

Adaptace města na klimatickou změnu



Akademie věd
České republiky

Geologický ústav AV ČR, v.v.i.



věda

kolem
nás

výzvy
a otázky

136

O ústavu

Geologický ústav AV ČR, v. v. i. patří mezi akademická pracoviště středního rozsahu. Jeho odborná náplň se vyvíjela celá desetiletí. Z původního užšího zaměření na geologii a paleontologii střední Evropy se vyvinul dnešní mnohem širší záběr, týkající se obecných zákonitostí poznávání geologických procesů, paleoekologie, výzkumu klimatických a environmentálních změn v nedávné geologické minulosti i celé řady dalších otázek. Ústav je členěn do několika výzkumných oddělení a servisních laboratoří, které byly popsány již v předcházejících publikacích VKN – zejména ve svazku věnovaném Geologickému ústavu AV ČR (VKN 126). Protože text zde uvedený se vymyká běžné geologické produkci, seznámíme čtenáře s interdisciplinárními výzkumy, které k němu vedly.

Interdisciplinární, environmentální a paleoklimatický výzkum

Počátkem šedesátých let 20. století se nestor české přírodovědy Vojen Ložek začal věnovat proměnám české krajiny a klimatu v holocénu, přičemž rozeznal např. suchá období či tzv. lužickou environmentální krizi, která vypukla na sklonku doby bronzové. Úzce spolupracoval s dřívějším zaměstnancem ústavu Jiřím Georgem Kuklou, jenž později emigroval do USA a na Columbia University vedl oddělení zabývající se klimatickým záznamem v mořských sedimentech. To se stalo jedním z hlavních center celého vědeckého okruhu, který prostřednictvím memorand a výstupů před Kongresem varoval před dopady klimatických změn. Úzká spolupráce byla opět navázána počátkem devadesátých let.

Při reorganizaci ústavu byla již před třiceti lety vyčleněna geochemická skupina, která se specializovala na biogeochemické cykly prvků a dlouhodobé sledování malých povodí, přičemž se ukazuje vliv acidifikace a celkové degradace lesních půd. Zároveň probíhají výzkumy chování rtuti a dalších prvků v životním prostředí včetně říčních sedimentů.

Paleoklimatologie je obor zabývající se proměnami klimatu v geologické minulosti, a to již od proterozoika až po dnešek. Postupně na naléhavosti získávaly studie týkající se cyklů dob ledových, vazby mezi klimatem, půdami a společností v holocénu a v nedávné době i v nově definovaném antropocénu (viz monografii *Antropocén* editorů P. Pokorného a D. Storchy, Nakladatelství Academia, 2021). Výzkumy se rovněž týkají vývoje půd a ve spolupráci s archeology např. otázek keltského kolapsu či etnických a kulturních migrací v eneolitu.

Foto na obálce: Benátky jsou městem, které už další generace nebudou znát tak jako my, protože voda stoupá a pevnina nerovnoměrně klesá. (autor: Václav Čilek)

Úvod: jak komunikovat klimatickou změnu

V posledních skoro deseti letech se mi stále častěji stává, že mne oslovují např. regionální centra Agrárních komor, lesníci z České lesnické společnosti a místních sdružení, starostové a municipality, kteří z vlastní zkušenosti vidí či cítí, že se s počasím něco děje a nejsou si jisti, zda či nakolik je současná evropská environmentální politika deformovaná např. zájmy jednotlivých zemí nebo lobbistů. Obvykle jim odpovídám, že podle mého názoru společná evropská politika tzv. green dealu představuje rovnici o dvou stranách, kdy na jedné straně jsou ušetřené emise a na druhé straně dopady na společnost, ale že tato druhá strana byla podle mého názoru podceněná, což způsobilo někdy až masivní odpor vůči environmentálním opatřením, a to za paradoxní situace, kdy zhruba 70 % obyvatel EU (v ČR se jedná o podobná čísla) považuje klimatické změny za naléhavý problém a rádo by pro věc něco udělalo.

Podle mých zkušeností z několika desítek veřejných diskuzí je kritika EU kontraproduktivní, protože se změni v někdy až rozzlobenou politickou debatu, která se rychle vzdálí od tématu. Podobně málo konstruktivní je otázka viny: Kdo může za globální oteplování? Dochází pak k podobné situaci, jako např. při diskuzích, během nichž se třeba vysloví otázka: Kdo může za výši veřejného schodku? Debata pak končí větším nedorozuměním, než jakým začala. Naopak se osvědčuje postoj, v rámci něhož se člověk odpojí od politiky a dává si velký pozor, aby nepoužíval specifický úřední jazyk („bruselskou hantýrku“) a místo toho navrhne, že klimatická či environmentální změna je něco reálného, s čím stejně budeme nuceni pracovat a že se nejprve pokusíme popsat současný stav a pak se můžeme pokusit nalézt nějaká řešení.

Znamená to, že na základní úrovni praktických lesníků či soukromých zemědělců neřešíme např. elektromobilitu a obecně dekarbonizaci, ale např. možnost zadržení vody v místním potoku, který poprvé, kam až lidská paměť sahá, vyschl. Je nutné zdůraznit, že AV ČR by potřebovala víc mediálně známých, obecně prospěšných projektů, jakým je např. portál InterSucho, jako společný projekt Ústavu pro výzkum globální změny AV ČR, Mendelovy univerzity a Státního pozemkového úřadu, protože se jedná o „běžnými lidmi“ mimořádně pozitivně hodnocenou službu. Agronomové některých zemědělských družstev např. podle portálu plánují harmonogram zemědělských prací.

Mezi nejlepší syntetické podklady o současné proměně světa patří výroční či několikalaetě zprávy např. o dostupnosti potravin (FAO), stavu evropských lesů (Forest Europe), zprávy pojišťoven o trendech škod způsobených přírodními krizemi (Munich Re, Allianz, Lloyd's London, AIG), klimatické zprávy (např. WMO), ale pravděpodobně nejzávažnějším, běžně dostupným dokumentem je obsáhlá, skoro pětisetstránková zpráva European Environment Agency (EEA) z dubna roku 2024 zvaná „European Climate Risk Assessment“. Je zajímavé, že tento vyvážený a důležitý dokument nebyl v našich médiích zmíněn, jako by „ani neexistoval“, a to pravděpodobně z důvodu obecné nechuti vůči environmentální politice EU. Necítím se být povolán, a na tomto místě by to ani nebylo vhodné, vyjadřovat se k politickým krokům EU, ale je dobré upozornit, že evropské vědy o Zemi a environmentální výzkum tak, jak se zrcadlí v řadě volně dostupných zprávách EU, je na solidní, užitečné úrovni a je chyba jej ignorovat.



Základem přirozeného ochlazování je dobré umístění stavby či směrů ulic proti procházejícímu větru. Italská renesance se zrodila v teplém počasí, a proto používá otevřené prodyšné struktury, v našich klimatických podmínkách ale většinou došlo k uzavření arkád, jednou z výjimek zůstává zámek Telč.

Z výsledků EEA můžeme uvést např. hodnocení povodní, podle kterého dnes zhruba polovina evropských záplav vzniká ve svazích nad sídly jako důsledek silných dešťů. Pro zemědělce tento údaj znamená častější příchod až extrémních erozních událostí. Po zářijových povodních roku 2024 zbyly na Jesenicku a v Beskydech v místech dřívějších lesních cest až 5 m hluboké rokle. Podobně prakticky závažný je údaj, podle kterého zvýšení teploty o 2 °C vede v evropských zemědělských oblastech ke chronickému suchu, a to i v případě, že dlouhodobé srážky jsou normální, respektive o 5–10 % vyšší. To nutně musí vést k rozšíření technik pracujících se zadržováním vody (viz VKN 111 *Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška*). Přitom je nutné si uvědomit, že oteplení je nižší nad oceánem, který představuje obrovský výměník tepla (obvykle jen 0,7–0,8 °C) a vyšší nad pevninou, kde už dnes v Evropě se v posledních letech běžně dostáváme nad 2,0 °C a při globálních hodnotách asi 1,4 °C. Naštěstí se ve střední Evropě zvyšují srážky v chladné části roku (a poněkud snižují ty letní), takže ve většině případů by obilí vyrůst mělo. České zemědělství je sice ohrožené klimatickou změnou, ale jižní Evropa, Balkán, východní Ukrajina i obilnářské oblasti Ruska se ocitají pod mnohem větším tlakem.

