodňované plochy (po redukci odtokovým koeficientem)
- ✓ čištění srážkových vod v travním porostu splňuje požadavky technické normy
- ✓ vsakovací plocha ideálně navazuje přímo na odvodňovanou plochu (např. komunikace, parkoviště) tak, aby byl zajištěn rovnoměrný, plošný přítok vody – v případě soustředěného přívodu srážkových vod nutno zajistit rozptyl vody technickým opatřením
- ✓ po překročení vsakovací kapacity je voda odváděna do dalšího prvku hospodaření se srážkovou vodou (např. retenčně-vsakovací nádrž)



Vsakovací plocha u parkoviště, Brno (zdroj: www.zelenebrno.cz)

”

Vsakovací plochu není vhodné udržovat jako intenzivní trávník. Příliš časté sečení snižuje rozvoj kořenového systému rostlin, a tím i vsakovací kapacitu půd.

Vsakovací průleh

Samostatný vsakovací průleh

- ✓ Za běžných podmínek obvykle splňuje nároky na čištění srážkových vod travním porostem.
- ✓ Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou a vsakovací plochou se orientačně pohybuje v rozmezí 5 až 15 ($A_{red}/A_{vsak} \in (5; 15)$).



Vsakovací průleh (foto: Jiří Vitek, www.moudramesta.cz)

Vsakovací průleh s rýhou

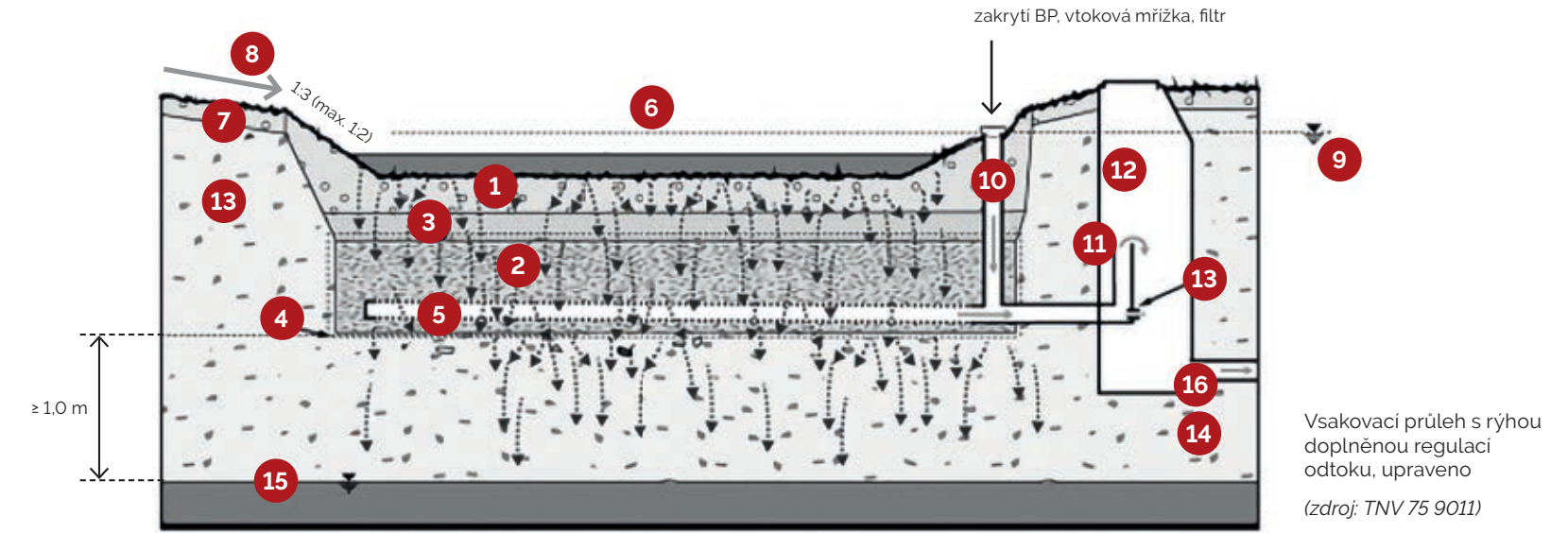
- ✓ Nižší hydraulická vodivost hornin ($K < 5.10-6 \text{ m/s}$), a tím i vsakovací kapacita, je vyvážena podpořením vsakování do propustnějších horizontů a zvýšením retenčního objemu vsakovací rýhou ve dně průlehu.
- ✓ Poměr mezi redukovanou odvodňovanou plochou a vsakovací plochou se orientačně pohybuje v rozmezí 5 až 15 ($A_{red}/A_{vsak} \in (5; 15)$).
- + Je-li průleh s rýhou navržen jako liniová stavba (např. při odvodnění komunikací), je vhodné rozdělit průleh příčnými zemními hrázkami.



