



Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti města vůči teplotním extrémům

Autoři:

Lenka Suchá, Jan Geletič, Simeon Vaňo, Petr Bašta, Martin Jančovič, Helena Duchková

Oponenti:

RNDr. Jan Kopp, Ph.D., Katedra geografie, Ekonomická fakulta Západočeská univerzita v Plzni

Ing. Mária Kazmuková, Magistrát hlavního města Prahy (externí konzultantka)

Metodika vznikla v rámci projektu TL01000238 Adaptační výzvy měst: podpora udržitelného plánování s využitím integrované analýzy zranitelnosti

Metodika byla certifikována Ministerstvem životního prostředí dne 7.2.2022 pod číslem jednacím ENV/2022/54714.

Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i.

Ústav informatiky Akademie věd České republiky, v.v.i.

Prosinec 2021

Obsah

Seznam tabulek.....	4
Seznam obrázků.....	4
Seznam zkratk.....	6
1 Úvod.....	7
1.1 Novost a přínos řešené problematiky.....	7
1.2 Cíle metodiky.....	8
1.3 Metodologický rámec.....	9
2 Modelování klimatu.....	12
2.1 Základní principy klimatických modelů.....	12
2.1.1 Globální klimatické modely.....	13
2.1.2 Regionální klimatické modely.....	14
2.1.3 Reprezentativní směry vývoje koncentrací (RCPs).....	15
2.2 Městské klimatické modely.....	16
2.3 Městské klimatické klasifikace.....	17
2.3.1 CORINE Land Cover.....	17
2.3.2 UrbanAtlas.....	18
2.3.3 Místní klimatické zóny.....	18
2.3.4 Diskuze dostupných zdrojů.....	19
2.4 Použité nástroje a metody.....	20
2.4.1 Klimatická klasifikace.....	21
2.4.2 Validace modelu MUKLIMO_3.....	22
3 Scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu měst.....	23
3.1 Scénáře socioekonomického vývoje (SSPs).....	24
3.2 Participativní seminář I.....	25
3.2.1 Metodologie semináře.....	26
3.2.2 Vyhodnocení semináře a výsledky.....	29
3.3 Prostorové modelování scénářů LULC.....	30
3.3.1 Datové vstupy.....	31
3.3.2 Prostorové modelování scénářů LULC.....	34
3.4 Participativní seminář II a finalizace scénářů LULC.....	37
3.4.1 Vyhodnocení semináře a finalizace scénářů LULC.....	38
4 Demografické scénáře.....	39
5 Integrovaná analýza zranitelnosti.....	40

5.1 Vstupní data	41
5.1.1 Klimatická data.....	43
5.1.2. Demografická data.....	43
5.1.3 Data LULC.....	43
5.2 Metodologický postup	43
6 Případová studie: tvorba trajektorií adaptační politiky	47
6.1 Charakteristika případového území	47
6.2 Teplotní modelování	48
6.3 Návrh optimálního rozsahu implementace adaptačních opatření	49
7 Příínos metodiky pro praxi.....	51
Bibliografie	53
Příloha 1: Výstupy modelování klimatu	57
Příloha 1.1: Validace výsledků modelu MUKLIMO_3, příklad na městě Brně během vybrané letní epizody.....	59
Příloha 2: Ukázka mapové aplikace využití během druhého participativního workshopu.....	63
Příloha 3: Scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu	65
Příloha 3.1: Narativní scénáře UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2	68
Příloha 4: Scénáře zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům	72
Příloha 5: Ukázka trajektorie pro adaptační politiku demonstrujeme na příkladě města Brna	75
Příloha 6: Přehled vybraných českých politik, strategií a metodik v oblasti ochrany a adaptace na změnu klimatu a rozvoje měst a obcí relevantních pro metodiku Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti města vůči teplotním extrémům	76

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled kapitol metodiky a popisovaných kroků	11
Tabulka 2: označení indexů.....	21
Tabulka 3: Indikátory pro hodnocení zranitelnosti města – vlny horka	42
Tabulka 4: Přehled modelových variant scénářů zranitelnosti území	45

Přílohy

Tabulka 1.1: Validace měřené a modelové teploty vzduchu na stanicích TURA, MEND a HROZ v Brně.	59
Tabulka 1.2: Validace měřené a modelové teploty vzduchu na stanicích SCHO, STLI a KRAV v Brně. 61	
Tabulka 3.1: Srovnání trendů scénářů UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2 napříč pilotními městy	68
Tabulka 5.1: Trajektorie pro adaptační politiku města Brno.	75
Tabulka 6.1: Přehled vybraných českých politik, strategií a metodik relevantních pro metodiku Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti města vůči teplotním extrémům	76

Seznam obrázků

Obrázek 1: Metodologický rámec metodiky	10
Obrázek 2: Princip gridových bodů a horizontálního / vertikálního rozlišení globálních klimatických modelů	14
Obrázek 3: Rozdíl mezi globálními (GCM) a regionálním (RCM) klimatickým modelem	15
Obrázek 4: Znázornění rozdílů mezi RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5 v období 1950-2100.....	16
Obrázek 5: metodologický rámec tvorby scénářů LULC	24
Obrázek 6: Metodologický přístup a kombinování explorativních a normativních prvků participativní tvorby scénářů	27
Obrázek 7: Schéma procesu tvorby narativního scénáře UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti dle integrace SSP1 a normativního scénáře z participativního semináře pro Ostravu.....	30
Obrázek 8: Priority datových vrstev při tvorbě scénáře UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti 2030 a scénáře UCZ-SSP2 Střední cesta 2030	35
Obrázek 9: Priority datových vrstev při tvorbě scénáře UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti 2050 a scénáře UCZ-SSP2 Střední cesta 2050	36
Obrázek 10: Metodický rámec hodnocení zranitelnosti.....	41
Obrázek 11: Schéma modelu výpočtu zranitelnosti aplikovaného v ArcGIS Pro.	46