Jiné velmi praktické řešení nejenom pro hospodářský les, ale i pro dřeviny ve městě přináší sukcesní plán Královské botanické zahrady Kew Gardens v Londýně (Planting for Future, 2024), který upozorňuje, že během sucha 2022 zahynulo v zahradě založené v nivě Temže, kde podzemní voda leží poměrně nízko, 400 stromů oproti 30 za normální rok. Za života stromů v tomto největším arboretu světa je klimatickou změnou ohrožena celá polovina z 11 tisíc stromů. Kolektiv botaniků proto s předstihem několika desetiletí vybírá dřeviny, které umožní kontinuitu parku.

Pokud tímto způsobem hovoříme s veřejností, často se stává, že lidé opouštějí svůj obvyklý pesimistický, až negativistický postoj a začínají být kreativní. Například při diskuzi, zda bychom se neměli vypravit na Balkán, abychom nasbírali žaludy odolných dubů (což se už skutečně děje, ale v některých zemích je sběr žaludů na vývoz zakázaný), se ukázalo, že podobnou službu by mohly poskytnout české duby rostoucí na tenkých prosýchavých substrátech např. v okolí Dobříše či na Černé stráni u Karlůvka v Českém krasu. Komunikaci o probíhající klimatické změně je podle mé zkušenosti nutné přesunout z běžné, kritické a alarmistické roviny, jakkoliv může být oprávněná, do proaktivní a kreativní formy: „Ano, máme problém, jaká tedy mohou být jeho řešení?“

Tato studie vychází jednak ze zprávy o klimatických rizicích zpracovávaných pro Prahu 1, která byla publikována v knize Z. Vašků a kol. *Knih o klimatu země koruny české* (Leda, 2023), ale zejména ze studie o adaptaci města na klimatickou změnu vypracovávané pro Městskou část Plzeň-Doubravka s asi 25 tisíci obyvatel. Studie vznikala tlakem „zespodu“, tedy od občanů, kteří se na magistrát obraceli s žádostí zejména o lepší zvládnání vln veder. Již při dřívějších monografiích zabývajících se environmentálními problémy českého a moravského lesa či stavem zemědělských půd se ukázalo, že je velice obtížné vytvářet jednotné metodiky, protože místní podmínky a klimatická citlivost krajiny se může měnit již v měřítku jednoho kopce s různě exponovanými svahy, takže i tuto studii je nutné brát ne jako návod, ale jako možný začátek něčeho, čemu se stejně nevyhneme – zvyšování celkové resilience sídel.

Shrnutí: základní kroky a celková strategie

Tato doba klade nadměrný důraz na velké a drahé projekty, ale klimatická adaptace běžného sídla se týká řady laciných opatření prováděných dlouhou dobu a takovým způsobem, aby další politická garnitura v adaptačním projektu dál pokračovala. Začínáme zpracováním teplotní mapy sídla, kterou nejlépe provádíme několik dní po nastoupení vlny veder v době, kdy se již projevuje saturační efekt městských povrchů, jež se stávají kumulátory tepla. Druhým krokem je místní analýza povodňového nebezpečí, a to zejména z hlediska táhlých svahů a mělkých údolí, kde následkem přívalových dešťů může dojít k ničivým povodním. Třetím jednoznačným krokem je revize kritické infrastruktury např. z hlediska pádu stromů za silného větru. Tyto kroky je nutné neustále a opakovaně vysvětlovat místním občanům. Podle zahraničních zkušeností (i podle zdravého rozumu) začínáme v malém měřítku, pozorujeme a vyhodnocujeme úspěšnost provedených kroků, experimentujeme a sbíráme zkušenosti např. se zelenými střechami nebo klimatizací v mateřských školkách.

Směřování k dobrému městu

Pod pojmem „dobré město“ si můžeme představit takové sídlo, které je žádoucí, důvěryhodné a vyhovující potřebám obyvatel. Dobré město je ideál, k němuž se můžeme blížit, ale protože doba i lidé se mění, tak se jedná o nikdy nekončící proces. Všechny z možných návrhů, jak zařídit dobře fungující město, vycházejí ze dvou základů. Tím prvním je kontinuita bez ohledu na řídicí politickou stranu a tím druhým je zapojení a účast obyvatel města. Dobré město má dvě základní složky, k nimž patří (1) péče o životní prostředí a (2) péče o bezpečí a sociální soudržnost.

Většina velkých evropských, ale v nedávné době i čínských a obecně asijských megapolí vytvořila nějaký plán klimatické a sociální resilience. Např. teplota v Plzni-Bolevci, tedy částečně lesní oblasti s velkým rybníkem, nedávno překročila 40 °C, což znamená, že některé městské prostory během dne dosahují teplot až kolem 45 °C. Podobně výše bylo dosaženo např. v Londýně a Paříži se svými maximálními 42,6 °C se připravuje na možné vlny horka, které se výjimečně mohou blížit 50 °C. Vlny veder v roce 2022 způsobily v západní části Evropy asi 60 tisíc nadbytečných úmrtí. Podobně jako existuje „dlouhý covid“, tak zdravotní dopady vlny veder se dají prokázat ještě 3–6 měsíců po jejich skončení.



Jedna z tradičních architektur, která nejvíc dbala na přirozené ochlazování, byla perská středověká architektura, zde v moderním pojetí v Corinthia Towers v Chartúmu, Súdán. Princip salsabilu spočívá v tom, že na velké ploše čeráné teráskami či hrbolky se nechá stékat poměrně tenký film vody, což zlepšuje odpařování a tím i chlazení.

Vlny veder sice představují závažný zásah do chodu města, ale současná proměna životního prostředí má mnoho tváří a navíc souvisí např. se stavem dopravní a kritické infrastruktury či s přípravou na možné krize. Proto je vhodné volit taková řešení, která se navzájem podporují, např. zadržování vody přispívá ke snížení povodňové vlny, ale i ke chlazení krajiny či nižšímu zatížení čistíren odpadních vod. Klimatická adaptace je jedna záležitost, ale úzce na ni navazuje zabezpečení chodu města za krizové situace, kdy mohou být přerušeny dodávky elektrického proudu, tepla, vody a toku informací. I to je téma, na kterém v rámci širšího kolektivu pracujeme.

Jak evropská města plánují svoji budoucnost?

Při přípravě tohoto materiálu jsem přečetl asi dvě desítky klimatických a dalších plánů evropských, amerických i asijských měst. Dá se v nich nalézt několik základních koncepcí:

Nízkoemisní město: ještě nedávno se jednalo o velice populární a politicky podporovanou koncepci, ale s určitým současným odstupem od zelené politiky EU ztrácí tyto návrhy podporu obyvatel. Nicméně i pokud odhlédneme od někdy až ideologického tónu navrhovaných opatření, tak klimatické změny jsou reálné a problematika nízkoemisního města se zákonitě bude vracet. Koncepce takových měst počítá s řadou kroků a zároveň probíhá poměrně výrazný technologický posun, takže situace se rychle proměňuje. Roste spotřeba elektřiny v létě na chlazení domů. Navržené řešení je za této situace jediné: vytipovat si místo, kde by případně mohla stát fotovoltaická elektrárna a nezastavovat ho. Město se však v příštích letech stejně nevyhne lokální, individuální či sousedské fotovoltaike. Projektů i u nás již existuje velké množství, ale možná by stálo za to zorganizovat exkurzi do některého německého města a zeptat se na jejich řešení a zkušenosti.

Město zadržující vodu (sponge city): zejména středozevní či asijská města pod vlivem monzunových srážek trpí stále víc srážkovými extrémy, zejména přívalovými dešti. Ty i v Evropě stojí za víc jak polovinou povodní a ve Středozeví zhruba odpovídají 80 % ztrát lidských životů způsobených klimatickými extrémy. Je to způsobeno tím, že často prší v povodích malých toků, kde dřív záplavy nebyly známy. Při německých povodních roku 2021 zemřelo následkem nečekaných přívalových dešťů 180 lidí. Na druhou stranu bývají postižené jen menší plochy, někdy jen několik km². Města zadržující vodu počítají s velkým množstvím drobných prvků typu zasakovacích mís kolem stromů či vsakovacích struh a s odvodem vody ze střech a komunikací (viz VKN 111).

