



Karlovy VARY°



SBORNÍK

27. Mezinárodní konference

Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko 2023

MĚSTO A VODA

27. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE MĚSTSKÉ INŽENÝRSTVÍ ČKAIT KARLOVARSKO 2023

Téma: „Město a voda“

13. října 2023 od 9.00 hod. v Kongresovém sále hotelu THERMAL Karlovy Vary



Karlovy VARY°



MINISTERSTVO
PRO MÍSTNÍ
ROZVOJ ČR



Ministerstvo dopravy



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU

pořádají

Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků
Český svaz stavebních inženýrů

ve spolupráci s organizacemi

BAYERISCHE INGENIEUREKAMMER – BAU
INGENIEURKAMMER THÜRINGEN
INGENIEURKAMMER SACHSEN
VERBAND BERATENDER INGENIEURE (VBI)
SLOVENSKÁ KOMORA STAVEBNÝCH INŽINIEROV
Česká společnost městského inženýrství ČSSI
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
Fakulta stavební VUT Brno

záštitu nad pořádáním konference převzali

Místopředseda vlády ČR pro digitalizaci a ministr pro místní rozvoj
Ministr kultury
Ministr dopravy
Ministr průmyslu a obchodu
Hejtmán Karlovarského kraje
Primátorka města Karlovy Vary

Sborník referátů 27. Mezinárodní konference
„Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko 2023“

Téma:

„MĚSTO A VODA“

13. října 2023, Kongresový sál hotelu THERMAL Karlovy Vary

Vydání sborníku podpořilo
Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.

Mezinárodní konference
„Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko 2023“, Téma: „Město a voda“

Materiály neprošly jazykovou úpravou a jsou přetištěny v původním znění.

Referáty jsou recenzovány
doc. Ing. Františkem Kudou, CSc., a doc. Ing. Tomášem Vymazalem, Ph.D.

ISBN 978-80-88265-41-2

Informační centrum ČKAIT, s. r. o.
Sokolská 15, Praha 2
www.ic-ckait.cz





ZÁŠTITA

místopředsedy vlády ČR pro digitalizaci
a ministra pro místní rozvoj
nad akcí

**Městské inženýrství
ČKAIT Karlovarsko 2023**

konané

13. října 2023

Ivan Bartoš



MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU

Ing. Jozef Síkela
ministr

uděluje

ZÁŠTITU

MINISTERSTVA PRŮMYSLU A OBCHODU

27. ročníku Mezinárodní konference Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko 2023,
na téma „Město a voda“,
která se uskuteční 13. října 2023 v Karlových Varech

V Praze dne 19. dubna 2023



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Ministr kultury
Mgr. Martin Baxa

přebírá

ZÁŠTITU

nad 27. ročníkem mezinárodní konference
Městské inženýrství Karlovarsko 2023,

který se bude konat dne 13. října 2023
v Karlových Varech.

Martin Baxa

V Praze dne 4. dubna 2023



MINISTERSTVO
KULTURY



MINISTR DOPRAVY

Martin Kupka
přebírá

ZÁŠTITU

nad 27. ročníkem mezinárodní konference Městské inženýrství Karlovarsko
na téma Město a voda

V Praze dne 7. června 2023

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Martin Kupka".



KARLOVARSKÝ KRAJ

Ing. PETR KULHÁNEK
HEJTMAN

Čj.: KK/77/SH/23

uděluje

ZÁŠTITU

Oblastní kanceláři ČKAIT Karlovy Vary

nad 27. ročníkem akce

**„MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
ČKAIT KARLOVARSKO 2023
TÉMA „MĚSTO A VODA““**

Karlovy Vary 24. března 2023



Primátorka města Karlovy Vary
Ing. Andrea Pfeffer Ferklová, MBA

Vážený pan
Ing. Pavel Pospíšil
Oblastní kancelář ČKAIT Karlovy Vary
Stará Kysibelská 602/45
360 09 Karlovy Vary

V Karlových Varech dne 05.05.2023
Č.j.: 139/SEKR1/23

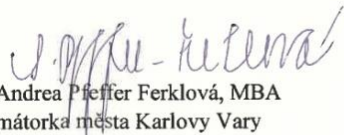
Vážený pane inženýre,

dle obecně závazné vyhlášky Statutárního města Karlovy Vary č. 9/2015 o čestném občanství, o čestných poctách města, primátora a náměstků primátora a o Ceně města Karlovy Vary tímto přebírám záštitu nad 27. ročníkem Mezinárodní konference

„Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko 2023“

která se bude konat 12. října 2023 v Karlových Varech.

S pozdravem


Ing. Andrea Pfeffer Ferklová, MBA
primátorka města Karlovy Vary

**GREAT
SPA TOWNS
of Europe**

Mezinárodní konference
„Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko 2023“
téma: „Město a voda“
je pořádána ve spolupráci
se Statutárním městem Karlovy Vary

Karlovy VARY°

Mezinárodní konference
„Městské inženýrství Karlovarsko ČKAIT 2023“

téma: „Město a voda“

je pořádána ve spolupráci
s Karlovarským krajem





Živý kraj

Destinační agentura pro Karlovarský kraj

Destinační agentura zajišťuje marketing pro Karlovarský kraj ve všech segmentech cestovního ruchu. Svou činností zvyšuje zájem klientů o turistické produkty, prezentuje rozmanitou nabídku atraktivit regionu a v oblasti lázeňství posiluje pozici Karlovarského kraje jako světově proslulé destinace s nabídkou špičkové péče založené na unikátních přírodních léčivých zdrojích.

Živý kraj – Destinační agentura pro Karlovarský kraj, z.s.
Závodní 379/84a, 360 06 Karlovy Vary
+420 354 222 243, info@zivykraj.cz

www.zivykraj.cz



Karlovarský kraj
Žijeme regionem

GREAT
SPAS of Europe

PROGRAM KONFERENCE MI ČKAIT „MĚSTO A VODA“

- 8.30 – 9.00 Registrace**
- 9.00 – 9.10 Přivítání a představení čestných hostů konference
Ing. Adam Vokurka, Ph.D., prezident ČSSI
- 9.10 – 9.30 Vystoupení zástupců ministerstev ČR, zástupců kraje a města Karlovy Vary
- 9.30 – 9.40 Představení knihy „Městské inženýrství nejen pro městské inženýry“
doc. Ing. František Kuda, CSc., za kolektiv autorů
- 9.40 – 10.00 Úvod do problematiky konference Město a voda – voda potřebná, užitečná i nežádoucí
Ing. Marek Teichmann, Ph.D., Garant FAST VŠB-TU Ostrava
- 10.00 – 10.20 Klesající stavy podzemních vod a extrémní meteorologické jevy – geotechnické parametry ovlivňující zástavbu a plánování
Dr.-Ing. Peter Hinz, garant Saská IK
- 10.20 – 10.40 Přeměna obce Kürnach na vesnici zachycující dešťovou vodu
Dipl.-Ing. Heinz Joachim Rehbein, garant Bavorská IK
- 10.40 – 11.00 Vplyv výstavby plánovanej podzemnej železničnej trate TEN-T v Bratislave na prúdenie podzemných vôd
prof. Ing. Andrej Šoltész, Ph.D., garant SKSI
- 11.00 – 11.20 Městské klimatické ostrůvky jako ústřední prvek udržitelného přizpůsobení se klimatickým změnám
Dr.-Ing. Michael Probst, Björnsen Beratende Ingenieure, garant VBI
- 11.20 – 11.30 Představení plakátů studentů oboru MI s tematikou Město a voda
Ing. arch. Tomáš Pavlovský, Ph.D., garant Fakulta stavební VUT Brno
- 11.30 – 12.00 Přestávka na kávu**
- 12.00 – 12.20 Hydrologie a její využití nejen v urbanizovaných oblastech
Mgr. Ivana Černá, Český hydrometeorologický ústav, Brno, garant ČSSI
- 12.20 – 12.40 Lichoceves – Obec v zahradě
Ing. Jitka Thomasová, garant ČKAIT
- 12.40 – 13.00 Voda, vodní toky a vodní prvky jako image města
Ing. arch. Tomáš Pavlovský, Ph.D., garant Fakulta stavební VUT Brno
- 13.00 – 13.30 Panelová diskuze k předneseným referátům
Moderuje: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.
- 13.30 – 14.00 Zhodnocení a závěr konference
doc. Ing. František Kuda, CSc., předseda Vědecké rady konference MI KV
- 14.00 – 15.00 Oběd**

OBSAH

KUDA František

Historie 27 ročníků mezinárodní konference „Městské inženýrství ČKAIT Karlovarsko“ 15

Fotogalerie z 26. ročníku MI KV 2022 „Město a průmysl“ 17

Odborná kniha „Městské inženýrství nejen pro městské inženýry“ 18

TEICHMANN Marek

Město a voda – voda potřebná, užitečná i nežádoucí 19

HINZ Peter, NEUMANN Bodo

Klesající stavy podzemních vod a extrémní meteorologické jevy – geotechnické parametry ovlivňující zástavbu a plánování 26

REHBEIN Heinz Joachim

Přeměna obce Kürnach na vesnici zachycující dešťovou vodu 37

ŠOLTÉZS Andrej, BAROKOVÁ Dana

Vplyv výstavby plánovanej podzemnej železničnej trate TEN-T v Bratislave na prúdenie podzemných vôd 43

PROBST Michael

Městské klimatické ostrůvky jako ústřední prvek udržitelného přizpůsobení se klimatickým změnám 49

ČERNÁ Ivana, HORNOVÁ Hana

Hydrologie a její využití nejen v urbanizovaných oblastech 57

THOMASOVÁ Jitka, STEINER Aleš

Lichoceves – obec v zahradě 62

PAVLOVSKÝ Tomáš

Voda, vodní toky a vodní prvky jako image města 69

HISTORIE 27 ROČNÍKŮ MEZINÁRODNÍ KONFERENCE „MĚSTSKÉ INŽENÝRSTVÍ ČKAIT KARLOVARSKO“

Po uzavření smlouvy mezi ČKAIT a ČSSI s Bavorskou inženýrskou komorou v roce 1994 a Saskou inženýrskou komorou v roce 1995 v Karlových Varech bylo nabídnuto německým kolegům a kolegům ze Slovenské inženýrské komory (smlouva s SKSI byla uzavřena v roce 1995 v Bratislavě) pořádat pravidelně v Karlových Varech mezinárodní konference, které by se věnovaly novému inženýrskému oboru, ve kterém ČKAIT uděluje autorizaci, a tím oborem byl obor Městské inženýrství.

V roce 1996 byl uspořádán první ročník konference věnovaný právě tématu Městské inženýrství – jeden z oborů autorizace ČKAIT. Konference byla zařazena do programu stavebního veletrhu FOR ARCH Karlovy Vary a byla od tohoto roku tradičně jeho hlavní odbornou součástí. Tak to trvalo až do roku 2010, kdy jsme byli nuceni pořádání stavebních veletrhů z ekonomických důvodů ukončit.

Od roku 2010 pořádáme ve spolupráci s Regionálním stavebním sdružením a Českým svazem stavebních inženýrů Dny stavitelství a architektury Karlovarského kraje a naše Mezinárodní konference se od roku 2011 stala nedílnou součástí těchto Dnů. Bohužel z důvodů mimořádných opatření v souvislosti s pandemií Covidu-19 jsme v roce 2020 byli nuceni tuto akci zrušit a konference je pořádána jako samostatná akce. 22 ročníků mezinárodní konference Městské inženýrství bylo pořádáno v Karlových Varech, od roku 2018 se konference uskutečňovala v Chebu. V roce 2022 se konference znovu vrátila do Karlových Varů.

Přehled témat konferencí v jednotlivých ročnících:

- 1996 Městské inženýrství – jeden z oborů autorizace ČKAIT
- 1997 Obytné zóny a město
- 1998 Nákupní střediska – nový fenomén v životě měst
- 1999 Strom a město
- 2000 Veřejná prostranství města – voda, zeleň a mobiliář
- 2001 Město – místo pro spolupráci architekta a městského inženýra
- 2002 Nové materiály a technologie uplatňované v městském inženýrství
- 2003 Rekonstrukce center historických sídel z pohledu městského inženýra
- 2004 Problematika novostaveb v centrech historických sídel
- 2005 Revitalizace sídlišť – součást revitalizace městské aglomerace
- 2006 Železnice a město
- 2007 Zdravé město z pohledu městského inženýra
- 2008 Letiště a město
- 2009 Sportovní stavby a město
- 2010 Bylo tady město, krajina...
- 2011 Od vojenského k civilnímu
- 2012 Lázně a město
- 2013 Povodeň a město
- 2014 Školství a město
- 2015 Církevní stavby a město
- 2016 Město a konverze industriálních areálů
- 2017 Městský inženýr – městský architekt
- 2018 Doprava ve městě
- 2019 Urbanismus veřejného prostoru pod úrovní terénu
- 2020 Město a světlo (pořádána v náhradním termínu v roce 2021)
- 2022 Město a průmysl
- 2023 Město a voda

Téma letošní konference zahrnuje problematiku integrovaného přístupu k udržitelnému rozvoji měst a obcí a souvisí s udržitelným rozvojem v evropských zemích. Každé město je specifické z mnoha hledisek – kulturních, stavebních, složením obyvatelstva, funkčním vybavením apod. Jedno z významných hledisek je také voda. Město získává svoji image, svůj obraz i vodou jako významným městotvorným prvkem. Tento městotvorný prvek se neustále vyvíjí a mění – během dne, ročních období a samozřejmě v čase. Tato atmosféra se zvláště popisuje na stavby a veřejná prostranství, které svým stářím prokázaly svoji životaschopnost a přestály staletí.

Voda je důležitým prvkem lidského života, a to jak ze zdravotního, tak z pocitového hlediska. Městské prostředí a způsob života má zásadní dopady na kvalitu života obyvatel. Uspořádání veřejného prostoru z hlediska hospodaření s vodou má zásadní vliv na její využitelnost. Mikroklimatické podmínky zde hrají stejnou roli, jako pocitový charakter. Míra užívání určitého veřejného prostranství je dobrou metrikou jeho kvality. Příklady dobrých a špatných realizací mohou být podnětnou inspirací pro navrhování nových a úpravy stávajících prostranství.

Cílem letošní konference je upozornit na vzájemně provázané široké spektrum činností stavebních inženýrů při zacházení a hospodaření s vodou. Představit aktuální trendy a přínosy vzniku vodohospodářských opatření v urbanizované krajině včetně realizace velkých vodních staveb. Tematicky jde zejména o Hospodaření s vodou v krajině a nakládání s pitnou vodou, Hospodaření s vodou v sídlech, Srážkové vody, Urbanismus, architekturu a vodu, Modro-zelenou infrastrukturu, Vodu jako městotvorný prvek a vodu jako energii, Protipovodňovou ochranu měst a Vliv vody a vlhkosti na stavby, geotechniku, aj.

Letošní konference si neklade za cíl zodpovězení otázek budoucího vývoje vody ve městech. Spíše se snaží zmapovat současný stav této problematiky, současné směřování na státní i lokální úrovni, a na jednotlivých příkladech ukázat příklady jejich fungování v kontextu sídelní struktury, eventuálně nastínit možnosti, jak se vypořádat s důsledky některých činností člověka ve městech.

Hlavními organizátory konference jsou:

- Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT)
- Český svaz stavebních inženýrů (ČSSI)

Partnery hlavních organizátorů konference v současnosti jsou:

- Bayerische Ingenieurekammer Bau
- Ingenieurkammer Sachsen
- Ingenieurkammer Thüringen
- Verband Beratender Ingenieure (VBI)
- Slovenská komora stavebných inžinierov (SKSI)
- Česká společnost městského inženýrství ČSSI
- Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava
- Fakulta stavební VUT v Brně

Vědeckou radu konference v současnosti tvoří kolegyně a kolegové:

- doc. Ing. et Ing. František Kuda, CSc. (ČSSI, ČKAIT, FAST VŠB-TU Ostrava) – předseda
- Ing. Pavel Budka (Bavorská IK)
- Dipl. Ing. Rainer Haßmann (VBI)
- Dr. Ing. Gundela Metz (Saská IK), prof. Dr. Dirk Hinkel (plánovaná změna od 1. 7. 2023)
- Dipl. Ing. Karl Heinz Bartl (IK Thüringen)
- Dipl. Wirtsch. Ing. (FH) Heinz Joachim Rehbein (Bavorská IK)
- Ing. Ján Tomko (SKSI)
- Ing. Adam Vokurka, Ph.D. (ČKAIT, ČSSI)
- Ing. Jitka Thomasová (ČKAIT, ČSSI)
- doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D. (FAST VUT v Brně)
- Ing. Svatopluk Zidek (OK ČKAIT Karlovy Vary) – čestný člen

K atributům konference patří pravidelné vydávání Sborníku přednášek přednesených na konferenci. Sborníky vycházely původně v tištěné verzi česky a německy. V českém vydání Sborníku vycházejí slovenské texty v originále. V roce 2017, 2018 a 2019 byl vydán v české i německé verzi obsah celého Sborníku v elektronické podobě na nosiči FLASH. V roce 2021 se nosiče vyráběné v Číně s ohledem na mimořádná opatření v souvislosti s pandemií Covidu-19 nepodařilo zajistit, a tak jsme se vrátili k tištěné verzi. V letošním roce je sborník znovu v elektronické podobě. Konferenci doplňuje odborná exkurze pořádaná pro čestné hosty a přednášející. Neoficiální součástí konference jsou i pravidelná setkání přednášejících a čestných hostů s představiteli hostitelských měst i představiteli Karlovarského kraje pořádaná v předvečer konání konference.

*doc. Ing. František Kuda, CSc.
předseda Vědecké rady konference*

Fotogalerie z 26. ročníku MI KV 2022 „MĚSTO A PRŮMYSL“



Předseda ČKAIT Robert Špalek u mikrofonu



Náměstek ministra MPO Ing. Eduard Muřický u mikrofonu



Pohled do sálu



Účastníci konference



doc. Ing. František Kuda, CSc., přebírá pamětní medaili u příležitosti 30. výročí ČKAIT



Pohled do sálu

Odborná kniha „Městské inženýrství nejen pro městské inženýry“

V letošním roce vyšla v Informačním centru ČKAIT, s. r. o., zajímavá publikace s názvem „Městské inženýrství nejen pro městské inženýry“, která nabízí komplexní pohled na fungování města z technického hlediska. Představuje témata související s plánováním rozvoje a následným provozem měst a obcí a vymezuje okruh činnosti městského inženýra. Městský inženýr garantuje kvalitní technické funkce svěřeného území a spolurozhoduje o ekonomických a environmentálních otázkách spojených se zajištěním provozu.

Kniha zahrnuje všechny důležité oblasti rozvoje města – územní plánování a s ním spojenou dokumentaci, navrhování dopravní a technické infrastruktury a dalších prvků veřejných prostor, staveniště ve městě, řízení konkrétních městských systémů atd.

Publikace je nadčasovým průvodcem městským inženýrstvím a je určena jak inženýrům a technikům, tak i veřejnosti ze strany obcí, stavebních úřadů, samospráv a dalších.



MĚSTO A VODA – VODA POTŘEBNÁ, UŽITEČNÁ I NEŽÁDOUCÍ

Marek Teichmann¹

CZ

Voda je nezbytnou součástí lidského života a její využití lze shledat v široké škále odvětví. Voda má zásadní vliv na urbanismus, stavitelství i architekturu lidských sídel a je jejich nedílnou součástí. Zároveň je však potřeba vyrovnávat se s jejími ničivými či škodlivými účinky, často souvisejícími s celosvětovou změnou klimatu, která vyvolává výskyt extrémních meteorologických jevů, a současná urbanizovaná území i volná krajina tak čelí boji se suchem na straně jedné a s enormním množstvím přívalových srážkových vod na straně druhé. Cílem příspěvku je představit zásadní význam vody, včetně hospodaření s tímto elementem, pro společnost i životní prostředí a představit vzájemně provázané široké spektrum činností stavebních inženýrů při zacházení a hospodaření s vodou.

D

Wasser ist ein wesentlicher Bestandteil des menschlichen Lebens und es wird in einer Vielzahl von Sektoren verwendet. Wasser übt einen großen Einfluss im Bereich Städtebau und Architektur menschlicher Siedlungen aus und stellt deren integralen Bestandteil dar. Man muss sich jedoch auch mit dessen zerstörerischen oder schädlichen Auswirkungen auseinandersetzen, die häufig mit den weltweiten, extremen meteorologischen Ereignissen verursachenden Klimawandel im Zusammenhang stehen. Somit haben sowohl die urbanisierten Gebiete als auch die offene Landschaft gegen Dürre einerseits und gegen enorme Mengen an Starkregenwasser andererseits zu kämpfen. Das Ziel des vorliegenden Referats ist es, die erhebliche Bedeutung von Wasser für die Gesellschaft und die Umwelt sowie Bedeutung des Wasserhaushalts darzustellen, und eine breite Palette von Aktivitäten der Bauingenieure bei der Wasserbehandlung und beim Wasserhaushalt zu präsentieren.

Úvod

Urbanizované území si lze jen těžko představit bez vody v jakékoliv podobě. Tento fakt je dán zejména skutečností, že voda samotná je nepostradatelnou součástí života lidí, zvířat, i rostlinstva na planetě Zemi. Voda se tak stala historicky součástí lidstva, které ji od pradávna vyhledávalo a užívalo. Díky tomu již historicky byly první osady, či města budována v blízkosti vodních zdrojů. S postupem času a vývoje historických měst a sídel, vývoje evolučního i technologického získávala voda vedle svého hlavního využití jakožto základní složka života další a další využití v průmyslu, zemědělství, či dopravě. Tento postupný vývoj tak měl významný vliv nejen na rozvoj vodohospodářských infrastruktur, ale též samotný rozvoj lidských sídel až do podoby, jak je známe dnes.

Voda tvoří neodmyslitelnou součást každého urbanizovaného území, ve kterém zastává nejen mnoho podob, ale také mnoho funkcí. Bez vody by obce a města byly zcela neobyvatelné. Tento fakt je znám již z historického hlediska sahajícího až do dob před našim letopočtem, kdy již tehdejší města disponovala rozvinutou vodárenskou infrastrukturou, která zahrnovala nejen systémy pro zásobování vodou, například v podobě akvaduktů, ale i systémy pro odvádění odpadních vod mimo zastavěné území, případně také mnohé další využití vod například lázeňství. V dnešní době lidstvo často naráží na problémy spojené s tzv. klimatickou změnou, která významně ovlivňuje rozložení vody v prostoru a čase. Lze se tak stále častěji setkat s nedostatkem vody zejména v letních měsících, a proto je zapotřebí s touto komoditou šetřit a podporovat udržitelný rozvoj výskytu vody nejen v lidských sídlech.

1 Voda potřebná

1.1 Voda a člověk

Voda představuje nepostradatelnou složku lidského života, na které jsou lidské životy přímo závislé. Příisun vody je pro organismus člověka nutný, obvykle člověk vydrží bez vody maximálně 7 až 10 dní, poté dochází k silným zdravotním komplikacím, jejichž poslední fází je smrt. I přesto, že člověk by měl denně vypít 2 až 3 l tekutin, ne vždy je toto množství splnitelné, a to zejména z důvodů nerovnoměrného rozložení vody na Zemi.

¹ Ing. Marek Teichmann, Ph.D. – FAST VŠB-TU Ostrava

Na světě tak existují oblasti, kde je vody nedostatek a lidé si v takovýchto lokalitách musí vystačit s výrazně omezenějším množstvím vody. Přístup k vodě však vždy nemusí znamenat uspokojení těchto požadavků, a to zejména z důvodů kvality vody, která má na zdraví významný vliv [1].

Podle WHO nemá v dnešní době až 17 % obyvatel Země přístup k pitné vodě, což je způsobeno buďto zcela chybějící vodohospodářskou infrastrukturou anebo pouze základním technickým vybavením. Cca 35 % světové populace má přístup k vodě, která však neodpovídá minimálním hygienickým požadavkům a každoročně tak až 3,5 milionů lidí zemře na onemocnění způsobená závadnou vodou. Z těchto 3,5 mil. pak tvoří drtivou většinu děti mladší 5 let. V roce 2011 téměř 90 % všech zemřelých na nedostatek či závadnost vody tvořily děti mladší 10 let. V České republice je přístup k vodě považován za samozřejmost, avšak celosvětově tomu tak není. K roku 2019 mělo pouze cca 58 % obyvatelstva Země přístup k vodě, která je přivedena vodovodním potrubím až do jejich domu. Napříč světem se liší také množství spotřebované vody na osobu na den. Zatímco v ČR se spotřeba na jednoho obyvatele na den pohybuje okolo 100 litrů vody, v některých rozvojových státech (zejména Afrika a Jižní Amerika) je spotřeba na obyvatele i kolem 10 litrů vody. Naopak například v USA (cca 300 l/os./den) anebo Novém Zélandu (cca 250 l/os./den) je reálná spotřeba výrazně vyšší. Problematika vody v obecném pojetí je dnes celosvětově preferovaným tématem, ne-li fenoménem. Pitné vody je na Zemi stále častěji málo a je tak potřeba s vodou zacházet šetrněji, než tomu bylo doposud.

1. 2 Městská vodohospodářská infrastruktura

Vodohospodářská infrastruktura měst a obcí je jedním ze základních stavebních segmentů každého urbanizovaného území, jejíž absence či dlouhodobá nefunkčnost by měla fatální dopady na život v urbanizovaném území. Z obecného pohledu se mezi základní prvky vodohospodářské infrastruktury řadí zejména distribuce pitné vody, jakožto zajištění základní životní složky obyvatelstva, na tuto distribuci pak navazují systémy stokování a následného čištění odpadních vod, které tak zajišťují bezpečné odvedení zejména splaškových odpadních vod a zajišťují tak udržitelnost nastavených hygienických standardů v daném území.

Distribuční systémy pro zásobování vodou jsou rozsáhlou směsí tras trubních systémů a technologických zařízení zajišťující dodávku pitné vody v požadovaném množství a kvalitě od zdroje vody až k jednotlivým odběratelům. Distribuční systémy pro zásobování pitnou vodou lze z provozního hlediska chápat jako velice významný prvek všech urbanizovaných území. Tento fakt již lidstvo provází již z dob dávno minulých. Z historického hlediska nejvyvinutějšími distribučními systémy vody disponoval např. již starověký Řím. Od té doby se však distribuční systémy vyvinuly a jejich provoz se zmodernizoval až do dnešní podoby, kdy lze říci, že v našich zeměpisných podmínkách je vody relativně dostatek a v porovnání s jinými (např. rozvojovými zeměmi) tak pitnou vodu využíváme k mnoha různým účelům, a to i tam, kde je využití vody s parametry vody pitné naprosto zbytečné (např. splachování toalet). Pitná voda se dnes běžně v rámci celé řady vyspělých (zejména evropských) zemích využívá nejen k přímé konzumaci a přípravě jídel, ale také k hygienickým účelům (mytí rukou, koupání, splachování toalet apod.), k úklidu (praní, mytí oken, a podlah apod.), pro zalévání zahrad, čištění či kropení silnic, plnění bazénů a mnoho dalších účelů přes využití v různých technologických provozech, přes spotřeby v různých odvětvích průmyslu, v zemědělství a podobně [2].

Druhou částí vodohospodářských infrastruktur tvoří stokové systémy, jejichž úkolem je odvádět různé druhy odpadních vod z urbanizovaného území k jejímu čištění či vypouštění do recipientu. Podle druhů odpadních vod rozeznáváme tři základní typy stok, a sice splaškovou, dešťovou a speciální. Speciální kanalizace je problematikou obecně řešenou v rámci daného objektu či průmyslového areálu, který produkuje nestandardní odpadní vody. V rámci urbanizovaného území lze za běžné odpadní vody považovat splaškové odpadní vody (též označované jako odpadní vody městské či komunální) a srážkové odpadní vody (odpadní vody dešťové). S těmito dvěma druhy odpadních vod se dnes již běžně setkáme prakticky v každém městě či obci. Způsob, jakým jsou pak tyto odpadní vody odváděny směrem k ČOV či recipientu je závislý na tom, jestli jsou v rámci tyto dva druhy vod separovány či nikoliv.

2 Voda užitečná

2.1 Vodní toky a vodní plochy ve městech

Voda a město k sobě jednoznačně patří, tento fakt je dán již historicky, kdy se lidská sídla budovala v blízkosti řek. Právě vodní toky měly pro historická města významnou funkci, města se k vodním tokům stavěla zády a recipienty plnily funkci hlavního přísunu vody pro fungování města, funkci pro likvidaci odpadů a zároveň funkci obrannou. Postupem času se role vodních toků měnila a s postupným růstem měst se voda stala jedním z hlavních městotvorných prvků tak, jako je tomu dnes. Obecně je jasné, že voda je pro život obyvatel podstatnou složkou, bez které není možno žít, stejně je tomu i u měst, která díky přístupu k dostatečné kvantitě a kvalitě vody mohla od jejich vzniku až do současnosti růst a udržovat si svůj hygienický standard.