Přílohy

Obrázek 1.1: Letní dny (SUD) za klimatické období 1971–2000 a letní dny (SUD) pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5) pro město Brno	57
Obrázek 1.2: Letní dny (SUD) za klimatické období 1981–2010 a letní dny (SUD) pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5) pro město Ostravu	58
Obrázek 1.3: Letní dny (SUD) za klimatické období 1981–2010 a letní dny (SUD) pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5) pro město Praha	58
Obrázek 2.1: Mapování rozvojových lokalit.....	63
Obrázek 2.2: Základní zobrazení scénáře Cesta k udržitelnosti pro rok 2030	63
Obrázek 2.3: Zobrazení scénáře Cesta k udržitelnosti 2030 pro hodnocení vhodnosti navrhovaného využití území	64
Obrázek 2.4: Prostředí pro hodnocení atributů půdního pokryvu ve formě cílů pro zavádění adaptačních opatření	64
Obrázek 3.1: Scénář budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu pro Brno	65
Obrázek 3.2: Scénář budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu pro Ostravu.....	66
Obrázek 3.3: Scénář budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu pro Prahu.	67
Obrázek 4.1: Scénář zranitelnosti města Brna vůči teplotním extrémům	72
Obrázek 4.2: Scénář zranitelnosti města Ostravy vůči teplotním extrémům	73
Obrázek 4.3: Scénář zranitelnosti města Prahy vůči teplotním extrémům.	74

Seznam zkratk

BH – Building Height; výška budov

CLC – CORINE Land Cover

DPZ – Dálkový průzkum Země

DSM – Digital surface model; digitální model povrchu

EEA – European economic area; Evropský hospodářský prostor

GCM – General circulation model (global climate model); Obecný cirkulační model (globální klimatický model)

GIS – Geografické informační systémy

GMES – Global Monitoring for Environment and Security; globální monitorování životního prostředí a bezpečnosti

HRL – Pan-European High Resolution Layers; panevropské vrstvy vysokého rozlišení

IPCC – Intergovernmental panel for climate change; Mezivládní panel pro změnu klimatu

LCZ – Local climate zones; místní klimatické zóny

LULC – Land use/land cover; využití území a půdní pokryv

NBS – Nature-based solutions; přírodě blízká adaptační opatření

RCM – Regional climatic models; regionální klimatické modely

RCPs – Representative concentration pathways; Reprezentativní směry vývoje koncentrací

SFŽP – Státní fond životního prostředí

SSPs – Shared socioeconomic pathways; Sdílené trajektorie socioekonomického vývoje

STL – Street Tree Layer; vrstva uličních stromů

UA – UrbanAtlas

UCM – Urban climate maps; mapy klimatu měst

WFR – Weather Research and Forecasting; výzkum a předpovědi počasí

1 Úvod

Extrémní teploty a vlny horka představují v zemích Evropského hospodářského prostoru (EEA) jeden z nejrizikovějších přírodních hazardů s ohledem na počet obětí. Ačkoliv rámci EEA v letech 1980–2013 tvořili vlny horka pouze 0,8 % z celkových 4 443 událostí spojených s přírodními hazardy, do počtu zaznamenaných úmrtí se podíleli na 67 % všech zaznamenaných úmrtí (EEA, 2017). Vzhledem k rostoucímu průměru globální teploty lze očekávat, že v budoucnu budou extrémní teploty i nadále narůstat a bude docházet ke zvýšené četnosti a intenzitě vln horka, které mají výrazný dopad na městské oblasti.

Ve městech v současnosti žijí tři čtvrtiny celkové evropské populace a očekává se, že jen v České republice do roku 2050 přesáhne míra urbanizace 80 % (UNDESA, 2018). Městské oblasti nejsou pouze populačními centry, koncentrují taktéž vysoký podíl socioekonomických aktivit, což z nich činí významné producenty skleníkových plynů. Tím výrazně přispívají k teplotnímu stresu, na který však většina měst není připravena. Zvyšující se frekvence výskytu, intenzita a délka trvání vln horka představuje pro tyto obyvatele narůstající míru rizika. Zranitelnost měst a jejich obyvatel z hlediska teplotních extrémů spolu s adaptací na změnu klimatu jsou proto v současnosti jedna z klíčových otázek udržitelného plánování, které představuje velmi specifickou a interdisciplinární problematiku.

1.1 Novost a přínos řešené problematiky

V současnosti prakticky neexistuje metodika, jak přistupovat při tvorbě analýzy zranitelnosti měst vůči vlnám horka a extrémním teplotám, která je založena na syntéze dat z několika dostupných zdrojů, navíc v prostorovém rozlišení, z hlediska jednotlivých částí města a celého jeho celku. Mnoho výzkumníků a vědců, zejména v anglické literatuře, zmiňuje pojem „Urban climate maps“ (UCM). Koncept UCM prakticky popisuje, co všechno by měly „mapy klimatu měst“ sdělovat uživatelům, nejčastěji v oblasti územního plánování a udržitelného rozvoje (Parsaee et al., 2019). V tomto ohledu tyto mapy nabízejí cenné informace pro adaptační plánování měst, zejména s přihlédnutím k často fragmentovanému přístupu v implementaci adaptačních opatření v českém kontextu.

Tato fragmentace je v současnosti v České republice do jisté míry adresována vznikem řady adaptačních strategií na městské úrovni¹ (SFŽP, 2019; SFŽP, 2020), přičemž většina těchto strategických dokumentů se týká relativně krátkého časového horizontu (typicky do r. 2030). Je však

¹ Tyto adaptační strategie vznikají za podpory Státního fondu životního prostředí prostřednictvím Norských fondů (SFŽP, 2019; SFŽP, 2020).

zcela klíčové, aby dopady klimatických změn byly řešeny ve střednědobém až dlouhodobém horizontu. To umožňuje práce s tzv. scénáři budoucího vývoje, které se mohou týkat nejen vývoje klimatu či socio-ekonomických trendů, ale také např. využití území měst a půdního pokryvu (land use/land cover, LULC). Tyto scénáře pak mohou být komunikovány právě prostřednictvím UCM. Dosud neexistuje jednotný koncept na národní úrovni, který by na základě relevantního výzkumu a ověřených modelových výstupů popisoval rizika, příčiny, možná řešení a možný budoucí vývoj, navíc na úrovni místního měřítka a v rozsahu města jako celku a jeho jednotlivých částí. Metodika *Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti města vůči teplotním extrémům* proto přináší komplexní pohled na hodnocení zranitelnosti městského obyvatelstva do r. 2050, které je založené na integraci scénářů budoucího vývoje v oblasti klimatu, společnosti a územního rozvoje.