Průleh s rýhou (www.klimasemeni.cz)

Vsakovací průleh s rýhou s regulovaným odtokem

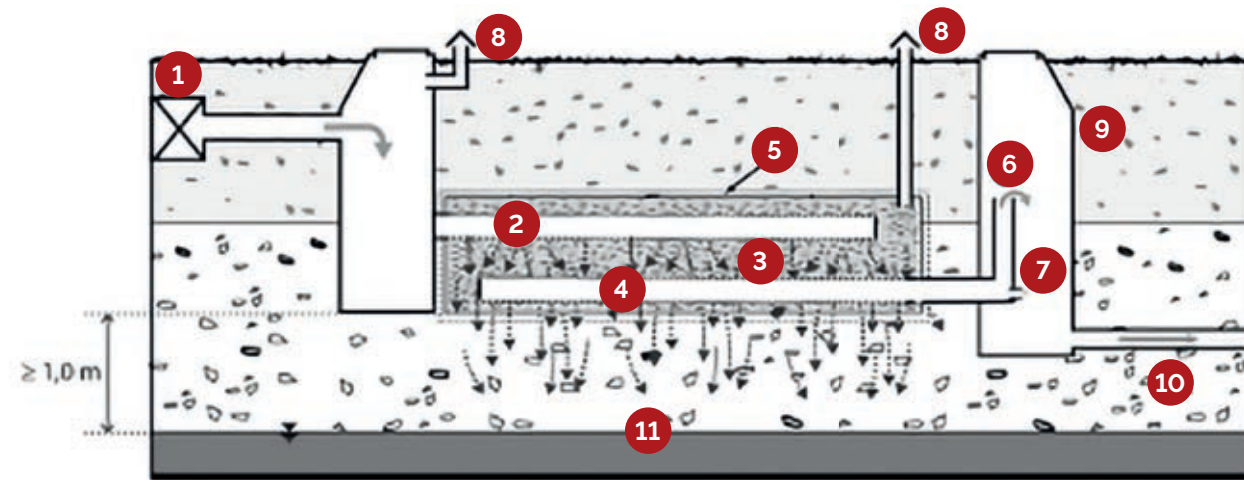
- ✓ v případě velmi nízké vsakovací schopnosti podloží
- ✓ součástí je šachta s regulátorem odtoku do povrchových vod nebo kanalizace



- | | |
|--|--|
| 1. Zatravněná humusová vrstva průlehu; tl. $\geq 0,3 \text{ m}$, $K \geq 1.10^{-9} \text{ m/s}$ | 9. Max. retenční hladina; $h \leq 0,3 \text{ m}$ |
| 2. Retenční/vsakovací rýha (štěrk 16/32 mm / prefabrikované bloky) | 10. Bezpečnostní přeliv průlehu s filtrem |
| 3. Písčito-hlinitá vrstva; tl. $\geq 0,1 \text{ m}$, $K \geq 1.10^{-4} \text{ m/s}$ | 11. Bezpečnostní přeliv rýhy |
| 4. Geotextilie | 12. Šachta |
| 5. Drenážní odtokové potrubí | 13. Regulátor odtoku |
| 6. Průleh | 14. Nedostatečně propustné půdní a horninové prostředí |
| 7. Ohumusování, osetí, tl. $\approx 0,1 \text{ m}$ | 15. Max. hladina podzemní vody |
| 8. Plošný povrchový přítok | 16. Odtok |