Město adaptované na klimatickou změnu, zejména na vlny veder: mezi hlavní adaptační strategie patří otevření sídla přirozené ventilaci, vytváření „chladných“ zelených koridorů podél ulic a jejich kombinace se zelenými plochami městských parků, používání světlých barev s vyšší odrazností, techniky zadržování vody a široká škála technických řešení. Zelená infrastruktura se obvykle kombinuje s modrou infrastrukturou potoků, řek a vodních ploch. Podle údajů Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) bylo v roce 2024 zaznamenáno 57 tropických dnů. Tropický den zaznamenáme, když teplotu vzduchu 30 °C a více naměří alespoň jedna stanice v ČR. Jedná se o třetí nejvyšší počet tropických dnů od roku 1990. Nejvíce jich bylo v roce 2018, a to 70, druhý nejvyšší počet, tj. 67 tropických



Optimální je funkční propojení zelené a modré infrastruktury, v tomto případě jako esteticky působivé zákoutí brněnského arboreta, kde je dobré mikroklima, krásné rostliny a ještě se člověk něco dozví. To jsou místa budoucnosti.



dnů, jsme zaznamenali v roce 2003. Nejméně pak v roce 1991 – 23 tropických dnů. Průměrně jsme v období 1990–2023 zaznamenali 41 tropických dnů ročně. Tyto údaje se však týkají celé ČR včetně jižní Moravy, takže reálná čísla pro části Čech jsou zatím nižší. Měřicí stanice umístěné mimo městskou zástavbu neposkytují představu o tom, co se děje ve městě. Zkušenosti z italských měst naznačují další vývoj i u nás: např. meteorologická předpověď udávala 36 °C, ale v kompaktní městské zástavbě bylo běžné 42 °C, a to zejména pokud vedro trvalo delší dobu a město fungovalo jako „kumulační kamna“, přičemž se každý další den teplota o něco zvyšovala, protože domy a zastavěné plochy nestihly přes noc vychladnout.

Energeticky a potravinově soběstačné město: tato problematika není součástí studie a zároveň není zcela v rukách magistrátu – nemůžeme lidem nakázat pěstovat zeleninu nebo využívat fotovoltaické panely, ale můžeme je v těchto snahách podpořit. V každém případě je soběstačné město tématem, které se v různé podobě bude vracet. Je proto dobré mít vyčleněnou nějakou plochu, kde si lidé dejme tomu na 50 let mohou pronajmout zahrádku. Zahrádkářské kolonie ustanovené již ve 20. letech minulého století úspěšně fungují téměř „uprostřed“ Vídně dodnes. Zahrádky by měly být založeny na relativně kvalitní zemědělské půdě, ale elektrárna může stát na brownfieldu, třeba na okrajích nepoužívaných železničních ploch.

Bezpečné a sociálně soudržné město: ani tato tematika není přímou součástí studie, ale je nutné zdůraznit, že pocit bezpečí je jeden ze základních požadavků na dobré město. Do určité míry se dá řešit již urbanistickou koncepcí, díky níž např. v parcích či kolem ulic nevznikají nepřehledné kouty zarostlé křovinami. Kromě těchto koncepcí se začínají uplatňovat i další hlediska, kterým může být město pro chodce či tzv. „swimmable cities“, tj. v nichž se dá plavat, podobně jako kdysi existovaly v Praze veřejné i vojenské plovárny. Tato místa v evropských říčních městech vymizela, protože vyžadují vysokou čistotu vody v celém povodí, ale šla by realizovat např. u některých vybraných rybníků určených pro rekreaci, a nikoliv pro chov ryb. V Praze se např. uvažovalo o říčním parku na soutoku Berounky a Vltavy.

! Měření teplot a tepelná mapa města

Představu o kritických místech města může poskytnout jen teplotní mapování sídla během nejteplejších dní. Např. v Praze i dalších městech se ukazuje jednoznačná korelace, že tam, kde je nejvíc budov a nejméně parků (např. Maniny na Praze 7), panují nejvyšší teploty. Pokud jako v Praze stojí vysoké budovy poblíž Vltavy, tak její chladicí účinek vyznívá již ve vzdálenosti 40 m (max. 60 m) od řeky. Cílem je proto zpřístupnit náplavky, aby lidé mohli chodit těsně vedle řeky. Prvním krokem by tedy měla být mapa červencových či srpnových teplotních anomálií měřených během vlny veder, nejlépe několik dní po jejich vypuknutí. Tato mapa by se měla týkat celého města včetně alespoň některých vybraných referenčních ploch, jakými jsou parky, příměstské lesy či okolí vodních nádrží. Mapování ukáže slabá místa města, což mohou být jak plochy, tak části ulic s vyšším pěším provozem.

Je nutné počítat s tím, že obyvatelé města přijmou jakékoliv projekty místních úřadů v této poněkud rozpolcené době s nepochopením či kritikou. Tento „primárně našťvaný postoj“ se dá zvrátit, pokud máme jasná srovnávací měření, v jejichž rámci je např. dvojice teploměrů umístěná ve stínu nad betonovou plochou nebo



Město Plzeň je v našich podmínkách jedinečným soutokem čtyř řek, jejichž úpravou by mohla vzniknout neobvykle bohatá modrá městská struktura.

v nedalekém parku, nebo třeba na zelené a nechráněné zastávce. Data je nejlépe měřit pomocí dataloggerů (pokud mají napojení na bluetooth, stačí projít kolem a data si stáhnout, cena cca 1 500 Kč). Teploty povrchu se snadno měří pomocí jednoduchých teploměrů (cca 500 Kč), díky nimž běžně zjistíme, že tmavé nakloněné střechy mohou dosahovat teplot až 70 °C a nekrytá tráva v parku 50 °C, ale musíme si být vědomi toho, že už kousek pod povrchem může být teplota výrazně nižší. V panelových domech a v místě, kde se zdržuje víc lidí, bývá nutné měřit i noční teploty, a to zejména v bytech pod plochými střechami.

Tento druh měření by v rámci školních projektů mohli s určitou podporou magistrátu provádět samotní školáci. Cílem je totiž zatáhnout do projektu i veřejnost (děti učí rodiče). Běžné meteorologické stanice se vyhýbají tepelným ostrovům měst, měření teploty povrchů, či naopak teplotním poměrům v polovině výšky panelového domu, což jsou místa, kde potřebujeme znát lokální průběh teplot. Měření zde nemá za cíl vytvořit předpovědní meteorologickou mapu, ale pohlídat podmínky pro život obyvatel sídla.

Zásady klimatického plánování

Přírozená ventilace: historická severoafrická a blízkovýchodní města podobně jako současné urbanistické plány počítají s přírodní ventilací města tak, aby ulice byly otevřené proudění. Staré domy v Káhiře mívaly na střechách otočnou dřevěnou „boudičku“ nazývanou lapač větru, která se ručně natáčela k větru, ten byl přiváděn do ústřední místnosti nad nádržku s vodou. Suchý venkovní vzduch vodu odpařoval a tím ochlazoval okolí. Při dnešní výstavbě městských čtvrtí se někdy dbá na to, aby hlavní ulice směřovaly podle převládajícího větru a nebyly omezovány vysokými stavbami.

Světlé povrchy: přímo učebnicí vlivu barvy na okolní teplotu je Středomoří se svými bíle omítnutými domy, které odrážejí část slunečního záření a tím ochlazují vnitřek budovy o 0,5–2,00 °C. Z tohoto pohledu je nesmyslná „elegantní“ tmavá střešní krytina, jež se běžně zahřívá až na 65–70 °C zejména na střechách orientovaných směrem ke slunci. Střechy zůstávají teplé až do podvečerních hodin a tím oteplují své okolí.

Trojvrstevnatá UV odrazná okna a vnější žaluzie: fungují tak, že na jedné nebo více okenních tabulkách je nanesen tenký, vysoce transparentní povlak s kovovými nebo nekovovými oxidy. Tento povlak je schopen propouštět viditelné světlo, ale odráží infračervené záření, které přináší teplo. Tři takové tabulky vytvářejí několik vzduchových nebo plynových komor, jež fungují jako tepelná izolace. Inertní plyny jako argon nebo krypton dále zvyšují tepelnou odolnost okna. Některé typy těchto oken mají také nízký emisní povlak, který snižuje tepelné vyzařování ze skla směrem do interiéru.

Tento typ oken je velmi drahý, takže se běžně používá jen u budov typu kancelářských mrakodrapů např. v Hongkongu. Je vhodný do teplého počasí, ale snižuje i náklady na topení v chladných obdobích. U nás by se zatím zřejmě nevyplatil a navíc např. na jaře potřebujeme, aby do místnosti proniklo co nejvíc slunečního záření, takže v mírném evropském pásmu se víc pracuje s vnějšími žaluziemi, které jsou (jako v Paříži 19. století) považovány za jeden z nejdůležitějších faktorů omezujících teplo v místnosti. Jejich účinnost je oproti vnitřním žaluziím výrazně vyšší.