Obr. 1 Půdorysné uspořádání historického jádra ovlivněné vodním prvkem – řeka Vltava, Český Krumlov [převzato z Mapy.cz]

Dnešní sídla, která byla historicky vystavěna v blízkosti vodních toků, již díky stupni urbanizace tyto vodní prvky pohltila a voda se tak stala součástí urbanistické koncepce měst. Tato skutečnost je znázorněna na obr. 1, kde na ortofotomapě historického jádra města Český Krumlov, kde lze sledovat jak město, respektive jednotlivé prvky (ulice, řady domy, náměstí apod.) kopírují topografické podmínky, jež jsou dány liniemi vodního toku, v tomto případě řeky Vltavy. S postupným nárůstem obyvatel a zvyšujícím se stupněm urbanizace byl vodní tok městem úplně pohlcen, městská zástavba se začala rozrůstat po obou stranách vodního toku a ten se tak stal plnohodnotnou součástí zastavěného území.

2.2 Zpřístupnění vody – rekreace

V dnešní době se postoj k vodě změnil, voda je brána jako významná městotvorný prvek, který je využíván k rekreaci a relaxaci, zkvalitňuje klima města (reguluje tzv. tepelné ostrovy, zvyšuje vzdušnou vlhkost), často tvoří dominantu a plní estetickou funkci. I přesto se však v dnešní době stále můžeme setkat s negativními dopady působení vody, nejčastěji to jsou extrémní situace jako povodně a záplavy. Vyspělá města však již často dosáhla vysoké úrovně ochrany před přívalovou vodou či záplavami a jsou schopna těmto negativním vlivům čelit. Tato skutečnost je však výsledkem mnoha procesů a kombinací nápravných a podpůrných opatření, zejména s vazbou na vodárenskou infrastrukturu a vodní díla. I přes tuto skutečnost však situace není zcela uspokojivá a v tuzemských podmínkách města v mnoha ohledech zaostávají za vyspělými moderními městy v zahraničí. Mnoho zejména větších municipalit začalo revitalizovat vodní toky či plochy, které jimi procházejí, avšak tento proces je zdlouhavý a silně závislý na možnostech prostorových, finančních, politických a dalších možnostech daného urbanizovaného území.

3 Voda nežádoucí

Ačkoliv voda tvoří neodmyslitelnou součást každého urbanizovaného území, které by bez ní bylo zcela neobyvatelné, voda představuje také hrozby, které omezují běžné standardy v lidských sídlech. Vzhledem k celosvětové změně klimatu, která nejen v ČR vyvolává výskyt extrémních meteorologických jevů, současná urbanizovaná území čelí boji se suchem na straně jedné a s enormním množstvím přívalových srážkových vod na straně druhé. Tyto extrémní klimatické situace s sebou přinášejí nedostatek vody, sucho, vlny horka a přívalové povodně, přičemž všechny tyto faktory mají významný vliv nejen na kvalitu života obyvatelstva, ale také na funkčnost infrastruktury, přírodní ekosystémy apod. Tento stav se nejcitlivěji projevuje zejména v urbanizovaném území, kde je navíc umocněn stále se zvyšujícím stupněm urbanizace. Nejpalčivěji zde působí zejména kumulace přívalových srážkových vod, které vznikají v důsledku nedostatečné přirozené infiltrace těchto vod do podloží. Urbanizované prostředí sídel je oproti přirozené krajině tvořeno zpravidla enormním množstvím nepropustných ploch, které se vlivem urbanizace, často zcela neřízeně, zvyšují a způsobují tak přehlcení stokového systému, čistíren odpadních vod, rozvodnění menších vodotečí a vznik následných a stále častějších, přívalových povodní [1, 3].

3.1 Povodně

Nežádoucí účinky vody se v urbanizovaném území vyskytují nejčastěji v podobě povodní a záplav. Jsou to stavy, kdy se voda dostává do nežádoucích míst urbanizovaného území lidských sídel, přičemž poškozují takto zaplavená území a ohrožuje majetek a životy lidí, či zvířat. Povodní se pak v tomto pojetí rozumí přírodní hydrologický jev, který je způsoben především extrémními výkyvy počasí, jejichž důsledkem je přechodné, leč významné vystoupení hladiny vody ve vodních tocích, či vodních nádržích na takovou úroveň, kdy dochází k zaplavení menších či větších územních celků vodou [4, 5].



Obr. 2 Následky přívalových srážek v urbanizovaném území – Karviná, 2019 [archiv autora]

Vlivem tzv. klimatické změny dochází k často až k enormní kumulaci srážek do krátkého časového úseku a lidská sídla se tak stále častěji potýkají s problematikou přívalových povodní, často označovaných jako tzv. bleskové povodně. Tyto přívalové povodně jsou způsobeny zpravidla přívalovými dešti, často jen velmi krátkými, které zasáhnou území. Tyto atmosférické srážky po dopadu na zem jednak nejsou vlivem přirozené retenční schopnosti půdy samovolně zasakovány a jsou pak vlivem enormního povrchového odtoku neřízeně odváděny do povrchových vod, kde navyšují přirozenou vodní hladinu a způsobují s ní související povodně.

Případ přívalových povodní je uveden také na obr. 2., kde se souvislá hladina vody vytvořila mj. také vlivem poddimenzované jednotné stokové sítě, které byla díky přívalovým srážkám zahlcena, a v nejnižším místě tyto odpadní vody vystoupaly skrze uliční vpusti do veřejného prostoru sídel, kde vytvořily souvislou vodní hladinu.

3. 2 Sucho a nedostatek vody

V rámci urbanizovaného území se lze mimo nežádoucí účinky vody v podobě povodní setkat také s druhým hydrologickým extrémem, kterým je sucho a s ním spojený nedostatek vody. Tzv. hydrologické sucho, tedy výkyv hydrologického cyklu, vzniká zejména v důsledku deficitu srážek a projevuje se poklesem průtoků ve vodních tocích a poklesem hladiny podzemních vod. S tímto jevem pak velmi úzce souvisí také stavy nedostatku vody, které představují dočasný stav s možným dopadem na základní lidské potřeby, hospodářskou činnost a životní prostředí, kdy v důsledku sucha požadavky na užívání vod převyšují dostupné zdroje vod, a je nezbytné omezovat hospodaření s vodou a provádět další opatření [1].

Oba tyto extrémy, tedy sucho a nedostatek vody, způsobují řadu problémů nejen v rámci samotných urbanizovaných území, ale představují globální problém, který ohrožuje funkcionalitu běžného lidského života, způsobuje ztráty a omezení v řadě odvětví, kde voda představuje klíčovou surovinu a přináší s sebou také řadu dalších, zejména environmentálních, dopadů na faunu a flóru. Zejména v posledních letech je tato problematika stále aktuálnější i v tuzemském prostředí, kde se sucho a jeho následky projevují zejména snižováním hladiny podzemních a povrchových vod a s tím spojených omezení (např. nedostatek vody pro zásobování pitnou vodou a následná omezení v rámci dodávky pitné vody). Následky sucha zobrazuje také na *obr. 3*, kde je zachycen stav vodní hladiny na řece Visle v polské Varšavě v roce 2019, kde došlo k poklesu hladiny na cca 0,7 m, přestože průměrná výška hladiny bývá v těchto místech cca 2,4 m.



Obr. 3 Projevy enormního sucha v podobě sníženého průtoku ve vodním toku – řeka Visla ve Varšavě, 2019 [archiv autora]

3. 3 Srážkové vody v rámci urbanistické koncepce měst

Dnešní urbanizovaná území jsou vzhledem ke změně klimatu, masivnímu populačnímu růstu a s ním spojené urbanizaci v komplikované situaci, kdy na území těchto měst vzniká enormní množství srážkových vod. V současné situaci je převážná část povrchového odtoku těchto vod následně svedena do stokové sítě. Díky tomuto faktu pak často dochází k mnoha problémům, mezi které patří zejména přetěžování čištění odpadních vod, případně znečišťování recipientů díky odvádění směsí srážkových vod a vod splaškových z odlehčovacích komor na stokové síti. Současná urbanizovaná území se však potýkají s mnoha negativními projevy těchto faktorů. Obecně lze však problematiku meteorologických extrémů, tedy extrémních přívalových srážek i období sucha řešit právě efektivním hospodařením se srážkovými vodami. Z tohoto pohledu je jasné, že je potřeba srážkovou vodu v urbanizovaném území řízeně zadržet (tzv. retardace povrchového odtoku), a to formou snadno udržitelných povrchových vsakovacích a retenčních zařízení doplněných zelení, případně těž výměnou nepropustných

zpevněných povrchů za propustné. Těmito způsoby pak lze nejen řízeně zadržovat srážkovou vodu v území, ale také zvyšovat objem podzemních vod a zabezpečit tak kvalitnější a udržitelné prostředí, které dokáže meteorologickým extrémům odolávat. Proces hospodaření se srážkovými vodami v rámci urbanistické koncepce tedy lze označit jako problematika řízení městských srážkových vod.

Hospodaření se srážkovými vodami zahrnuje širokou škálu řešení a způsobů, kterými lze efektivně tyto vody zpracovat, odvádět či zadržovat v rámci urbanizovaného území měst a obcí. Obecně lze systémy hospodaření se srážkovými vodami rozdělit do dvou oblastí, a sice prostřednictvím jejich možného využití anebo naopak jejich likvidací. V rámci dalšího možného využívání srážkových vod je potřeba disponovat vhodně situovanými prostory, kde lze srážkové vody akumulovat pro jejich případné využití (zálivka, splachování toalet, recyklace apod.). Z hlediska likvidace lze se srážkovými vodami hospodařit buďto jejich vsakováním, případně jejich odvedením do stokové sítě. V současné praxi se však setkáváme převážně právě se způsoby likvidace prostřednictvím odvádění srážkových vod do stokové sítě a z tohoto pohledu lze označit toto řešení za nejméně efektivní. Alternativu k těmto řešením lze sledovat na obr. 4, kde jsou srážkové vody ze zpevněných ploch sváděny do tzv. dešťové zahrady. Celkově však na výsledné způsoby hospodaření se srážkovými vodami má vliv celá řada faktorů, mezi které patří mimo uplatnitelných technických řešení také podmínky daného prostředí a v neposlední řadě také stupeň znečištění odváděných srážkových vod.



Obr. 4 Příklad dešťové zahrady – Polsko, Gdaňsk, 2018 [archiv autora]

Závěr

Voda na Zemi je konečným zdrojem. Chránit vodu znamená chránit všechny formy podzemní vody ve vodonosných vrstvách, povrchovou vodu i vodu ve formě par, případně srážek. Hospodaření s vodou na Zemi má tedy hned několik zásadních důvodů. V prvním případě se jedná o zabezpečení lidských potřeb, tedy voda pitná určená ke konzumaci, zavlažování, energetické nároky a celá řada dalších činností, kde je voda nenahraditelná. Dalším důvodem je pak ochrana hydrosféry, řešení otázek související s nedostatkem vodních zdrojů, které mohou přerůst až do roviny vojenských sporů o území, případně hydrologické extrémy ve formě povodní.

Voda tvoří neodmyslitelnou součást každého urbanizovaného území, ve kterém zastává nejen mnoho podob, ale také mnoho funkcí. Bez vody by obce a města byly zcela neobyvatelné. Tento fakt je znám již z historického hlediska sahajícího až do dob před naším letopočtem, kdy již tehdejší města disponovala rozvinutou vodárenskou infrastrukturou, která zahrnovala nejen systémy pro zásobování vodou, například v podobě akvaduktů, ale i systémy pro odvádění odpadních vod mimo zastavěné území. V dnešní době, kdy je vody stále častěji nedostatek, je potřeba s touto komoditou ekonomicky hospodařit a podporovat udržitelný rozvoj vodárenských infrastruktur.

Literatura

- [1] Davidson, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Deere, D., Barteaux, J. Water Safety Plans. WHO/SDE/WSH/05.06. Revise Draft, World Health Organization, Geneva, 2005.
- [2] Zhang, S.; Yang, J.; Wan, Z.; Yi, Y. Multi-Water Source Joint Scheduling Model Using a Refined Water Supply Network: Case Study of Tianjin. *Water* 2018, 10, 1580, doi: 10.3390/w10111580.
- [3] Bruaset, S.; Sægrov, S. An Analysis of the Potential Impact of Climate Change on the Structural Reliability of Drinking Water Pipes in Cold Climate Regions. *Water* 2018, 10, 411, doi:10.3390/w10040411.
- [4] KUDA, F. a kol. Městské inženýrství nejen pro městské inženýry, 1. vydání, IC ČKAIT, Praha 2022, ISBN 978-80-88265-39-9.
- [5] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: <i>Zákony pro lidi.cz</i> [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 8. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>.

KLESAJÍCÍ STAVY PODZEMNÍCH VOD A EXTRÉMNÍ METEOROLOGICKÉ JEVY – GEOTECHNICKÉ PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ ZÁSTAVBU A PLÁNOVÁNÍ

Peter Hinz², Bodo Neumann³

CZ

Príspevok je zaměřen na situaci podzemních vod ve svobodném státě Sasko, která je spojená s extrémními meteorologickými jevy-vysycháním a extrémními dešti. Pro oblast Saska byly vyhodnoceny dostupné údaje státní měřicí sítě o stavu podzemních vod na vybraných místech s ohledem na dlouhodobé hydrografii. Účinky poklesu stavu podzemních vod na stávající zástavbu mohou být v závislosti na situaci stavebního pozemku závažné. V přednášce jsou uvedeny příklady poškození v důsledku sedání u budov, které odolávaly desítky až stovky let, a utrpěly škody teprve vysycháním podloží v posledních letech. Naproti tomu se vedle poklesu stavu podzemních vod v posledních letech stále častěji objevují extrémní deště. Zvyšování návrhových stavů vod jde přesně proti trvale udržitelné a šetrné výstavbě. Z toho vyplývají nové výzvy při stanovování požadavků na dimenzování a na stavby, zejména u vsakovacích zařízení. Plánovaným cílem se stává zachycení srážkové vody na místě, dlouholetá metoda „shromáždit a odvést“ se dostává do pozadí. V tomto smyslu přednáška upozorňuje na různé přístupy, které vedou k realizovatelným řešením právě v oblasti přechodu mezi dobrou propustností a nepropustností půdy.

D

Das Referat behandelt die mit extremen meteorologischen Erscheinungen –Bodenaustrocknung und Starkregenfällen – verbundene Grundwassersituation im Freistaat Sachsen. Für den Raum Sachsen wurden die verfügbaren Grundwasserstände des Landesmessnetzes an ausgewählten Standorten hinsichtlich der langjährigen Ganglinien ausgewertet. Abhängig von der Situation des Baugrundstücks können die Auswirkungen der Grundwasserabnahme auf Bestandsbauwerke gravierend sein. Im Vortrag werden Beispiele von Setzungsschäden bei Gebäuden aufgezeigt, die Jahrzehnte bis -hunderte standgehalten, und erst durch das Austrocknen des Baugrunds in den letzten Jahren Schaden erlitten haben. Im Gegensatz dazu treten neben den sinkenden Grundwasserständen in den letzten Jahren extreme Regenereignisse ein. Größere Bemessungswasserstände stehen einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Bauweise konträr gegenüber. Daraus resultieren neue Herausforderungen bei der Festlegung der Anforderungen an die Bemessung und die Bauwerke, insbesondere bei Versickerungsanlagen. Das Planungsziel ist es, Regenwasser vor Ort aufzufangen, die langjährige "Sammeln-und Ableiten"-Methode rückt in den Hintergrund. In diesem Sinne weist das Referat auf verschiedene Ansätze hin, die gerade im Bereich des Übergangs zwischen guter und fehlender Wasserdurchlässigkeit des Bodens zu realisierbaren Lösungen führen.

Úvod a popis problému

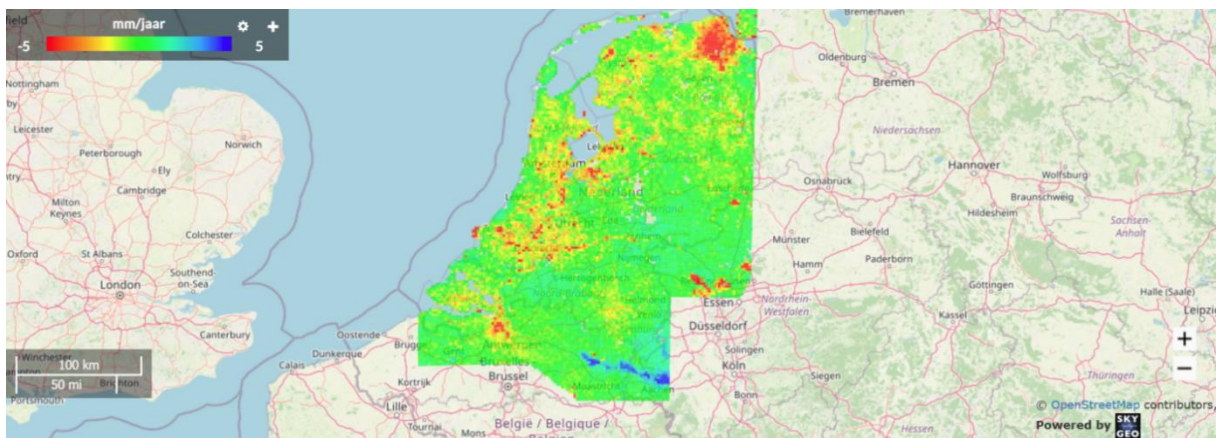
Důležitou roli u deformací podloží po dobu životnosti stavby hrají vedle podmínek podloží také poměry podzemních vod. Poměry podzemních vod lze stanovit přesně ještě pro den průzkumu. Pro minulost existuje pro danou lokalitu v nejlepším případě hydrograf podzemní vody. Pokud však jde o budoucí vývoj hydrografu, lze z toho vyvodit pouze omezené závěry bez záruky platnosti. Návrhové stavy vod je proto třeba chápat jako prognózu za konstantních omezujících podmínek.

Omezující podmínky však již v posledních letech nelze popsat jako konstantní. Globální oteplování země provázají extrémní povětrnostní jevy počínaje dlouhotrvajícími obdobími sucha s klesajícími hladinami podzemních vod a konče extrémně silnými dešti a stále vyššími povodňovými značkami. Mezi postiženými jsou známé příklady, jako město Benátky s masivní protipovodňovou hrází, celé oblasti v Nizozemsku, které mají problémy kvůli stoupající hladině oceánu nebo jižní Španělsko s extrémním suchem na jaře 2023. I když jsou to příklady z různých koutů Země a příčiny jejich problémů jsou značně odlišné, je se všemi spojena i změna poměrů podzemních vod a procesů v podloží.

² Dr.-Ing. Peter Hinz, IBG Leipzig

³ Dipl.-Ing. Bodo Neumann, Büro für Geotechnik Ivanics & Neumann PartGmbH, Dresden

Sedání půdy v důsledku jejího smršťování při vysychání bylo v posledních letech stále častěji příčinou poškození staveb. Takto postižené jsou zejména jílovité půdy, které obsahují významný podíl bobtnavých minerálů, ale také organické půdy, např. rašelina, kde je zmenšení objemu způsobeno degradací a rozkladem organických složek. Zatímco v Německu jsou v souvislosti se sedáním půdy v důsledku smršťování významné především jílovité půdy, mají například v sousedním Nizozemsku mnohem větší vliv na proces smršťování půdy její organické složky. Mokřadní půdy s obsahem rašeliny, rozmístěné po celém území, jsou všude příčinou sedání půdy v důsledku poklesu hladiny podzemních vod, který lze přičíst zemědělské výrobě a klimatickým změnám. Na obr. 1 je například na tzv. mapě poklesu půdy v Nizozemsku ukázáno, že poklesy půdy do 5 mm za rok jsou rozptýlené prakticky po celém území Nizozemska. U řady staveb se navíc setkáváme se zvláštnostmi při zakládání. Tyto stavby se často usazují na dřevěné piloty, které velmi citlivě reagují na měnící se poměry podzemních vod až k úplné ztrátě nosnosti.



Obr. 1 Mapa poklesu půdy v Nizozemsku [zdroj: <https://bodemdalingkaart.nl/portal/index>]

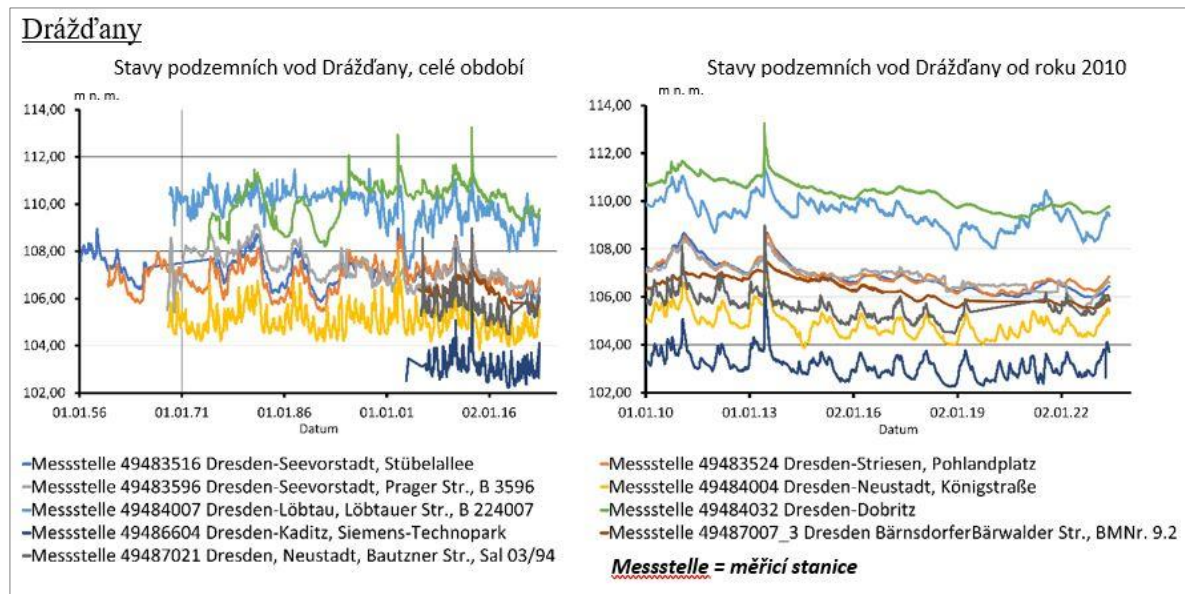
Situace podzemních vod ve svobodném státě Sasko

Pro oblast Saska byly vyhodnoceny dostupné údaje státní měřicí sítě o stavu podzemních vod na vybraných místech s ohledem na dlouhodobé hydrografy. Analyzované lokality se soustředí na centra kolem Lipska, Drážďan, Chemnitz a na post-těžební krajinu na jihu Lipska, viz obr. 2.



Obr. 2 Lokality vyhodnocovaných míst měření podzemních vod v Sasku [mapové podklady Saský úřad pro životní prostředí, zemědělství a geologii (LfULG)]

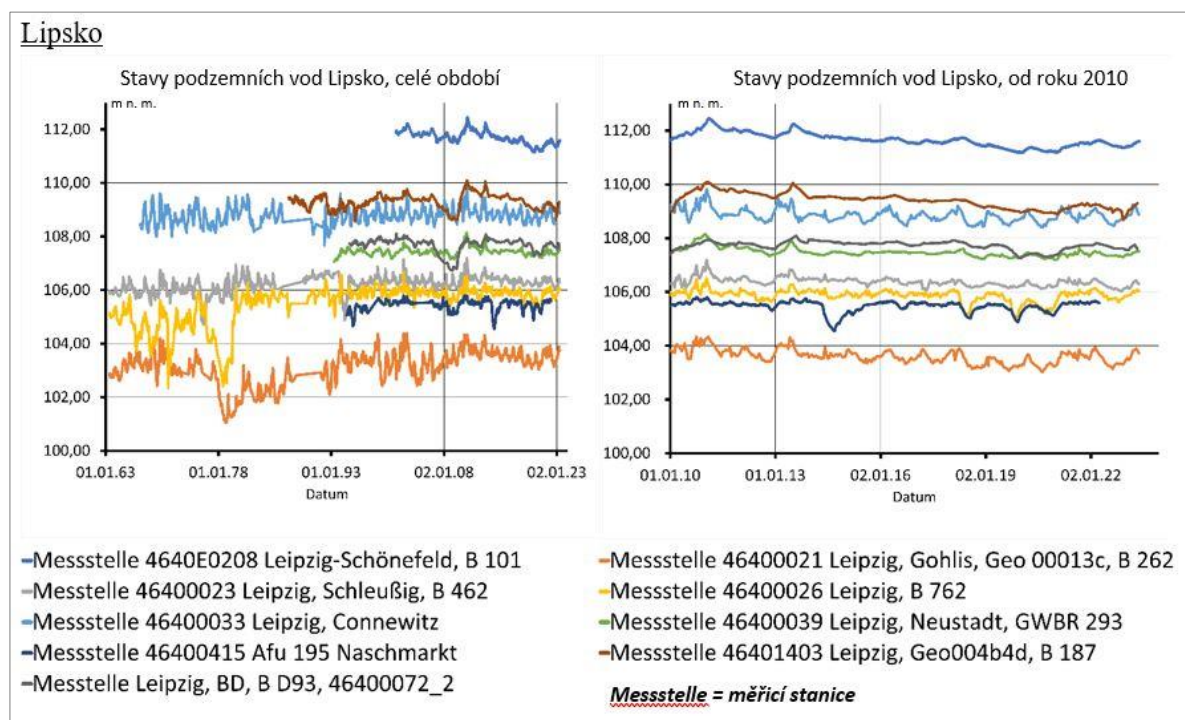
Hydrografy pro tato místa jsou zobrazeny v následujících diagramech. Vlevo jsou vyneseny údaje za celé období dokumentace. Vpravo je zobrazeno pouze období od roku 2010. Jednoznačný trend s klesajícími stavy podzemních vod z těchto grafů nelze odvodit. Pro jednotlivé lokality lze učinit tato základní prohlášení:



Obr. 3 Stavy podzemních vod Drážďany [zdroj: <https://geoportal.sachsen.de/>]

Kromě výrazné povodně z roku 2013 lze pozorovat pravidelné fáze vzestupu a poklesu hladiny podzemních vod. Od roku 2017 jsou na několika měřicích stanicích dokumentovány velmi nízké hodnoty, které mohou být použity jako důkaz poklesu hladin podzemních vod. Zdaleka však nejsou postiženy všechny úrovně. Z 9 hodnocených úrovní jsou na 5 úrovních odchylky směrem dolů.

K tomu se řadí také zjištění, že na všech těchto 5 úrovních byly od roku 2021 opět měřeny stoupající hladiny podzemních vod. K celkovému poklesu na ploše nedošlo.

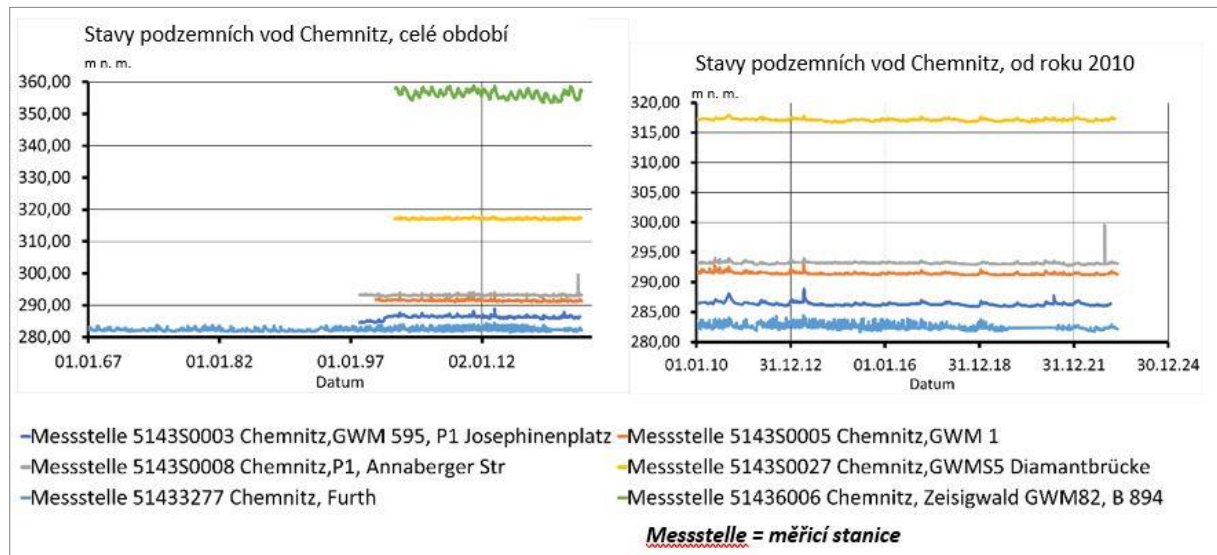


Obr. 4 Stavy podzemních vod Lipsko [zdroj: <https://geoportal.sachsen.de/>]

Měření hladiny podzemních vod vykazuje v průběhu let obecně silné výkyvy. Lze pozorovat poklesy a opětovné zvýšení hladiny podzemní vody, způsobené blízkými povrchovými doly. Zásadní pokles hladin v důsledku sucha za posledních 5 let lze pozorovat pouze na některých měřicích místech, přičemž se ne vždy jedná o pokles na nejnižší naměřený stav podzemní vody. Jsou rozpoznatelné sezónní výkyvy.