Podzemní prostory vyplněné štěrkiem nebo bloky

- ✓ podzemní vsakovací prostory vyplněné propustným štěrkovým materiálem nebo prefabrikovanými bloky
- ✓ vsakovací šachta, vsakovací galerie, vsakovací drenážní potrubí, podzemní vsakovací „nádrže“
- Doporučuje se předčištění srážkových vod, ideálně přes zatravněnou humusovou vrstvu nebo kalovou jámkou, filtrační šachtou či jiným zařízením dle povahy znečištění srážkových vod.
- Při nedostatečné vsakovací schopnosti půdního a horninového prostředí je nejvhodnějším řešením použití vsakovacích zařízení s regulovaným odtokem.



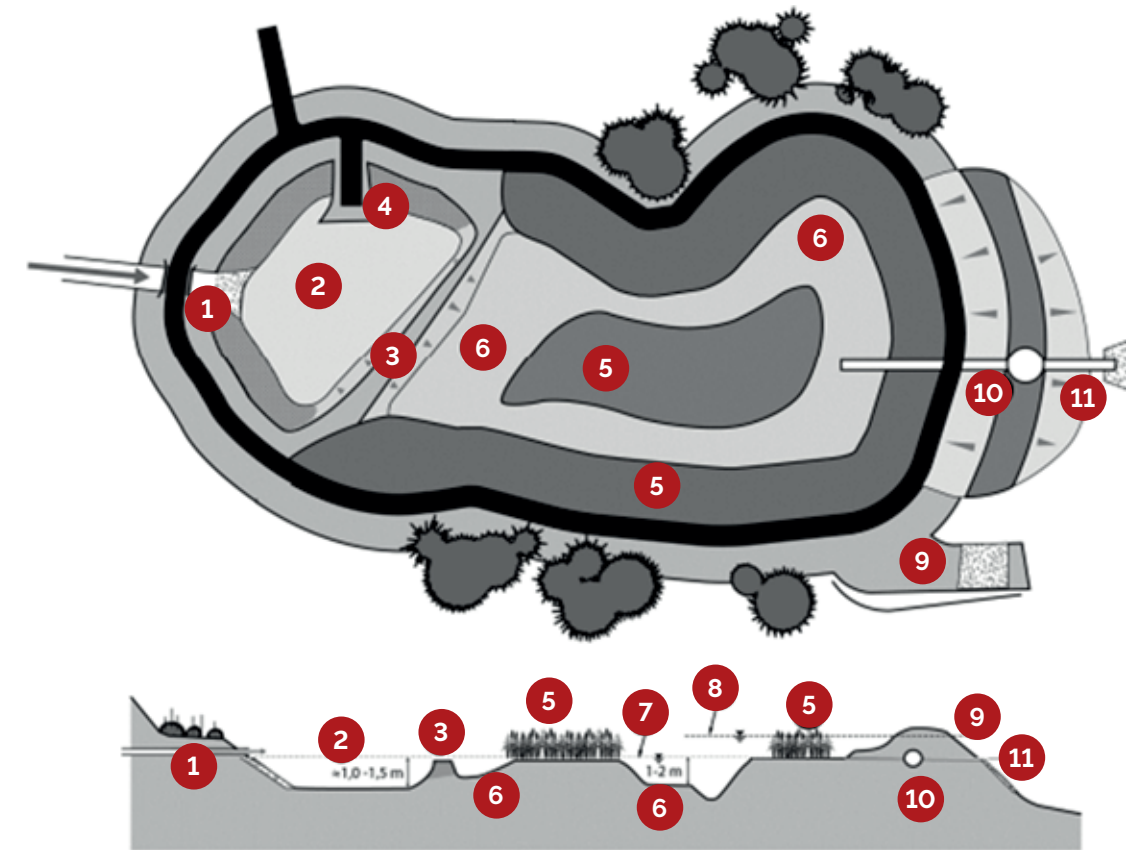
(zdroj: TNV 75 9011, upraveno)