Průlínité a savé povrchy: za jedno z důležitých opatření zadržování vody ve městě, které navíc přispívá k jeho ochlazování, jsou považovány savé povrchy typu porézního asfaltu, propustných šterkových povrchů nebo dlaždic s průlisy. Zde je doporučení celkem jednoznačné, a to používat, kde to lze, šterkové plochy např. u parkovišť na okrajích města. Za pokus by stály porézní asfalty. Jsou dražší, méně vydrží a vyžadují občasné čištění, aby se neucpaly póry. Používají se např. v okolí autobusových zastávek či na cyklostezkách.

Kropení silnic během vlny veder: za neúčinnější je považováno kropení ještě ráno před prvním náparem slunce. Rovněž vegetaci neúčinněji zavlažujeme navečer nebo brzy ráno. Povrch zvlhčený po ránu zpomaluje nástup horka. Kropení během nejvyšších teplot může naopak situaci zhoršit, protože voda se okamžitě odpaří, zvýší se vlhkost a sníží tepelný komfort, který je kombinací teploty a vlhkosti vzduchu. Při 100% vlhkosti a teplotě nad 32 °C se lidské tělo stává obtížně uchlazitelné a po několika hodinách v takových podmínkách již může dojít k poškození či kolapsu. Pokud by třeba autobusová zastávka byla pokrytá porézním asfaltem,



Cesta podle Jordánu v Táboře je výborně řešená, protože hladký povrch umožňuje provoz na cyklistické stezce, pak následuje dostatečně široký zpomalovací pás, takže maminky s kočárky se nemusejí bát nebezpečně rychlých kolařů a mohou jet po obyčejné cestě, která je rovná a přitom saje vodu. Ale i srážky z vydlážděné trasy mají na březích rybníka dost prostoru k vsáknutí.

kteřý by byl od rána nasáklý vodou, můžeme očekávat podobný, spíš menší, chladicí efekt jako u vegetace, a to i v místech, kde pro strom není prostor. Prováděl jsem experimenty na betonových schodech s asi 15% porozitou, kdy 1 m² absorboval kolem 6 litrů vody. Beton pak další 2–3 hodiny snižoval okolní teplotu o několik °C, zatímco bez zavodnění by teplo kumulovalo. I toto je technika běžná v semiaridních oblastech, kde přednostně zaléváme prostor před vchodem, a tím omezujeme horký vzduch pronikající do místnosti. Pokud máme zdarma zdroj vody např. z odběrného místa u řeky či vodní nádrže, je možné provádět kropení a zavlažování bez vyšších nákladů i bez pocitu, že plýtváme pitnou vodou.

Zelené plochy a zelené koridory: městská zeleň je považována za vůbec nejúčinnější nástroj adaptace města na vlny veder. K tomu však potřebujeme znát, jak funguje strom. Každé ráno řeší zásadní problém, nakolik má otevřít průduchy (stomata). O slunečném dni je dostatek energie i oxidu uhličitého pro fotosyntézu, ale strom by zároveň mohl ztratit vodu a uschnout. Řídicím mechanismem dalšího denního chování je proto obsah vodní páry ve vzduchu a půdní vlhkosti v okolí zejména drobných kořínků. Strom se za této situace nepouští do rizikových strategií a raději omezí svoji činnost – to znamená, že sníží fotosyntézu a tím i odpar vody a chlazení. Dopad je naprosto zásadní: strom, který nemá dost vody sice stíní, ale



Dlažba s doličky primárně slouží jako protiskluzová ochrana, ale také zadržuje vodu, která se odpařuje a zpomaluje nástup vedra: Florencie.

částečně „vypíná“ chlazení odparem. To za teplého dne snižuje teplotu pod stromem běžně o 4–8 °C.

Vyplývá z toho nutnost zalévat alespoň některé stromy. Nejjednodušší řešení je vytváření vsakovacích mís kolem stromů anebo odvádění dešťové vody z okapů či ze spádovaných ploch směrem k vegetaci. Pokud je i tak vody málo, protože teplé počasí trvá druhý nebo třetí týden, tak je vhodné stromy na exponovaných místech, jako je okolí školek, nemocnic, úředních a nákupních center, zalévat. Za tohoto počasí může dojít k omezení dodávek pitné vody, a proto jako zdroj technické vody volíme např. nádrž u řeky.

Zeleň ve městě se dělí na zelené koridory podél silnic, kde chodí hodně lidí, a zelené plochy městských parků. Pro vytváření chladných koridorů jsou výhodnější přirozeně stíněné ulice ve směru sever–jih, protože ulice ve směru východ–západ mívají ranní i odpolední slunce. Pro zelené chlazení města především potřebujeme mít vegetační mapu. Veřejné prostory pod správou města mívají poměrně detailní paspartizaci stromů (stáří, druh, zdravotní stav), ale rozptýlenou zeleň soukromých zahrad či podél železničních koridorů je nutné odečítat např. z Google Maps a případného terénního ohledání. Běžný postup je následující:

1. Mapování vegetace z hlediska dalšího vývoje porostů tak, aby mohlo dojít k průběžnému doplňování.



Skleněné plochy budov odrážejí část slunečního záření do svého okolí a tím jej oteplují. Ještě větší vliv mají tzv. „elegantní“ tmavé povrchy střešní krytiny, kde i v našich podmínkách povrchová teplota v létě může dosáhnout kolem 60 °C. New York.

2. Mapa vegetace se srovnává s mapou tepelných anomálií a podle hustoty obyvatel v daném místě či vzdálenosti nejbližší zelené plochy se uvažuje o rozšiřování zelené infrastruktury.
3. Odečítá se hloubka (kvůli kořenům) a výška (kvůli korunám) technické infrastruktury a podle toho se volí patřičný druh. Některé technické správy uvažují o vlastních školkách, protože některých dřevin je na trhu nedostatek. I pěstování a sledování růstu teplomilných stromů, např. dubů, by mohlo být součástí vzdělávacích programů na školách.
4. Volba dřeviny se odvíjí od budoucího klimatu (viz dále). Lesnické programy okolních zemí považují za klimatické vítěze zejména duby (ty ale rostou pomalu) a borovice, ale často doporučované jsou např. akáty, které jsou sice nepůvodní, zato ale velmi odolné, dále platan, líska turecká či jinan. Z hlediska zdravotního účinku fytoncidů jako antivirotik jsou vhodné borovice. Zdá se, že pro česká města je vhodná kombinace zhruba dvě třetiny listnatých a jedna třetina jehličnatých stromů. Zde stojí za to experimentovat např. s douglaskami (vlhčí místa dál od elektrického vedení), cedry či některými borovicemi.

Zelené střechy: nejvíc se hodí na ploché střechy panelových domů, kde i vedro bývá největší. Dokážou zde významně snížit teplotu až o několik °C. Nejsou laciné a i přes inzerci firem nejsou bezúdržbové. Za sucha mohou vyžadovat zavlažování většinou ve formě kapénkové závlahy. Každých několik let by měla být provedena

jejich celková údržba, ale základní konstrukce by měla vydržet alespoň 50 let. Průběžně by se měly vytrhávat invazní rostliny a kontrolovat odvodňování střech. Na každý čtvereční metr zatěžují konstrukci váhou asi 60–150 kg či víc. To může mít velký vliv na statiku budovy a možnost postavení fotovoltaických panelů. Některá města jako např. Linz povolují nové stavby s plochou střechy nad 100 m², jen když je na nich naplánovaná zelená střecha.

Zelené stěny na vysokých domech jsou drahé a náročné na údržbu, ale na menších či rodinných domech se dají pořídit svépomocí. Stínící vliv je poměrně velký, ale je třeba počítat s hmyzem (díky jeho přítomnosti i se zpěvnými ptáky podle hesla, že „kdo chce motýly, musí tolerovat housenky“). Zelené střechy často slouží jako náhrada městské zeleně tam, kde jinak schází. Přesto představují silný nastupující trend, takže je vhodné si takovou úpravu vyzkoušet třeba jen na jedné střeše. Na nových velkých objektech typu nákupních center by měly být povinné včetně odvodu srážek do zasakovacích nádrží.