Chemnitz

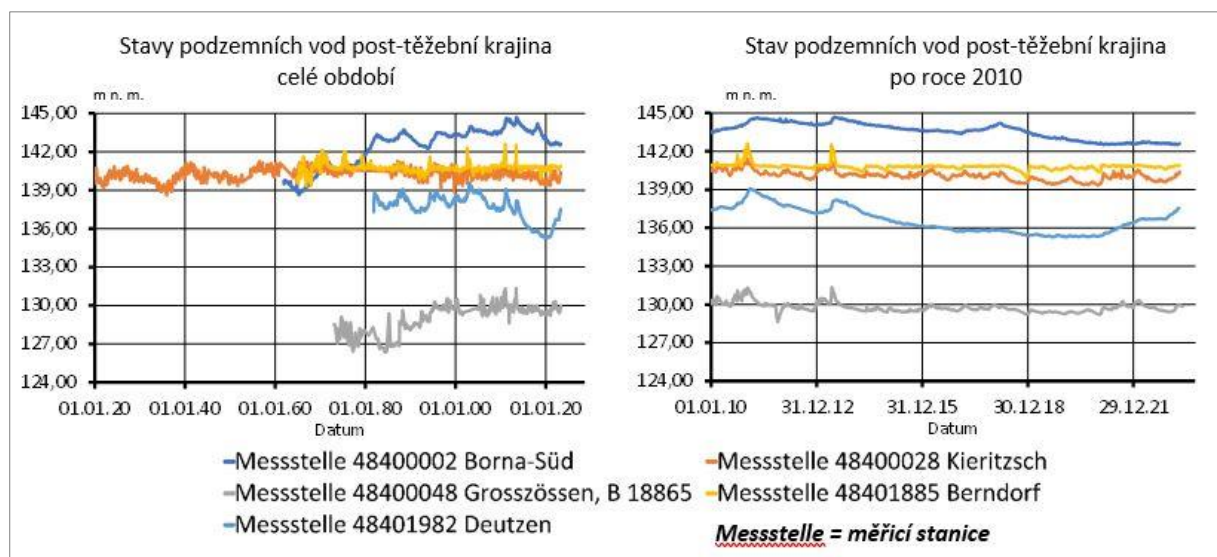
Vzhledem k poloze města Chemnitz na úpatí Krušných hor lze dle očekávání zaznamenat značné rozdíly v nadmořské výšce jednotlivých hladin podzemní vody. Jsou však doloženy víceméně stálé hladiny podzemní vody. Jednotlivé hodnoty nevykazují žádné velké kolísání. Nejsou zde známky poklesu hladiny podzemních vod.



Obr. 5 Stavy podzemních vod Chemnitz [zdroj: <https://geoportal.sachsen.de/>]

Post-těžební krajina jižně od Lipska

Během celého dostupného období měření dochází k významným změnám. Poklesy hladiny podzemních vod v důsledku povrchové těžby jsou stejně zřejmé jako opětovné zvýšení hladiny podzemních vod v důsledku ukončení těžby. Akutní úbytky za posledních 5 let v důsledku sucha a nedostatku srážek nelze z vyhodnocovaných hydrografů až na jednu výjimku vyčíst.



Obr. 6 Stavy podzemních vod v post-těžební krajině [zdroj: <https://geoportal.sachsen.de/>]

Obecné hodnocení vybraných hydrografů

Klesající hladiny podzemních vod nejsou u vybraných hydrografů jednotně doloženy. Některá měřicí místa nicméně vykazují oproti dlouhodobému průměru klesající hladiny, zejména v posledních 5 letech. Z toho vyplývá, že ve Svobodném státě Sasko problém klesajících stavů podzemní vody existuje alespoň lokálně. Toto konstatování se vztahuje pouze na vyhodnocované údaje a nelze jej zobecnit na nevyhodnocované údaje ani na území, kde se měření neprovádělo.

Hodnocení dále zohledňuje pouze údaje o hladinách podzemních vod. Přesné určení potenciálního ohrožení v důsledku procesu smršťování půdy vyžaduje další informace o vlhkosti v půdě, označované také jako přirozený obsah vody. Podrobné pozorování včetně odběru vzorků a zaznamenávání obsahu vody s následným komplexním vyhodnocením by muselo zahrnovat i vodní bilanci a srážky. Pro vyjádření, které je předmětem této přednášky, však považujeme zde uvedenou datovou základnu za dostačující.

Přehled tvarových změn v podloží

Je známo, že pokles hladiny podzemní vody může způsobit deformace, tj. sedání v podloží. Sedání podloží může mít různé důvody. Svou roli často hrají stavební zásahy člověka. Obecně se může jednat o vlivy z těžby surovin a hornictví, z výstavby infrastruktury nebo z jednoduchých hlubinných prací.

Při stavebních zásazích do stávajících konstrukcí nebo vedle nich přicházejí v zásadě v úvahu tyto příčiny, vyvolávající sedání a náklony:

- zvýšení zatížení v důsledku změny užívání a/nebo úprav konstrukce;
- dynamické efekty způsobené např. dopravním zatížením a otřesy v sousedství;
- různé základové půdy s různým sedáním při zatížení;
- konsolidační sedání půdy v důsledku snížení přetlaku vody v pórech;
- rozkladné procesy v organických půdách, např. zrychlené degradační procesy v rašelině po poklesu hladiny spodních vod;
- rozkladné procesy v dřevěných základových pilotách, např. v důsledku napadení houbou nebo po kontaktu s kyslíkem, způsobeném poklesem hladiny podzemních vod;
- dlouhodobé pomalé pohyby půdy (ploužení);
- mimořádně nízká hladina podzemní vody, která je nižší než hladiny podzemních vod kdykoliv předtím, čímž se snižuje původní vztlková síla;
- sedání půdy v důsledku vysychání a smršťování.

Tento výčet nemusí být nutně konečný a propojuje možné příčiny, z nichž má každá jednotlivě na určitém stanovišti větší či menší nebo dokonce žádný význam. Jednoznačné rozlišení příčin zpravidla není možné. V následujícím textu proto vysvětlíme vlivy působící na podloží a půdně mechanické procesy.

Trhliny ve zdivu kostela na jihu Drážďan

Jedná se o druhý nejstarší kostel v Drážďanech. První zmínky o něm pocházejí přibližně z roku 1050. Kolem roku 1180 byla vybudována věž, která měla obrannou funkci, mezi lety 1400 a 1428 byla postavena a rozšířena lodí. Další přístavby byly realizovány v letech 1720 a 1727. V letech 1665/66 byla provedena oprava věže. V letech 1813/1814 byl kostel vážně poškozen při bitvě u Drážďan (Napoleonské války). V dobových dokumentech se opakovaně mluví o nutných opravách. Naposledy probíhaly na kostele opravy v letech 1999/2000.

Na následující fotografii je zdaleka viditelná, pro tuto čtvrť charakteristická silueta kostela v současném stavu.



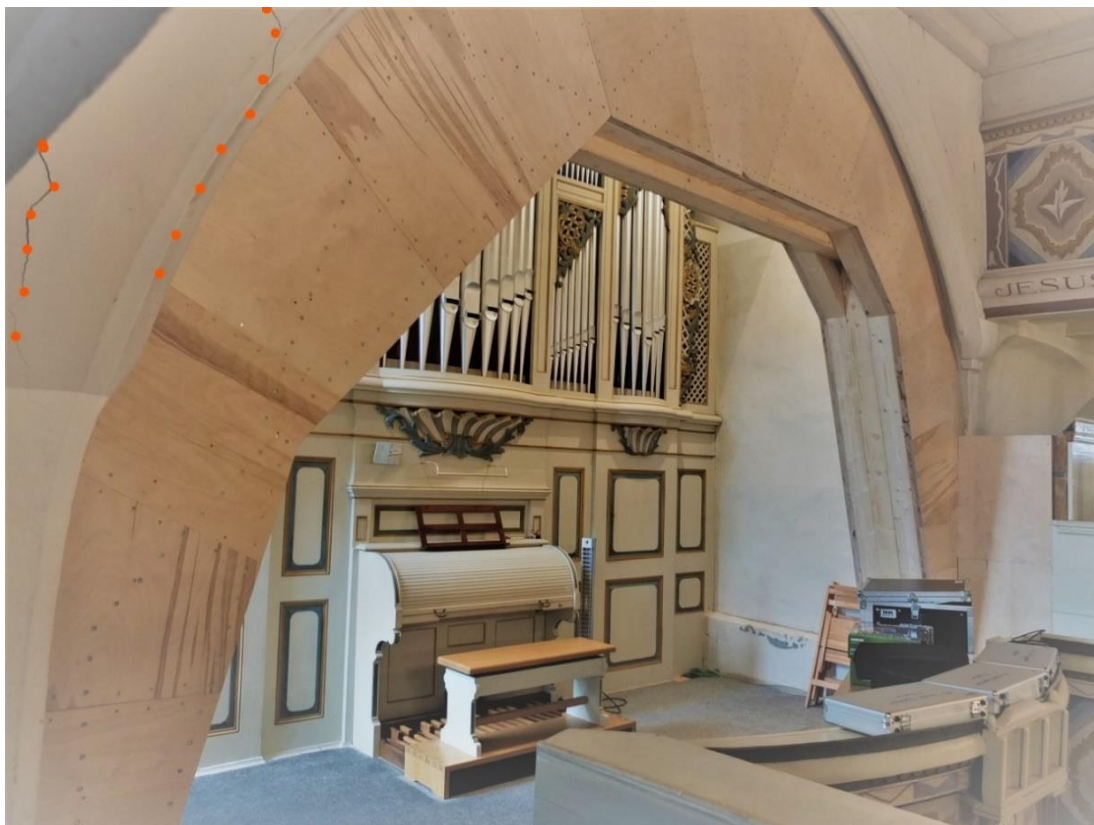
Obr. 7 Pohled od severozápadu 2023

Počínaje rokem 2016, více však v letech 2017 a 2018, se opět objevovaly trhliny – toto poškození bylo zvláště patrné v interiéru kostela. S postupujícím poškozením stavby hrozilo nebezpečí zřícení její části. Z bezpečnostních důvodů bylo nutno zavřít empory.

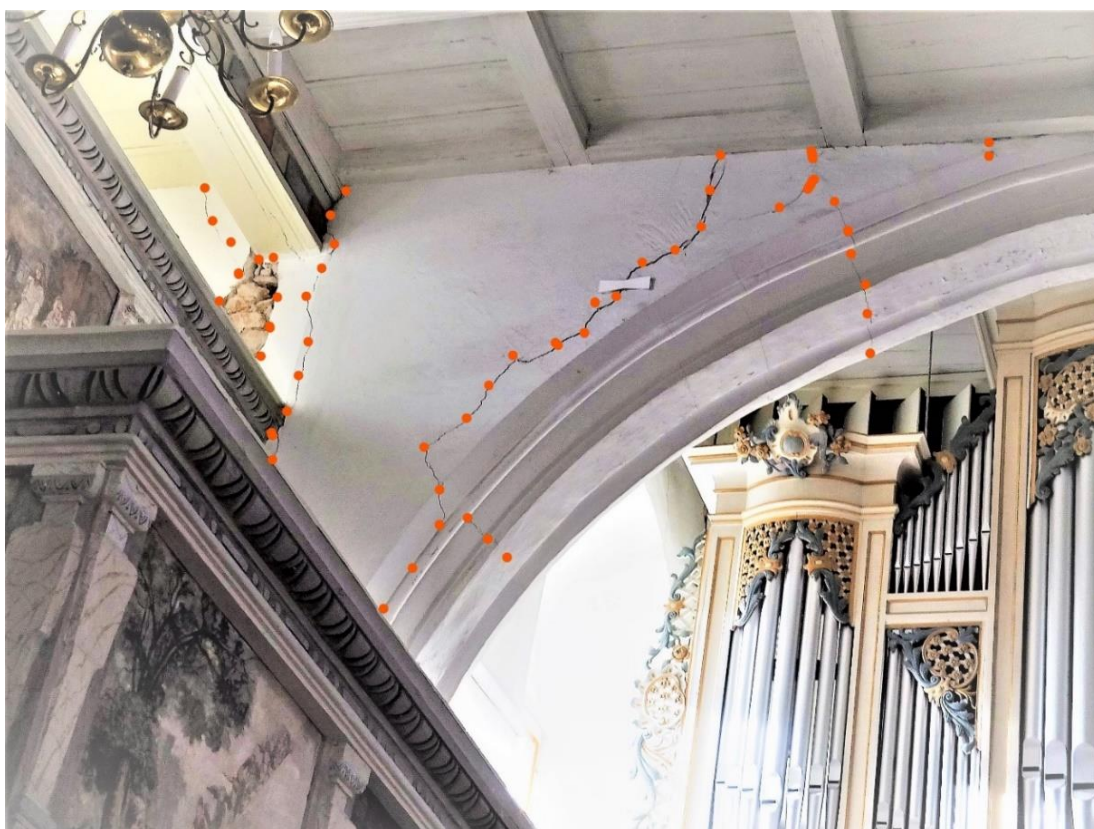
Následující obrázky ukazují část vzniklých škod:



Obr. 8 Pohled na kostelní loď s výklenkem pro varhany



Obr. 9 Výklenek pro varhany s podpěrou



Obr. 10 Trhliny ve zdivu vedle výklenku pro varhany



Obr. 11 Trhliny v podlaze před oltářem

Jaký je důvod těchto škod? Nejprve se zeptáme jako geologové: Co tvoří podloží?

Kostel stojí na kopci na jižním okraji drážďanské části Labské kotliny. Podloží je tvořeno hlavně slínovcem z doby svrchní křídly (turon), místně nazývaným räcknitzká opuka. Toto podloží je součástí hornin česko-saské křídové pánve.

Tyto horniny jsou tvořeny směsí písku, siltu, jílu a vápna. Píščitójílové horniny mohou při tom mít díky struktuře svých zrn vysokou pevnost. Jejich citlivost na vodu není nijak zvlášť vysoká.

V našem případě je slínovec tvořen hlavně jílem a vápnem a v menší míře pískem. Vlastnosti horniny tedy určují zvláště jílové minerály.

Na místě Leubnitzkého kostela je opuka tvořena z cca 20 % křemenem, z 40 % kalcitem (vápenec), po 10 % kaolinitem a illitem a z cca 20 % montmorillonitem a illitem ve střídavých vrstvách. Zatímco kaolinit je považován za nebobtnavý, illit je třeba klasifikovat jako částečně bobtnavý a montmorillonit jako silně bobtnavý.

Bobtnavé půdy mají současně tu vlastnost, že se při vysychání smršťují.

V rámci průzkumů půdy v roce 2019 byl na jižní straně kostela stanoven přirozený obsah vody v půdě kolem 10 %. To bylo hluboko pod hodnotou parametru „obsah vody na hranici smršťování“, který se u půd přítomných na tomto místě pohybuje kolem 20 %. Tato hodnota označuje obsah vody na přechodu z polotuhé do tuhé konzistence a je standardizována v DIN 18122-2 z listopadu 2020. Je konstatována změna zabarvení, která charakterizuje přechod „tmavé“ půdy ve „světlou“. Při dalším vysychání již ke znatelné změně objemu (smršťování) nedochází.

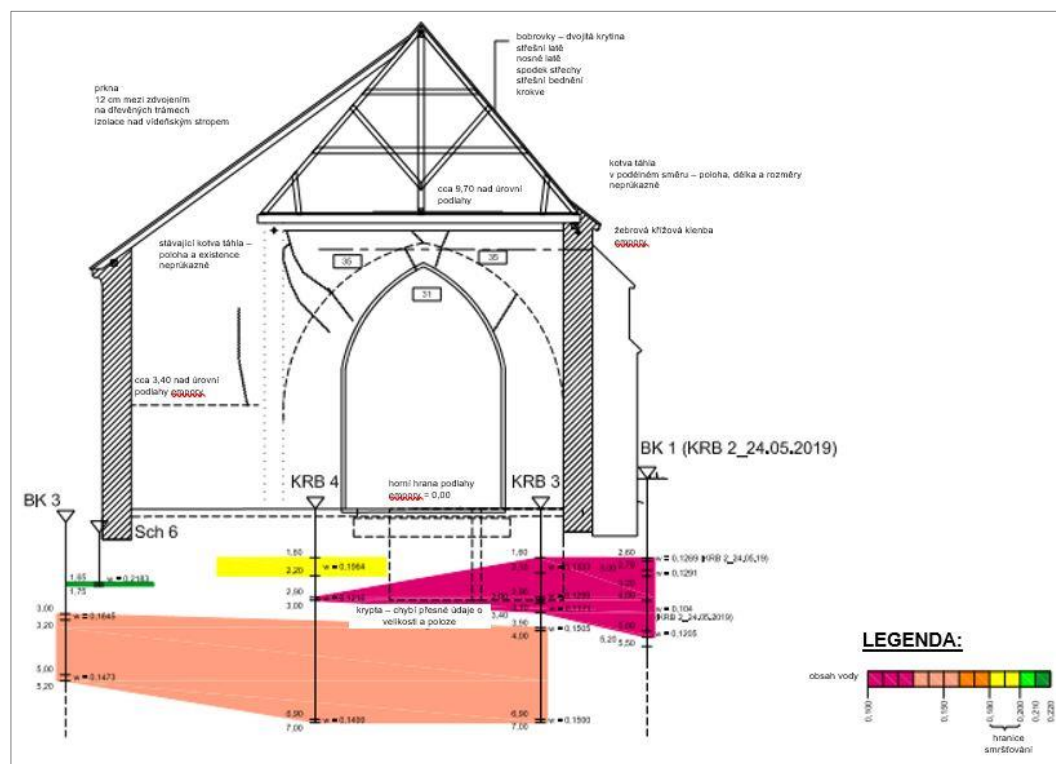
Co bylo předpokladem pro vznik škod?

Následující tabulka zobrazuje přehled meteorologických údajů sousední měřicí stanice Dresden-Strehlen za období 13 let.

Tab. 1 Meteorologické údaje v místě, kde stojí kostel [zdroj: www.Wetterkontor.de]

Rok	Střední teplota [°C]	Minimální teplota [°C]	Maximální teplota [°C]	Srážky [l/m ²]	Nejdeštivější den [l/m ²]	Doba slunečního svitu [h]	Počet letních dnů	Počet tropických dnů	Počet mrazových dnů
	[°C]	[°C]	[°C]	[l/m ²]	[l/m ²]	[h]			
2010	9	-18,9	36,7	897,8	47,2		52	19	104
2011	10,8	-14	32,9	613,8	62		61	10	76
2012	10,3	-20,8	39,7	652	31,5		63	21	70
2013	9,8	-16	36,8	736,9	49,1		61	16	91
2014	11,5	-13	35	615,5	57,6		48	15	56
2015	11,4	-4,7	38,9	599,4	51,5		58	29	59
2016	10,7	-15,9	34,9	675,7	31,3		67	16	76
2017	10,9	-12,5	35,3	593,3	19,6		59	20	69
2018	11,7	-14,4	36,5	393,1	36,5		94	39	63
2019	11,2	-9,9	38,1	460,8	21,2		73	34	51
2020	11,5	-7,4	35,8	573	53,2		66	20	57
2021	10,1	-18	34,7	661,9	37,2		59	12	73
2022	11,4	-13,1	39,2	472,8	41,9		67	24	59

Pro roky 2017 až 2020 byly roční srážky hluboko pod dlouhodobým průměrem cca 660 l/m², což koresponduje s vysokým počtem letních a tropických dnů v letech 2018 a 2019. Většina poškození kostela vznikla v oblasti jižní stěny, kde slunce téměř celodenně svítí na hřbitov bez stromového porostu. Tím docházelo k nadprůměrnému výparu vody z půdy. Pro ilustraci vlhkostních poměrů v půdě pod kostelem znázorňuje obrázek 12 příčný řez kostelní lodí s uvedením obsahu vody v půdě. Za příčinu poškození bylo označeno nadměrné vysychání půdy náchylné ke smršťování, ke kterému docházelo v důsledku povětrnostních vlivů. Smršťování dosáhlo maxima v oblastech nejvíce vystavených slunci a netypicky bylo menší v místě velkého stromu.



Obr. 12 Průřez vlhkostním profilem podlahy kostela

Při opravě byly do podloží přes základy zavrtány mikropiloty do hloubky více než 10 m. Kromě toho bylo zdivo zpevněno drátěnými kotvami a nově vyspárováno. Terén na jižní straně kostela byl kvůli stabilizaci bilance podzemních vod utěsněn fólií.

Celkové náklady těchto stavebních úprav činily cca 2,2 mil. €. Budova kostela je nyní opět stabilní a září z výšin do města.



Obr. 13 Jižní strana s podzemním utěsněním půdy

Změny tvaru v důsledku smršťování půdy

To znamená, že zvýšené sedání v důsledku tečení a smršťování má zvláštní význam u jílovitých půd. Jílovité půdy reagují citlivě na změnu – ať už zvýšení či snížení – obsahu vody, a objemové změny u nich korespondují se změnou obsahu vody. Proti tomu stojí nízká propustnost půdy pro vodu, která dovoluje je velmi pomalé změny obsahu vody během dlouhých období – zde se mluví o několika týdnech, spíše měsících. Pokud je neobvyklé sucho, jsou to optimální podmínky pro vznik smršťovacích procesů.

Pro takzvanou míru smršťování lze typicky určit hodnotu cca 10 až 15 %. To znamená, že když půda vyschne až na hranici smršťování, může dojít k objemovým změnám ve výši 10 % a více. Sedání půdy je tím předem naprogramované.

Výzkumy vycházejí z toho, že procesy vysychání půdy mohou v exponovaných polohách snadno dosáhnout hloubky 1,5 m a jít maximálně do 6,0 m pod úroveň terénu. Výpočtem lze zjistit, že sedání podloží pod téměř plně vytíženým základovým pásem se při této hloubce vysychání pohybuje v řádu decimetrů. I kdyby sedání půdy dosáhlo jen zlomku této hodnoty, v kombinaci se zakládáním v mezním stavu jsou škody v důsledku destruktivního sedání, rozdílů v sedání a náklonů konstrukce předem naprogramované a nevyhnutelné.

Metrologickým monitoringem ohrožených objektů ještě před jejich poškozením by bylo možno snížit počet případů poškození nebo alespoň škody omezit. Potřebné nástroje, tj. parametry půdy a metody výpočtu, jsou k dispozici. Jen je třeba je důsledně aplikovat. To se týká konkrétně pokusu o stanovení meze smršťování, která je např. v Německu standardizována v normě DIN 18122-2 z listopadu 2020. V našem pokusu je hranice smršťování identifikována podle výše uvedené změny barvy, která označuje přechod z „tmavé“ půdy na „světlou“. Tato změna barvy také popisuje přechod z polotuhé do tuhé konzistence. Otázku, do jaké míry lze rozpoznání změny barvy považovat v digitalizovaném světě za moderní, necháváme bez odpovědi. Je to však osvědčená a uznávaná metoda.

Silné deště a mezní geotechnické podmínky

Vedle vysychání půdy představují novou výzvu v oblasti projektování a výstavby také silné deště a extrémní meteorologické jevy. Při projektování a dimenzování např. městských kanalizačních sítí, vodáren, čističek a retenčních nádrží se využívají statistická vyhodnocení silných dešťů. O silných deštích hovoříme, pokud se množství srážek za určitou časovou jednotku vyskytuje v uvažované lokalitě ve statistickém průměru pouze jednou ročně nebo méně často. Základem pro dimenzování uvedených staveb je v Německu takzvaný datový soubor KOSTRA, který se v pravidelných časových intervalech aktualizuje a nyní je k dispozici ve stavu z ledna 2023.

Jak již bylo zmíněno na začátku, zjišťuje se absorpční kapacita půdy, charakterizovaná její propustností pro vodu a disponibilním objemem pórů, průzkumem podloží.

Pro vsakování srážkové vody je v Německu platným souborem pravidel technický list DWA-A 138, který je v současné době k dispozici v pracovní verzi z roku 2020.

Za obecná kritéria pro schopnost vsakovat vodu se považují koeficient propustnosti pro vodu $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s a disponibilní vsakovací prostor nejméně 1,0 m mezi spodní hranou vsakovacího systému a střední nejvyšší hladinou podzemní vody (MHGW). V důsledku toho existují poměrně rigidní pravidla pro dimenzování, která každou odchylku od těchto pravidel znesnadňují. Samozřejmě i půdy s koeficientem propustnosti pro vodu $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$ m/s jsou schopny absorbovat vodu, u těch však vsakování vyžaduje oproti „propustným“ půdám delší dobu. Stejně tak stanovení minimální vzdálenosti 1,0 m od střední nejvyšší hladiny podzemní vody znamená, že všechny případy s menší vzdáleností jsou hodnoceny jako problematické nebo nezpůsobilé ke schválení.

Ve skutečnosti existují vrstvy podloží s rozsáhlými naplněnými vodonosnými vrstvami, které při odpovídajícím působení tlaku umožňují vsakování.

Ačkoliv technicky by provoz vsakovacího systému byl s odpovídajícím dimenzováním realizovatelný, ponechávají předpisy DWA-A 138 rozhodnutí o tom, zda může být schválen, na domluvě mezi projektantem a příslušným orgánem. V tomto místě je mezera, kterou mohou zúčastnění interpretovat různě. Na jedné straně to otevírá možnost realizace kreativních řešení, pokud mezi nimi dojde k dohodě, na druhé straně však tu je také riziko, že pokud k dohodě nedojde, bude možné realizovat pouze tradiční řešení bez jakékoliv inovace.

V tomto smyslu se zde přimlouváme za možnost provést důkaz schopnosti půdy vsakovat vodu, tj. aby limitující podmínky by nebyly tak ostře ohraničené, ale aby bylo spíše nutno prokázat schopnost vsakovat vodu matematickým výpočtem, podpořeným např. praktickými vsakovacími pokusy. Je nesporné, že existují určité konstelace poměrů podloží, topografie a stavby, které předem naplánované vsakování znemožňují. Úkolem projektantů je jednoznačně identifikovat právě tyto případy a pro všechny ostatní difuzní vsakovací poměry navrhnout funkční vsakovací systém.

PŘEMĚNA OBCE KÜRNACH NA VESNICI ZACHYCUJÍCÍ DEŠŤOVOU VODU

Heinz Joachim Rehbein⁴

CZ

Obec Kürnach leží na severozápadě Bavorska, cca 8 km severovýchodně od Würzburgu a má přibližně 5 000 obyvatel. Klimatická změna se v celém Německu projevuje v létě dlouhými obdobími sucha a stále častějšími přívalovými dešti. Velmi silný přívalový déšť v létě 2019 vedl v Kürnachu k zatopení některých ulic a obytných budov. To obec přimělo zavést protipovodňová opatření. Součástí těchto protipovodňových opatření je studie na vypracování koncepce klimaticky odolného města zachycujícího dešťovou vodu (město-houba, sponge city). Hlavním cílem obce při tom je zachycení a akumulace velkých množství vody, kterou bude možno s časovou prodlevou opět odevzdávat do prostředí.

D

Die Gemeinde Kürnach liegt im Nordwesten Bayerns ca. 8 km nordöstlich von Würzburg und hat etwa 5.000 Einwohner. In ganz Deutschland äußert sich der Klimawandel im Sommer durch lange Trockenperioden und immer häufiger auftretende Starkregenereignisse. Ein Katastrophenregen im Juli 2019 führte in Kürnach zur Überflutung einzelner Straßen und Wohngebäude. Dies nahm die Gemeinde zum Anlass ein Hochwasser-Management einzuführen. Ein Bestandteil dieses Hochwasser-Managements ist die Erstellung einer Studie zur Entwicklung eines klimaresilienten Schwammstadtkonzeptes. Dabei ist das Hauptziel für die Gemeinde, große Mengen an Regenwasser aufzunehmen, zu speichern und zeitverzögert wieder abzugeben.

EN

The municipality Kürnach is located in the northwest of Bavaria about 8 km northeast of Würzburg and has about 5,000 inhabitants. Throughout Germany, climate change manifests itself in the summer through long dry periods and increasingly frequent heavy rainfall events. A catastrophic rain in July 2019 led to the flooding of individual streets and residential buildings in Kürnach. This prompted the community to introduce a flood management system. One component part of this flood management is the creation of a study for the development of a climate resilient sponge city concept. The main goal for the municipality is to absorb large quantities of rainwater, store them and release it again after a delay.