Metodika tak tematicky navazuje na Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR a Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, ve kterých byly identifikovány klíčové tematické výzkumné oblasti. Metodika přímo reaguje na následující oblasti:

- modelování dopadů změny klimatu na sociální a ekonomické systémy a vývoj adaptačních opatření a mechanismů;
- výzkum metod směřujících ke snížení zranitelnosti společnosti a zvýšení její odolnosti vůči klimatickým extrémům a přírodním rizikům (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2015:42).

Tato metodika je relevantní anebo navazuje na cíle strategických dokumentů, politik a jiných metodik v oblasti ochrany a adaptace na změnu klimatu a regionálního a územního rozvoje. Příklady těchto dokumentů jsou uvedeny v příloze 6.

1.2 Cíle metodiky

Metodika je zaměřena na oblast integrovaného modelování dopadů změny klimatu na socio-ekologické systémy měst a metodický postup pro hodnocení zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům. Metodika tedy poskytuje návod, jak vhodně postupovat v případě analýzy zranitelnosti měst, s ohledem na budoucí projekce změny klimatu, scénáře změn využití území a půdního pokryvu (land use/land cover; LULC) a socio-demografického vývoje měst.

Dílčími cíli metodiky jsou:

- Představit jednotlivé komponenty integrované analýzy zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům a postup pro jejich modelování

- Popsat postup pro integraci datových vstupů pro tvorbu scénářů zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům
- Popsat praktické využití výsledků

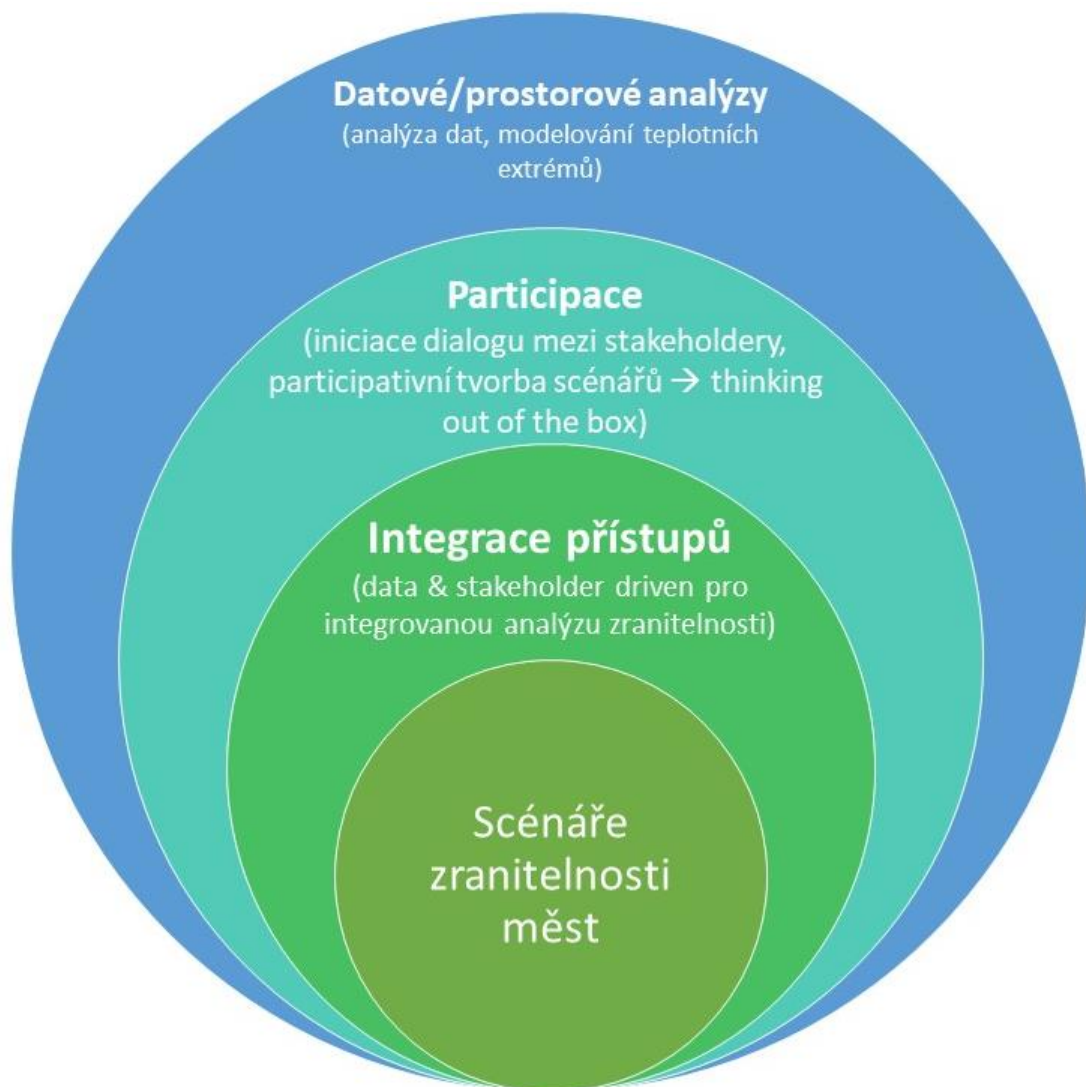
Metodika představuje jeden z klíčových nástrojů adaptačního plánování ve městech, který je využitelný zejména pro identifikaci a navrhování vhodných, a přírodě blízkých, adaptačních opatření (NBS, z angl. nature-based solutions) s ohledem na současnou a budoucí zranitelnost obyvatelstva vůči teplotním extrémům. Protože adaptační plánování ze své podstaty vyžaduje úzkou spolupráci odborníků (vč. vědeckých pracovníků) a městských samospráv, tato metodika cílí na obě dvě skupiny. Uživatelé popisovaných metodických postupů jsou především odborníci z praxe nebo akademické sféry disponující potřebným softwarem a znalostmi v oblasti geografických informačních systémů a participativních procesů. Výsledky získané aplikací těchto postupů jsou pak určeny pro zástupce územně samosprávných celků (např. pracovníci odborů životního prostředí či územního plánování), příspěvkové organizace obcí a krajů a odborná veřejnost.