Voda ve městě

Zachytávání vody má tři hlavní aspekty. Tím prvním je zdržování tzv. šedé srážkové vody přímo na budovách a v jejich okolí, tím druhým je zadržování vody městskou vegetací a pomocí průlinčitých povrchů a konečně třetím významným aspektem je zadržování vody v revitalizovaných vodotečích. Celá problematika je značně složitá, ale pro potřebu prvních jednoduchých kroků můžeme počítat s těmito opatřeními:

- Vsakovací mísy kolem stromů: stromy se pěstují v mělkých depresích, které zachytávají vodu
- Spádování dešťové vody: voda z pevných povrchů typu vozovek není odváděna do kanalizace, ale k trávníkům a stromům
- Zelené zastávky: v místech, kde není možné frekventovanou zastávku zastínit stromem, se uplatňují zelené zastávky s vegetací krytými střechami a dalšími úpravami.
- Pítka: svého času byla jako nejužitečnější malá stavba v Praze vyhodnoceno pítka na stanici Malostranská. To je navíc uzpůsobeno tak, že člověk může zakrýt jeden ze dvou otvorů a tím zesílí tlak vody do druhého otvoru. Mnohokrát jsem zažil, že děti i dospělí po sobě cákali vodu a nikdo se nezlobil. Pítka mohou mít i herní prvky.
- Vodní mlha: je laciným opatřením, které na hlídaných místech, např. u vchodů do budov, podstatně zlepšuje životní pocit. Může mít podobu např. brány nebo jenom jednoduchého či násobného vedení.
- Strategie je opět jednoduchá: nejprve zavést tato opatření na několika místech a pozorovat, jak se osvědčí, a podle toho je zavádět na dalších místech či vývojem dojít k pokročilejším řešením. Cílem je nejenom zlepšování tepelného komfortu, ale lidem psychologicky pomáhá, když něco pro sebe udělají a mají pocit, že alespoň trochu zlepšili své okolí.

Biodiverzita, ekologie a funkce městského lovce

Ochrana biodiverzity ve městě má dva nerozlučné aspekty. Tím prvním je ochrana zvířat a rostlin, ale tím druhým je ochrana lidí, respektive nalezení nějaké správné rovnováhy mezi lidmi, zvířaty a rostlinami. Určitě pomáhají řešení typu nepravdivé seče trávy s ponecháváním ostrovů vysoké trávy, budování míst pro přezimování ježků či obojživelníků typicky v podobě hromad klestí a listí či vysychavých louží, ale můžeme jít i jinou, nejvíc přirozenou cestou, že na vágních plochách kolem železnic, garáží či brownfieldů ponecháme ostrůvky „nové divočiny“ a v parcích budeme pracovat s různými typy prostředí. Necháme pak na samotné přírodě, jak si tyto plochy sama kolonizuje.

V 80. letech minulého století se objevil nový obor, jemuž se začalo říkat městská ekologie. Zpočátku se jednalo o studium plevelů či drobných organismů, které jsou schopné žít na dvorcích, skládkách či vybetonovaných površích měst, ale rychle se k nim přidával výzkum ptáků a zejména polopřírodních oáz, jako jsou staré zahrady a hřbitovy. Vlastně se jedná o lokální biocentra, která ukazují, že hranice mezi přírodou a kulturou je hodně propustná.

V městské ekologii se přitom nejedná jen o ochranu vzácných druhů, ale o pochopení toho, jak příroda v dobrém i zlém ve městě funguje. Třeba v Barceloně v roce 2021 zaznamenali 1 200 případů agresivního chování divokých prasat, která s oblibou čekají v parku před samoobsluhou a pak se nevybíravě dožadují nákupu. Něco podobného se začíná projevovat i v českých městech. Ta navíc trpí invazí kun a někde i lišek, přičemž právě ony často onemocní prašivinou. Jinými rychle se šířícími druhy jsou bobři a mývali, jichž žije v Německu asi jeden milion. S oblibou pronikají do městských čtvrtí podobných Doubravce, vylézají po okapech do prvních pater domů, otevírají ledničky apod. Proto se obvykle požadují následující pravidla:

- Ve městě se nenechávají žádné agresivní druhy schopné zabít dítě (toto pravidlo se však týká hlavně mimoevropských měst)
- Nesmí dojít k introdukci druhů, které mohou ohrozit lidské zdraví nebo majetek, třeba přenosem patogenů. Noví usídlenci nesmějí ohrožovat genetický základ původních populací. Nejedná se primárně o to, že by zvířata někoho „kousla“, ale hlavně o přenos nemocí.
- Samotné organismy nesmějí při vstupu do městského prostředí trpět
- Obyvatelé města nebo dotčené čtvrti mají právo rozhodovat o svém přírodním prostředí
- Nová stanoviště, třeba přírodní zahrady (to jsou zahrady, kde rostou místní dřeviny a rostliny a z cizích druhů jen okolní přírodě podobné, neinvazivní druhy), mají být propojena s prostorem mimo město. Toto pravidlo zdůrazňuje propojenost a propustnost města s okolní přírodou.

S invazí nevhodných zvířat, jako jsou divoká prasata, do měst se dá zacházet dvojím způsobem:

1. Motivovat myslivce k jejich odstřelu již mimo městské plochy a udržovat tak „názarsníkové“ pásma
2. Začít uvažovat o funkci městského lovce, a to nejprve právní analýzou, co je



Architektura, oděv, a dokonce i postel do horka má být prodyšná, aby se usnadnilo odpařování ze všech stran: Súdán.

vůbec ve městě povolené. Podle neúplných informací z Policie ČR je jakýkoliv preventivní odstřel ve městě prakticky vyloučený a odchyťávat zvířata nemá velký efekt, protože se vrátí. Podobně je téměř nemožné či málo efektivní začít odchyťávat lišky – jen v Londýně jich žije asi 10 tisíc.

Zelená infrastruktura: základní zkušenosti

V roce 2007 začala v New Yorku probíhat akce „Milion stromů pro New York“, která byla později, někdy živelně, opakována v dalších městech včetně Prahy. Po skoro dvaceti letech je možné shrnout zkušenosti z tohoto projektu. Především v oblasti New Yorku roste kolem 6–7 milionů stromů téměř 200 druhů. Většinu z nich tvoří exotické dřeviny zahrad a parků, ale nejvíc je rozšířeno asi 20 druhů původních či hlavně z Evropy přivezených dřevin. Město má dlouhodobou zkušenost s chováním a stanovištními nároky jednotlivých stromů. Proběhlo zde poměrně detailní mapování a inventarizace porostů. Ta je základem dalších činností.

V druhém kroku došlo k vymezení právního rámce. Jakékoliv činnosti prováděné 15 m od zasazeného stromu, který má status „City Tree“, podléhají povolení, jež vydává pověřená organizace, v tomto případě „Parky NYC“. Pokuty za poškozování stromů jsou vysoké a v krajní míře může pachatel být potrestán vězením v délce až jednoho roku. Jsou zakázány jakékoliv zásahy do kořenového systému, ale koruny je nezbytné upravovat. K tomu slouží „tree working permit“, tedy povolení k práci se stromy.

Dalším krokem je analýza stanoviště. Jedná se zejména o přítomnost podzemních sítí a výši drátů přenosové soustavy. Např. v Brooklynu vede elektrické vedení nízko, a tak jsou doporučovány nízké stromy, jako např. třešně. Město vydalo seznam doporučených druhů, který se dělí podle výšky stromu na skupiny pod a nad 15 m. U dřevin se hodnotí tvar koruny, rychlost růstu a barva listů na podzim. Jako geolog mám dlouhodobou zkušenost s destruktivní činností kořenů různých stromů na skalní výchozy či v případě města na inženýrské sítě. Vůbec nejničivější dřevinou pronikající po drobných trhlinách do skalního masivu je trnovník akát.

V New Yorku patří mezi doporučené druhy velkých stromů např. pomalu rostoucí, ale k suchu odolný jinan dvoulaločný (*Ginkgo biloba*), který se hodí na zasolená a znečištěná stanoviště. Z druhů blízkých našim podmínkám jsou doporučovány duby (*Quercus* spp. var. *Fastigiata*, *Q. rubra*, *Q. bicolor*, *Q. imbricaria*, *Q. palustris*, *Q. phellos*), dále vůči znečištění odolná lípa srdčitá (*Tilia cordata*) i další druhy lip (*T. americana*, *T. euchlora*, *T. tomentosa*). Zajímavým stromem je zelkova pilovitá (*Zelkova serrata*), která sice roste pomalu, ale vydrží suchu i znečištění, její listy na podzim mívají podle kultivaru výrazné zabarvení a dobře snáší zásahy do koruny, takže je možné ji tvarovat např. v těsné blízkosti budov. Z tohoto důvodu se v Japonsku často používá na tvorbu bonsají. Rovněž její dřevo je ceněné.