Obecně

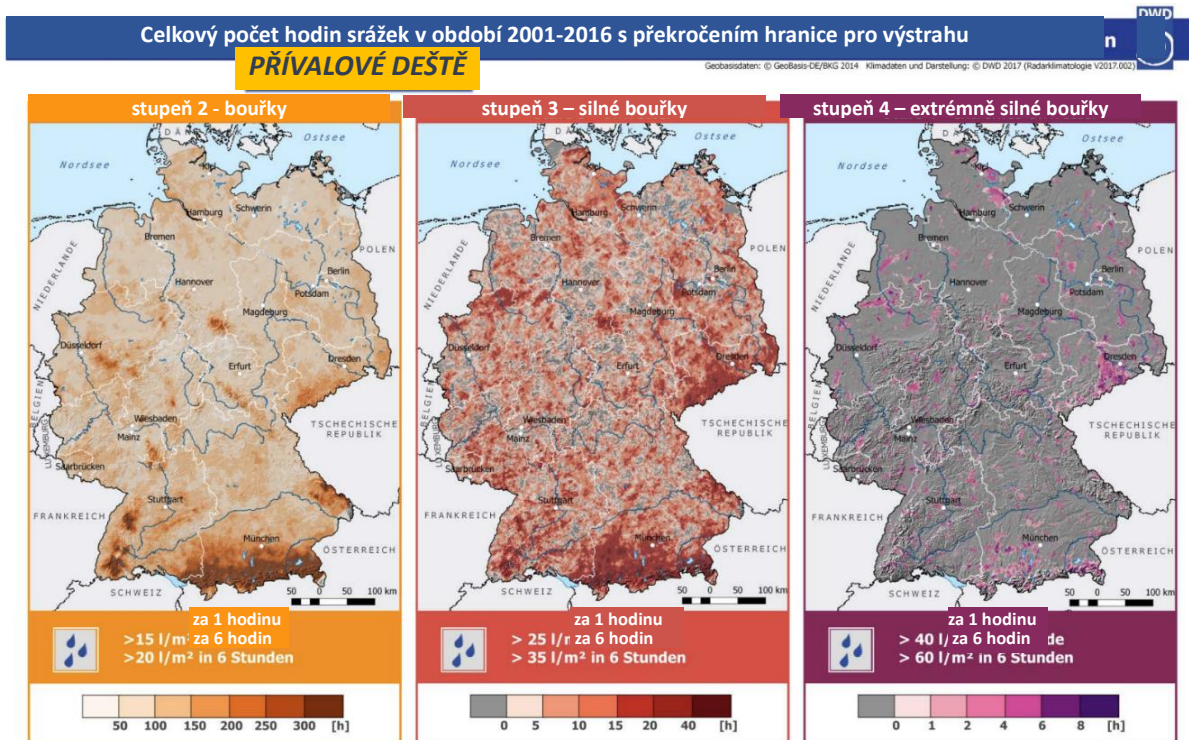
Obec Kürnach leží na severozápadě Bavorska cca 8 km severovýchodně od Würzburgu. Její celková plocha činí 12,3 km². Z toho je 8,0 km² zemědělské půdy a 1,8 km² lesů. Počet obyvatel od roku 1950 nepřetržitě stoupal na současných 5 131 a za posledních 40 let se přibližně zdvojnásobil (stav k 31. 12. 2022; viz: <https://www.kuernach.de/gemeinde/gemeindeportrait/zahlen-daten-fakten/index.html>; vyhledáno dne 11. 05. 2023 v 10.05 h.). V Kürnachu spadne za rok přibližně 757 mm srážek. Průměrná roční teplota činí 9,9 °C (stav roku 2021, viz: <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/bayern/kuernach-710509/>; vyhledáno dne 11. 05. 2023 v 11.14 h.).

Nové stavby pro likvidaci odpadních vod realizuje Kürnach již více než 20 let důsledně jako oddílnou kanalizaci, kdy se splašková a dešťová voda odvádějí zvlášť. Splašková voda je vedena na čističku odpadních vod ve Würzburgu, dešťová voda se zadržuje, aby se vsakovala a následně odpařovala, pokud možno v místě srážek. Přibližně před 10 lety začal Kürnach také při stavebních opatřeních na existující infrastruktuře měnit tam, kde je to technicky proveditelné, stávající systém jednotné kanalizace v kanalizaci oddílnou. Obec Kürnach tak hraje při nakládání s dešťovou vodou roli průkopníka.

Důvod vypracování studie

Údaje ze sdružení meteorologických dat německé meteorologické služby Deutscher Wetterdienst ukazují, že s rostoucím indexem přívalových dešťů jsou deště stále méně závislé na půdním reliéfu, nebo – vyjádřeno zjednodušeně – přívalový déšť může postihnout kterékoliv místo v Německu nezávisle na tom, zda leží v rovině, ve středohoří nebo ve velehorách.

⁴ Dipl.-Wirtsch. Ing. (FH) Heinz Joachim Rehbein, městský inženýr, inženýr-konzultant, Auktor Ingenieur GmbH, Berliner Platz 9, D-97080 Würzburg.



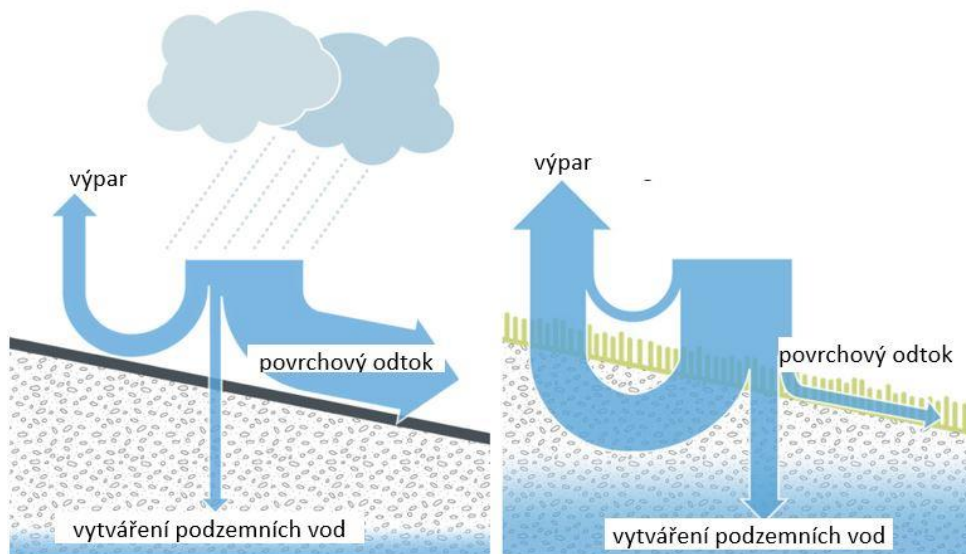
Obr. 1 Celkový počet hodin, v nichž byly v letech 2001 až 2016 překročeny hranice německé meteorologické služby Deutscher Wetterdienst pro výstrahu před přívalovým deštěm; zdroj: Deutscher Wetterdienst

To potvrdily dvě přívalové povodně, které se udály během jediného týdne, 15. a 21. 07. 2021 v Reichenbergu, obci ležící pár kilometrů jižně od Würzburgu.



Obr. 2 Povodeň v Reichenbergu v červenci 2021 [zdroj: Stefan Hemmerich]

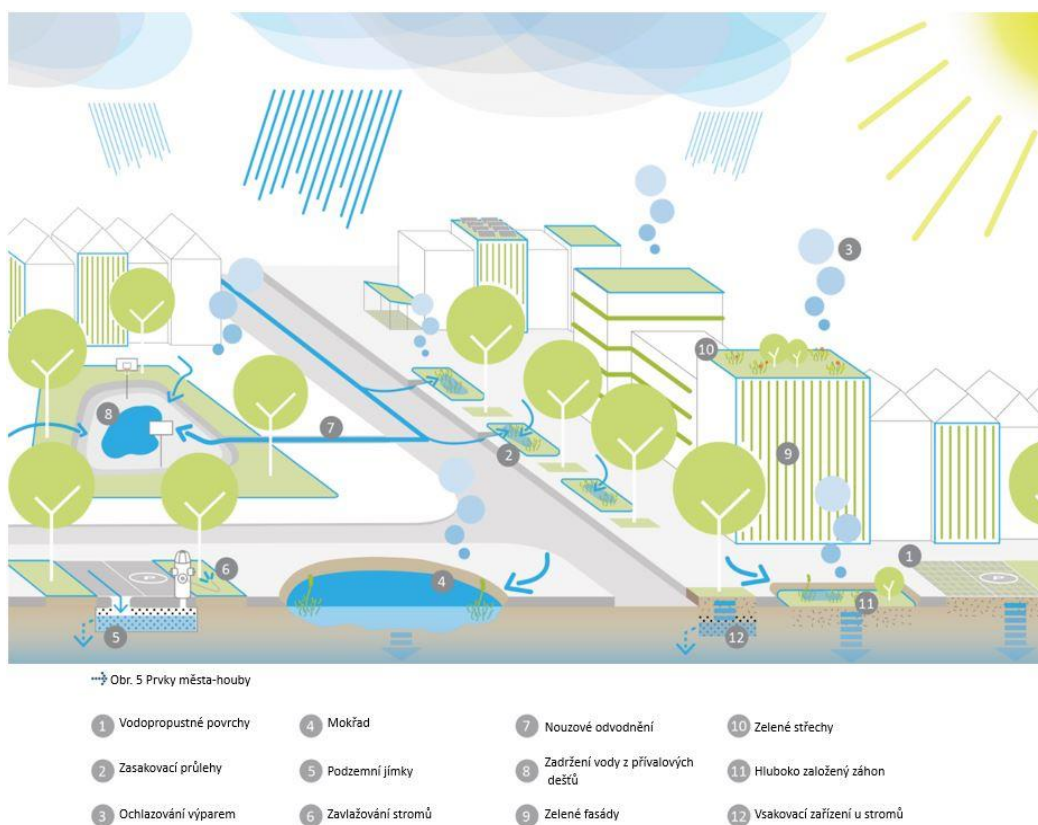
Takovým přívalovým povodním nelze zabránit. Snížení povrchového odtoku však může zásadním způsobem přispět ke zmenšení důsledků.



Obr. 3 Cesty srážek na zpevněném podkladu (vlevo) a na přírodním povrchu (vpravo) [zdroj: Rozvoj sídel s citlivým vodohospodářstvím; Bavorské státní ministerstvo životního prostředí a ochrany spotřebitelů (StMUV) (vydavatel); Mnichov, 29. 10. 2020]

Dalšími důsledky klimatických změn jsou vyšší teploty a nepřerušovaná období veder v létě. I zde jsou nutné profylaktické zákroky. Výpar dešťové vody může v městských oblastech snížit teplotu vzduchu, zadržaná a nakumulovaná dešťová voda může být během horkých období bez srážek k dispozici rostlinám.

Koncepce klimaticky odolného města-houby (anglicky sponge city) zahrnuje několik prvků (viz obr. 4). Jejich kombinace vede k udržitelnému, ekologickému i ekonomickému zlepšení městského klimatu.



Obr. 4 Prvky města-houby [zdroj: Rozvoj sídel s citlivým vodohospodářstvím; Bavorské státní ministerstvo životního prostředí a ochrany spotřebitelů (StMUV) (vydavatel); Mnichov, 29. 10. 2020]

Úhrnem lze cíle koncepce města-houby definovat takto:

- snížení odtoku vody, odlehčení kanalizačního systému;
- eliminace nebo alespoň redukce přívalových povodní;
- adiabatické chlazení, eliminace městský tepelných ostrovů;
- eliminace suchých a vyprahlých ploch;
- zlepšení celkového obrazu města, zvýšení kvality života;
- zachování či zvýšení rozmanitosti druhů a biodiverzity.

Systematika studie

Studie má ukázat, která opatření koncepce klimaticky odolného města-houby lze realizovat v Kürnachu. Protože u nových staveb v oblasti infrastruktury obce se zásady města-houby již uplatňují, znázorňuje studie pouze možná opatření, spočívající v přestavbě. Z ekonomického hlediska se za v zásadě proveditelné považují veškeré akce, jejichž stavební náklady se omezují na zpropustnění ploch (např. odstranění asfaltu) nebo modelace povrchů (např. zasakovací průlehy). Součástí této studie nemají být podzemní vestavby či přestavby, jako jsou např. vsakovací zařízení u stromů nebo podzemní nádrže.



Obr. 5 Ulice v obytné oblasti ze 70. let o šířce 12 m [zdroj: Auktor Ingenieur GmbH]

Za účelem zjištění míst, kde by bylo možno provést zpropustnění povrchu, jsme celou obec prošli. U dopravních komunikací jsme provedli porovnání jejich stávající šířky (viz. obr. 5) a šířky potřebné podle dnešních hledisek (viz obr. 6).



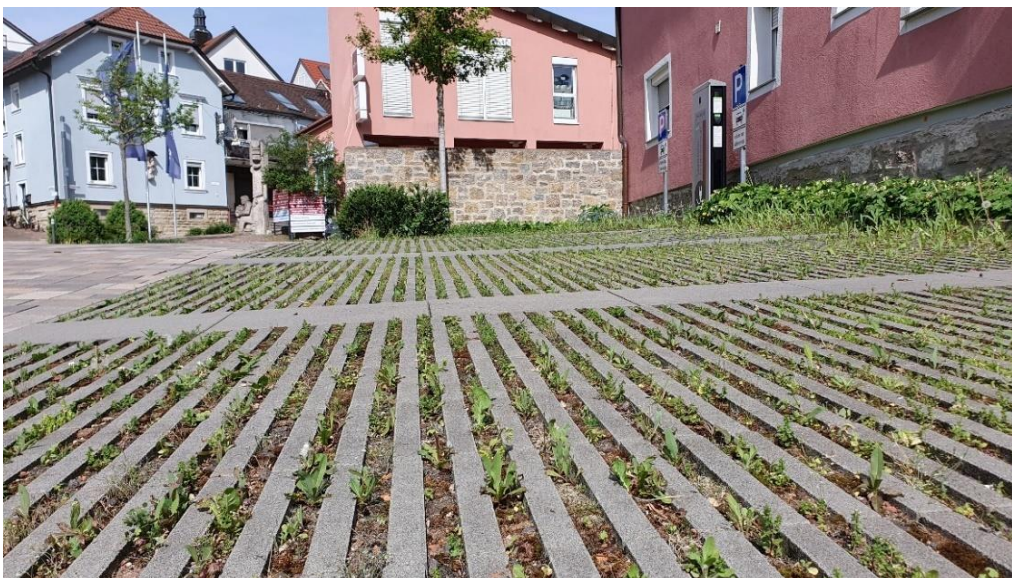
Obr. 6 Ulice v obytné oblasti vytvořená podle koncepce města-houby [zdroj: Auktor Ingenieur GmbH]

Spády v příčném a podélném směru mají vliv na to, zda potenciální zpropustňovaná plocha zachytí pouze srážky, které spadnou přímo na ni, nebo zda lze „zpropustněnou“ plochu zvětšit přítokem ze sousedních dopravních ploch (např. viz *obr. 7*).



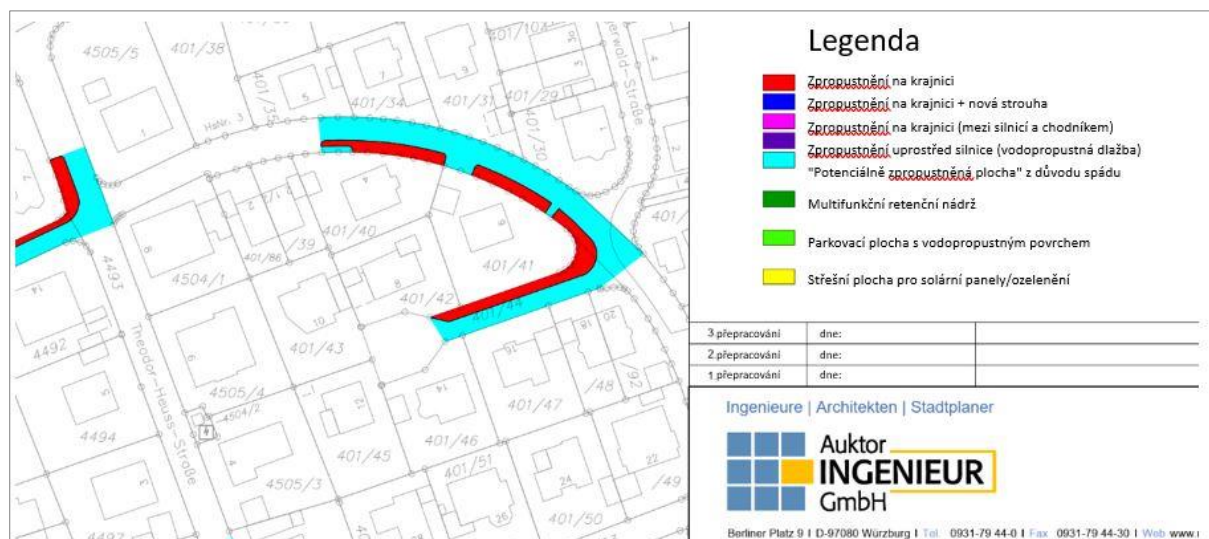
Obr. 7 Obrubník s mezerami pro odvodnění [zdroj: <https://www.lithon.de/stadt-verkehr-industrie/produkte/bordsteine-leitsysteme/hochbordsteine>; vyhledáno dne 11. 05. 2023 ve 13.45 hod.]

Veřejná parkoviště pro osobní automobily se z důvodu nízké intenzity provozu rovněž nabízejí jako plochy vhodné pro zpropustnění.



Obr. 8 Zpropustněné parkovací plochy v centru města Kürnach [zdroj: Auktor Ingenieur GmbH]

U stávajících ploch veřejné zeleně (parky, hřiště) jsme prověřili, zda mohou kromě své původní funkce po snížení terénu v určitých místech (vytvoření prohlubní) sloužit i k retenci dešťové vody. U střešních ploch na veřejných budovách jsme nastínili možnosti ozelenění střech. Pro všechna nalezená a doporučená dílčí opatření jsme odhadli účinnost (zpropustněná plocha) a potřebné náklady.



Obr. 9 Výřez situačního plánu se zakreslenými opatřeními [zdroj: Auktor Ingenieur GmbH]

Z 91 nalezených dílčích opatření je v následující tab. 1 shrnuto 12 nejúčinnějších:

Tab. 1 Přehled 12 nejúčinnějších změn [zdroj: Auktor Ingenieur GmbH]

Pořadí	Ulice	Opatření	Plocha [m ²]	Náklady [€]
1	Am Trieb	Zpropustnění komunikace a parkoviště (zatravnovací dlažba)	1 237	347,000
2	Heilige Wiese	Ozelenění střech (extenzivní)	932	38,000
3	Am Hohen Höllberg	Ozelenění střech (extenzivní)	775	31,000
4	Poststraße	Zpropustnění + průleh	408	72,000
5	Flurstraße	Zpropustnění + ozelenění	391	45,000
6	Rottendorfer Weg	Zpropustnění + ozelenění	306	35,000
7	Am Trieb	Zpropustnění + ozelenění	288	33,000
8	Rottendorfer Weg	Zpropustnění + ozelenění	276	32,000
9	Am Trieb	Zpropustnění + ozelenění	271	31,000
10	Am Güßgraben	Zpropustnění + průleh	257	45,000
11	Am Seelein	Zpropustnění + ozelenění	251	29,000
12	Schwarze Äcker	Multifunkční plocha	234	22,000
Σ			5 626	760,000

Závěr

Studie koncepce klimaticky odolného města-houby našla na ploše města Kürnach:

- 22 719 m² dopravních ploch;
- 1 559 m² parkovacích ploch;
- 1 707 m² střech;
- 234 m² multifunkčních ploch.

Bylo to tedy celkem více než 26 000 m² ploch, z nichž se již srážky nebudou odvádět, ale budou moci být vráceny do přirozeného koloběhu vody. Tyto plochy odpovídají cca 1 % celkové plochy města Kürnach.

Budeme-li u těchto nově získaných zpropustněných ploch předpokládat součinitel odtoku 0,3 – bude to odpovídat při průměrných ročních srážkách 757 mm přibližně 13.800 m³ vsáknuté vody. Protože však tyto zpropustněné plochy také zadržují značný podíl dešťových vod, které jsou tak k dispozici pro výpar, je celkové množství vody, které neodteče, mnohem vyšší.

VPLYV VÝSTAVBY PLÁNOVANEJ PODZEMNEJ ŽELEZNIČNEJ TRATE TEN-T V BRATISLAVE NA PRÚDENIE PODZEMNÝCH VÔD

Andrej Šoltész – Dana Baroková⁵

SK

V rámci zlepšenia dopravnej infraštruktúry mesta Bratislavy sa plánuje s prepojením letiska so železničnou sieťou. Časť trasy železničného prepojenia je navrhovaná pozdĺž Malých Karpát v podzemnom tuneli, ktorý sa má budovať hĺbením zhora pod ochranou pažiacich a tesniacich stien. Nakoľko nepriepustná podzemná stena tunela bude mať vplyv na hladinový a prietokový režim podzemných vôd, v rámci hodnotenia dopadu na životné prostredie bola vykonaná simulácia prúdenia podzemných vôd pomocou trojrozmerného modelu, ktorý je založený na metóde konečných prvkov. V príspevku sú uvedené výsledky analýzy, prognózy a taktiež možnosti regulácie podzemnej vody po realizácii uvedeného železničného prepojenia.

D

Um die Verkehrsinfrastruktur der Stadt Bratislava zu verbessern, soll der Flughafen mit dem Eisenbahnnetz verbunden werden. Die Eisenbahnverbindungsstrecke wird teilweise entlang der Kleinen Karpaten in einem Untertunnel geplant, wobei dieser durch Ausgrabung von oben unter dem Schutz von Rüstungs- und Abdichtungswänden errichtet werden soll. Da die undurchlässige unterirdische Tunnelwand den Grundwasserstand und volumenfluss beeinflusst, wurde anlässlich der Umweltverträglichkeitsprüfung die Grundwasserströmung mithilfe eines auf der Finite-Elemente-Methode basierenden quasi-dreidimensionalen Modells simuliert. Das Referat behandelt die Ergebnisse der Analyse, Prognosen und ebenfalls Möglichkeiten der Grundwasserregulierung nach der Herstellung der Eisenbahnverbindung.

EN

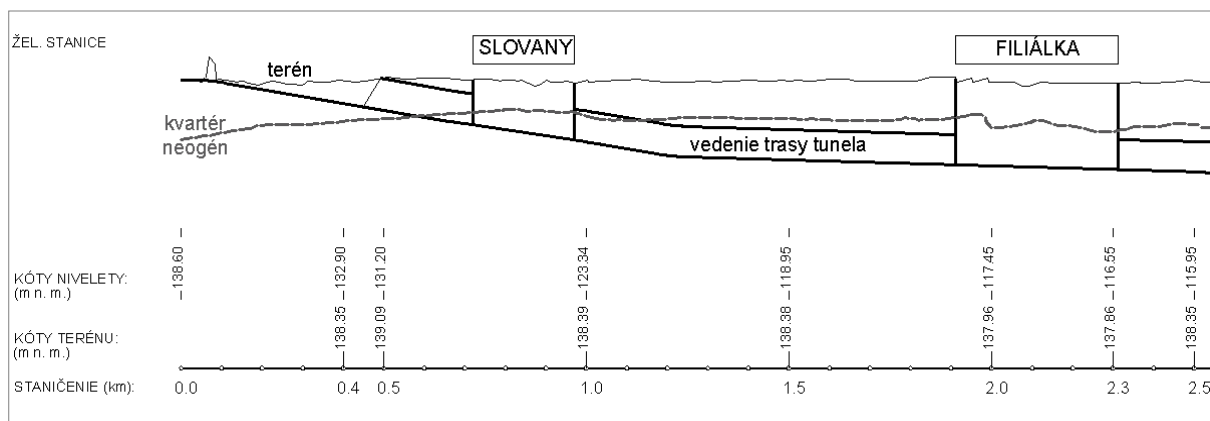
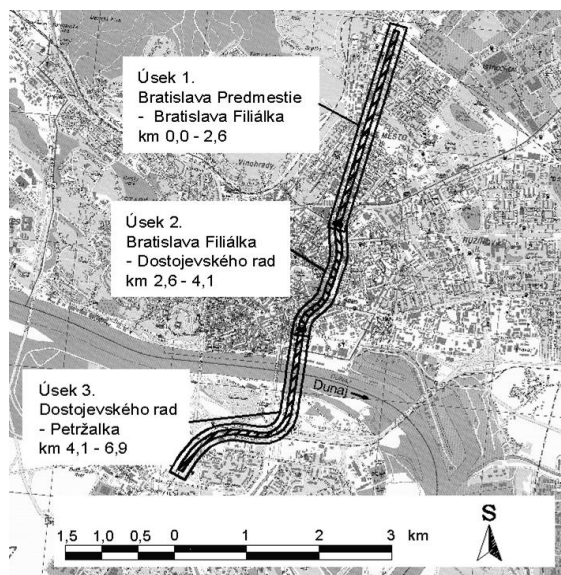
In order to improve the transport infrastructure in Bratislava region the connection between the airport and railway network is planned. One part of it should be built in the underground tunnel along the Carpathian Mountains and it will affect the groundwater flow regime. This was the reason for establishing a 3-D finite element numerical model for evaluating the impact of the railway tunnel on the groundwater level regime as well as for introduction of technical measures to neglect the impacts. Such a model was elaborated and the results have shown the analysis, prognosis as well as possibilities of control of the groundwater regime in the aquifer affected by a railway tunnel construction.

Úvod

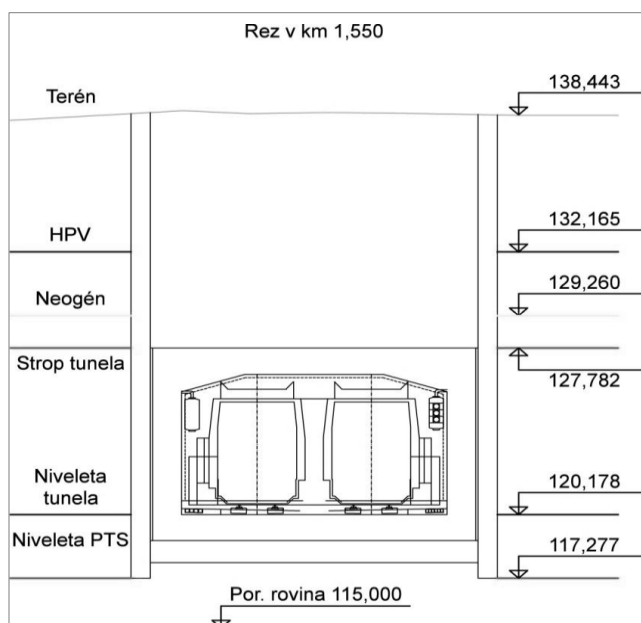
V rámci zlepšenia dopravnej infraštruktúry mesta Bratislavy, ako súčasť železničného koridoru TEN-T, je plánované prepojenie letiska so železničnou sieťou v Bratislave. V úseku železničnej trate Bratislava Predmestie – Bratislava Filiálka a následne so železničnou stanicou Bratislava Petržalka sa bude niveleta trate postupne ponárať pod jestvujúci terén a časť trasy železničného prepojenia je navrhovaná v podzemnom tuneli, ktorý sa má budovať hĺbením zhora pod ochranou pažiacich a tesniacich stien. Od stanice Filiálka sa plánuje s tunelovým vedením (razením) trasy, ktorá bude prechádzať pod korytom Dunaja a na petržalskej strane bude opäť napojená na jestvujúcu železničnú sieť v úrovni terénu.

Vzhľadom k tomu, že uvedený úsek výstavby trasy bude vedený prevažne v zvodnenej vrstve horninového prostredia, bolo potrebné zostaviť numerický model prúdenia podzemných vôd, ktorý by čo najspoľahlivejšie stanovil vplyv výstavby projektovaného železničného tunela na vývoj hladinového režimu podzemných vôd (HPV) v danej oblasti. V prvej (najdôležitejšej) etape riešenia bolo našou úlohou riešiť časť tunelovej trasy v úseku od železničnej stanice Bratislava Predmestie po železničnú stanicu Bratislava Filiálka, ktorý sa má budovať hĺbením zhora (Úsek 1 znázornený na obr.1 [6]). V prípade potreby navrhnúť technické opatrenia, ktoré by minimalizovali negatívny dopad navrhovanej stavby (schematický rez znázornený na obr. 2 [2]) a v neposlednej miere posúdiť účinok týchto protipatrení na hladinový režim i smer prúdenia podzemných vôd.

⁵ prof. Ing. Andrej Šoltész, PhD.; doc. Ing. Dana Baroková, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, katedra hydrotechniky, Radlinského 11, 813 68 Bratislava



Obr.1 Situácia záujmového územia v Bratislave a pozdĺžny profil s vyznačenými úsekmi železničného koridoru TEN-T



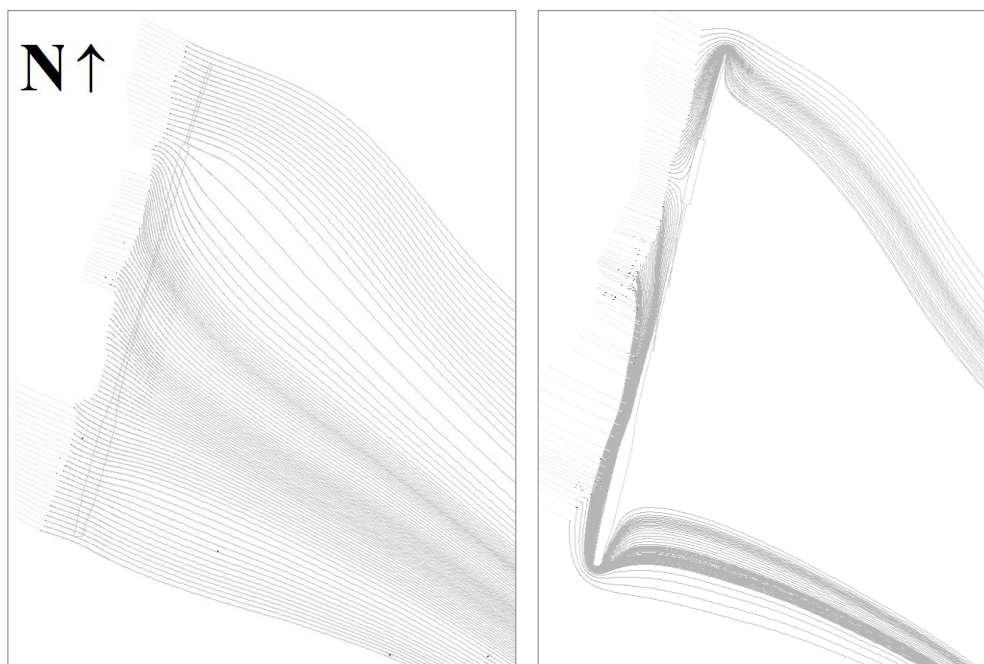
Obr. 2 Schematický rez železničnou traťou

Analýza súčasného stavu – kalibrácia matematického modelu

Výsledky uskutočneného orientačného inžiniersko-geologického prieskumu získané z dostupných archívnych geologických podkladov [10], doplnené poznatkami z realizovaného vrtného a terénneho prieskumu pre projekt TEN-T, ďalej podklady zo Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) [4], archívnych prác Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) [1] a Dopravoprojektu Bratislava a. s. [2], boli spracované a použité pri zdigitalizovaní koeficientu filtrácie, pri určení mapy morfológie terénu (vrstevnicové mapy), rozhrania pokryvných vrstiev, kvartéru a neogénu, hrúbok pokryvných vrstiev, hrúbok zvodnenej vrstvy a polohy bázy kvartéru.