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Předčištění – sito, filtr, kalová jámka | 7. Regulátor odtoku |
| 2. Přívodní drenážní potrubí | 8. Odvzdušnění |
| 3. Retenční/vsakovací rýha (štěrk/bloky) | 9. Nedostatečně propustné podloží |
| 4. Odtokové drenážní potrubí | 10. Propustné podloží |
| 5. Geotextilie | 11. Maximální hladina podzemní vody |
| 6. Bezpečnostní přeliv | |

Retenčně-vsakovací, retenčně-akumulační nádrže na srážkovou vodu koncipované jako vodní biotop či mokřad

- Při vhodných prostorových podmínkách je přínosné koncipovat vsakovací, retenční a akumulační nádrže jako přírodě blízké biotopy s otevřenou vodní plochou a mokřadním pásmem v několika výškových úrovních dna.
- Vzhledem k primárně retenční funkci se musí odpovídající část objemu vyprázdnit do 24 h, což v závislosti na infiltrační rychlosti půdního prostředí limituje vsakovací a odpařovací potenciál nádrže a zásadně omezuje její působení jakožto vodního biotopu. Je proto žádoucí ponechat část celkového objemu nádrže jako bezodtoký prostor, čímž se vytvoří podmínky pro plnění kýžených ekosystémových služeb.
- S výjimkou vtokového a odtokového objektu obvykle není nutné břehy nádrží opevňovat, naopak je žádoucí zachovat je volně přístupné vegetaci a půdním a bentickým organismům.

Podzemní vsakovací objekt s regulací odtoku, upraveno (zdroj: TNV 75 9011)



- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Vtokový objekt s opevněním | 7. Hladina stálého nadržení |
| 2. Část nádrže pro zachycení sedimentů | 8. Maximální retenční hladina |
| 3. Dělicí hrázka | 9. Bezpečnostní přeliv |
| 4. Vstup pro čištění nádrže | 10. Regulátor odtoku |
| 5. Zóna emersní vegetace | 11. Výtokový objekt s opevněním |
| 6. Zóna plovoucí/ponořené vegetace | |

Retenčně-vsakovací, retenčně-akumulační nádrže na srážkovou vodu koncipované jako vodní biotop či mokřad



Retenční nádrž
„Bahno“, Bratčice u Brna
(www.adaptterraawards.cz)



Dešťový záhon
(www.napadyprodomy.cz)



Dešťová tůň, Lochotínský park, Plzeň
(www.envic-sdruzeni.cz)



Retenční nádrž
„Bahno“, Bratčice u Brna
(www.adaptterraawards.cz)

Zeleň jako součást modro-zelené infrastruktury měst

Základní principy výsadby
a údržby zeleně v urbanizovaném prostředí

(zdroj: Fridel K. (ed.): *Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems*, 2020)

Travnaté plochy

(zdroj: Pílušová B., Kuřková T.: *Soudobé trendy v zakládání a údržbě travobylinných společenstev ve městech*, 2015)

- ✓ Často a nakrátko sečené trávníky poskytují minimální ekosystémové služby v porovnání s přirozenými lučními porosty a zároveň jsou choulostivé vůči suchu → po vyschnutí se zahřívání zatravněné plochy téměř neliší od zpevněných povrchů a zcela pozbývá ochlazovacího potenciálu tvořeného transpirací rostlin (viz str. 8 a 9).
- ✓ Chudé druhové složení s výraznou dominancí trav poskytuje životní podmínky jen malému množství druhů bezobratlých, na což se váže omezená diverzita obratlovců.