Metodika vznikla v rámci projektu TA ČR *TL01000238 Adaptační výzvy měst: podpora udržitelného plánování s využitím integrované analýzy zranitelnosti* (dále jen *Adaptační výzvy měst*) a byla testována ve třech pilotních městech – Praha, Brno a Ostrava. Popisované postupy byly aplikovány ve všech třech městech identicky, což umožňuje jejich opakování i v dalších českých městech². Pro lepší přehlednost je metodika psána obecným jazykem. Ilustrativní grafický materiál použitý v textu metodiky vychází z výstupů projektu. Přílohy 1, 3 a 4 přinášejí vybrané výsledky vzniklé na základě metodiky pro všechna pilotní města.

1.3 Metodologický rámec

Metodologický rámec zahrnuje integraci interdisciplinárních přístupů do celkového hodnocení zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům, a to s ohledem na budoucí vývoj. Proto jsou využity nástroje datové a prostorové analýzy (zahrnující modelování teplotních extrémů a scénářů vývoje LULC měst) a participativní přístupy k zapojení stakeholderů. Tyto přístupy jsou následně integrovány do celkového hodnocení budoucí zranitelnosti vůči teplotním extrémům (scénáře), viz obrázek 1. Tabulka 1 ukazuje přehled dílčích kroků metodiky, které jsou dále rozpracovány v kapitolách 2-6 této metodiky.

² Jedinou výjimku představuje metodika případové studie pro tvorbu trajektorií adaptační politiky (viz kapitola 6), která byla použita pouze v případě města Brna.



Obrázek 1: Metodologický rámec metodiky

KAPITOLA	METODICKÝ KROK	VÝSTUP/VÝSLEDEK	DATOVÉ VSTUPY	POUŽITÝ SOFTWARE/ NÁSTROJE	EXPERTÍZA
2 Modelování klimatu	městský land cover	(časoprostorová) klasifikace městského prostoru zohledňující vlastnosti povrchů, které mají významný klimatotvorný vliv (např. Local Climate Zones, Urban Climate Zones, Urban atlas apod.)	dostupné vrstvy land cover vrstvy zohledňující zastavěné plochy, propustné a nepropustné povrchy apod. výška budov a vegetace	libovolný GIS software	problematika modelování klimatu
	klimatické modelování	prostorové hodnoty klimatických indexů ve formě map nebo GIS vrstev	městský landcover okrajové podmínky modelu (z regionálních nebo globálních klimatických modelů) staniční měření (pro validaci modelu)	klimatický model (např. MUKLIMO_3, WRF apod.)	problematika modelování klimatu, GIS specialisté
	citlivostní studie	potenciální dopad adaptačních opatření nebo plánované výstavby na blízké okolí města, resp. na	městský land cover plánované změny	klimatický model libovolný GIS software	problematika modelování klimatu
3 Scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu (LULC)	přizpůsobení (downscaling) scénářů socioekonomického vývoje (SSPs) na lokální úroveň	downscalované SSPs informace o širším kontextu změn, ve kterém se scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu odehrávají	databáze SSPs dostupná na https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=10 alternativně regionální data	kvalitativní analýza, není vyžadován žádný speciální software	scénáře budoucího vývoje
	participativní seminář I	zapojení místních stakeholderů do procesu tvorby scénářů LULC kolektivně vytvořené scénáře budoucího vývoje města (podklad pro scénáře LULC) validované downscalované SSPs	downscalované SSPs	využití některých participativních metod	participativní procesy, facilitátor
	prostorové modelování scénářů LULC	scénáře vývoje měst ukazující možné budoucí změny ve využití území (vč. expanze do okolní krajiny) a půdního pokryvu ve formě implementace adaptačních opatření	databáze Urban Atlas územní plán města územní potenciál měst z modelu UrbanPlanner výstupy participativního semináře I	ESRI ArcGIS extenze ESRI ArcGIS UrbanPlanner®	GIS specialisté
	participativní seminář II určený k validaci scénářů LULC a pro jejich finalizaci	představení výstupů modelování scénářů LULC stakeholderům obohacení scénářů LULC o místní perspektivu a specifik validované scénáře LULC	scénáře LULC vzniklé v předchozím kroku	libovolný GIS software	participativní procesy, GIS specialisté, facilitátor
4 Demografické scénáře	scénáře budoucího demografického vývoje měst	scénáře budoucího rozložení zranitelné populace ve městě	malý lexikon obcí České republiky (ČSO) populační prognózy	libovolný GIS software	GIS specialisté, demografové nebo humánní geografové
5 Integrovaná analýza zranitelnosti	integrace datových vstupů a tvorba scénářů budoucí zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům	scénáře budoucí zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům vytvořené na základě klimatických scénářů, scénářů budoucího vývoje LULC a demografických scénářů	data vytvořená v předchozích krocích, tzn. v kapitolách 2, 3 a 4	libovolný GIS software	GIS specialisté

Tabulka 1: Přehled kapitol metodiky a popisovaných kroků

2 Modelování klimatu

2.1 Základní principy klimatických modelů

Klimatické modelování představuje poměrně složitou problematiku, proto je vhodné na úvod zmínit základní pojmy, které s modelováním klimatu úzce souvisí:

- 1) Počasí je okamžitý stav v podnebí na určitém místě. Počasí je dáno stavem všech atmosférických jevů pozorovaných na určitém místě v určitém krátkém časovém úseku nebo okamžiku.
- 2) Klima neboli podnebí je dlouhodobý stav počasí, podmíněný energetickou bilancí, cirkulací atmosféry a charakterem aktivního povrchu. V dnešní době je obvykle zahrnována i lidská činnost.