Predmetom skúmania bolo obdobie po dostavbe vodného diela Gabčíkovo, a preto pri spracovaní meteorologických údajov sme sa zamerali na obdobie od začiatku hydrologického roku 1993. Model sme kalibrovali tak na dlhodobý priemer za obdobie 1993–2006, ako aj pre maximálne hladiny podzemnej vody, ktoré sa na danom území vyskytli v apríli roku 2006. Režim HPV v oblasti je vyrovnaný, preto rozdiely medzi priemernou a maximálnou hodnotou HPV je malý, ale napriek tomu bola simulácia vykonaná pre oba stavy. Do modelu vstupuje aj hodnota tzv. efektívnych zrážok, ktoré boli stanovené ako rozdiel zrážkových úhrnov a reálnej evapotranspirácie v území [3], [9]. Zo SHMÚ sme mali k dispozícii vodné stavy na Dunaji, ako aj na toku Račiansky potok. Obdobne sme z SHMÚ získali aj priemerné mesačné odbery, ktoré sme spracovali tak pre dlhodobý priemer 1993–2006, ako aj pre apríl 2006. Na simuláciu prúdenia podzemných vôd sme použili simulačný program TRIWACO [5]. TRIWACO je programový systém na kvázi-trojdimensionálnu simuláciu ustáleného aj neustáleného prúdenia podzemných vôd, založený na metóde konečných prvkov. Pri samotnom modelovaní podzemnej tesniacej steny, boli veľkosti prvkov postupne znižované, aby bol čo najlepšie vystihnutý charakter steny. Sieť tvoria prvky o veľkosti od 2 do 150 m.

Kalibrácia modelu spočívala v nastavení hydraulických a hydrogeologických parametrov horninového prostredia. Týmito parametrami boli hodnoty koeficientu filtrácie, drenážneho a infiltračného odporu dna tokov a prítok zo svahov Malých Karpát na západe a severozápade oblasti. Rozdiely nameraných a vypočítaných hodnôt HPV v blízkosti záujmovej oblasti boli do 0,50 m. Netvrdíme, že tieto rozdiely sú zanedbateľné, ale domnievame sa, že aj vzhľadom na rozptyl medzi maximálnou a minimálnou hladinou podzemnej vody sú tieto hodnoty akceptovateľné. V ďalšej fáze výpočtu sme určili hĺbku HPV pod terénom, ktorá sa v okolí budúcej tesnenej steny stavebnej jamy pohybuje v súčasnosti prevažne od 5 do 7 m. Smer prúdenia podzemných vôd ako aj sklon hladiny podzemnej vody ovplyvňuje sklon terénu a nepriepustného podložia. Na základe modelu bol zistený smer prúdenia podzemných vôd od Malých Karpát smerom na juhovýchod. Je znázornený na obr. 3 [7].

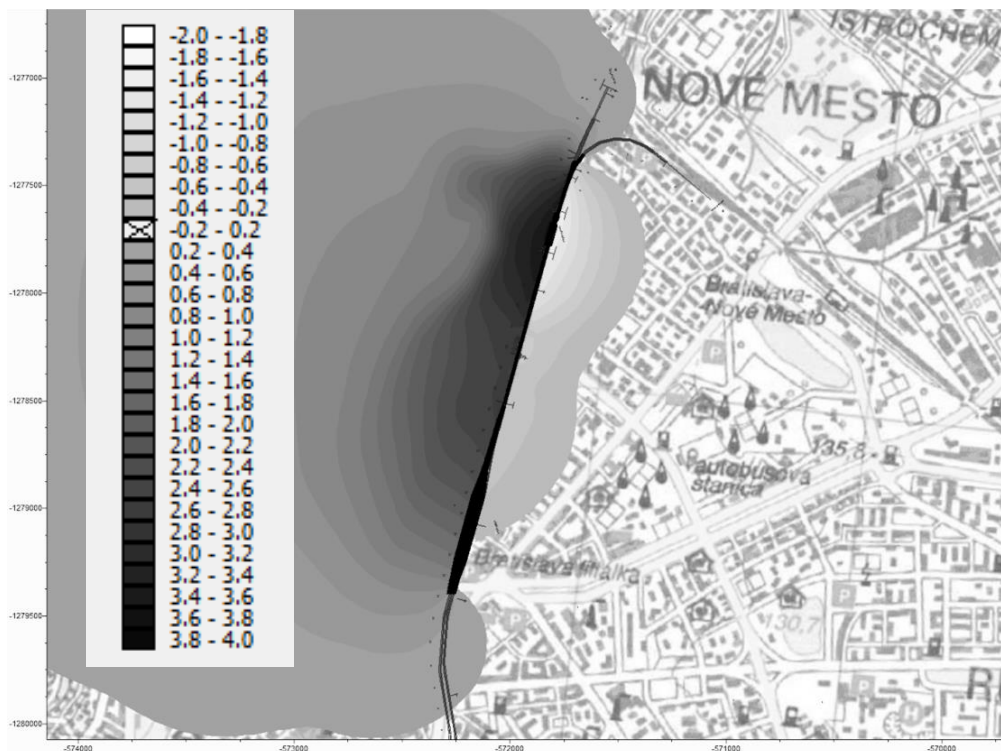


Obr. 3 Detail smeru modelovaného prúdenia podzemnej vody – súčasný stav (JV) (vlevo); prognóza s podzemnou stenou (vpravo)

Prognóza vývoja HPV po realizácii stavebnej jamy

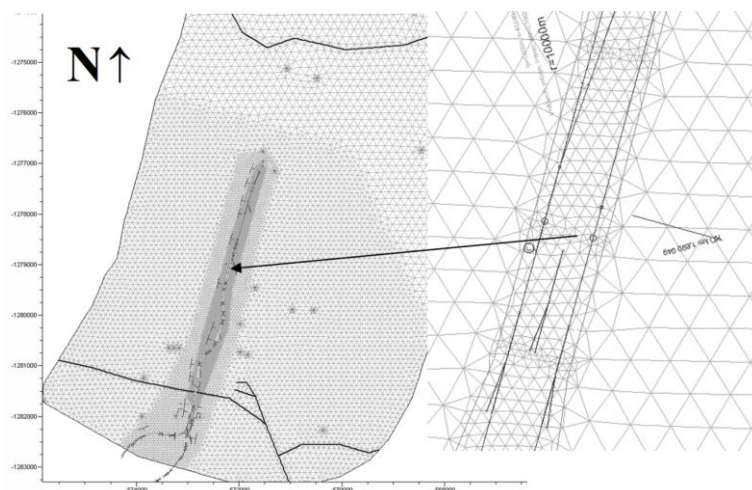
Po kalibrácii a verifikácii modelu sme mohli pristúpiť k ďalšej simulácii. Vzhľadom k tomu, že na danom území sa má vybudovať tesnená stavebná jama dĺžky asi 2 km a šírky 12–60 m, bolo nutné navrhnuť ďalší variant modelu pre nasimulovanie tejto stavebnej jamy. Nakoľko model TRIWACO rieši prúdenie podzemnej vody pórovitým prostredím, stavebnú jamu sme navrhli ako oblasť s veľmi malou hodnotou koeficienta filtrácie – rádovo stotiny až tisíciny m/deň [7], [8].

Z výsledkov simulácie vyplýva, že po vybudovaní stavebnej jamy dôjde v dôsledku vzdutia k obtekaniu nepriepustnej stavebnej jamy (obr. 3). Pomocou modelu sme zistili, že vzdutie spôsobené výstavbou trate sa bude pohybovať západne od stavebnej jamy až do 2,4 m a zníženie východne od stavebnej jamy bude do 0,60 m (obr. 4).



Obr. 4 Predpokladané zmeny hladinového režimu podzemných vôd oproti súčasnosti

Pri modelovaní prúdenia podzemnej vody bolo potrebné realizovať postupné zjemňovanie výpočtovej siete konečných prvkov smerom k nepriepustnej stene pozdĺž stavebnej jamy. Je znázornené na obr. 5.



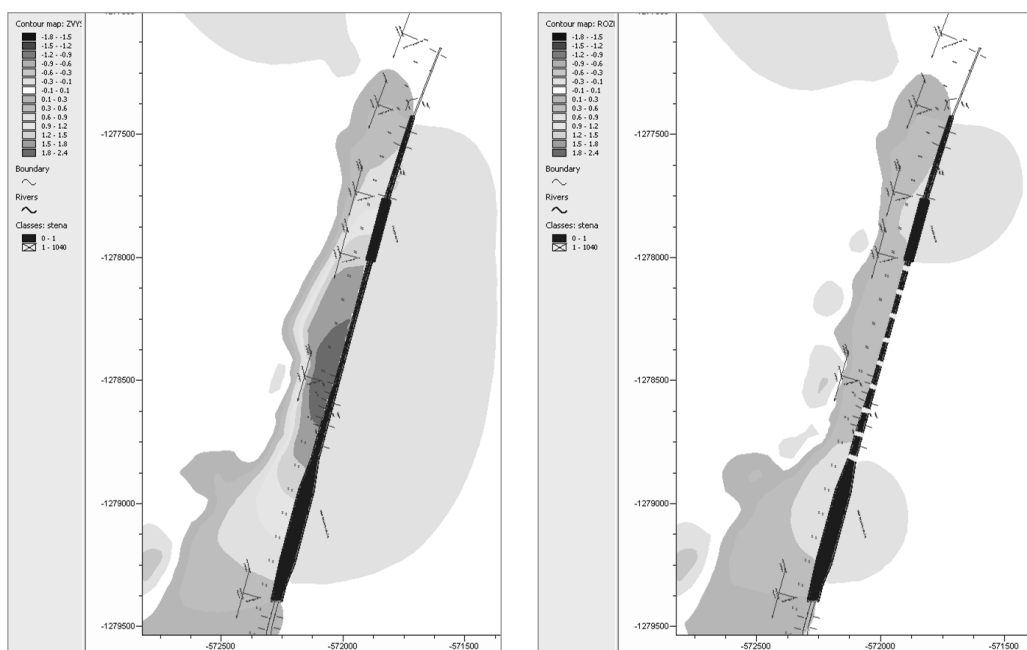
Obr. 5 Znáznornenie postupného zjemňovania výpočtovej siete konečných prvkov [7]

Návrh regulačných opatrení

Po simulácii PTS a jej vplyvu na HPV bolo navrhnutých niekoľko alternatív riešenia na zmiernenie negatívneho vplyvu stavby. Cieľom modelového riešenia bol taký návrh, aby HPV bola minimálne 2 m pod terénom. Jednou z riešených alternatív bolo prevedenie vody pomocou koridorov (otvorov o priemere 2 m) ponad stavbu. Tieto „otvory“ v stenách stavebnej jamy (ďalej otvory), boli modelovo umiestnené v úsekoch, kde by to bolo realizovateľné. Poloha otvorov mala byť mimo úsekov, kde je plánovaná železničná stanica, nakoľko ich realizácia v tomto mieste by mohla byť zložitá. Riešenie jednej z alternatív teda spočívalo v dvoch variantoch [7], [8]:

- 5 otvorov vzdialených po 180 m;
- 9 otvorov vzdialených po 100 m.

Uvažovalo sa aj nad inými alternatívami prevedenia vody zo SZ na JV stranu PTS. Návrh prevedenia podzemnej vody popod stavbu, sa hneď na začiatku rozhodovacieho procesu zamietol. Rovnako aj možnosť využitia funkcie násosky sa zamietla zo stola, pretože výškové umiestnenie stropu železničného prepojenia neumožňuje jej automatickú funkciu.



Obr. 6 Predpokladané zvýšenie HPV oproti súčasnosti (m) za predpokladu realizácie podzemnej steny (vľavo) a za predpokladu vytvorenia otvorov v stene (vpravo)

Záver

Riešenie ukázalo, že po výstavbe tunela dôjde k zvýšeniu HPV severne od trasy železničného koridoru o 1,5–2,4 m. Toto vzduťie je možné eliminovať návrhom „otvorov“ v tesniacej stene, ktoré navrhujeme umiestniť v miestach, kde je to realizovateľné, resp. realizované modelom [8]. Riešenie sme vykonali v dvoch variantoch, a to 5 otvorov vzdialených po 180 m alebo 9 otvorov vzdialených 100 m (obr. 6). Zníženie 9 otvormi v porovnaní s 5 otvormi nie je výrazné, ale vybudovanie väčšieho počtu otvorov je v prospech bezpečnosti. Výsledky modelovania preukázali, že týmto návrhom by sa podarilo znížiť hladinu o 1,3–1,6 m oproti stavu s tesniacou stenou a zvýšenie hladiny podzemnej vody po realizácii týchto opatrení oproti súčasnosti sa bude pohybovať v rozpätí len 0,4–0,7 m, t.j. 5,7–6 m pod terénom, čo je podľa nášho názoru akceptovateľný stav.

Pod'akovanie

Článok vznikol na základe podpory projektu VEGA 1/0728/21 Analýza a prognóza vplyvu stavebnej činnosti na podzemné vody v urbanizovanom území riešeného na Katedre hydrotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave a projektu APVV-19-0383 Prírodné a technické opatrenia zamerané na retenciu vody v podhorských povodiach Slovenska.

Literatúra

- [1] Archívne práce odboru Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava.
- [2] Longa, J, Kačo, I., Martinková, D., Knažická, M., Marko, J., Némethyová, S., Barbušová, E., Machlica, J., Hamza (2007b): Štúdia prepojenia železničného koridoru TEN–T s letiskom a železničnou sieťou v Bratislave, ŽSR, Bratislava – Železničné zapojenie Letiska M. R. Štefánika, 3. etapa, Dopravoprojekt, a. s, Bratislava, 2007, 65 s.
- [3] Malík, P. (2007): Stanovenie okrajových podmienok modelového územia pre projekt TEN-T Bratislava. Manuskript – dáta vo formáte *.shp a *.xls, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- [4] Podkladové materiály SHMÚ, VÚVH, Dopravoprojekt Bratislava.
- [5] Royal Haskoning (2004): Triwaco groundwater modelling software, Triwaco User's Manual, Haskoning Netherlands BV, Netherlands 2004, s. 322.
- [6] Škvarka, J. – Kupka, Š. – Takáčová, M. – Šíkula, G. (2007): Štúdia prepojenia železničného koridoru TEN-T s letiskom a železničnou sieťou v Bratislave, Záverečná správa z orientačného inžiniersko-geologic kého prieskumu, EKOGEOS Zakladanie spol. s r.o., Bratislava, 129 s.
- [7] Šoltész, A. – Baroková, D. (2007): Modelové riešenie vplyvu trasy prepojenia železničného koridoru TEN-T na prúdenie a režim podzemných vôd v úseku žel. st. Bratislava Predmestie – žel. st. Bratislava Filiálka, Záverečná správa pre „Štúdiu prepojenia železničného koridoru TEN-T s letiskom a železničnou sieťou v Bratislave“, KHTE SvF STU, Bratislava, 65 s.
- [8] Šoltész, A., Baroková, D. (2008): Modelové riešenie vplyvu trasy železničného koridoru TEN–T na režim prúdenia podzemných vôd v úseku Dunaj – súbeh so železničnou traťou Petržalka. Čiastkové riešenie pre "Štúdiu prepojenia železničného koridoru TEN–T s letiskom a železničnou sieťou v Bratislave". Bratislava, SvFSTU v Bratislave, 2008, 54 s.
- [9] Švasta, J. – Malík, P. (2006): Priestorové rozloženie priemerných efektívnych zrážok na území Slovenska. Podzemná voda XII. / 2006 č. 1, Slovenská asociácia hydrogeológov, ISSN 1335-1052, Bratislava, str. 12–20.

MĚSTSKÉ KLIMATICKÉ OSTRŮVKY JAKO ÚSTŘEDNÍ PRVEK UDRŽITELNÉHO PŘÍZPUSOBENÍ SE KLIMATICKÝM ZMĚNÁM

Michael Probst⁶

CZ

Prizpůsobení se klimatickým změnám je velkým úkolem při vytváření infrastruktury budoucnosti. Právě v centrech našich měst mají velké nepropustné plochy nepříznivé dopady na kvalitu života, např. v důsledku přehřívání nebo zátop při přívalových deštích. Pro zachování kvality života v centrech měst je nutné nové pojetí hospodaření s vodou ve městech. Základním cílem je obnovení, pokud možno přirozeného rozdělení, na tyto komponenty: povrchový odtok, bilance půdní vody a tvorba podzemní vody.

Myšlenka města jako houby, která zachycuje dešťovou vodu, není nijak nová, v praxi však často chybí celostní definice cíle. Různí aktéři, např. komunální úřady odpovědné za péči o zeleň nebo městské kanalizační podniky se při tvorbě modrozelené infrastruktury zaměřují na své úkoly, tedy např. na optimalizaci poměrů stavenišť pouličních stromů nebo na dimenzování kanalizačních zařízení v souladu s normami. To sice vede k řešení jednotlivých aspektů, avšak bez optimálního využití potenciálů komplexně promyšlené modrozelené infrastruktury.

Optimalizace zeleně ve smyslu efektivního ukládání srážek a optimalizace jejího odpařovacího a ochlazovacího účinku s ohledem na požadavky vegetace lze dosáhnout buď při zachování dosavadního uspořádání a druhů stromů nebo podstatnou změnou způsobu myšlení a vytváření zeleně v podobě klimatických ostrůvků.

Přednáška se při tom zaměřuje na myšlenku klimatických ostrůvků, které při minimálních technických nárocích mají maximální účinek ve smyslu výše uvedených cílů. Které člověku poskytnou kvalitní pobyt a zároveň mohou představovat hotspots biodiverzity. Navzdory těmto přednostem realizace často ztroskotá na myšlení jednotlivých aktérů, zaměřeném pouze na vlastní obor činnosti.

D

Der Klimawandelanpassung ist die große Aufgabe der Gestaltung der Infrastruktur der Zukunft. Gerade in unseren Innenstädten wirkt sich die flächige Versiegelung nachteilig, z.B. durch Überhitzung und Überflutung bei Starkregenereignisse, auf die Lebensqualität aus. Um die Lebensqualität in den Innenstädten zu erhalten, muss der urbane Wasserhaushalt neu gedacht werden. Grundsätzliches Ziel ist die Wiederherstellung einer möglichst natürlichen Verteilung auf die Komponenten Oberflächenabfluss, Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung.

Der Gedanke der Schwammstadt ist keinesfalls neu, in der Praxis fehlt aber oft eine gesamtheitliche Zieldefinition. Verschiedene Akteure wie z.B. die Grünflächenämter oder die Stadtentwässerungsbetriebe fokussieren bei der Gestaltung der grün-blauen Infrastruktur auf die jeweils vertretenen Aufgaben, also z.B. die Optimierung der Standortverhältnisse von Straßenbäumen oder die regelwerkskonforme Dimensionierung von Entwässerungsanlagen. Damit werden zwar einzelne Aspekte gelöst, aber die Potenziale einer gesamtheitlich gedachten grün-blauen Infrastruktur nicht optimal genutzt.

Die Optimierung der Grünanlagen hinsichtlich einer effektiven Speicherung der Niederschläge und ihrer Verdunstungs- und Kühlwirkung unter Berücksichtigung der Anforderungen der Vegetation kann sowohl unter Beibehalt der bisherigen Gestaltung der Grünanlagen in Baumarten und Anordnung oder durch ein völliges Umdenken der Gestaltung von Grünanlagen als Klimainseln erreicht werden.

Der Vortrag fokussiert dabei auf den Gedanken der Klimainseln, die mit einem Minimum an Technik eine maximale Wirkung auf die o.g. Ziele entfalten, Aufenthaltsqualität für den Menschen bieten und gleichzeitig Hotspots der Biodiversität darstellen können. Trotz dieser Vorteile scheitert ihre Realisierung oft an dem sektoralen Denken der zuständigen Akteure.

⁶ Dr.-Ing. Michael Probst, Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Niederlassung Speyer, Diakonissenstrasse 29, 67346 Speyer

1 Úvod

Při navrhování městské infrastruktury bude velmi důležité přizpůsobit návrh klimatickým změnám. Právě v centrech našich měst mají rozsáhlé plochy s nepropustným povrchem negativní vliv na kvalitu života. Důležitými aspekty jsou při tom přehřívání a drastická změna vodní bilance směrem k vyššímu povrchovému odtoku, a to zejména při přívalových deštích. Pro zachování dobré kvality života v městských centrech je nutné přehodnotit hospodaření s vodou ve městě. Základním cílem je obnovení co nejpřirozenějšího rozložení těchto tří složek: povrchový odtok, vodní bilance půdy, resp. obnova podzemní vody a výpar. Tento cíl byl v Německu kodifikován v roce 2022 v novém souboru technických předpisů (DWA-M 102-4 v kontextu předpisu DWA-A 102).

Myšlenka města-houby (sponge city) při tom není nová, ale v praxi často chybí společná definice cíle. Při navrhování modrozelené infrastruktury se různí aktéři, např. komunální odbory péče o zeleň nebo vodárny a kanalizace silně zaměřují na úkoly a předpisy ze svého oboru. To sice přinese řešení jednotlivých aspektů, avšak využití potenciálu celostně pojaté modrozelené infrastruktury není optimální.

Optimalizace ploch zeleně vzhledem k efektivní akumulaci srážek a využití jejich výparného a ochlazovacího účinku s přihlédnutím k požadavkům vegetace lze dosáhnout jak zachováním dosavadních zásad navrhování (typické městské dřeviny jako samostatné stromy ve výsadbových jámách nebo stromových příkopech), tak úplnou změnou myšlení při navrhování zeleně v podobě klimatických ostrovů.

Tento článek se zaměřuje na myšlenku klimatických ostrovů, které dokážou v maximální míře ovlivnit výše uvedené cíle, lidem nabízejí kvalitní pobyt a současně je lze integrovat do úvah o propojování biotopů jako hotspotsy biodiverzity.

2 Vodní bilance

2.1 Definice cíle

V časové řadě od roku 1961 do roku 1990 byl dlouhodobý průměr přirozené vodní bilance v Německu následující [2]:

srážky:	cca 859 mm/rok
výpar:	cca 532 mm/rok, odpovídá 62 % srážek
povrchový odtok:	cca 192 mm/rok, odpovídá 22 % srážek
tvorba podzemních vod:	cca 135 mm/rok, odpovídá 16 % srážek

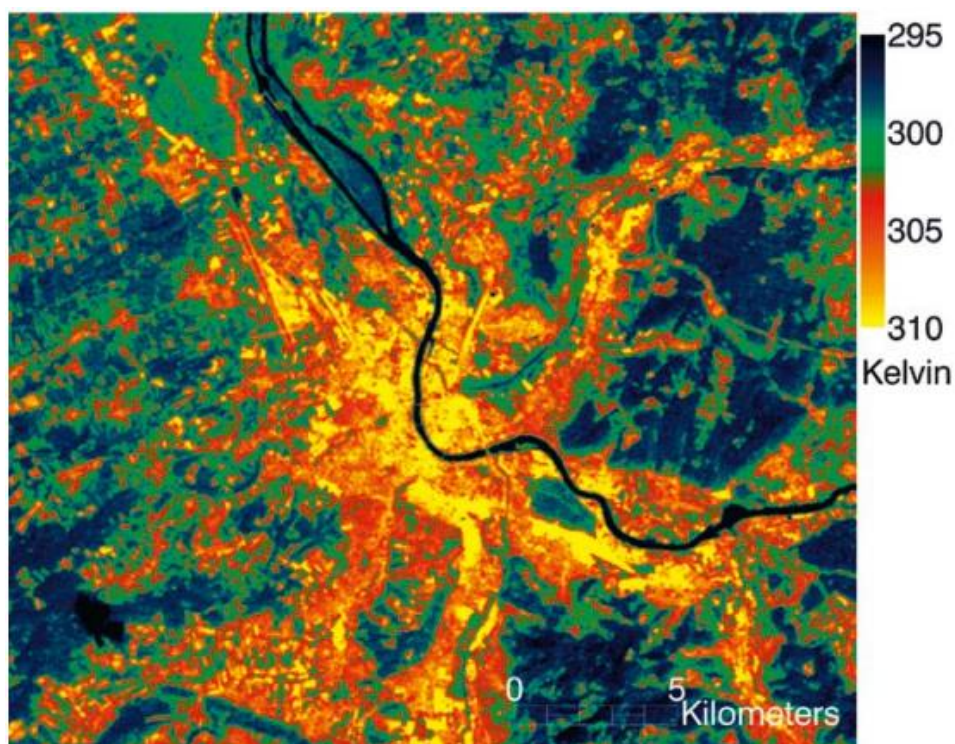
Výpar je zdaleka nejdůležitější složkou vodní bilance na straně ztrát. Zvláště důležité jsou dvě dílčí složky výparu:

- intercepce, tj. ztráty smáčením povrchů:
cca 16 % výparu [3], což odpovídá 10 % celkového objemu srážek
- transpirace vegetací, tj. vlastní odpar vody z vegetace;
cca 73 % výparu [3], což odpovídá 45 % celkového objemu srážek.

V centrech našich měst, jejichž povrch je často téměř zcela nepropustný, jsou transpirace a tvorba podzemních vod drasticky sníženy, často téměř na nulu. Vzhledem k tomu tam podíl povrchového odtoku často přesahuje hodnotu 80 %.

Nedostatečná transpirace však také znamená absenci s ní spojeného chladicího efektu. V kombinaci s ohříváním ploch s nepropustným povrchem se v létě v centrech měst tvoří takzvané tepelné ostrovy (*Obr. 1, z [1]*). Jsou zde jasně vidět teplotní rozdíly mezi vodními a lesními plochami na jedné straně a velmi nepropustnými oblastmi měst na straně druhé, přičemž rozdíl teplot činí až 15 K.

Změny rozložení srážek a teplot vzduchu, způsobené změnou klimatu, mají tendenci vést k vyšším podílům výparu a povrchového odtoku a ke sníženímu doplňování podzemních vod. Prognóza těchto změn a hodnocení s tím souvisejících vlivů na životní prostředí jsou z důvodu složitých závislostí předmětem rozsáhlého šetření. Jako příklad pro oblast jižního Německa lze uvést projekt KLIWA (www.kliwa.de).



Obr. 1 Městské tepelné ostrovy na příkladu Basileje 12. 08. 2000 v 11 hod. 07 min., zdroj: [1]

Komplexní myšlení při navrhování modrozelené infrastruktury tedy znamená vzít v úvahu všechny účinky nových systémů. Základní myšlenkou při tom v zásadě je dostat pro rámcové podmínky, které se v důsledku klimatické změny změnily, alespoň výpar a doplňování podzemních vod na dřívější hodnoty. Tak by bylo možno pro nové podmínky, dané klimatickou změnou, v ideálním případě kompenzovat nebo alespoň zmírnit negativní změny týkající se ochlazovacího efektu a situace podzemních vod. V centrech měst se zdá nejrozumnější použít pro dosažení těchto cílů jako regulovanou veličinu povrchový odtok.

Jádrem možných řešení jsou metody akumulace a cíleného odpařování / vsakování srážek. Definované zasakování je při tom z technického hlediska velmi snadno proveditelné. Následující úvahy se proto zaměřují na maximalizaci efektu odpařování.

2.2 Možnosti maximalizace odpařování

Ve většině sídelních oblastí jsou hladiny podzemní vody tak hluboko pod úrovní terénu, že kapilární vztlínání z vodonosné vrstvy do kořenové vrstvy půdy lze vyloučit nebo alespoň zanedbat. Pro výpar v sídelních oblastech je tedy relevantní pouze vodní bilance půdy.