Mozaikovitá seč, Liberec – Ruprechtice,
(foto autor)

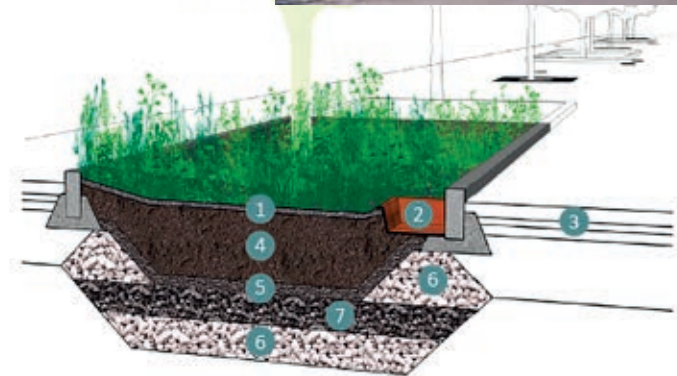
Podpora odolnosti travnatých ploch epizodám sucha a posílení ekosystémových služeb trávníků a biodiverzity v místě i širším okolí:

- k založení travního společenstva je třeba volit vysoce pestré druhové směsi geograficky původních druhů s dostatečným zastoupením kvetoucích bylin → časem se vytvoří společenstvo přizpůsobené daným ekologickým podmínkám a způsobu údržby;
- sekání travnatých ploch je vhodné omezit na 2 seče za rok (zhruba přelom května a června + září), sekat v době dostatečné vláhly a mimo vysoké teploty;
- část ploch je možné udržovat v podobě pobytových trávníků sekaných častěji – i zde je však nutné dodržet uvedené mikroklimatické podmínky při seči a výšku seče alespoň cca 10–12 cm;
- luční porosty sekat mozaikovitě a některé plošky nechat neposečené až do dozrání travin (podpora pestrého druhového složení bezobratlých);
- sekat kosou, křovinořezem, lištovou nebo bubnovou sekačkou (ochrana drobných živočichů) s odvozem sena;
- druhově chudé trávníky je vhodné pásově/mozaikovitě přeorat a osít pestrou květnatou směsí → při vhodném sečení se postupně vytvoří květnatá louka.

Dřeviny

- Významné mikroklimatické a další ekosystémové služby plní především zdravé a velké stromy (viz str. 8 a 9), dřeviny bojující o přežití s redukovanou listovou plochou mnoho užítku městskému klimatu nepřinášejí.
- Degradované půdy a vláhové podmínky v městském prostředí často nesplňují nároky stromů pro vitální růst (utužení, nevhodná zrnitost, nízký obsah organické hmoty, nevhodné chemické vlastnosti, sucho).
- Vzrůstné stromy začínají plnit své funkce v plném rozsahu až cca od 20–40 let věku (v závislosti na druhu), je tedy nezbytné zajistit takové růstové podmínky, které umožní zdravý a dlouhodobý život stromu.
- Stromy potřebují v závislosti na druhu a velikosti nejméně cca 10–30 m³ prostoru s vhodnými půdními vlastnostmi pro růst kořenů.
- Při návrhu umístění inženýrských sítí je nutné brát v potaz prostorové nároky kořenového systému stávajících i plánovaných dřevin.
- Půda v kořenové zóně musí být dobře propustná pro vodu a plyny, s dostatečným obsahem organického materiálu a půdních organismů (existují speciální půdní substráty pro výsadbu ve městech).