Předpověď klimatu, resp. re-analýzu klimatu (hodnocení výsledků modelu/modelů na základě měření), lze odhadnout pomocí tzv. klimatických modelů. Klimatické modely představují důležitý nástroj pro studium procesů v klimatickém systému, zároveň se využívají pro odhadování vývoje klimatu nejen v minulosti, ale i v budoucnosti. Pro využití klimatického modelu je nejdříve zapotřebí, minimálně na úrovni současného poznání, modelově popsat klimatický systém a všechny procesy, které v něm probíhají, případně vzájemně interagují. Prakticky se jedná o sestavení klimatického modelu. Ve druhém kroku se obvykle provádí odhad předpokládaného vývoje světové makroekonomiky, demografie, využití území, energetické a technologické vyspělosti apod. Ve třetím kroku jsou prováděny modelové simulace dalšího vývoje. Vzhledem k tomu, že oba předchozí kroky jsou zatíženy různými stupni nejistoty, které se s délkou modelovaného období zvyšují, je nutné uvádět i rozpětí modelových simulací. Ty jsou obvykle nazývány projekcemi vývoje klimatu – nejedná se o předpověď, jak je často nesprávně uváděno. V souvislosti s projekcemi se často zmiňuje dolní a horní odhad, případně nejlepší odhad nebo průměrný odhad.

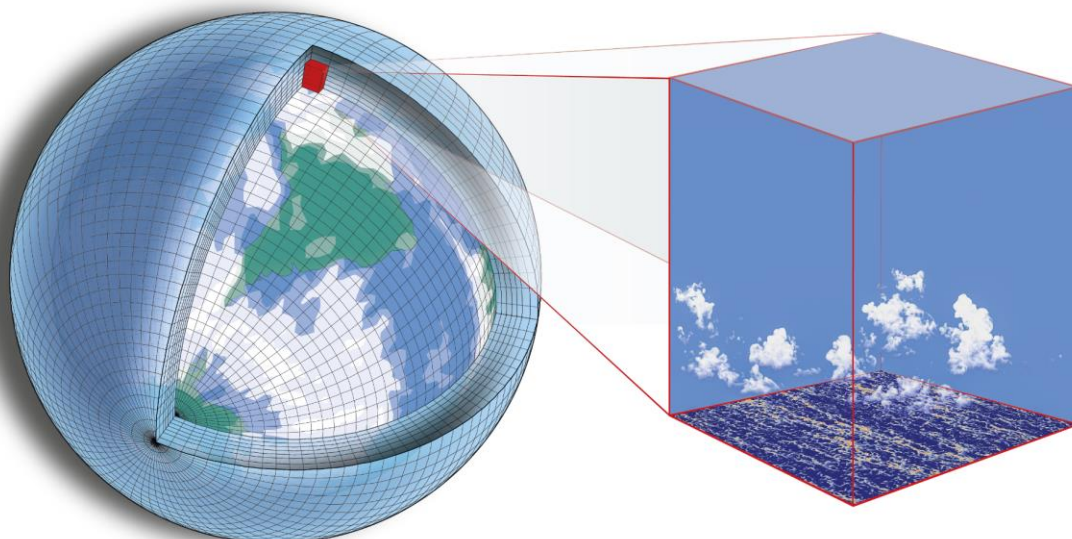
Modelování vývoje světového (nebo regionálního klimatu) dnes není výsadou klimatologie, ale jde o výsledek spolupráce mezi klimatology s odborníky z dalších vědních disciplín (např. ekonomie, sociologie, demografie, energetika, technologie apod.). V současné době pravděpodobně převyšují nejistoty obsažené ve druhém kroku výše popsaného schématu (tvorba scénářů budoucího vývoje) nejistoty spojené s vlastními klimatickými modely.

2.1.1 Globální klimatické modely

Klimatické modely prošly v posledních desetiletích značným vývojem. Zatímco v sedmdesátých letech minulého století zahrnovaly pouze děje v atmosféře, postupem doby do nich byly začleňovány další složky klimatického systému. Současně probíhalo, jako důsledek nového vědeckotechnického poznání, i zpřesňování jednotlivých procesů ve složkách, stejně jako vzájemných interakcí mezi složkami. V současné době klimatické modely zahrnují tyto složky: atmosféra, aktivní (zemský) povrch, oceán, sněhové a ledové plochy, aerosoly, vegetace, uhlíkový cyklus, atmosférická chemie a antropogenní vliv.

V současnosti jsou nejpoužívanější typy klimatických modelů tzv. modely všeobecné cirkulace atmosféry spojené s modelem oceánu, které se často označují zkratkou GCM (označuje buď „general circulation model“ nebo „global climate model“). V obou případech se jedná o numerické modely klimatického systému, které jsou založeny na řešení pohybových a termodynamických rovnic, které popisují procesy v klimatickém systému. Jelikož je řešení rovnic výpočetně velice náročné, je nutné k výpočtu GCM používat ty nejrychlejší superpočítače, které jsou v dnešní době k dispozici (např. Oak Ridge National Laboratory, Fugaku apod.). Numerické řešení rovnic obvykle probíhá v síti tzv. gridových (uzlových) bodů v různých vertikálních hladinách. Vzájemná horizontální vzdálenost uzlových bodů určuje prostorové rozlišení modelu. V dnešních GCM je rozlišení typicky v jednotkách až nižších desítkách kilometrů. Vzdálenosti jednotlivých vertikálních vrstev určují vertikální rozlišení modelu, typicky se jedná o desítky vrstev, tzv. hladin.