Množství vody dostupné rostlinám ze zásob vody v půdě závisí na příslušné půdě a na vegetaci/hloubce kořenů. Pro travní porosty a zemědělskou půdu je obvyklá hloubka kořenů cca 0,5 m, pro lesy až 3 m. Tab. 1 ukazuje množství vody, které se naakumuluje v kořenové vrstvě půdy na ploše 10 000 m² pro 3 různé typy půd s využitelnou polní kapacitou (n_{FK}) 100, 150 a 200 mm/m a využitím jako louka/orná půda, les a smíšené využití. To poskytuje první představu o množství vody, které může být uloženo v zásobárně půdní vlhkosti v přirozeném/nezastavěném stavu na 10.000 m² plochy, a může tedy být v podstatě uvolněno výparem. Při tom není ještě vůbec zohledněna voda, která spadne v letních měsících a vede alespoň k částečnému doplnění zásoby vody v půdě. Protože podíl letních srážek na ročních srážkách se v různých letech velmi liší, nelze v tomto ohledu učinit žádné obecné konstatování. Zpravidla však bude reálné navýšení o 50 až 100 %. Podle toho se v typické kulturní krajině může v závislosti na využití půdy a půdních poměrech odpařit ze zásobárny půdní vlhkosti 1 200 a 3 200 m³ vody na 10 000 m². Změna klimatu již v tomto okamžiku výrazně změnila délku vegetačního období (tzv. fenologie): v důsledku delšího vegetačního období se dále zvyšuje i potřeba vody, a tím i množství vody, které je k dispozici po výpar, a dosažitelný chladicí efekt [4].

Tab. 1 Objem vody v zásobárně půdní vlhkosti pro různé typy půd a různé druhy využití půdy

Využití	Hloubka kořenů [m]	Využitelná polní kapacita v kořenové vrstvě [mm/m]			Objem vody v zásobárně půdní vlhkosti [m ³ /10 000 m ²]		
		n_{FK} 100 mm/m	n_{FK} 150 mm/m	n_{FK} 200 mm/m	n_{FK} 100 mm/m	n_{FK} 150 mm/m	n_{FK} 200 mm/m
louky / orná půda	0,5	50	75	100	500	750	1 000
lesy	2,5	250	375	500	2 500	3 750	5.000
smíšené 85 % louky / 15 % les					800	1 200	1 600
s korekcí 50 % z důvodu zanedbaných letních srážek					1 200	1 800	2 400
s korekcí 100 % z důvodu zanedbaných letních srážek					1 600	2 400	3 200

V důsledku zástavby a s ní souvisejících změn užívání musí být toto množství vody v městském prostředí obhospodařováno/docíleno na značně zmenšené ploše s efektivním odpařováním.

Z důvodu současné energetické politiky jsou střešní plochy v Německu stále častěji vyhrazeny pro fotovoltaické systémy. Zelené střechy, které mají výrazně přispívat k výparu i během delších období sucha, vyžadují vysokou vrstvu substrátu a/nebo intenzivní závlahu. Obojí vede k dodatečnému zatížení, které má negativní dopad na stavební náklady. Alternativně lze rezervoáry vody umístit i v úrovni terénu, s tím jsou však spojeny odpovídající náklady na energie spotřebované při zavlažování. Zelené střechy zde proto nebudeme dále uvažovat, těžištěm je pozemní vegetace, a to i v případě zelených fasád. Možnost využití šedé vody k zavlažování zde rovněž neuvažujeme.

Pro dosažení požadovaného odpařovacího efektu tak zůstávají v podstatě zelené a příp. vodní plochy a systémy umožňující hospodaření s dešťovou vodou.

Pro návrh ploch zeleně uvnitř měst je podle hrubé bilance z tabulky 1 vidět, že lesy nebo lesní struktury založené na půdách s dostatečnou akumulací kapacitou dokážou akumulovat přibližně pětinašobné množství vody ve srovnání s ornou půdou a travnatými plochami. Zatímco založením travnatých ploch ve městě se nedosáhne významného zvýšení výparného efektu, mnoho stromových lokalit nebo malých lesů (tiny forests) dosáhne zhruba vyrovnané vodní bilance na cca 20 % plochy, která byla dříve využívána jako orná půda nebo travnatá plocha. S tak vysokými podíly stromů či lesů se však zpravidla nepočítá, a to ani v případě ambiciózního sídelního rozvoje.

To vyvolává otázku, jak lze výparný efekt stromových lokalit dále optimalizovat. V první řadě je důležité se podívat na přirozený systém půda-rostlina-atmosféra ve zjednodušené podobě. Rezervoár půdní vlhkosti je zpravidla na konci zimních měsíců naplněný. Se začátkem vegetačního období začíná transpirace rostlin. Když nejsou žádné srážky, rezervoár půdní vlhkosti se transpirací vyprazdňuje, uprostřed léta se tak odpaří denně 6, resp. 12 l/m² (travnatá plocha, resp. les). Pokud počítáme s tímto maximálním výparem (potenciální výpar), odpaří travnaté plochy vodu, která je k dispozici pro rostliny, za jeden až dva týdny, u lesů trvá stejný proces matematicky tři až šest týdnů. Ve skutečnosti vegetace reaguje na postupné vyprazdňování zásob půdní vlhkosti a snižuje odpařování uzavřením průduchových otvorů sloužících k transpiraci. Při snížené zásobě půdní vlhkosti se tak výpar snižuje. Skutečné nebo aktuální odpařování pak již nedosahuje hodnoty maximálního/potenciálního odpařování. Podle [5] dosahují lesy při aktuální půdní vlhkosti kolem 20 % již jen asi poloviny potenciálního výparu, při 35 % půdní vlhkosti je to ještě 75 % potenciálního výparu a při 60 % půdní vlhkosti tato hodnota dosahuje ještě 90 % potenciálního výparu. V minulých letech byla v Německu extrémně dlouhá letní období bez srážek, což vedlo k úplnému vyprázdňování zásob půdní vlhkosti i ve staletých stromových porostech. Nehledě na ekologické a ekonomické škody a masivní riziko lesních požárů tak chybí i naléhavě potřebný chladič efekt. Pro maximalizaci výparného a ochlazovacího efektu vegetace je proto důležité udržovat zásobu půdní vlhkosti na stanovištích stromů trvale nad 60 % maximální půdní vlhkosti.

Vzhledem k tomu, že letní období sucha jsou stále delší a srážky mají často charakter přívalových dešťů, je to možné pouze při využití upravené formy modrozelené infrastruktury.

3 Stavební kameny klimaticky odolné modrozelené infrastruktury

Pro dosažení cíle „maximalizace odpařovacího a chladicího efektu ploch zeleně uvnitř měst“ jsou zapotřebí buď velkoobjemové zásobníky/cisterny se zavlažováním podle potřeby, nebo vegetace umístěná přímo v zásobních prvcích. Letní srážky zpravidla nezajistí dostatečnou závlahu. To znamená, že je třeba dočasně „uskladnit“ alespoň část zimních srážek.

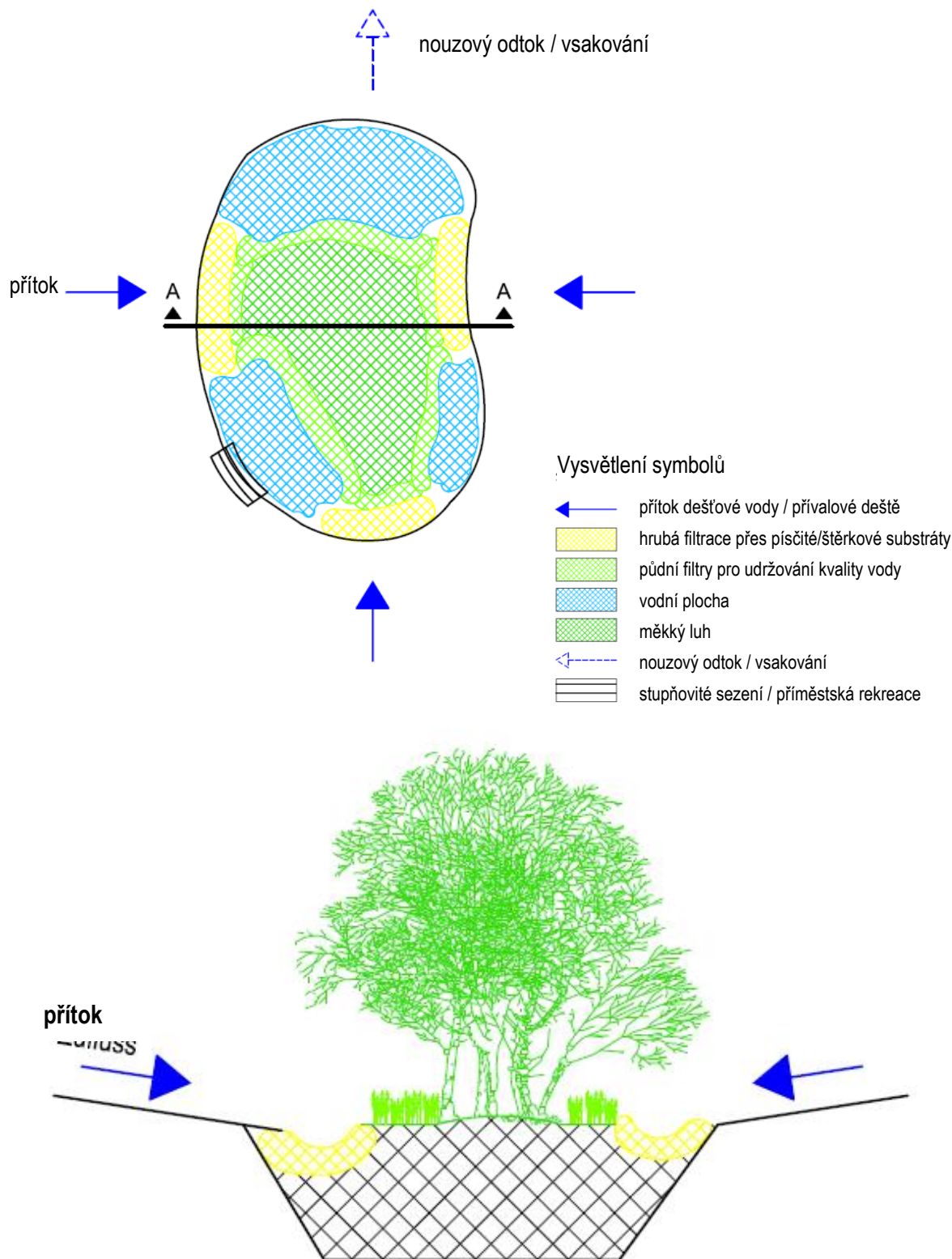
Městské stromy, které jsou běžné v Evropě, nesnášejí delší nahromadění vody v prostoru kořenů. Také přívod vody přes stromový rošt je často hodnocen kriticky, protože sedimenty obsažené ve vodě s sebou nesou riziko kolmace/zanesení bahnem s nepříznivými účinky na provzdušňování kořenové oblasti, a navíc se tím podporuje tvorba kořenů v blízkosti povrchu země. Pro zásobování vodou se proto např. ve stromových příkopech podle Stockholmského modelu navrhuje šachtové konstrukce a vrstvy pro rozložení vody. Aby se zabránilo dlouhodobému nahromadění vody v kořenové oblasti, dává se do prostoru pod obvyklou hloubkou kořenů zpravidla drenáž. Tím je však akumulací efekt stromového příkopu omezen na rozdíl mezi aktuální a maximální půdní vlhkostí v substrátu stromu. Pokud se konvenční stromové substráty ještě smíchají s hrubým opěrným zrnem, aby se zabránilo zhutnění např. kvůli vibracím způsobeným dopravou, akumulací efekt se dále sníží. To tedy k dosažení výše uvedeného cíle v delších obdobích bez srážek nevede. Aby bylo zajištěno lepší zásobování stromu vodou, jsou někdy pod úrovní drenáže nebo po straně stromového substrátu umísťovány utěsněné zásobníky, z nichž se stanoviště stromu po dávkách zavlažuje (např. s použitím zábran pro přerušování kapilarity). Zásobníky umístěné pod stromovým substrátem jsou drahé kvůli požadované hloubce umístění. Zásobníky umístěné po straně musí být po dobu bez výparu vypuštěny, jinak způsobí v zimních měsících, kdy k výparu nedochází, částečné zamokření v kořenové oblasti, což může vést k poškození vitality stromu. Z uvedených důvodů vyžadují stromové příkopy pro dosažení maximálního odpařovacího a chladicího účinku zavlažování podle potřeby z dostatečně velkých zásobníků. To znamená, že jsou v podstatě srovnatelné s klasickými stanovišti stromů. To má mimo to tu výhodu, že lze přívod vody regulovat podle transpiračních nároků / stáří stromu.

Potřebné nádrže na vodu mohou být uspořádány buď decentralizovaně podél hlavních průtokových drah, nebo centrálně v prohlubních terénu. Pro tyto nádrže platí následující požadavky:

- Konstrukce pro přivádění vody do nádrže musí být dostatečně výkonné, aby zvládly i silné deště. Současně musí probíhat hrubá filtrace dešťové vody, aby se do nádrží nedostaly žádné odpadní látky nebo sedimenty, a voda tak mohla být využita k zavlažování. Pro tento účel jsou ideální vsakovací průlehy s písčítým/štěrkovým substrátem, které mají pouze ruderní porost, ale dostatečnou filtrační kapacitu. Tento technický prvek se snadno udržuje a přispívá ke zvýšení biodiverzity. Průlehy běžné v Německu (travnaté dolíky s živými mikroorganismy a drobnými živočichy v horní vrstvě půdy) vyžadují pro zvládnutí silných dešťů příliš velké plochy.
- Pro dosažení dobré kvality naakumulované vody se osvědčilo opakované čištění filtrací, např. půdní filtry osázené rostlinami. Přimícháním hydroxidu železitého do filtračního substrátu lze zároveň zabránit tvorbě řas na otevřených vodních plochách, protože tato látka zachycuje fosfor, který je důležitou živinou pro rostliny a řasy. To znamená, že tyto nádrže mohou být koncipovány jako podzemní i pozemní, např. jako stojatá voda. Plochy půdního filtru zarostlé rákosou a orobincem jsou rovněž zavodněnými plochami a stejně jako lesní lokality významně přispívají k odpařování a ochlazení. U opatření, která již byla realizována, lze doložit výpar až 12 mm/m²/d. Protože dopravní výšky mezi nádrží a čistícím prvkem jsou velmi malé, je k tomu zapotřebí pouze malé množství energie, které lze snadno pokrýt solárními systémy. Také tento technický prvek se tedy snadno udržuje (provozní zkušenosti ze srovnatelných systémů jsou k dispozici) a tvoří další komponentu pro zvýšení biologické rozmanitosti.

Aby se minimalizovaly a v ideálním případě uspořily investiční a provozní náklady na závlahové systémy, potřebujeme rostlinná společenstva, která jsou zvyklá na dočasné nebo trvalé nahromadění vody v oblasti kořenového systému. Taková společenstva lze vytvářet přímo v těchto nádržích. K tomu jsou vhodná rostlinná společenstva ve Střední Evropě původních měkkých luhů. Díky založení na rozsáhlejších plochách jsou finančně výhodnější než velké množství oddělených stromových lokalit s potřebnou zavodňovací/vodoizolační technikou. Současně lze do těchto klimatických ostrovů integrovat potřebné systémy pro hrubou filtrace a čištění, a také otevřené vodní plochy. Kromě cílů maximalizace výparného a ochlazeního efektu tak vznikají struktury zvyšující biodiverzitu a tvořící prvky propojení biotopů v městských oblastech, ale zároveň jsou to atraktivní plochy zeleně pro příměstskou rekreaci. Z těchto nádrží lze také odebírat vodu pro závlahu klasických stromových lokalit.

Obr. 2 ukazuje příklad možného návrhu městského klimatického ostrova v půdorysu a příčném řezu. Na metr čtvereční plochy lze akumulovat asi jeden metr krychlový vody. S přihlédnutím k hrubé bilanci (tab. 1) jsou takové systémy potřebné zhruba na 15–25 % celkové plochy developerského projektu. Jedná se při tom o orientační hodnotu, kterou je nutné v konkrétních případech doložit propočtem vodní bilance.



Obr. 2 Schéma klimatického ostrova v městském prostředí

Pokud jde o podstatné komponenty, jsou už k dispozici zkušenosti z výstavby i provozu podobných zařízení. Například na letišti Böblingen/Sindelfingen se dešťová voda z této městské části již dvacet let shromažďuje, čistí v půdních filtrech a dočasně přechovává v utěsněném umělém jezeře. Pro zachování kvality se stojatá jezerní voda v letních měsících recirkuluje přes půdní filtr s rákosovým porostem. Kromě jezera přispívají tedy k odpařovacímu a chladicímu efektu i čistící systémy. Výdej vody ze zastavěného území do povrchových vod odpovídá výdeji nezastavěného území, takže zde již před dvaceti lety byly realizovány dnešní vodohospodářské cíle.



Obr. 3 Letiště Böblingen/Sindelfingen, Přechod od jezera do parku „Grüne Mitte“ (Zelený střed) s pásem rákosového porostu pro čištění vody [zdroj: faktorgruen.de]

4 Závěr

Klimatické ostrovy kombinují zadržování vody s ochlazovacím efektem, a jsou proto součástí adaptační strategie našich sídel na důsledky změny klimatu. Při důsledném používání sahá akumulací kapacita klimatických ostrovů daleko za hodnoty, jichž lze dosáhnout obvyklými přístupy pro regulaci odtoku dešťových vod. Jsou tedy efektivním příspěvkem k realizaci „města-houby“ a dokážou zpravidla bez odtoku absorbovat významné části vzácných přívalových dešťů.

Funkce těchto zařízení při přívalové dešti vyžaduje výkonné vsakovací systémy, které nejsou na plochách, které jsou obvykle k dispozici, standardními stavebními postupy dosažitelné. Písková filtrace se zdá technicky dostačující. Vzhledem k tomu, že vodu v oblasti klimatického ostrova je třeba uchovávat dlouhodobě (systém se zpravidla plní vodou v zimním pololetí a v létě se voda odpařuje), počítá se s její cirkulací přes půdní filtry v podobě rákosových ploch. Všechny zmíněné prvky stejně jako plánovaný měkký luh tvoří současně také hot-spot biodiverzity uprostřed města, který může sloužit i k propojení biotopů. Klimatické ostrovy jsou zároveň ideální pro příměstskou rekreaci, například do nich lze integrovat stupňovité sezení, lávky a naučné stezky. Klimatický ostrov lze využít i k zavlažování klasických stromových lokalit.

Řešení vyžaduje opustit osvědčené standardy, ovšem aniž by bylo nutno vstoupit do nové, z technického hlediska neprobádané oblasti. Systém založený na letišti Böblingen/Sindelfingen se liší pouze tím, že v okolí jezera chybí měkké luhy. Přesto však vyvstává mnoho otázek, které vyžadují podrobné vyjasnění. Například je nutno ošetřit, aby do městské nádrže směla být odváděna i dešťová voda ze soukromých střech a dvorů, s příslušnými pojišťovnami je nutno vyjasnit zajištění bezpečnosti v městských měkkých luzích a na městských vodních plochách, a pro akceptaci takových systémů je důležité i téma kontroly populace komárů (např. pomocí insekticidu BTI nebo přirozených nepřátel).

V současné době se stále ještě hledají investoři z komunálního sektoru pro realizaci pilotního projektu.

Zdroje

- [1] Parlow, Eberhard, Vogt, Roland and Feigenwinter, Christian 2014, *The urban heat island of Basel – seen from different perspectives*, Die Erde 145 [1-2]: 96-110.
- [2] Leibniz-Institut für Länderkunde, 2003, Nationalatlas, Band 2, Relief-Boden-Wasser, Seite 148.
- [3] Schrödter, H., 1985, *Verdunstung, anwendungsorientierte Meßverfahren und Bestimmungsmethoden*, Springer Verlag.
- [4] Schliep R., Ackermann W., Aljes V., et al. 2020, *Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt*, BfN-Skripten 576, Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg.
- [5] Disse, M. 1995, Modellierung der Verdunstung und der Grundwasserneubildung in ebenen Einzugsgebieten, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 53.

HYDROLOGIE A JEJÍ VYUŽITÍ NEJEN V URBANIZOVANÝCH OBLASTECH

Ivana Černá, Hana Hornová⁷

CZ

Príspevok sa zaoberá jednou z významných aktivít Českého hydrometeorologického ústavu, ktorý sa v rámci svojho zamerenia špecializuje mimo iné na merenie povrchových a podzemných vod. Data naměřená na rozsáhlé síti stanic povrchových vod se vyhodnocují a dále využívají, například jako základ pro hydrologickou hláskou a předpovědní službu, nebo vstupují do výpočtů hydrologických studií a návrhových teoretických povodňových vln. Pozorování podzemních vod dává informace, jaký je stav podzemních vod v mělkých a hlubokých vrstvách pod terénem. Specifické a nepříliš známé jsou také tzv. hydropedologické profily, které vznikly v povodí Dyje a dolní Moravy v 30. – 40. letech 20. století původně jako sondy pro sledování stavu podzemních vod v profilech kolmých k vodnímu toku. Data měla sloužit jako podklad pro výstavbu kanálu Dunaj-Odra-Labe. Od stavby kanálu se upustilo, některé profily a sondy jsou však dodnes sledovány. Existují tak unikátní časové řady, které dosahují téměř 90 let.

D

Das Referat befasst sich mit einer der wichtigen Aktivitäten des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts, das sich im Rahmen seiner Einstellung unter anderem auf die Messung von Oberflächen- und Grundwasser spezialisiert. Die vom umfangreichen Netz von Oberflächenwasser-Messanlagen gewonnenen Daten werden ausgewertet und weiterverwendet, beispielsweise als Grundlage für den hydrologischen Melde- und Vorhersagedienst, oder fließen in Berechnungen hydrologischer Studien und der Auslegung theoretischen Hochwasserwellen ein. Die Grundwasserüberwachung liefert Informationen über den Grundwasserstand in flach und tief gelegenen unterirdischen Schichten. Spezifisch und weniger bekannt sind auch die sogenannten hydropedologischen Profile, die in den 20er bis 30er Jahren des 20. Jahrhunderts im Flussgebiet von Thaya und Untermarch erstellt worden sind, ursprünglich als Sonden zur Überwachung des Grundwasserstands in den senkrecht zum Wasserlauf verlaufenden Profilen. Die Daten sollten als Grundlage für den Bau des Donau-Oder-Elbe-Kanals dienen. Der Bau des Kanals wurde aufgegeben, einzelne Profile und Sonden werden jedoch bis heute überwacht. Somit gibt es einzigartige, fast 90 Jahre lange Zeitreihen.

Klíčová slova

Hydrologie, povrchové vody, podzemní vody, měření průtoků, měření podzemních vod, hydropedologické profily, předpovědi průtoků, plány pro zvládnání sucha, IS HAMR

Historie

Hydrologická služba vznikla v Českých zemích již v 19. století. Od roku 1875 byla v Praze zřízena Hydrografická komise pro Království české. Po druhé světové válce byla r. 1954 hydrologická služba spojena s meteorologickou službou do jednoho Hydrometeorologického ústavu, který se vznikem federace r. 1969 rozdělil na dva nezávislé subjekty – Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) se sídlem v Praze a Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislavě. V současné době má ČHMÚ ústředí v Praze a 7 regionálních poboček, které poskytují odborné informace z hlavních oborů – meteorologie a klimatologie, hydrologie a kvalita ovzduší.

Měření povrchových vod

První soustavná pozorování a měření kvantity povrchových vod u nás probíhala od 1. poloviny 19. století, v Praze začalo v roce 1827, na Moravě pak ve druhé půli 19. století. Po vzniku Hydrografické komise pro Království české se začala vyvíjet i staniční síť. Hustota sítě pozorovacích stanic a délka období pozorování mají obrovský význam pro pochopení hydrologického režimu vodních toků. Hydrologickým režimem rozumíme přirozené kolísání množství vody na základě určitých zákonitostí daných klimatem regionu, kterým vodní tok protéká. Klima v České republice je vzhledem k její geografické poloze a členitému povrchu velmi pestré, a proto hustota staniční sítě musí být tomuto faktu přizpůsobena. Aktuálně je v síti ČHMÚ pozorováno 529 vodoměrných

⁷ Mgr. Ivana Černá; Ing. Hana Hornová, Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno

stanic, z toho na 199 stanicích se měří i teplota vody. Dále se na vybraných stanicích měří biota, plaveniny a sedimenty. Vodní stav se na stanicích měřil plovákovými limnigrafy, stanice pravidelně kontrolovali dobrovolní pozorovatelé a telefonicky, případně poštou komunikovali s příslušnou pobočkou. V současné době je vodní stav na stanicích měřen automatickými hladinoměry s manometrickými či plovákovými čidly a data jsou posílána na server v 10minutovém kroku. Vodní stavy jsou přepočítávány na průtoky, vyhodnocovány a po validaci jsou uloženy v databázích. Průtok v měrných profilech vodoměrných stanic je pravidelně proměřován hydrometrováním při různých vodních stavech. Tato měření jsou nezbytným podkladem pro konstrukci měrných křivek průtoků, které slouží pro přepočet vodních stavů na průtoky.

Měření podzemních vod

Pozorování podzemních vod u nás začalo na přelomu 30. a 40. let 20. století, kdy bylo zahájeno systematické pozorování jako podklad pro studium zákonitostí oběhu podzemní vody v trase projektovaného kanálu Dunaj – Odra – Labe. Sondy profilů byly situovány napříč trasy průplavu a zároveň napříč podélné osy údolí nebo rovinných moravských úvalů. Hydropedologické (HP) profily jsou umístěny v povodích Odry, Bečvy, Dyje a Moravy. První pozorování začala v letech 1933 až 1934 a další následovala postupně od roku 1940. Původně bylo v povodí Moravy a Dyje pozorováno 20 HP profilů, dnes je sledováno 10 HP profilů a dvě zbylé sondy dvou profilů, které jsou zatopené pod vodní nádrží Nové Mlýny, jsou převrtány na mělké vrty a pozorovány dále. V povodí Odry a Bečvy bylo vybudováno 33 profilů a v současnosti je sledováno 12 profilů (některé z profilů mají však už jen jednu sondu a v budoucnu budou pravděpodobně také převrtány na mělký vrt). V dnešní době slouží HP profily ke všeobecnému poznání režimu podzemních vod v údolních profilech těchto řek. Pozorování hladiny podzemní vody v HP profilech má význam z důvodu navázání profilu na tok, ve kterém byl vždy osazen vodočet a potom vzhledem k délce nepřetržitého pozorování hladiny podzemní vody [4].

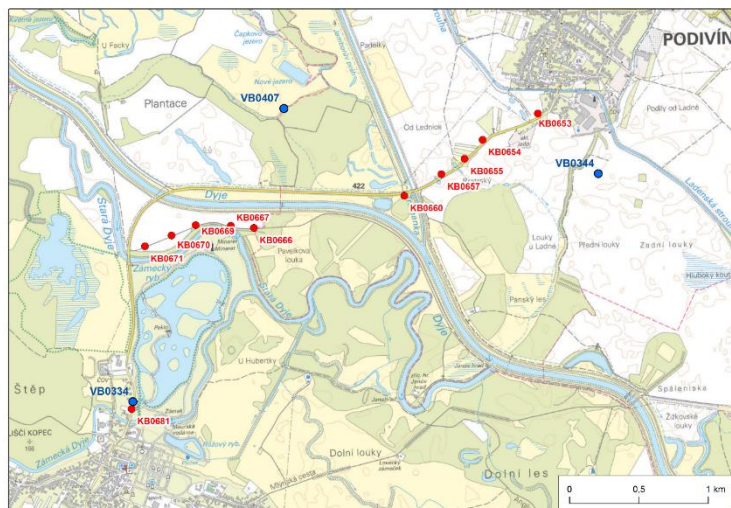
Celoplošná pozorovací síť podzemních vod u nás vznikla mezi lety 1957 a 1969 a je spojená s projektem Rajonizace podzemních vod. Na základě této akce byla vybudována rozsáhlá síť pozorovacích vrtů v prvním zvodnělém horizontu půdy převážně v říčních sedimentech. Výsledkem byla studie, která poskytla přehled o mocnosti mělké zvodně a její vydatnosti. Vybrané vrty zůstaly sledovány dál a slouží k dlouhodobému sledování kolísání vertikálních pohybů podzemních vod. Hloubka těchto vrtů dosahuje do 15 metrů. Pozorovací síť ČHMÚ se v 90. letech rozšířila o vrty hlubinných zvodní. Hodnoty hladiny v hlubokých vrtech představují úroveň podzemních vod v podloží bez vnějších vlivů a zpravidla reagují na srážkově příznivá období se značným zpožděním – často mohou mít i víceletý chod.

Nejhlubší hluboké vrty dosahují hloubky několik stovek metrů. V průběhu let docházelo k doplňování a úpravám sítě – například v letech 2005–2007 v rámci projektu ISPA/FS č. 2000/CZ/16/P/PE/003, jehož hlavním cílem bylo doplnit síť hlubinných vrtů a zrekonstruovat vybrané stávající mělké vrty. A v současné době dochází k rozšíření sítě o objekty vybudované v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod ve vybraných oblastech ČR, který probíhal v letech 2010–2016. Pozorovací síť podzemních vod má aktuálně ke konci roku 2022 1536 hydrogeologických vrtů.