Z dalších zajímavých doporučených dřevin se jedná o ambroň západní (*Liquidambar styraciflua*), která však vyžaduje vlhčí stanoviště, a nahovětec dvoudomý (*Gymnocladus dioica*). Škála doporučených jehličnatých stromů je mnohem užší a kromě tisovce dvouřadého (*Taxodium distichum*) zde nalézáme pozoruhodnou, rychle rostoucí metasekvoji čínskou (*Metasequoia glyptostroboides*). Poměrně podrobné informace nalezneme např. na webových stránkách města New York a dalších podobně uvažujících amerických sídel, která mají se stromy ve městě dlouhodobou zkušenost, či v mnoha odborných článcích.

V posledních asi třiceti letech byl mnohokrát na konkrétních příkladech rozpracován koncept městského lesa s důrazem nejenom na přírodu, ale také na jeho terapeutické vlastnosti. V prostředí českých a moravských měst pravděpodobně neuděláme větší chybu při sázení ověřených dřevin, jako jsou duby, lípy a borovice lesní, případně platany. Zároveň je zapotřebí víc experimentovat s exotickými nenáročnými, obvykle zároveň okrasnými dřevinami už jen z toho důvodu, že zvyšují radost obyvatel z přírodního prostředí a nový pocit identity je vede k dalším environmentálně přátelským krokům. V botanické zahradě v Praze-Tróji se např. daří teplomilnému javoru francouzskému (*Acer monspessulanum*), který je ve Francii často sázen kolem dálničních odpočívadel na suchá a teplá stanoviště, tedy do podmínek, jaké čekáme i u nás. Jinou zajímavou možností je výsadba např. starých ovocných odrůd, jež zejména dětem přinášejí radost a poučení.

Jak ochladit město – základní techniky

Mnoho amerických, a ještě víc indických měst spotřebovává víc energie na chlazení v létě než na ohřívání v zimě. Ve střední Evropě včetně ČR je vrchol spotřeby energie následkem topení v zimě, ale v USA následkem chlazení v létě. S rostoucími teplotami se i u nás očekává zvyšování spotřeby i v letních měsících. Ve větších domech s mnoha klimatizačními jednotkami se okolní vzduch neúměrně zahřívá,

protože na výrobu chladu doma vyrábíte teplo venku, podobně jako chladnička ohřívá vzduch kolem sebe. Cílem je proto co nejvíc využít pasivní ochlazování, které nespotřebovává energii. Při dobrém designu se v budovách jižní Evropy daří ušetřit až kolem 70 kWh na metr čtvereční a rok provozu. Takto navržené budovy mívají zhruba o 10 °C nižší teploty v interiérech. Plánování nových čtvrtí v teplejších oblastech začíná analýzou převládajícího větru, jehož směr určuje orientaci ulic tak, aby byly dobře provětrávané. Město se tím nejenom ochlazuje, ale také zbavuje škodlivin, jako jsou oxidy dusíku a nízký ozón.

Pasivní ochlazování spočívá především ve schopnosti bránit se slunečnímu záření. Tmavý dům pohlcuje 70–90 % sluneční energie a částečně ji přivádí dovnitř. Zhruba 30 % tepla přichází střechou. Jedna z možností, jak tento tepelný tok omezit, je bílý nátěr. Často se doporučuje latex, který by měl vydržet nejméně 5 let. Jindy se používá světlá barva se skleněnými vlákny a hliníkovými pilinami na bázi asfaltu či nejednodušší bílý šedý (baryt). Začerstva mívají tyto barvy dobrou odraznost, ale po čase je jejich povrch nerovný, tak zachycuje prach a šedne. V podkroví pod trámovým je možné připevnit odraznou fólii stejného typu, jaký se používá v balíčku první pomoci jako termoizolační fólie. Bílá výmalba v bytě má jen malý vliv na tepelnou bilanci, ale bílá či světlá barva přeci jen část tepla odráží a působí psychologicky příznivě.

Až 40 % tepla přichází okny. Vyspělé technické řešení spočívá v nanesení speciální odrazné vrstvy na povrch skla, ale stejný či ještě lepší efekt dosáhnete prostým zatažením závěsů. Je to způsob, s jakým se běžně setkáváte v Orientu. V tom případě ráno ještě za chladu dobře vyvětráte a pak zatahnete závěsy. Snažíte se udržet chlad v místnosti, a tak nečekáte, až bude teplo. Pokud se rozhodnete použít ochrannou vrstvu na skle, tak zvažte, zda má být i na severní straně. V zimě bude totiž odrážet i tu trochu tepla, jakou můžete ze slunce získat. Teplo bude odrážet i na jaře, kdy ho naopak vítáme. Zato pomocí závěsů můžete množství tepla regulovat den po dni podle okamžitého počasí. Ještě výhodnější jsou již zmíněné vnější žaluzie.

Snad nejběžnější technikou je zastínění zejména pomocí stromů. O horkém letním dni při teplotách zhruba nad 34 °C strom ochlazuje své okolí o 8–12 °C, s průměrem kolem 9–10 °C. Můžete si snadno změřit, jaký je rozdíl teplot mezi slunečníkem a stromem. Na zahrádce běžné české restaurace to je často 6 °C ve prospěch stromu. Je to dáno tím, že stromy odpařují vodu, a tím chladí. Strom, který má dobře chladit, musí mít dost vody. Ve městech se proto snažíme jímat dešťovou vodu a převést ji ke stromům. To je klíčová záležitost.

Volba místa vůbec není jednoduchá. Potřebujeme, aby strom vrhal stín nebo polostín na dům, ale v zimě nebránil světlu. Naštěstí přesně tohle listnaté stromy umějí. Jeden rok pečlivě pozorujte (dá se to rychle spočítat nebo zdůrazně vypočítat), kam během nejteplejších týdnů dopadá slunce, a pak volte strom správné velikosti. Dům se dá stínit i tak, že jej necháte obrůst břečťanem nebo rychleji rostoucími liánami. I v tomto případě je nutné pečlivě zvážit, zda třeba sneseme pavouky a hmyz, který se sem nastěhuje. Moje zkušenosti jsou spíše pozitivní, kolem domu se pohybuje víc včel, ale méně much. Povrchová teplota trávníku bývá až o 10 °C nižší než holá země. V létě proto netrváme na nízkém, místy nezaroostlém trávníku, ale necháme ho poryt.

Dobře nastavené žaluzie snižují množství tepla až o 70 % na jižní straně domu a až 60 % na východní stěně domu. Větrník snižuje subjektivní teplotu asi o 2 °C, ale pomáhá o mnoho víc, protože tělo velice příznivě reaguje na malé, občasné snížení okolní teploty. To je princip vějířů, které objektivně nejsou příliš účinné, ale pocitově pomáhají. Vynález air condition v roce 1906 proměnil architekturu, ale dnes se snažíme ušetřit energii, a tak se vracíme k dřívějším technikám. Patří mezi ně např. zužující a rozšiřující se průchody mezi nádvořími či částmi budov, kde se vzduch zpomaluje a zrychluje. Mnoho lidí v létě instinktivně postává ve vchodu do domu, protože právě tam je průvan největší. Máme totiž mnohem lepší pocit, když se subjektivní teplota trochu mění. Tělo se za chladnější chvilky „nadechne“ a lépe snáší horko, i když na stupnici teploměru se nezměnilo skoro nic.

V tradiční architektuře se často pracuje se zaslepenými šachticemi či komíny, které se během parných dnů otevírají, aby tak umožnily únik teplého vzduchu z budovy. V tom případě však budova musí mít nějaký zdroj chladnějšího ovzduší, třeba jezírko stíněné stromy. Malebné vodní plochy v indickém Tádž Mahalu a jinde nesly sice mnoho symbolických významů, ale v zásadě pomáhaly ochladit celý prostor. V evropském městě by „lapačem větru“ mělo být samotné uspořádání města a prostupující vítr by optimálně mohl směřovat přes řeku nebo vodní plochu.

Další opatření vůči teplu se týkají oblečení, které má být volné a pokud možno jako u egyptské galabiji otevřené zespodu, aby měl vzduch přístup k tělu. Při teplotách nad 36 °C je vhodné se od okolního tepla izolovat oděvem. Krátké rukávy a šortky pomáhají jen do určité teploty, pak naopak převažuje ohřev, protože sluneční paprsky pronikají až na kůži. Lidový oděv vám názorně ukáže, jak se místní lidé nejlépe ochrání před místním klimatem. Podobně jako strom se chladí odparem vody, tak něco podobného platí i pro tělo. Musíte mít dost vody, abyste se mohli potit, a zároveň potřebujete nějaký iontoměnič, protože bez něj přicházíte o sůl. Indičtí Britové nám ukázali, že tmavé závěsy na okna je možné polít vodou a vyždímat, ale toto opatření je účinné, jen když je vzduch suchý.