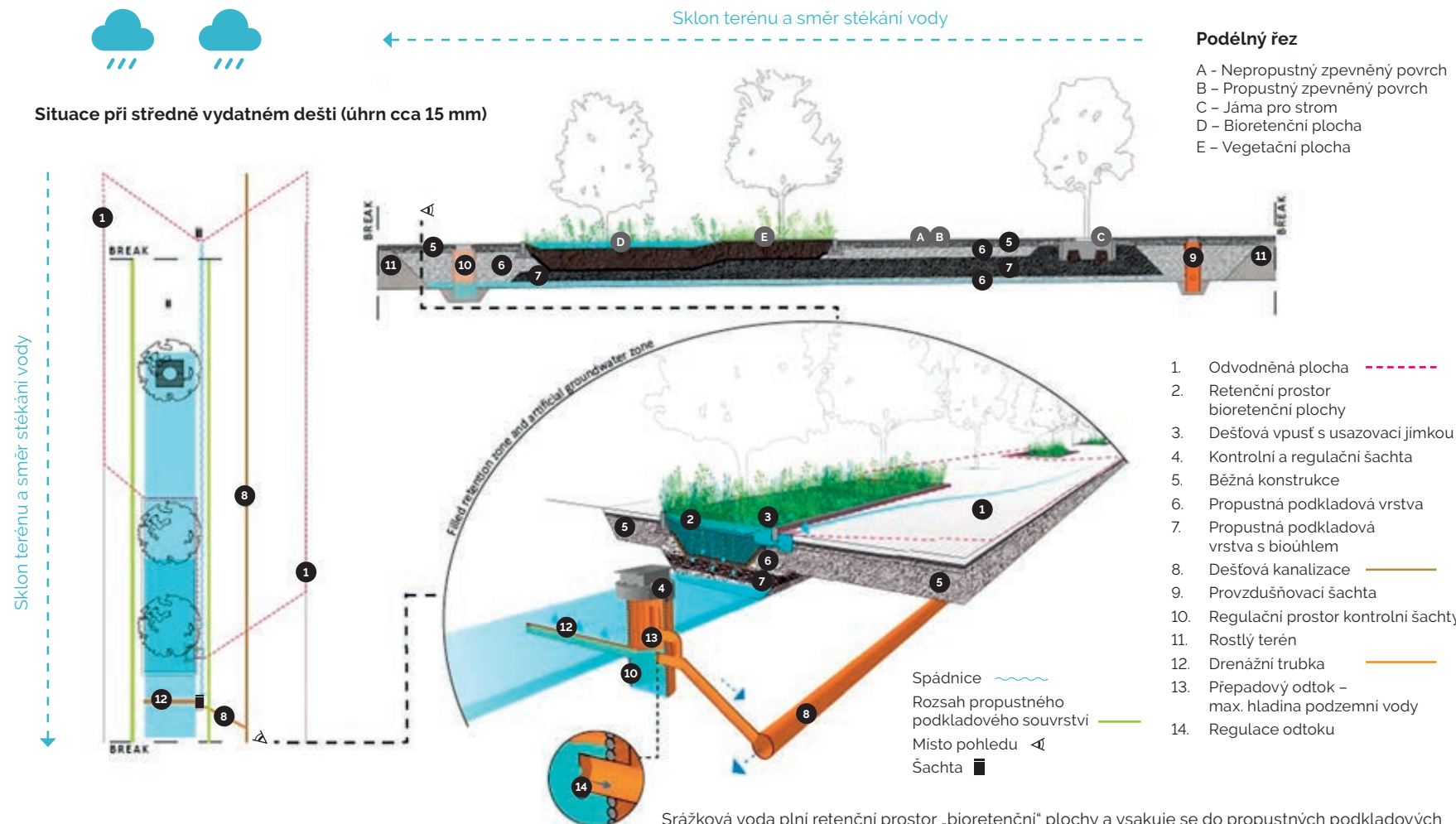
Vellinge (Švédsko) – systém MZI – retenčně-vsakovací průlehy se stromy a nízkou vegetací
(*Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems*).



Ochranné prokořenitelné boxy – chrání kořenový systém před utužením okolními konstrukcemi a provozem a usměrňují rozrůstání kořenů (www.estav.cz)

1. Biofiltrační vrstva
2. Vtoková sedimentační jímka
3. Běžná konstrukce
4. Stromový substrát vrchní
5. Stromový substrát hlubší
6. Štěrkové lože
7. Hrubozrná podkladová vrstva s biocharem

Začlenění zeleně, včetně vzrůstných stromů, do komplexního systému modro-zelené infrastruktury



Schematické znázornění mechanismu retence vody v systému MZI při středně silné dešti. (upraveno podle *Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems*)

Srážková voda plní retenční prostor „bioretenční“ plochy a vsakuje se do propustných podkladových vrstev. Hladina podzemní vody dosáhne úrovně regulačního odtokového otvoru v regulační šachtě, kterým odtéká s definovaným průtokem do dešťové kanalizace. V případě vyššího úhrnu srážek bude hladina stoupat až na úroveň přepadového odtoku v regulační šachtě. V závislosti na daných podmínkách je možné zaústit dešťovou kanalizaci do samostatného retenčně-vsakovacího objektu.