Hydropedologický profil Lednice-Podivín

Hydropedologický profil Lednice-Podivín se nachází v nivě toků Ladenská Strouha, Trkmanka a Dyje. Původní profil měl 26 sond, postupnými změnami má nyní pouze 11 sond (obr. 1), které sledují pohyb hladin podzemních vod od roku 1948. Profil celkem čtyřikrát kříží toky protékající touto oblastí a kopíruje u pěti sond koryto Staré Dyje, které vytváří součást Lednického areálu. V okolí HP profilu se také nacházejí samostatné vrty primární sítě podzemních vod, jejichž data doplňují informace o pohybu podzemní vody v této lokalitě lužních lesů. Jedná se o vrty VB0334 Lednice, VB0344 Podivín a VB0407 Podivínská obora. Hydropedologický profil má délku 4,064 km a průměrnou nadmořskou výšku 162,23 m n. m. [3]. V roce 2020 byl profil zrekonstruován. Původní ocelové úzkoprofilové výpažnice, které byly v havarijním stavu, byly nahrazeny novým plastovým potrubím s atestem na vedení pitné vody o šířce 20 cm. Zhlaví vrtu bylo zakryto uzamykatelným nerezovým víkem.

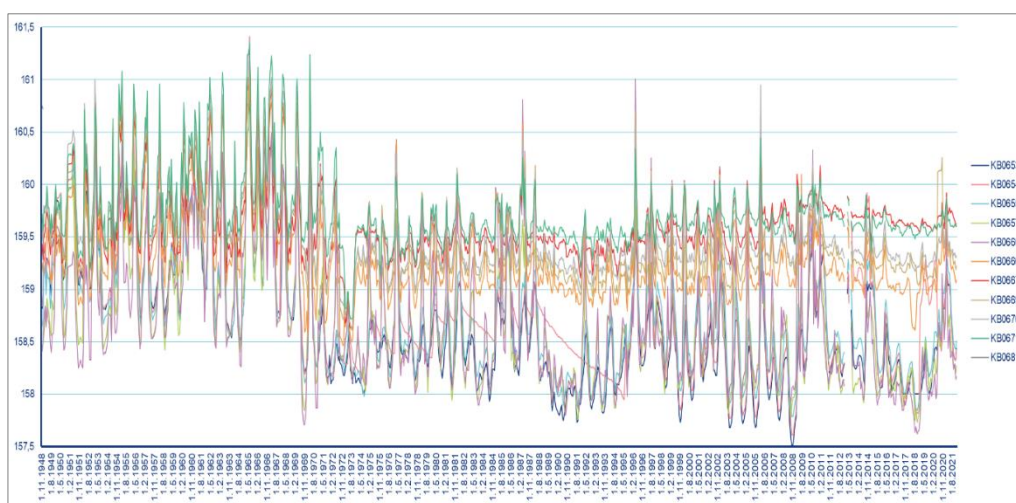
Měření na HP profilech probíhalo od začátku jednou týdně vždy ve středu. V roce 2012 byl profil osazen přístrojem s automatickým záznamem a od roku 2013 jsou dostupná data v denním kroku. Od roku 2020 jsou sondy HP profilu osazeny přístroji s dálkovým přenosem a data se denně odesílají.



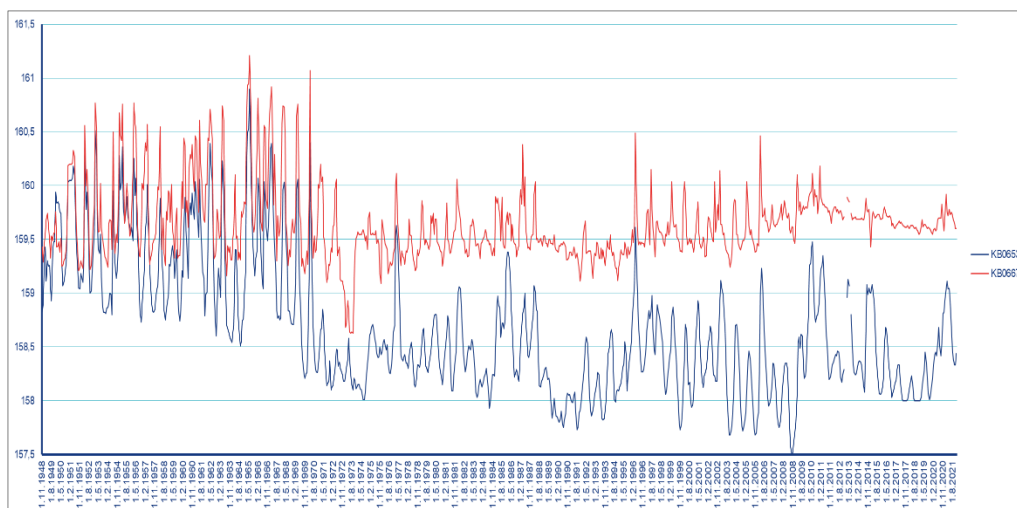
Obr. 1 Situace sond hydropedologického profilu Podivín – Lednice (červeně), mělké vrtů v blízkosti (modře)

Průměrné měsíční hladiny jednotlivých vrtů v HP profilu za celé období pozorování (obr. 2) ilustrují vývoj a průběh stavů hladin mezi sondami napříč profilem a v různé vzdálenosti od vodního toku. Současná podoba profilu se tak dá rozdělit na podivínskou a lednickou větev. Podivínská větev (KB0653-KB0660) se viditelně liší průběhem průměrného měsíčního chodu hladin oproti lednické větvi (KB0666-KB0681), kde je možné vypočítat přímou spojitost s povrchovým tokem Dyje. U podivínské větve jsou pak patrné ostřejší výkyvy a zejména zaklesnutí hladin, což ukazuje na výraznější ovlivnění po regulaci toku Dyje a na následně menší propojení s povrchovým tokem. Pro lepší přehlednost byla vybrána data z jedné sondy v každé větvi (obr. 3), kde je názorněji vidět zlom, který v pozorovaných hladinách u sond nastal v průběhu měření.

Na základě znalostí historického vývoje studované oblasti můžeme rozlišit suchá období, povodně či jiná ovlivnění. K výraznému ovlivnění režimu podzemních vod na jižní Moravě pod dnešními Novomlýnskými nádržemi došlo po roce 1972, kdy proběhly úpravy koryta řeky Dyje v souvislosti s připravovanou výstavbou zmíněných nádrží. Můžeme si všimnout, že v 70. letech se křivky průměrných měsíčních hladin ve vrtech skutečně snížily a snížil se také rozptyl křivek pro jednotlivé sondy. Menší rozptyl naměřených stavů hladin je patrný převážně u vrtů blíže k řece Dyji, vidíme tedy již zmíněný vliv regulace Dyje. Téměř každoročně se opakující zvýšené hladiny podzemní vody v jednotlivých sondách se po výstavbě Novomlýnských nádrží se výrazně snížily. Na režim hladin podzemní vody v sondách mělo také vliv napuštění spodní nádrže novomlýnské soustavy v roce 1988, což je patrné na poklesnutí hladin ve všech sondách, výrazněji pak u sond blíže k Podivínu. Ze suchých období po roce 1973 můžeme jasně vidět například sucho v roce 1991 a 2018.



Obr. 2 Průměrné měsíční stavy hladin (m n. m.) v jednotlivých sondách HP profilu Lednice-Podivín za období v letech 1948–2021



Obr. 3 Průměrné měsíční stavy hladin (m n. m.) v sondách KB0653 a KB0667 HP profilu Lednice-Podivín za období 1948–2021

Praktické využití naměřených dat

Hydrologické posudky a studie

Kvalitní a dostatečně dlouhé pozorování ve vodoměrných stanicích je základem pro získání dlouhodobých charakteristik hydrologického režimu, kterými jsou zejména tzv. M-denní a N-leté průtoky.

Hodnoty N-letých průtoků jsou potřebné pro navrhování a povolování staveb v blízkosti vodního toku, kde povodeň může znamenat ohrožení objektů. Propustky, mosty musí mít dostatečnou průtočnou kapacitu, naopak povodňové hráze musí být dostatečně vysoké, aby ochránily před povodní. Proto stavební a vodoprávní orgány požadují doložení posudků N-letých vod. Aby bylo možno posoudit, zda konstrukce malého vodního díla je dostatečně bezpečná i za povodně, provádí se výpočet převedení teoretické povodňové vlny, která může dané vodní dílo postihnout.

Režim vodního toku je popsán hodnotami M-denních průtoků (Q_{330} denní, Q_{355} denní, Q_{364} denní a Q_a dlouhodobý průměrný). Aby z vodního toku nebylo odebíráno více, než je ekologicky únosné rozhodují vodoprávní úřady při povolení odběru podle toho, kolik vody je „k dispozici“ a stanovují minimální hodnoty průtoků, které musí být ve vodním toku pod odběrným místem zachovány. Vodoprávní úřady proto požadují doložit k žádosti posudek s hodnotou průměrného průtoků, nebo tzv. M-denních průtoků.

Hydrologické předpovědi

Povodně jsou přírodní jev, který ovlivňuje nejen majetek, ale i zdraví lidí. Proto je jedním z opatření, které bylo přijato v rámci ochrany před povodněmi, také vybudování Hlásné a předpovědní povodňové služby (HPPS). HPPS zajišťuje monitoring aktuální situace, vydávání předpovědí, výstrah a v době povodňové situace je zdrojem informací pro příslušné orgány, povodňové komise [1].

Vodoměrné stanice slouží v HPPS jako hlásné profily (kat. A na páteřních a hlavních tocích; kat. B na menších tocích a přítocích). Pro vybrané stanice na větších tocích se počítají hydrologické předpovědi. Pozorované průtoky jsou jeden ze základních vstupů při výpočtu předpovědních modelů. Do modelu se dále standardně využívá i kvantifikovaná předpověď srážek a teploty vzduchu, manipulace na vodních dílech aj. Hydrologická předpověď se počítá na dva dny dopředu. Denně vydávané předpovědi pro vybrané předpovědní profily je možné sledovat webových stránkách <https://hydro.chmi.cz/hpps/?id=forecast>.

Plány pro zvládnání sucha

Suché epizody v posledních letech přinesly nejen značné škody, ale také myšlenky na nutnost připravit se na fenomén sucha, zachytit jej v počátcích vývoje, podniknout potřebná opatření a minimalizovat tak škody, které sucho způsobuje. Novela vodního zákona (č. 544/2020 Sb.) zavádí nutnost pravidelného informování a zřízení předpovědní služby na suchu. Český hydrometeorologický ústav musí dle této novely informovat kraje a obce

s rozšířenou působností o nebezpečí vzniku a vývoje sucha, a to jednoznačným a nezatěžujícím způsobem, což následně umožní efektivní rozhodování o případných opatřeních.

Novela vodního zákona považuje za jednu z klíčových výzkumných činností v současnosti tvorbu nástrojů pro predikci stavu vodních zdrojů v dlouhodobém měřítku a následnou interpretaci těchto nástrojů v plánech pro zvládnání sucha a stavu nedostatku vody. Krajské plány pro sucho by měly být definitivně hotovy v letošním roce, plán pro území České republiky pak počátkem roku 2024.

Hlavním cílem plánů pro sucho je návrh opatření k zajištění dostatku vody k pokrytí základních společenských potřeb, minimalizaci negativních dopadů nakládání s vodami během sucha na životní prostředí a minimalizaci dopadů sucha a nedostatku vody na hospodářskou činnost. Plán pro sucho obsahuje vymezení a popis území s identifikací zdrojů vody, popis rizik sucha, včetně jeho možných dopadů. Orgán s rozhodovací pravomocí pro vydávání opatření podle plánů pro sucho při stavu nedostatku vody je komise pro sucho. Jednání komisí pro sucho již na úrovni krajů probíhají a účastní se jich i zástupci ČHMÚ.

Informování o stavu a vývoji sucha na území ČR je pro specifickou povahu jevu sucha prováděno nikoli ve výstražném systému, ale přes informační systém HAMR (<https://hamr.chmi.cz/hamr-JS/vystraha.html>). V rámci IS HAMR se sucho dělí na meteorologické, agronomické, hydrologické a socioekonomické. Z toho také vychází samotný název systému HAMR (Hydrologické, Agronomické, Meteorologické sucho a Retence vody v krajině). Více informací o systému HAMR je k dispozici na <https://hamr.chmi.cz/metodiky> a <https://hamr.chmi.cz/o-projektu>. Informační (výstražný) systém o stavu a vývoji sucha je v týdenním cyklu provozován v ČHMÚ na Centrálním předpovědním pracovišti (CPP) v Praze-Komořanech a následně jsou informace o stavu a vývoji sucha posílány do IS HAMR, kde jsou posléze nejpozději během středečního dne vizualizovány [2].

Literatura

- [1] ČHMÚ: Průvodce informacemi Hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ pro vodohospodáře, online: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce_vodohospodari_mode-love_predpovedi.html.
- [2] ČEKAL R., PECHA M., VLNAS R., LAMAČOVÁ A., LEDVINKA O., VIZINA A., PAVLÍK P., GEORGIEVOVÁ I. (2022): Informační systém o stavu a vývoji sucha na území České republiky. In: Meteorologické zprávy, s. 165-169, ročník 75. Praha.
- [3] ČERNÁ I., KASALOVÁ B. (2017): Podzemní vody v oblasti Dyje a dolního toku řeky Moravy. In: Sborník příspěvků z konference Management povodí a extrémne hydrologické javy. ISBN 978-80-89740-16-1. Bratislava.
- [4] SOUKALOVÁ E. (1999): Pozorování hladiny podzemní vody v hydropedologických profilech v údolí řeky Moravy a Dyje. In: Sborník XI. Mezinárodní vědecké konference VUT, sekce vodní hospodářství a vodní stavby, s. 149-152. Brno.
- [5] Interní materiály ČHMÚ.

LICHOCEVES – OBEC V ZAHRADĚ

Jitka Thomasová⁸, Aleš Steiner⁹

CZ

Záměrem projektu **Lichoceves – Obec v zahradě** je rozvoj nového městečka pro cca 3500 obyvatel s cílem navrhnout moderní, udržitelné a kvalitní prostředí pro život obyvatel v těsném zázemí Prahy. Řešené území dává příležitost poučit se z nezdarů minulosti a navrhnout koncepční, celkový přístup k území s řízeným udržitelným rozvojem a moderním řešením ochrany přírody a prevence klimatických změn v měřítku malého města.

Jde o návrh moderního bydlení v suburbánní krajině – vizi nového městečka – včetně tomu odpovídající veřejné infrastruktury a zapojení navrhované zástavby do současné krajiny. Vedle bytové zástavby je navržena odpovídající občanská a technická vybavenost v plném rozsahu. Zástavba je v krajině doprovázena prvky zelených pásů, cest, remízů, deštných záhonů a dalších krajinných prvků umožňujících rekreaci obyvatel a zároveň zlepšení funkčnosti ekosystémů a zadržení srážkové vody v krajině. Tento problém je předmětem této práce.

D

Das Projekt **Lichoceves – eine Siedlung im Garten** soll ein neues Städtchen für etwa 3500 Einwohner entwerfen, wobei ein moderner, nachhaltiger und hochwertiger Lebensraum im unmittelbaren Umland von Prag entstehen soll. Es ist eine Gelegenheit, aus den Fehlern der Vergangenheit zu lernen und eine konzeptionelle, komplexe Herangehensweise an das Gebiet mit kontrollierter nachhaltiger Entwicklung und modernem Naturschutz sowie mit Klimawandel-Vorbeugungsmaßnahmen im Maßstab einer Kleinstadt zu entwerfen.

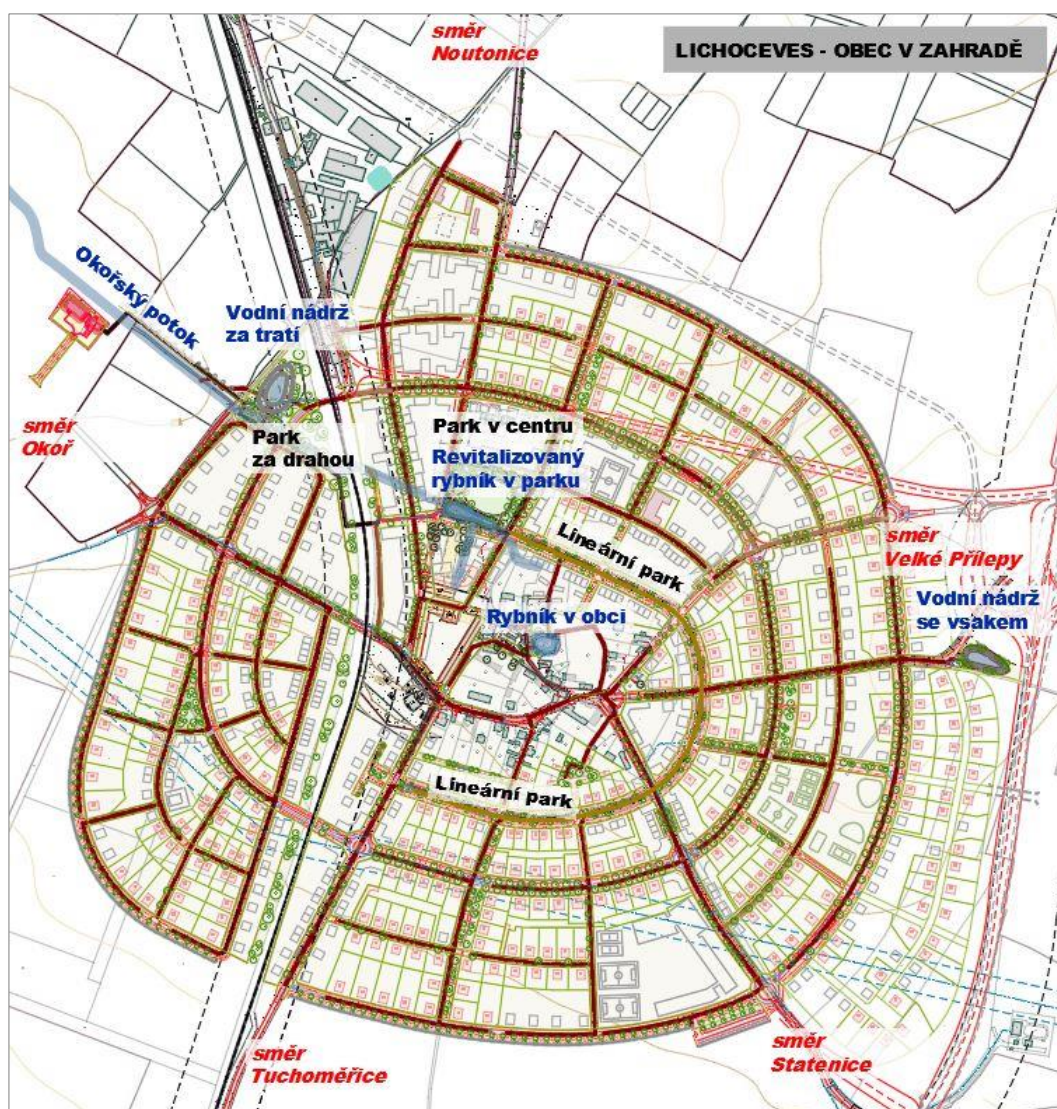
Es ist Entwurf eines modernen Wohnraums in der Vorstadtlandschaft, Vision eines neuen Städtchens einschließlich der entsprechenden öffentlichen Infrastruktur und Einbindung der geplanten Bebauung in die bestehende Landschaft. Neben der Wohnbebauung sind vollständige Folgeeinrichtungen vorgesehen. Die Gebäude werden in der Landschaft von neuen Grüngürteln, Wegen, Gehölzen, Regengärten und anderen Landschaftselementen begleitet, die zur Erholung der Einwohner und zugleich Verbesserung der Funktionalität von Ökosystemen und zur Wasserrückhaltung in der Landschaft dienen.

Stávající stav území

Stavebník objednal na základě Urbanistické studie DÚR na řešení dopravní a technické infrastruktury na ploše cca 110 ha. Území se nachází v katastru obce Lichoceves na severozápadním okraji Prahy, správně příslušné do Středočeského kraje. V obci žije v současné době cca 400 obyvatel, je zde patrna stagnace rozvoje hlavně z důvodů naprosto nedostatečné infrastruktury. V současné době je v území pouze základní technická infrastruktura, která představuje především síť elektro částečně vedenou vrchním vedením, částečně kabely. Stejně i vedení elektronických komunikací ve správě spol. CETIN. Územím vede vrchní vedení 110kV, které je nutno přeložit za hranice zástavby. Vedou zde i tři trasy průmyslového vodovodu, přivádějící labskou vodu do Teplárny Kladno. Část jednoho z nich je třeba přeložit. Zásobování vodou je na bázi studní a splašky jsou likvidovány v domovních žumpách, výjimečně v domovních ČOV. Území je obsluženo sítí silnic III. třídy, které spojují Lichoceves s okolními sídelními útvary a nadřazenou dopravní sítí. Řešené území zahrnuje stávající obec a nezastavěné území. To je dvojího charakteru částečně je to bývalý zemědělský areál, kde již v minulosti proběhly demolice, které nejsou využívány a dále jsou to zemědělské plochy v současnosti využívané k hospodářství. Novodobý sídelní vývoj obce je charakterizován vybudováním železniční tratě Hostivice – Podlešín, vznikem hospodářského velkochovu na severním okraji obce a výstavbou honosné vily s rozsáhlou zahradou a bezprostřední vazbou na centrum obce. Železniční trať území dělí na část východní a západní.

⁸ Ing. Jitka Thomasová, PPU spol. s r.o., Vyžlovská 2243/36, 100 00 Praha 10

⁹ Ing. Aleš Steiner, STEINER A MALÍKOVÁ krajinářští architekti, Badeniho 5, 160 00 Praha 6



Obr. 1 Situace Lichoceves – Obec v zahradě zástavba o rozloze 110 ha s koncepcí odvádění dešťových vod z území

Rozsah řešeného projektu

Nová výstavba vyžaduje vybudování komplexní dopravní a technické infrastruktury jak ve stávající, tak v nové zástavbě. Je připraven nový přívodní vodovodní řad a navržena zásobní vodovodní síť, vybudování nové ČOV situované mimo zástavbu se splaškovou kanalizací dovedenou do této ČOV. Je navržena i nová distribuční síť elektro včetně trafostanic a sítě VN a NN kabelů, přeložky nevyhovujících tras a nové trasy vedení elektronických komunikací. Ty jsou řešeny pokládkou trub HDP připravených pro zafoukání optokabelů. Zcela nově je řešeno v celém území veřejné osvětlení, osvětleny budou komunikace, chodníky, cyklostezky, ostatní veřejná prostranství, kruhové křižovatky a nasvětleny budou i přechody pro chodce. V celém území jsou navrženy úpravy stávajících komunikací III. třídy, rekonstrukce a novostavby nových místních komunikací a také stavba nových účelových komunikací. Navržený systém silnic III. třídy je navržen uvolněním centra obce formou přeložek a rekonstrukcí, aby odpovídaly nově navrženému urbanisticko-dopravnímu konceptu obce. Základní části návrhu dopravní sítě jsou místní komunikace zařazené do funkčních skupin C a D, s převážující dopravní či dopravně-pobytovou funkcí. Komunikace jsou určeny pro pohyb vozidel, pěších a cyklistů, pro obsluhu daného území. Tranzitní funkce je upozaděna a realizována primárně na komunikacích III. třídy. Pro přímou obsluhu vybraných objektů jsou navrženy účelové komunikace. Hromadná doprava je zajištěna autobusy a je možno využít i železnici.

Koncepce odvádění srážkových vod

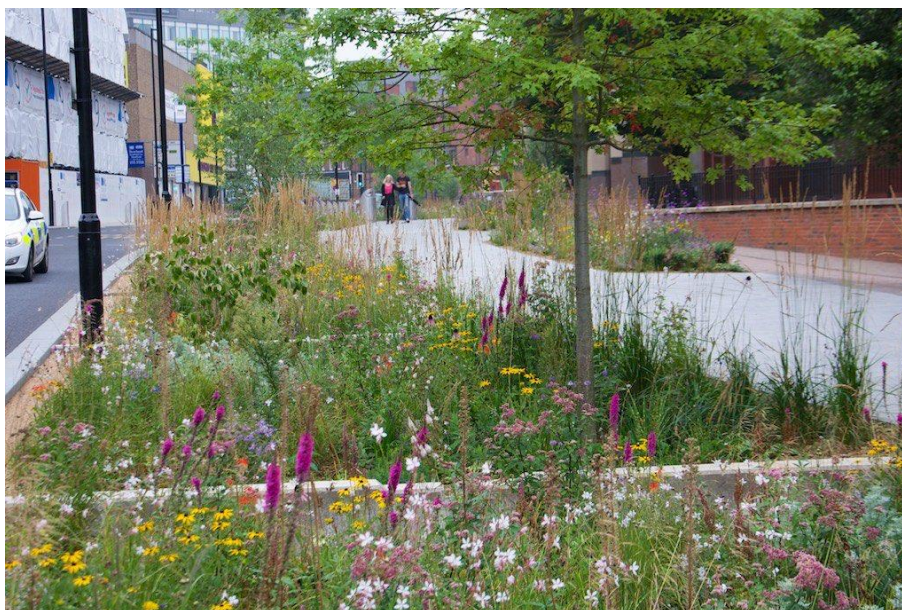
Tým inženýrů pracoval po celou dobu v úzké spolupráci na koncepci dopravy a všech prvků technické infrastruktury s architekty urbanisty a zahradními architekty, aby se podařilo vytvořit fungující městečko s komplexní dopravní a technickou infrastrukturou na úrovni 21. století. Z celé škály problémů, s nimiž se museli jednotliví zpracovatelé vypořádat, předkládáme problematiku řešení dešťových vod v území, kde od první chvíle byla snaha využít dešťovou vodu na místě i přes základní nepříznivé podmínky. Ty jsou dány zejména skutečností, kterou odhalil předběžný inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum, a to velmi nízkou schopnost vsaku v celém území. To není právě vhodný úvod pro tvorbu městečka v zeleni, jehož charakter si zpracovatelé vytkli na začátku práce jako základní princip výstupu.

V území není žádný výrazný vodní tok, do něhož by bylo možné dešťové vody zaústovat, pramení zde zcela nevýznamný Okořský potok, který v Okoři tvoří pravostranný přítok Zákolanského potoka. Bylo třeba vymyslet koncepci odvádění dešťových vod, která zajistí jejich zdržení v krajině, a naopak umožní i jejich bezpečnou likvidaci při mimořádných srážkových událostech. Na základě úzké spolupráce architektů urbanistů, krajinářských architektů, vodohospodářů a dopravních inženýrů vznikl návrh odvádění dešťových vod založený na konceptu urbanisticko-krajinářského řešení sídla. Velkorysě uplatnění krajinářského řešení při tvorbě urbanistické koncepce umožnilo vyřešení odtoku dešťových vod aplikováním soudobých principů hospodaření s dešťovou vodou využitím „modrozelené infrastruktury“. Převážná část území představuje výstavbu rodinných domků, část tvoří bytové objekty rovněž obklopené zelení. V tomto území v jednotlivých intravilánech se uvažuje v souladu s tzv. suchou novelou vodního zákona č. 544/2020Sb §5 odst. 3 s nutností akumulace atmosférických srážek a jejich následného využití. Totéž je uplatněno v objektech občanské vybavenosti. Z tohoto prostoru odtékají pouze nevyužité vody z akumulčních nádrží s časovým posunem po odeznění srážkových příhod. Z komunikací a zpevněných veřejných prostorů jsou srážkové vody odváděny jednotlivými dešťovými stokami. Důležitým prvkem krajinářského řešení je návrh ulic s významným využitím vzrostlých stromů ve stromořadích, alejích v travnatých pásích a v ostatních přílehlých veřejných prostranstvích. Kompozičně je rozmístění stromů přizpůsobeno konkrétnímu charakteru ulice a jeho profilu, od nich se váže volba druhu a sponu. Detailní umístění zohledňuje dopravní limity (především rozhledové poměry a vjezdy do domů), vedení prvků technické infrastruktury apod. Technologie založení stromořadí v sobě kombinuje dostatečné prostorové podmínky pro růst stromů spolu s využitím zelených pásů jako prvků modrozelené infrastruktury. Takto koncipované vegetační prokořitelné pásy poskytují dostatečně objemné prostory pro vzrostlé stromy se zajištěním jejich zálivky a současně efektivní zpomalení odtoku s částečným zásakem srážkových vod. Navrhované řešení předpokládá uplatnění tzv. „Švédského modelu“, kdy základem pěstebních substrátů jsou hrubé šterkové frakce s příměsí kompostu a biouhlu. Tato technologie zajišťuje možnost odvádění dešťových vod z komunikací nebo chodníků do těchto pásů a vedle zálivky stromořadí dochází ke snížení odtoku dešťových vod a jejich čištění.



Obr. 2 Technologie založení stromořadí

Toto řešení se uplatňuje také v přilehlých parčících, vnitroblocích, sportovních areálech a v prostorech doprovodné zeleně. Jsou zde uplatňovány zatravněné plochy prostrádané s dešťovými záhony.