Jeden z největších zdrojů tepla je rozpálená venkovní podlaha, jejíž povrchová teplota běžně dosahuje 60 °C. V mnoha kulturách světa, kde se jinak musí šetřit vodou, se polévá prostor před vchodem, aby dovnitř proudil chladnější vzduch. Tato lidová technologie se blíží architektuře typu salsabilu v Indii či severní Africe. Principem je větší nakloněná plocha, která bývá zbrázděna různými hrbolky, jež rozdělují a zpomalují proud vody. Voda v podobě jen 2–3 mm tenkého čírku stéká na velké ploše a odpařuje se. V Evropě se podobného prvku začíná používat třeba na náměstích, kterými protéká menší potůček, v němž si dospělí, a zejména děti mohou smočít nohy.

Další běžnou technologií chlazení pomocí odpařování je využití průlinčitých či porézních materiálů. Na mnoha místech v Orientu spatříte velké hrubé nádoby asi až na 100 l vody. Ta prochází stěnou, odpařuje se a ochlazuje vodu uvnitř, která může být teplá jen asi 27 °C při venkovní teplotě 40 °C. Podobně se používají průlinčité materiály, jako např. nepálené cihly (adoby). V egyptské architektuře, jakou prosazoval např. Fekri Hassan, se objevují vystupující pásy a římsovité struktury, které mají funkci chladicích žeber. Beton obvykle považujeme za užitečný průmyslový materiál, ale spíš si ho neumíme vážit a pracovat s ním. Beton je světlý, a proto odráží tepelné záření. Jeho porozita může být 10–20 %, takže funguje jako chladič



Tam, kde to jen trochu jde, ponecháváme průlinčité povrchy, které umožňují vsakování vody. Bráníme se tím nejenom proti suchu, ale také proti povodním a erozním událostem.

a výměník vlhkosti, kterou podle podmínek pohlcuje či uvolňuje. Zmírňuje tím vlhkostní i teplotní extrém.

Jiné orientální řešení, jaké uvidíte třeba v ulicích starého Istanbulu, jsou mašrabije. Jedná se o uzavřené dřevěné „krabice“ v podobě malých balkónků, které se přesazují před okna. Okno se rozšíří a udělá se z něj vchod. Mašrabije jednak chrání stěnu domu před osluněním, jednak zde vzniká větší průvan. Často zde sedávají ženy, jež muži nepustí mimo dům, aby měly alespoň nějaký sociální kontakt. Podle všech klimatických scénářů čekají evropská města delší a silnější vlny veder, přičemž teplota ve střední Evropě může dosahovat až kolem 40 °C. V srpnu 2023 byla teplota v našich městech běžně 35 °C, místy 38 °C či se mohla blížit 40 °C. Odpovídá to předpověděnému scénáři s možnými maximy kolem 40 °C. U starší zástavby se můžeme do určité míry přizpůsobit, ale u nově plánované výstavby se vyplatí uvažovat o klimatickém urbanismu či architektuře, tedy např. o vodní nádrži pod domem, která v létě chladí a v zimě otepluje. Teplo zabilo mnohem víc lidí než jaderná bomba. A to nejhorší je teprve před námi, pokud nedojde k ochlazení severní Evropy následkem zeslabení oceánského tepelného výměníku na systému Golského a Severoatlantského proudu.

Chladné prostory

Ve školkách, školách a nemocnicích se velice pravděpodobně nevyhneme zřízení chladných místností, kde bude fungovat klimatizace, která by pro celou budovu byla

jinak nákladná. Mezi další možná řešení patří např. smlouva mezi magistrátem a provozovatelem obchodního centra či sportovní (někdy i letištní) haly, že prostor bude v noci otevřený např. pro důchodce. Bez zkoušky není možné předem odhadnout, zda tyto možnosti budou využity. Podle sdělení teplotních odborníků není naše soustava uzpůsobená na letní chlazení, ale bylo by možné do budoucna navrhnout taková technická řešení, aby teploty za chladu topily a za horka chladily.

Chytré zmenšování

Náš venkov a některá menší města se zatím nenápadně zmenšují třeba jen tempem 100 lidí za rok, ale během dalších dvaceti let nejspíš nabude tento proces na rychlosti a naléhavosti. Je proto potřebné ujasnit si, kde jednou už kvůli údržbě mostů a silnic budou ležet kompaktní „střediskové obce“ a jak v nich zajistit základní služby nutné pro důstojný život. Myslím si, že je načase se občas zamyslet nejenom nad růstem, ale také nad chytrým zmenšováním běžného prostoru našich životů. Pravděpodobně to byli Japonci, kteří jako první začali promýšlet koncepci chytrého zmenšování měst a obcí jako protiváhu chytrého růstu. Postavili proti sobě *smart progress* a *smart shrinkage*. Demografická analýza jim totiž ukázala, že během dalších třiceti let nebude v 19 velkých krajinných areálech žít už vůbec nikdo. Mladší lidé se přestěhovali do měst, která občas rostou špatným směrem buď k moři, odkud může přijít tsunami, anebo do strmých svahů, kde hrozí sesuvy půdy. Ty jsou stále častější, protože intenzita a počet přívalových srážek roste.

Japonský venkov je závislý na silnicích s mnoha mosty a na dlouhých trasách elektrických a vodovodních sítí, které se pro zmenšující se a stárnoucí populaci přestávají vyplácet. Základem japonského modelu chytrého zmenšování je proto výběr a kompakce sídel. Jako základ nově budovaného centra obvykle slouží místo, jež je dopravně a infrastrukturně dobře umístěné a má přitom nějakou historickou hodnotu, třeba dřevěné domy tradiční venkovské zástavby. K tomuto centru se přestěhovávají ze vzdálenějších „samot“ další lidé, kterým se municipality snaží zajistit základní služby, jako je obchod, lékař a zubař. Zbytek krajiny se víceméně nechává zpustnout a místní komunikace již nejsou udržovány.

Nám je pravděpodobně bližší příklad města, které leží kousek za našimi hranicemi – Lipska. Počátkem 20. století se jednalo o jedno z nejrychleji rostoucích evropských měst s populací kolem 700 tisíc. Ve „zlatých dobách“ NDR Lipsko mělo víc jak milion obyvatel a velikostí se tehdy podobalo Praze. Jenže začalo jako mnoho evropských měst vyhnívat zevnitř. Historické centrum bylo zanedbané a rychle se vyprazdňovalo, protože výstavba se soustředila na okrajová sídliště. Během pěti let po roce 1990 Lipsko ztratilo 85 % pracovních příležitostí. Odliv lidí z východních zemí na německý západ do roku 2000 dosáhl asi 1,2 milionu lidí. Tuto ztrátu nedokázala nahradit ani pozdější pověstná „divoká migrace“, jež navíc přinesla problémy jiného druhu.

První pokusy, jak zachránit město, ze kterého odešlo asi 100 tisíc obyvatel, se týkaly koncepce děravé sídelní plochy (tzv. *perforated urban landscape*), přičemž bylo nutné zbourat skoro třetinu neobývaných paneláků a z takto získaných ploch vytvořit nové městské parky. To nešlo financovat jenom z městských prostředků, takže do hry musel vstoupit stát, který si vymohl určitý právní a rozhodovací rámec.

Část budoucnosti bude patřit místům, které kombinují ochlazující účinek řeky jako modré infrastruktury, pásma stromů jako zelené infrastruktury a genia loci, jakým jsou staré, částečně revitalizované papírny u Radbuzy v Plzni.



Úhel pohledu se několikrát podle postupně získávaných zkušeností měnil. Zpočátku se mluvilo o koncepci dobře integrovaného, částečně multikulturního sociálního města (program *Soziale Stadt*), ale do určité míry se jednalo o politický sen. Další fází byl celkový program obnovy východních německých zemí (projekt *Stadtumbau Ost*, 2001–2009), který se nakonec přelil do urbanistických plánů celých měst, jejichž hlavním cílem byl koordinovaný postup developerů a radnice (*Integrierte Stadtentwicklungspläne*). Všechny tyto plány měly z našeho pohledu jednu velkou slabost. Vyžadovaly takové finanční prostředky, na jaké asi nikdy nebudeme mít.