Model dokáže zachytit pouze procesy probíhající v měřítkách větších, než je jeho prostorové rozlišení. Pro procesy menšího měřítka je nutné používat tzv. parametrizace, tedy vyjádřit tyto procesy pomocí velkoprostorových veličin na základě empirických nebo semi-empirických vztahů. Příkladem parametrizovaných procesů je např. konvektivní činnost a s ní související srážky či bouřková činnost.



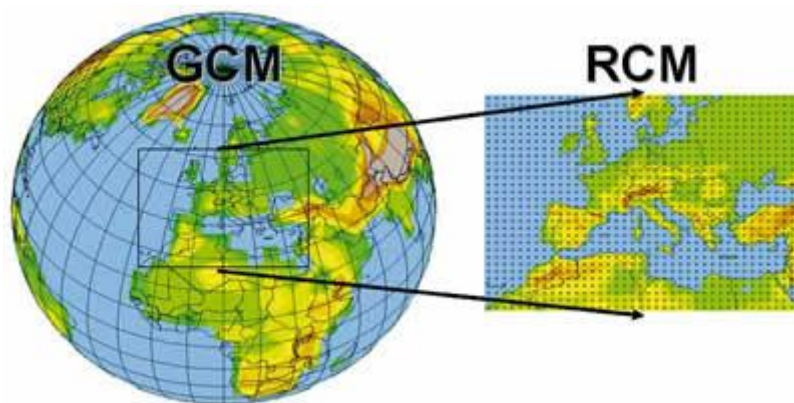
Obrázek 2: Princip gridových bodů a horizontálního / vertikálního rozlišení globálních klimatických modelů (zdroj: <https://climate-dynamics.org/>)

Pro odhady změn klimatu v budoucnu jsou důležité dva typy modelových běhů. Základním experimentem je historický běh, kdy se modelu předepisují v minulosti pozorované vnější podněty. Tyto simulace se používají pro validaci klimatických modelů, kdy se výsledky modelů porovnávají s pozorovanými hodnotami klimatických veličin (tzv. re-analýzy). Většinou se provádějí pro 2. polovinu 20. století, protože od této doby jsou k dispozici dostatečně kvalitní a podrobná validační data. Experimenty s postupnou změnou koncentrací podle určitého scénáře pro budoucí období se používají pro odhady budoucích změn klimatu (podrobněji viz 2.1.3). V současnosti nejrozsáhlejší databázi výsledků simulací globálních klimatických modelů lze nalézt na stránkách Programu pro diagnostiku a porovnávání klimatických modelů (<https://pcmdi.llnl.gov/>) nebo na stránkách projektu EURO-CORDEX (<https://euro-cordex.net/>). Na jednotlivých stránkách jsou uvedeny i informace o jednotlivých modelech a provedených simulacích.

2.1.2 Regionální klimatické modely

Vzhledem k relativně hrubému prostorovému rozlišení je použití GCM pro simulace klimatu v regionálním měřítku značně limitující. Proto se používají techniky tzv. downscalingu, což v praxi znamená "zjemnění měřítka", často pomocí statistických nástrojů. Díky downscalingu je prakticky možné, s jistou mírou přesnosti, z výsledků s prostorovým rozlišením v desítkách kilometrů vypočítat výsledky v rozlišení nízkých jednotek kilometrů. Příkladem downscalingu je např. model Weather Research and Forecasting (WRF), který zpřesňuje data z GCM.

Mimo downscaling je možné získat informace o klimatických charakteristikách v detailnějších měřítcích pomocí regionálních klimatických modelů (RCM). Jedná se o modely atmosféry, podobné jako atmosférická část GCM, ovšem výpočet v tomto případě neprobíhá pro celou planetu Zemi, ale pouze na omezené oblasti (domény), např. pro území Střední Evropy nebo České republiky. Vymezením menšího území je umožněno dosáhnout s danou výpočetní kapacitou většího rozlišení modelu, které se v současnosti pohybuje v jednotkách kilometrů. Hodnoty veličin na okrajích modelové domény, tzv. okrajové podmínky, jsou převzaty z některého globálního modelu (tzv. řídicí GCM). Příkladem RCM je např. model ALADIN, který provozuje Český hydrometeorologický ústav (CHMI).



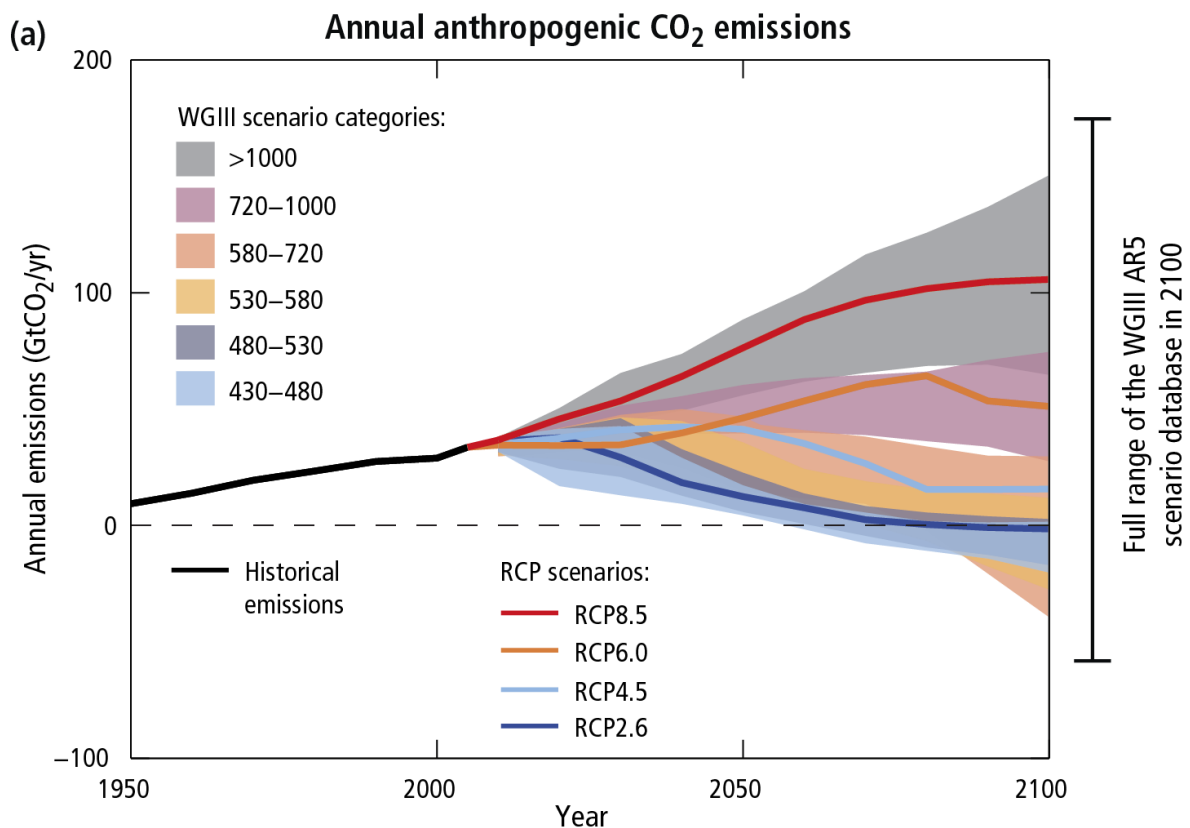
Obrázek 3: Rozdíl mezi globálními (GCM) a regionálním (RCM) klimatickým modelem (zdroj: <https://public.wmo.int/en/bulletin/regionalization-climate-change-information-impact-assessment-and-adaptation>)