Obr. 3 Dešťový záhon – Úprava stromořadí v dešťovém záhonu

Takto snížená kapacita srážkových vod z jednotlivých stok v území východně od trati ČD je postupně zaústována do průlehu, vytvořeném v zeleni v centru obce. Urbanistický návrh vytváří tzv. Lineární park, který obkružuje centrální část obce a představuje kosterní zelený prstenec (ring) v rámci navrhované zástavby. Jeho základem je 10 m široký středový zelený pás ul. Parkové s podélným zatravněným (centrálním) průlehem, který slouží k retenci a částečné akumulaci dešťových vod z širšího území sídla. Lineární park plní současně funkci rekreační – procházky, běhání, korzování, drobné aktivity s krátkodobým zastavením a tvoří důležitou pěší trasu v území. Charakter parku je s přírodě bližší úpravou, trávničky pobytové se zastoupením dvouděložných druhů a nižší intenzitou sečí zejména v trase průlehu. Stromové a keřové patro s preferencí domácích druhů zejména listnatých dřevin vhodné pro dané stanoviště, doplněné o prověřené listnaté dřeviny, tradičně využívané v intravilánech sídel. Vlastní průleh je koncipován jako zatravněný suchý průleh s retenčním souvrstvím podložních vrstev a doprovodnou vegetací parkového typu, zaplavovaný pouze v době větších dešťů a s postupným vyprazdňováním.



Obr. 4 Příklad průlehu

Průleh je rozdělen do osmi segmentů křížujícími komunikacemi, pod nimiž podchází potrubím. V celém průběhu budou vytvořeny pro zvýšení retence místní hrázky, umožňující zadržení dešťových vod v tůňkách a příčná vyústění pod stromy, aby bylo zajištěno jejich intenzivnější zavodnění i po odeznění srážek. Navíc při deštích přepady přes hrázky posílí zvukovou i vizuální efektivitu místa.



Obr. 5 Průleh s hrázkami

Do průlehu je zaústěn i přepad ze stávajícího Rybníka v obci. Ten v rámci řešení zůstává zachován. Jednotlivé stoky jsou do průlehu zaústěny postupně, takže není nebezpečí z přehlcení průlehu, a naopak je zajištěn postupný průtok při deštích. Průleh bude možno na několika místech nejen přeskochit, ale přejít osazením jednoduchých prvků. Ve veřejném prostranství jsou navrženy vedle drobných ploch zeleně ještě další parky, které rovněž plní funkci zadržení dešťových vod. Vedle již popsaného Lineárního parku v Parkové ulici se jedná o **Park v centru**, který vytváří rekreační území v centru nové zástavby s revitalizovaným rybníkem nazývaným Rybník v parku, do něhož jsou sváděny dešťové vody z průlehu v Liniovém parku a dešťové vody z přilehlého povodí. Další je **Park za drahou**, v němž je situován poldr, zachycující dešťové vody ze severovýchodní a západní části území. Území Parku za drahou je koncipováno jako přírodně-krajinářská úprava s návazností na přilehající pás chráněného území přírodní památky. Všechny parky mají zatravnění řešeno jako pobytové louky, plochy všech jsou svažovány do vodních nádrží, jsou zde vytvořeny průlehy nebo mírné prohlubně a další drobné akumulční prvky tak, aby se voda udržela v zeleni a neodtékala v žádném případě do kanalizace. Parky i další malé plochy zeleně jsou koncipovány rovněž jako jeden z důležitých prvků zadržení vody v území. Ve všech parcích jsou navrženy parkové cesty a pěšiny mlatové nebo z mechanicky zpevněného kameniva.



Obr. 6 Pěší lávka přes průleh

Vodní plochy v řešeném území

V koncepci řešení srážkových vod v území hrají významnou roli i vodní plochy stávající i nově navržené. V současné době je ve stávající obci návesní nebeský rybník nazvaný v rámci projektu **Rybník v obci**. Rybník se prakticky nemění, nová zástavba se ho nedotýká, nezvyšuje se ani odvodňované území. Budou sem svedeny pouze dešťové vody z návsi po její úpravě, což funguje již v současné době. Přepad z rybníka bude sveden do průlehu v Liniovém parku.

Další stávající vodní plochou je **Rybník v parku**, což je v současné době malá vodní nádrž. Do tohoto rybníka jsou přiváděny vody průlehem z Liniového parku. Je třeba zvýšit jeho kapacitu rozšířením plochy rybníka, voda bude regulovaně odpouštěna. Trvalá hladina zůstává na kótě 302,40. Po opadnutí velkých vod budou tyto občasné zatápné plochy součástí travnatých ploch Parku v centru. Rybník bude revitalizován včetně stávající hráze.



Obr. 7 Vodní plocha s okolní parkovou úpravou

Území východně od trati se mírně svažuje k Rybníku v parku, a tedy do povodí Okořského potoka, bohužel však ne celá plocha zástavby. Ve značně členitém území dochází v severní části ke gravitační neodvodnitelnosti části tohoto povodí. Vody nelze gravitačně odvodnit do povodí Okořského potoka. Není zde žádná další vodoteč ani možnost odvést po vlastních pozemcích srážkové vody z území. Bylo třeba přistoupit k řešení odvádění dešťových vod do nádrže s umělým vsakem ve dně bez odtoku. Nádrž zachytí bezpečně několik srážkových událostí v těsném sledu. Následně dojde k postupnému vsaku a výparu. Dle předběžného hydrogeologického průzkumu se v území vyskytují sprašové a písčitojílovité hlíny, které tvoří svrchní pokryvy a omezují vsak srážkových vod do podloží. Hodnota koeficientu vsaku je zhruba $3,0 \times 10^{-7}$ m/sec. Podzemní voda je v hloubce 12–15m, dešťovými vodami nebude zasažena. Nádrž bude vklíněna mezi okraj stávající zástavby a budoucí komunikační obchvat. Stávající terén nádrže značně zahlubuje, bude zabezpečena oplocením a vhodnou výsadbou zeleně. Zlepšení vsakovacích podmínek bude zajištěno výměnou zeminy ve dně nádrže vrstvou materiálu, který zvýší vsakovací schopnosti. Současně bude dno a jeho okraje doplněno o vhodnou výsadbu vlhkomilných rostlin. Objem vody 1 100m³. V dokumentaci je uváděna jako **Vodní nádrž se vsakem**.

Poslední území východně od tratě ČD je severovýchodní část, tyto vody nelze odvádět gravitačně do Rybníka v parku. Budou odváděny stokou pod tratí na západ. Zde je území bezprostředně přiléhající k trati koncipováno jako přírodně-krajinářská úprava s návazností na přiléhající pás chráněného území přírodní památky. Takto zde vzniká Park za drahou s občasnou vodní plochou tzv. poldrem v dokumentaci pod názvem **Nádrž za tratí**. Jedná se o nádrž, která bude naplňována dešťovými vodami nejen stokou z východu, ale budou sem svedeny dešťové vody ze zástavby západně od trati. Tyto vody budou přivedeny stokou odvodňující celé území nové zástavby

západně od trati. Stejně jako na východě i zde bude v celém území uplatněno odvádění vod z jednotlivých ulic do zelených pásů stromořadí podél ulic, v nichž bude uplatněna modrozelená infrastruktura a tím snížení odtoku dešťových vod. Tvarování břehů nádrže by mělo být ve výsledné úpravě co nejplynulejší tak, aby tento technický prvek působil co nejpřirozeněji. Přesný typ vegetace ve dně nádrže a na jejích březích vzejde z vodních poměrů, které budou přesněji známy v pozdějších fázích. Druhá skladba dřevin i bylinného patra bude odpovídat přírodě blízkým společenstvím v těsné blízkosti lokality. Preferovány jsou domácí druhy s vyšším zastoupením keřového patra a uplatněním kvetoucích a plodících taxonů. V celém území parku předpokládáme založení travnatého porostu se zastoupením dvouděložných druhů a nižší intenzitou sečí.

Okořský potok

Jedná se o vodní tok pramenící v Rybníku v parku, který tvoří v území hlavní recipient dešťových vod. Jeho kapacita neodpovídá možnostem plnit tuto funkci po navržené zástavbě, proto jsou navrženy všechny výše popsané prvky, které jednak zajistí zadržetí srážkových vod v území, a hlavně při mimořádných srážkách zamezí zátopám v povodí tohoto potoka. Potok vytéká regulovaně z Rybníka v parku a vzhledem k nově navrhované výstavbě je třeba tuto část vodoteče přeložit. Příklad z Rybníka v parku odtéká potrubím DN800 přes urbanizovanou část území, u tratě se otevře, bude zde přirozeně zatrávněné koryto až k propustku pod tratí. Pro podchod toku pod tratí bude využit stávající klenutý propustek, který je dostatečně kapacitní. Za tratí již probíhá koryto ve stávající podobě, je zrušen propustek pod stávající komunikací, naopak je navržen propustek DN 1000 pod nově budovanou komunikací. Koryto je vytvořeno v takzvaném složeném profilu, kdy jsou uvnitř koryta rozděleny prostory na vnitřní přírodní koryto a okolí je řešeno jako náhradní niva. Návrhem přispíváme k celkovému zlepšení ekologické funkce se zajištěním biotopové nabídky a krytových příležitostí. Složený profil umožňuje lepší přístupnost vodní hladiny a pobyt v její těsné blízkosti. Trasa potoka zůstává beze změny až na konec řešeného území. Potok opouští území za nově navrhovanou ČOV, jejíž odpadní vody jsou výtlačkem vedeny do Únětického potoka. Okořský potok pokračuje do Okoře.

Závěr

Předložené řešení odvádění srážkových vod je podloženo technickými výstupy, což znamená zejména detailním výškovým ověřením jednotlivých stok v celém území. Je provedena koordinace všech prvků technické infrastruktury, a to jak situační, tak výšková. Zejména situační koordinaci byla věnována mimořádná péče, aby bylo možno realizovat stromořadí i jednotlivé stromy v plném rozsahu. V průběhu práce na tomto projektu probíhala úzká spolupráce všech specialistů. To podtrhuje jistotu, že se podaří navrženou koncepci beze zbytku naplnit do realizace a nejen tím, ale spolu s návrhy ostatních částí projektu zajistit ekologickou rovnováhu v území i při nevýhodných startovacích podmínkách.

VODA, VODNÍ TOKY A VODNÍ PRVKY JAKO IMAGE MĚSTA

Tomáš Pavlovský¹⁰

CZ

Od 90. let 20. století začíná pozvolná změna přístupu českých měst k vodním tokům a vodním prvkům v intravilánu obce. Dochází k pozvolné rehabilitaci vody jako základního živlu, tvořící kvalitní klima a ducha města. České obce začínají oživovat svůj veřejný prostor o vodní prvky – fontány, vodní hřiště, pítka apod. Začínají budovat nábřeží vodních toků jak přírodních, tak umělých. Na počátku 21. století hledají česká města svůj obraz, svoji image. Řada obcí již potenciál vodních prvků ve svých ulicích a náměstích pochopila a snaží se je implementovat do veřejného prostoru tak, aby se vodní prvky staly jejich nedílnou součástí. Tato města jsou často inspiračním zdrojem pro ostatní města i obce, které doposud neměly tu odvahu s vodními prvky pracovat a aplikovat je do veřejného prostoru.

D

In den 1990er Jahren beginnen die tschechischen Städte, ihr Verhalten gegenüber Wasserläufen und -elementen im Gebiet der Stadt langsam zu ändern. Wasser als vollwertiges Umfeld und den Geist der Stadt bildendes Grundelement erfährt eine allmähliche Rehabilitation. Tschechische Dörfer und Städte fangen an, ihren öffentlichen Raum mithilfe von Wasserelementen – Springbrunnen, Wasserspielplätzen, Trinkbrunnen – wiederzubeleben. Sie beginnen, Uferpromenaden an natürlichen und künstlichen Wasserläufen zu errichten. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts suchen tschechische Städte nach ihrem Bild, ihrem Image. Viele Kommunen haben bereits begriffen, dass Wasserelemente in den Straßen und auf Marktplätzen ein hohes Potential aufweisen, und versuchen, diese als einen integralen Bestandteil des öffentlichen Raums zu gestalten. Solche Städte stellen oft eine Inspiration für andere Kommunen dar, die bisher keinen Mut hatten, mit Wasserelementen zu arbeiten und diese im öffentlichen Raum zu verwenden.

Úvod

Česká města prochází od 90. let dvacátého století výraznou změnou po všech stránkách, tzn. po stránce legislativní, stavební, územního rozvoje, sociálního rozložení obyvatelstva v rámci sídel, dopravního rozvoje, veřejného vybavení a mnoha dalších. Do roku 2000 se jednalo spíše o překotný rozvoj bez vymezených hranic a cílů, bez zásadní koncepce. Jednalo se o rychlou implementaci zahraničních řešení urbanismu, katalogových staveb i stavebního detailu. Materiálového i tvarové řešení povrchů veřejných ploch i staveb bylo spíše založeno na levné pořizovací ceně než na kvalitě. Bylo to období hledání. Některá města, jsou to spíše výjimky, svoji kvalitu a směr již našla v tomto období. Příkladem je město Litomyšl a vybrané části Prahy.

Po roce 2000 se řada měst již s určitou vizí vydala na cestu hledání koncepce města, hledání svého obrazu, svého image. To se odrazilo v první řadě ve vytváření nových grafických manuálů a log měst, revitalizaci městského mobiliáře, obnovy městských parků, v této době začala vznikat řada nových dětských hřišť. Zde musím podotknout, že se jednalo především o relativně drobné zásahy, které šly zvládnout za jedno volební období.

Až v posledních letech se začínají řešit a realizovat složitější a časově náročnější projekty, kdy řada z nich je podpořena Evropskou unií. Jedná se především o vypracování dlouhodobých koncepcí měst a obcí, o projekty, které jsou časově náročné – revitalizace vodních toků v intravilánu i extravilánu, revitalizace brownfieldů, obnovy hlavních veřejných prostranství měst, obnovy náměstí. Tyto výše jmenované projekty již mají většinou profesionální parametry, dochází ke komunikaci s veřejností, s jejím zapojením, jsou pořádány veřejné workshopy, vypisují se soutěže a následuje jejich odborné vyhodnocení, velmi pečlivě se vybírá realizační firma, samotná realizace je pod kontrolou autora, projektantů a zástupců obce. Z dnešního pohledu nám tento postup připadá samozřejmý, ale ještě v nedávné minulosti tomu tak nebylo.

¹⁰ Ing. arch. Tomáš Pavlovský, Ph.D., Ústav architektury FAST VUT Brno

Hledání image města

Města i vesnice hledají svůj obraz, svoje PR. Jak na sebe upozornit, jak se odlišit, jak přilákat či udržet obyvatele obce. V devadesátých letech mnoho obcí ztratilo svůj význam – jednalo se o prudký propad veškerého průmyslu v bývalém Československu. Některá města ztratila svůj hlavní zdroj příjmu, jednalo se především o obce založené na těžbě černého i hnědého uhlí. Dochází zde k absolutní transformaci společnosti a města samotného. Jednalo se o šok, o zlom, o formu beznaděje. Některá města se z této změny stále neprobrala a stále ji řeší a budou řešit ještě v dalších letech. Ale transformace je nastavena a hledá se směr či cesta, kterou obec půjde. Některá města či regiony jsou významně podpořena státem a EU, neboť bez této finanční podpory a osvěty by nebyl další rozvoj možný. Jedná se především o Ostravsko, kde se nyní klade důraz na rozvoj města přes lidské zdroje, na rozvoj vysokých škol, na zvyšování vzdělanosti regionu. Až následně se jedná o město „kamenné“.

V posledních pěti letech se pojmem pro zvýšení image města stal veřejný prostor a trvalá udržitelnost. Starostové/starostky měst se těmito pojmy začali „ohánět“ a začali je hlásat při volebních shromážděních, ve volebních slibech často píší o nových návrzích veřejného prostoru a o trvalé udržitelnosti. Řadě z nich tato hesla vyhrála volby. Co však tyto pojmy znamenají, to moc neřešili. Nepojmenovaný veřejný prostor je pouhou imaginární množinou všech městských prostorů. Je třeba přímo pojmenovávat – náměstí, ulice, nábřeží, park, zákoutí, nádvoří a jiné. Druhý pojem trvalý udržitelný rozvoj je pro většinu laiků i odborníků pouze technické řešení problému. Při tom je obsah termínu podstatně složitější. V jednoduchosti se nejedná primárně o technologii, ale o změnu uvažování, myšlení lidské společnosti. Bohužel v dnešní době je to stále jakási forma utopie, byť se politici těmito pojmy ohánějí, ale v podstatě se stále jedná o okamžitý finanční zisk, nikoliv o udržitelnost ve své čisté podstatě.

Důležité však pro česká a moravská města je, že se zlepšuje životní prostředí obyvatel, a to je zcela průkazné. Města investují nemalé prostředky do údržby a zlepšování své infrastruktury a veřejných prostranství, tedy ulic a náměstí. Každé město chce být atraktivní pro své občany i příchozí turisty či obchodníky. Města si hledají svoji specifickou image, která je velmi často založena na místní tradici nebo se města snaží vytvořit něco nového, specifického, lákavého. Jestliže si vybavíme některá česká města a budeme se snažit k nim doplnit hesla, která nás ihned napadnou, tak se jedná většinou o externí obraz města, o image, kterou město vytváří vůči svému okolí. Například město Zlín – Baťa, Ostrava – doly, Pardubice – perník, Plzeň – Škodovka. V Česku není mnoho měst, která by svoji image založila na vodních tocích či prvcích. Jsou, ale na první dobrou jich není mnoho, přitom voda je silný tvořivý element. Když se člověk zamyslí, začínají mu vyvstávat města s vodou spojená – Litovel – Moravské Benátky, Český Krumlov – vodáctví, Karlovy Vary – prameny a lázně, Mělník – soutok Vltavy a Labe, Praha – Vltava, Písek – nejstarší kamenný most. Těchto měst s externím obrazem vody není mnoho, ale jsou a jejich počet roste. Zpočátku se jedná spíše o interní obraz města, tedy image vnímaná obyvateli, která přerůstá v image externí. Jako příklad lze uvést kašny v Plzni, které svým tvarem, velikostí a symbolikou překračují hranice města. Již samotná příprava a následná realizace kašen odpovídala vysokým standardům řešení veřejných prostor. Soutěžní návrh vyhrál architekt Ondřej Císlar, odborná porota však musela vybírat ze 42 návrhů. Již touto nelehkou volbou byla zaručena kvalita, která se přetavila i do samotné realizace. Tři kašny ve stylizovaných tvarech představují heraldický znak Plzně – chrtici, anděla a velblouda. Kašny jsou vlastně stojícími chrličí vody, kdy samostatný symbol je proveden jako vertikální prvek ve zlaté barvě. Nádoby, kam dopadá voda, jsou z černé žuly. Tedy kašny, i když nechrlí vodu, plní i estetickou funkci. Tak to bylo i u kašen v minulosti. Tento vodní prvek funguje od roku 2010 a stal se již neodmyslitelnou součástí hlavního plzeňského náměstí a zároveň i imagií města. Město Praha začalo obnovovat svoji náplavku. Pražská náplavka však nemůže překonat celkový historický obraz města, ale je zdrojem inspirace pro ostatní města Česka. To je asi největší přínos pražské náplavky. Nyní se česká města snaží „opičit“ - inspirovat Prahou a začínají budovat své vlastní náplavky. Město Brno je toho příkladem, kdy buduje nábřeží řeky Svatky. Je zarážející, že musely být vykáceny všechny vzrostlé stromy podél břehu, aby vzniklo přírodní nábřeží, ale to je již Brno. Některé menší obce již vybudovaly svoje nábřeží či náplavky před Prahou, ale jejich vliv nikdy nebude tak zásadní jako je vliv velkého města. Město Bojkovice umístilo svoje nové hlavní náměstí k vodnímu toku, který tvoří jeho jednu hranu. Přístup k vodě je zajištěn pobytovými schody s herními prvky. Ve středu náměstí je vztyčen vertikální vodní prvek, který reprezentuje svazek sousedních obcí. Město Bojkovice si určilo svůj obraz spojený s vodou v roce 2015. Vodních prvků je celá řada – studny, pumpy, rybníčky, hasičské nádrže, strouhy, náhony, pítka – tyto prvky dotvářejí vnitřní prostředí měst a vesnic. Nemusejí vytvářet celý obraz města, ale pouze jeho části – čtvrti, zákoutí, náměstíčka, návisi. Vodní prvky formují genius loci místa – ducha místa. A nemusí se jednat o nic velkého, úžasného, ohromujícího.

Osamocená litinová pumpa na malé vsi má svoje kouzlo a láká člověka zkusit zapumpovat, zda je funkční, zda se člověk může svlažit. Láká k přirozené aktivitě, k zastavení. I venkovská hasičská nádrž vytváří ducha místa, je to přirozené místo různých aktivit – místo setkávání, místo k sezení na břehu, místo pro děti k pytlacení drobných ryb. V současnosti se tyto umělé rybníčky revitalizují a jejich přínos je chápán kladně. Je samozřejmé, že image vsi nemůže být založena na „kačáku“, ale vodní hladina k obrazu obce pozitivně přispívá. Asi největší slabinou českých obcí jsou neudržované vodní toky, kdy uprostřed měst a vesnic vedou vodní strouhy, toky, náhony, ale jejich potenciál není využit. Vodní toky jsou zde stále spíše jako „černá“ kanalizace než jako místo relaxace, místo procházek, místo rozvoje obce. Často sami občané tyto drobné toky nechápou jako skrytý potenciál obce. O těchto tocích se spíše baví jako o skryté hrozbě povodní než o příležitosti zlepšit veřejný prostor jejich obce. A právě zde by měli napomoci zvolení zástupci rad, starostové a ti by měli trpělivě vysvětlovat, jak lze využít přirozenou zelenou infrastrukturu v intravilánu.

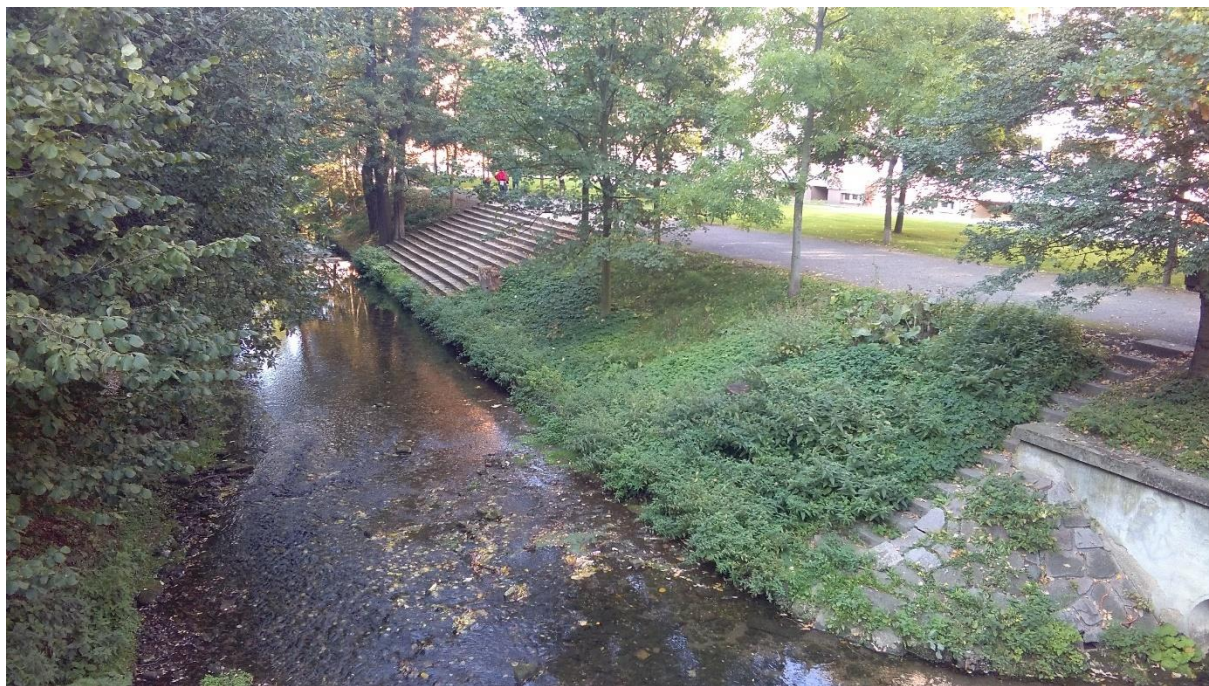
Závěr

Česká a moravská města doposud nevyužila skrytý potenciál vodních toků a vodních ploch, které mají na svém území. Stále jsme se nepřiblížili ani polovině vodních toků, náhonů a struh, které byly na území českých měst ve středověku. To se nám však již nikdy nepodaří. Vodu jsme dlouhá léta chápali jako nezbytnou užitkovou kapalinu, nikoliv jako skutečný zdroj života nejen toho fyzického, ale i duševního a kulturního. Nyní začínají obce chápat, že voda v intravilánu města či vsi je obci prospěšná z mnoha hledisek – zdravotní, zelená infrastruktura, přirozená peší linie podél toku, estetická, místo setkávání, tvořící genius loci. Už není ve vodě spatřována zásadní hrozba, ale příležitost. Obce začínají pracovat s vodními prvky a kladou důraz na lepší a transparentní komunikaci s obyvateli – veřejný workshop, otevřená soutěž apod. Na základě těchto aktivit lidé lépe chápou danou problematiku a aktivně se zapojují do akcí vesnic i měst, podílejí se na zlepšování života kolem sebe, a hlavně se ztotožňují s aktivním přístupem k životu v dané vesnici či městě.

Závěrem lze říci, že města, která ožívují svůj vodní potenciál, jsou pro obyvatele i návštěvníky atraktivnější a vyhledávanější. Investice měst do budování vodních prvků či nábřeží se městům vyplácí.



Obr. 1 Kašna Anděl v Plzni, zimní období (foto T.Pavlovský)



Obr. 2 Nábřeží, Litomyšl (foto T. Pavlovský)



Obr. 3 Vodní hladina, Litomyšl (foto T. Pavlovský)



Obr. 4 Nášlapy přes vodní tok, Litomyšl (foto T. Pavlovský)



Obr. 5 Vertikální fontána, Bojkovice (foto T. Pavlovský)



Obr. 6 Nábřeží, Bojkovice (foto T. Pavlovský)

Literatura

- [1] Schmeider, K. a kol. *Sociologie v architektonické a urbanistické tvorbě*. Z.Novotný: Brno 2001. ISNB 80-238-6582-X.
- [2] Hertzberger, H. *Přednášky pro studenty architektury*. Mox Nox: Dolní Kounice 2012. ISNB 978-80-905064-0-4.
- [3] Hrůza, J. *Svět měst*. Academia: Praha 2014. ISNB 978-80-200-1808-3.
- [4] Vondruška, V., Vondrušková, A. *Město*. Vyšehrad: Praha 2013. ISBN 978-80-7429-346-7.
- [5] Fialová, I. (ed.) *Architektura a současné město*. Zlatý řez: Praha 2016. ISNB 978-80-88033-02-8.



studijní program **MĚSTSKÉ INŽENÝRSTVÍ**

▪ **Charakteristika programu:**

- program je zaměřen na problematiku veřejné infrastruktury, tj. technické a dopravní infrastruktury, veřejných prostranství a občanského vybavení města,
- specializace poskytuje studentům ucelený soubor znalostí z teorie stavby měst a sídel, technické infrastruktury a ekonomické oblasti.

▪ **Uplatnění absolventa:**

- při provádění řízení v přípravných fázích investičního procesu a inženýrské činnosti,
- pořizování územně plánovacích podkladů, v oblastech plánování, výstavby, rekonstrukcí, údržby a zajištění provozu měst a obcí,
- v aparátu veřejné správy,
- ve firmách zabývajících se investorskou, inženýrskou a projektovou činností,
- v administraci.

Fakulta stavební, Vysoké učení
technické v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

**Dny otevřených dveří se konají vždy v listopadu
a lednu**

<https://www.fce.vutbr.cz/pro-studenty/studijni-programy/mestske-inzenyrstvi>

Studuj městské inženýrství!

ROZHODOVÁNÍ
PLÁNOVÁNÍ



ŘÍZENÍ

PROJEKTOVÁNÍ

100% uplatnění na trhu práce

Spousta uchazečů o vysokoškolské studium si možná pod stavební fakultou představí ryze technické obory a studia spojená s matematikou a fyzikou. Málokterý uchazeč však slyšel o specializaci i studijním programu Městské inženýrství, které v sobě ukrývá problematiku rozhodování o umístování staveb a řešení zásobování území vodou, elektřinou, plynem, odkanalizování, apod. Pro řešení těchto problémů je nutné znát všelijaké technické i netechnické možnosti v území, skladbu a potřeby obyvatelstva i legislativu. Vědní obor se zabývá životním prostředím a krajinou. Pohled je zaměřen nejen do okolí budov, ale také do interiérů, kdy je nutné respektovat předpisy tak, aby se např. matka s dítětem v kočárku dopravila až k cíli a v cestě nebránil schod nebo úzké dveře. Jde tedy o velmi rozmanitý vědní obor, jehož absolventi získávají velmi zajímavá pracovní místa ve státním i soukromém sektoru. Velmi často se stávají vedoucími útvarů a úseků, výrobními a obchodními řediteli, apod. Dle statistik 100% našich absolventů našlo své uplatnění na pracovním trhu. Městské inženýrství a stavitelství lze studovat na Fakultě stavební, VŠB-TUO ve formě bakalářského, magisterského i doktorského studia.

*Heizen mit Eis.
Kannst du dir nicht
ausdenken?*

Ich schon.



DIE AUSDENKER

*Deutschlands beratende
Ingenieurinnen und Architekten*