I v bohatém Německu bylo nutné spojit síly fondů EU, státu, kraje, města a nevládních organizací. Těm byly např. zdarma nabídnuty domy určité historické hodnoty, tzv. *Wächterhäuser*, aby se o ně staraly a využívaly je ke svým aktivitám. Většinou ale neměly na opravu a údržbu peníze. Dnes je Lipsko moderní žádané město, které láká zejména mladé lidi, ale cesta k tomuto rozkvětu nebyla snadná a budoucnost se nedá zaručit. Především se německá vláda snažila do města nalákat velké firmy, jež však vyžadovaly řešení dopravní struktury a napojení na dálnice. Jiným zásadním krokem bylo udržení výše nájemného v rozumných mezích. Městské čtvrtě měly poměrně velkou rozhodovací svobodu a ve snaze konkurovat jiným čtvrtím v rámci města volily chytré a prospěšné kroky. Pokud některá naše města uvažují o růstu populace až 20 %, tak při současném demografickém výhledu, a to i při započítání např. masivní ukrajinské migrace, znamená, že venkov a menší města budou ztrácet obyvatele, kteří budou navíc stárnout. Proto je důležité se již dnes zamyslet např. z hlediska údržby mostů a páteřních komunikací, jak budou vypadat naše sídla za dvacet let.

Závěr: zvyšování resilience města

Za hlavní strategii v této fázi považují nikoliv velký, finančně náročný projekt, ale sběr dat a zkušeností, doprovázený spíš drobnými kroky a jejich průběžným vyhodnocováním. Jaké zkušenosti bude město potřebovat?

1. Budou místa jako školky a nemocnice, kde se nevyhneme **chladným místnostem s klimatizací**, která by měla být přednostně řešena pomocí místní fotovoltaiky. Potřebujeme mít zkušenost se spolehlivými, nepředražnými systémy, které se dají snadno namontovat.
2. Přírozené chlazení panelových domů bude pravděpodobně vyžadovat **zelené střechy**, ale měli bychom mít jistotu, že se jedná o účinná a ekonomicky přijatelná opatření.
3. **Porézní povrchy a jejich zavlažování**. Schází zkušenosti s porézním asfaltem, ale třeba i ranním zavlažováním betonových a dalších ploch. Tady není jiná cesta než tyto postupy vyzkoušet a zejména změřit jejich účinnost.
4. Nevyhneme se široké škále **technik zaměřených na zadržování vody**, ať již ze střech, městských prostorů, nebo revitalizovaných niv. Např. francouzský lesnický program počítá s vytvářením častých drobných depresí zadržujících srážky spolu se vsakovacími strouhami.
5. Hlavním přírodním způsobem ochlazování bude vždy **zelená infrastruktura**, ale musíme počítat s dřevinami, které vydrží klimatickou změnu a přinesou další výhody, např. ovoce či fytoncidní produkci přírodních antivirotik.



Venkovní klimatizace mají ten nepříjemný dopad, že oteplují své nejbližší okolí: starý osmanský hřbitov v novější zástavbě, Istanbul.

Adaptace města na změnu má složku dlouhodobé strategie, ale i reakce na náhlý krizový chod např. při blackoutu, dlouhodobém suchu či ze zdravotního a epidemiologického hlediska (tzv. *epidemic urbanism*). Epidemický urbanismus je založen na podobných zásadách, jaké platí pro klimatickou adaptaci, tedy přirozenou ventilaci a dobré zastoupení modrozelené infrastruktury, ale je zesílen robustním organizačním a zdravotnickým systémem.

Pokud jste např. radní města a dočetli jste až sem, tak můžete být až zahlceni množstvím úkolů, jaké je zapotřebí vyřešit. Ale ve skutečnosti se můžeme vrátit k základní strategii uvedené na počátku. Prioritou většiny míst jsou vlny veder a zacházení s vodou. Zde je vhodné začít teplotním mapováním města a vytipováním míst ohrožených přivalovými dešti. Místní podmínky pak určí další strategii rozvoje s tím, že zpočátku by se mělo jednat o malé, levné, ale průběžně vyhodnocované kroky. Podstatné je získat podporu veřejnosti, a to např. pravidelnou rubrikou v místním periodiku anebo cílenou podporou projektů už na základních školách, během nichž mohou školáci provozovat meteorologickou stanici a vyhodnocovat její výsledky. Ještě zajímavější, ale rovněž náročnější by mohly být školní projekty vyhodnocující růst a vitalitu stromů, které by měly zvládat očekávané klimatické změny či projekty městských zahrádek.

RNDr. Václav Cílek, CSc.

Všechny fotografické ilustrace včetně obálky pořídil autor

Nová etapa výzkumů nastala ve spolupráci s Českým egyptologickým ústavem, jehož náplní se stalo i studium civilizačních kolapsů. Řada expedicí a projektů přispěla k definování toho, jak klima ovlivňuje vývoj společností. Bylo zjevné, že i naše civilizace se právě nyní může nacházet na podobném rozhraní. Výsledky a úvahy byly publikovány v řadě kolektivních monografií, ze kterých můžeme připomenout zejména *Kolaps a regenerace, cesty civilizací a kultur* editorů M. Bárty a M. Kováře (Nakladatelství Academia, 2013), *Povaha změny. Bezpečnost, rizika a stav dnešní civilizace* (Vyšehrad, 2016), *Věk nerovnováhy: Klimatická změna, bezpečnost a cesty k národní resilienci* (Nakladatelství Academia, 2019), *Půda a život civilizací či Lesy středních Čech* (Dokořán, 2021 a 2024).

Důležité bylo, že těchto setkání se začali zúčastňovat bezpečností experti, a to včetně Generálního štábu Armády ČR, a zároveň došlo k propojení s aktivitami všech tří „Pačesových“ energetických komisí, které se již před patnácti lety snažily definovat bezpečnostní zájmy ČR na poli energetiky, a to včetně přechodu k nízkoemisnímu, ke klimatu šetrnému energetickému mixu. Tyto aktivity se již užce netýkají geologických témat, ale vyrůstají z celkového poznání nejmladší geologické minulosti, či dokonce již zmíněného antropocénu, který bývá definován jako období, v němž se člověk stává geologickou a klimatickou silou.

Tato problematika, zejména na průsečíku přírodních a sociálních procesů, již nemůže být řešena jen v rámci jedné organizace, ale sítí spolupracujících organizací, mezi které patří jednak další ústavy AV ČR, ale i odborná pracoviště vysokých škol včetně Karlovy univerzity či České zemědělské univerzity v Praze, Mendelovy univerzity v Brně a řady dalších organizací. Řada získaných výsledků, jako jsou např. poznatky týkající se kolapsu a regenerací civilizací, ale i praktická témata sledovaná v této práci, má celospolečenský dopad, a proto je autoři kromě odborných prací zpřístupňují srozumitelnou formou širší veřejnosti.

Většina velkých evropských a asijských měst vytváří strategie, jak se adaptovat na klimatickou změnu, a to zejména na vlny veder a nerovnoměrné srážky. Mezi základní techniky patří přirozená ventilace, vytváření chladnějších vegetačních koridorů a ploch, používání světlých barev a uplatnění pórezních povrchů.

Díky svým výzkumům se Geologický ústav AV ČR začlenil do evropského proudu podobných institucí, jejichž cílem bádání už není jenom poznání minulých procesů vývoje geosféry a biosféry, ale i jejich využití k tomu, abychom pochopili geologické a paleobiologické trendy směřující do současnosti, či dokonce do budoucnosti. Jinými slovy nás již jenom nezajímá, odkud pocházíme, ale také kam kráčíme.

V EDICI DOSUD VYŠLO:

Jiří Vomlel: **Bayesovské sítě**

Petr Halas, Eva Kallabová, Jan Lacina: **Ve stopách malíře Josefa Jambora**

Kateřina Chládková, Lucie Jarůšková, Michaela Svoboda: **Bilingvismus**

a **multilingvismus: Jak se učíme mluvit, když je kolem nás víc jazyků**

Marta Šimečková: **Archiv zvukových záznamů nářečních promluv**



Spolufinancováno
Evropskou unií



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Akademie věd
České republiky

STRATEGIE AV21

Edice Věda kolem nás | Výzvy a otázky

Adaptace města na klimatickou změnu | Václav Cílek

Vydalo Středisko společných činností AV ČR, v. v. i., Nakladatelství Academia. Grafická úprava dle osnovy Jakuba Krče a sazba Serifa. Odpovědný redaktor Vojtěch Němec. Vydání 1., 2025. Ediční číslo 13143. Tisk **SERIFA**®, s. r. o., Jinonická 80, 158 00 Praha 5.

ISSN 2464-6245

Evidováno MK ČR pod e. č. E 22344

Další svazky získáte na:

www.vedakolemnas.cz | www.academia.cz