2.1.3 Reprezentativní směry vývoje koncentrací (RCPs)

RCP označují tzv. trajektorie koncentrací skleníkových plynů (nikoli emisí), které byly přijaty Mezivládním panelem pro změnu klimatu (IPCC). Antropogenní emise skleníkových plynů jsou ovlivněny především velikostí populace, ekonomickou aktivitou, životním stylem, využíváním energie, způsobem využívání půdy, technologií a klimatickou politikou. RCPs, které se používají pro vytváření předpovědí na základě těchto faktorů, popisují různé směry vývoje v 21. století pro emise skleníkových plynů a jejich koncentrace v atmosféře, emise látek znečišťujících ovzduší a využívání půdy.

- Nízké emise (nazývány jako RCP2.6 neboli optimistický scénář) - značí razantní omezení vývoje koncentrace skleníkového plynu oxidu uhličitého v nadcházejících letech;
- Střední emise (RCP4.5 neboli realistický scénář) - značí tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst;

- Vysoké emise (RCP8.5 neboli pesimistický scénář) - značí scénář s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nebudou nijak omezeny v budoucích letech.



Obrázek 4: Znárodnění rozdílů mezi RCP2.6 (tmavě modrá linie), RCP4.5 (světle modrá) a RCP8.5 (tmavě červená) v období 1950–2100. Polygony znázorňují různé modely, silná linie představuje průměr ansámblu modelů (zdroj: IPCC 2014, Summary for policymakers)

2.2 Městské klimatické modely

Modelování klimatu, resp. klimatických indexů, na místní úrovni, tzn. v prostorovém rozlišení řádově ve stovkách metrů, představuje unikátní pohled na město jako celek. V současnosti je pohled na město a jeho blízké okolí, alespoň z hlediska modelování, velmi omezený. Kvůli vysoké výpočetní náročnosti a nedostupnosti vstupních parametrů povrchu totiž není možné využít mikroklimatické modely, které pracují v rozlišení jednotek až desítek metrů. Zároveň není vhodné využít ani regionální modely, jejichž prostorové rozlišení je většinou v řádech jednotek kilometrů. Samozřejmostí je důsledná validace výsledků modelu.

V současnosti je pro modelování klimatu měst prakticky možné využít pouze kombinaci globálních a regionálních modelů pro okrajové podmínky a statistický downscaling pro výpočet klimatických charakteristik. Pro potřeby kvalitního downscalingu je nezbytná unikátní klasifikace městského land-

use, která reflektuje významné klimatotvorné faktory města. V současnosti se velmi často používá tzv. městských klimatických klasifikací, jako jsou místní klimatické zóny (angl. Local Climate Zones), Urban Atlas (městský land cover pro větší evropská města, který udržuje projekt Copernicus) nebo se používají specializované klasifikace zohledňující místní specifika. Příklady klasifikací jsou uvedeny dále v textu.

2.3 Městské klimatické klasifikace

V posledních několika letech došlo k velmi dynamickému vývoji volně dostupných GIS vrstev využitelných pro klasifikaci městských struktur. Primárně se jedná o iniciativu na evropské úrovni, projekt Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Projekt GMES, později přejmenován na Copernicus, vznikl z rozhodnutí Evropské komise na summitu EU v roce 2001 v Göteborgu jako nástroj k naplňování evropských politik a jako evropská kapacita pro globální monitoring životního prostředí a bezpečnosti. První úvahy o zřízení takového systému však byly nastíněny již v roce 1998 na konferenci v Bavenu, kde bylo, mimo jiné, deklarováno, že:

1. většina informací z dálkového průzkumu Země (DPZ), které jsou užívány v EU, pochází z neevropských pozorovacích systémů;
2. data, která jsou poskytována pozorovacími systémy členských států EU jsou mnohdy dublována nebo nejsou poskytována v požadované kvalitě a rozlišení (případně vůbec), a systémy jako celek jsou tedy málo efektivní.

Výstupy projektu Copernicus se aktuálně dělí podle úrovně detailu do 4 kategorií: globální, panevropské, místní a datové (zdrojové satelitní snímky a referenční data). Vzhledem k velkému množství publikovaných dat budou dále zmíněny jen ty nejdůležitější, resp. potenciálně použitelné.