Ekosystémové pojetí parků a zahrad

Základním principem je vhodnými opatřeními vnést (v lepším případě zachovat) přírodní prvky, které nastartují (resp. udržují) přirozené mechanismy, a ponechat jim prostor pro nerušený nebo citlivě usměrňovaný vývoj.

- při údržbě dřevin ponechání mrtvého dřeva, části shrabaného listí, hromádek větví
- ponechání dnových nánosů a šterkových lavic na dně vodních toků, respektování stranových posunů koryta (nezaměňovat s nežádoucí hloubkovou erozí)
- ponechání starých stromů → upřednostnit zabezpečení místa nebo stromu (včetně případného radikálního bezpečnostního ořezu) před pokácením
- ponechání vodních biotopů v přirozeném stavu, případně revitalizace člověkem upravených (např. vodních toků)
- výsadba původních druhů dřevin (vč. starých odrůd ovocných stromů); založení a vhodná údržba druhově pestrých lučních společenstev (viz výše)
- doplnění podpurných prvků, jako jsou hromádky kamení, kusy mrtvého dřeva, klasický otevřený kompost, tůň napojená na svod dešťové vody, budky pro ptáky a netopýry, hmyzí domečky, pítka pro hmyz, ptáky a další živočichy
- vhodná údržba lučních porostů bez užívání chemických přípravků (viz výše)



Použité zdroje informací

- Balounová Z.: **Fyziologie rostlin**, prezentace z přednášky (nedatováno).
- Burian S.: **Vertikální zahrady střízlivým pohledem**, článek, Inspirace 3/2019.
- Burian S. et al.: **Vegetační souvrství zelených střech, standardy pro navrhování, provádění a údržbu**, Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 2019.
- Ellison D. et al.: **Trees, forests and water: Cool insights for a hot world**, Global Environmental Change, 2017.
- Fridel K., Thynell A., Bruhn F., Fors J., Sixtensson S., Vysoký M.: **Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems**, Město Malmö, 2020.
- Jacobson M. Z., Ten Hoeve J. E.: **Effects of Urban Surfaces and White Roofs on Global and Regional Climate**, Journal of Climate, 2012.
- Makarieva A. M., Gorshkov V. G.: **The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate**, International Journal of Water, 2010.
- Ministerstvo pro místní rozvoj, Odbor stavebního řádu: **Vsakování srážkových vod – Metodická pomůcka Ministerstva pro místní rozvoj**, MMR, Praha 2019.
- Nogherotto R., Coppola E., Giorgi F., Mariotti L.: **Impact of Congo Basin deforestation on the African monsoon**, 2012.
- Pilušová B., Kuřková T.: **Soudobé trendy v zakládání a údržbě travbylinných společenstev ve městech**, čas. Veronica, č. 3/2015.
- Pokorný J., Hesslerová P.: **Úloha vegetace a vody v utváření klimatu I.**, Geografické rozhledy 1/11, 2013.
- Pondělíček M., Bízek V. (ed.): **Adaptace na změny klimatu**, Civitas per Populi, 2016.
- Skalák a spol.: **Příspěvek projektu UHI k poznání klimatu Prahy**, Meteorologické zprávy č. 1, 2015.
- Straková M. & Jongepierová I. (eds.): **Krajinné trávníky**, AOPK Praha, 2018.
- Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Fremrová L.: **TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami**, MZe Praha, 2013.
- Struha P.: **Robinsonem na tepelných ostrovech**, prezentace, 2016.
- Široká H.: **Vodopropustný beton (pervious concrete)**, článek, www.stavebnictvi3000.cz, 2018.
- Špinlerová Z.: **Ekofyziologie dřevin**, Mendelova univerzita v Brně, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie, 2014.
- Švihla V.: **Vliv lesa na odtokové poměry na malém povodí**, Lesnická práce, 2001.
- Žák M.: **Tepelný ostrov města Prahy**, článek, www.in-pocasi.cz, 2015.
- Žáková J.: **Štěrkové trávníky – jejich význam a technologie zakládání**, diplomová práce, Lednice, 2011.
- www.asio.cz

Další užitečné zdroje informací

- www.prirodnizahrada.eu
- www.adaptterraawards.cz
- www.estav.cz
- <https://strednicechy.ochranaprirody.cz>
- www.plantanaturalis.cz
- www.zelenestrechy.info
- www.opatreni-adaptace.cz
- <https://voda.tzb-info.cz/>
- www.pocitamesvodou.cz
- www.mzi.cz
- www.napadyprodomy.cz
- www.moudramesta.cz
- Just T., Matoušek V., Dušek M., Fišer D., Karlík P.: **Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi**, ČSOP, MŽP, Ekologické služby, s. r. o., 2005.

Vizualizace na obálce
www.mzi.cz

Omlouváme se za sníženou kvalitu některého obrazového materiálu.



Mgr. Marek Nevečeřal
Krajský úřad Libereckého kraje,
odbor životního prostředí a zemědělství, 2021

Inspirace k zamyšlení na závěr



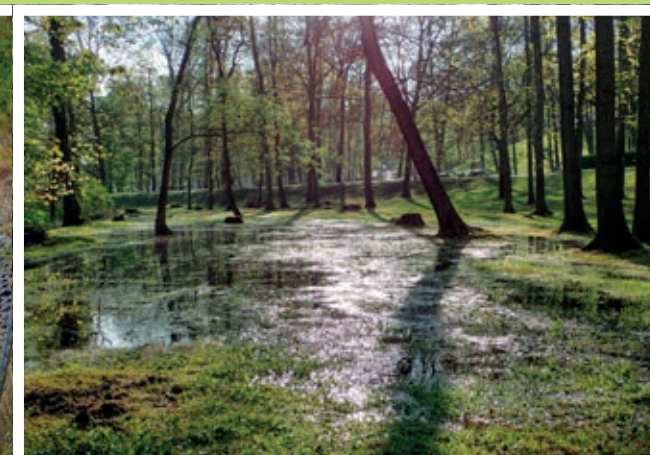
Povodňová úprava koryta Litavky v Králově Dvoře (Just T., <https://strednicechy.ochranaprirody.cz>)



Intravilánová revitalizace potoka Lauter s protipovodňovou funkcí, Bad Staffelstein, Bavorsko (<https://strednicechy.ochranaprirody.cz>)



Dešťová retenční nádrž u nákupního centra v Ivanovicích (www.kafelenka.cz)



Retenční tůň/mokřad na srážkové vody ze zpevněných ploch, Lochotinský park, Plzeň (www.envic-sdruzeni.cz)

Dva pohledy na adaptaci území vůči povodním...

Dosahují obě řešení stejných efektů z hlediska komplexní adaptability území vůči dopadům změny klimatu?

Oba prvky plní stejný úkol – zachycení srážkových vod z nepropustných povrchů.

Jejich přínosy ostatním ekosystémovým službám území se však podstatně liší.



Změna klimatu zásadním způsobem mění zažité vlastnosti podnebí a krajiny. **Vláhové a teplotní podmínky střední Evropy, na které je historicky nastaven způsob fungování naší společnosti, již neplatí a rozdíly se budou dále zvětšovat.**

Adaptace na změnu klimatu proto vyžaduje oproštění se od starých šablon a zohlednění „nových“ potřeb a znalostí již od počátku přípravy záměru. **Nestačí lepit adaptační opatření na staré postupy ve výstavbě a urbanizaci.**

Ekosystémy řídit neumíme, proto se ideálnímu řešení nejméně vzdálíme napodobením přírodních vzorů, minimalizací umělého prostředí a ponecháním co největšího prostoru pro přirozené přírodní mechanismy (byť někde může být vhodné až nezbytné jejich nastartování a počáteční či průběžné usměrňování).