2.3.1 CORINE Land Cover

Geodatabáze CORINE Land Cover (CLC) se řadí mezi nejznámější a nejhojněji využívané výstupy projektu Copernicus. Produkt spadá do kategorie pan-evropských a jde o první bezešvou klasifikaci landcover evropského kontinentu do jasně definovaných tříd, které vzniklo na základě kontinuálního satelitního snímkování. První výstup byl vztažen k roku 1990 (tzv. referenční rok), dále byly zpracovány roky 2000, 2006, 2012 a 2018. Pro vyhodnocení každého referenčního roku jsou použity dostupné snímky z mezidobí; pro rok 2006 mohou být použity snímky z období 2001–2005. Přesné období je vždy uvedeno v metadatech nebo v technickém popisu produktu. V mezidobí zároveň probíhá zpřesnění dat. Verze CLC2018 tedy může mít více verzí, např. 2019_19u2 (verze platná ke druhé polovině roku 2019) nebo 2020_20u1 (verze platná k první polovině roku 2020). Každé zpracování

obsahuje i změny proti předchozím letům. CLC je klasifikována do 44 tříd (11 kategorií pro město) v měřítku 1:100 000 a nabízí 3 úrovně podrobnosti (11/4/1 kategorie podle úrovně). CLC je primárně určena pro klasifikaci přírodních povrchů, nicméně rozvojem měst a studiem jejich prostoru přišla poptávka po detailnější klasifikaci urbanizovaných oblastí. Aktuální verze CLC dostupná na webu projektu Copernicus je 2020_20u1.

2.3.2 UrbanAtlas

První evropskou geodatabází, která je vytvořena s ohledem na specifickou klasifikaci urbanizovaných oblastí, je Urban Atlas (UA). Vznikla na základě satelitních snímků s vysokým rozlišením (SPOT-5 a později i SPOT-6) pro vybrané metropolitní oblasti. Nejedná se tedy o bezešvou vrstvu pro celou Evropu, ale pouze pro okolí větších měst; proto spadá do kategorie místních produktů. První výstup byl zpracován pro referenční rok 2006, další výstupy jsou pro roky 2012 a 2018. Princip zpracování referenčních výstupů je shodný s CLC (kapitola 2.3.1). Každé zpracování, stejně jako CLC, obsahuje i změny proti předchozím letům. UA je klasifikovaný do 39 tříd (17 kategorií pro město) v měřítku 1:10 000. Seznam metropolitních oblastí se v současné době stále rozrůstá, v České republice jde aktuálně o 15 měst. Aktuální verze, v013, dostupná na webu projektu Copernicus je pro rok 2018.

V rámci zpracování produktu UA se v posledních dvou letech objevily tři nové, velmi zajímavé, datové zdroje. Prvním je Street Tree Layer (STL), který reprezentuje zápoj korun v ulicích měst. Prakticky jde o první vrstvu „uliční zeleně“ ve vysokém rozlišení, kterou lze kombinovat se stávajícími podklady a která může výrazně zpřesnit modelování na úrovni ulic – doposud byla vegetace na úrovni měst generalizována. Druhým produktem je vrstva Building Height (BH), která přináší informaci o průměrné výšce budov v rozlišení 10 m (oficiálně se uvádí, že jde o digitální model povrchu, DSM, který běžně zahrnuje i vegetaci; ačkoli tento fakt není nikde potvrzen, patrně bude vegetace generalizována). V současnosti je vrstva dostupná pro 31 evropských měst, v České republice pouze pro Prahu. Nicméně jde o jedinou, volně dostupnou, vrstvu s výškami budov. Posledním zdrojem je Odhad populace v polygonech UA (Population Estimate by Urban Atlas polygon). Pomocí tabulek lze teoreticky určit počet lidí, kteří žijí v různých částech města, bez unikátních zdrojů místních samospráv. Jedná se pouze o odhady, nicméně pro teoretickou představu jde o dostačující, a opět i unikátní, zdroj dat.

2.3.3 Místní klimatické zóny

Standardem pro popis fyzické struktury města s ohledem na tvorbu místního klimatu (např. blok budov, průmyslová zóna, park) je v současnosti typologie místních klimatických zón, tzv. LCZ (zkratka z anglického Local Climate Zone). Koncept byl navržen kanadskými městskými klimatology Stewartem

a Okem (2012). Hlavní výhody konceptu LCZ spočívají v jasně definovaných fyzikálních parametrech prostředí, univerzálnosti použití a názornosti jednotlivých tříd pro širší odbornou veřejnost. Před několika lety navíc Geletič a Lehnert (2016) představili první klasifikační metodu LCZ určenou pro města České republiky. Nabízí se tedy využití LCZ jako podkladu pro typologii městského povrchu pro prostorové modelování klimatických indexů.

Stewart a Oke (2012) definovali 17 základních tříd LCZ, které rozdělili do dvou nadřazených kategorií: „built types“ a „land cover types“. Všechny třídy LCZ byly definovány charakteristickými fyzikálními vlastnostmi prostředí, jako např. podíl povrchu tvořeného budovami – BSF, podíl nepropustných povrchů mimo budov – ISF, podíl propustných povrchů – PSF, výškou budov, resp. vegetace – HRE a dalšími. Na základě takto definovaných tříd LCZ vznikají jednotlivé klasifikační metody LCZ (samotný proces vymezování LCZ). Klasifikační metoda Geletič a Lehnert (2016) pracuje jako jedna z mála přímo s definovanými vlastnostmi prostředí, konkrétně s jejich hodnotami v buňkách o rozměru 100 × 100 m, které jsou základními vstupními parametry klasifikačního algoritmu. Podrobnější popis vymezení LCZ v českých městech a popis jejich specifik je uveden ve studii Lehnert a Geletič (2017).

2.3.4 Diskuze dostupných zdrojů

Z výše uvedených příkladů lze zmínit několik základních výhod a nevýhod, které výše uvedené vrstvy mají. Vezmeme-li v úvahu CORINE Land Cover, tak její největší výhodou je aktuálnost zpracování. Aktuálně je dostupná vrstva k referenčnímu roku 2018 (tzn. ze satelitního snímkování mezi léty 2013–2017). Nevýhodou je hlavně prostorové rozlišení a limitovaná kategorizace městských povrchů, které jsou, bohužel, pro modelování městského klimatu, stěžejní. Využitím CORINE jako vstupní vrstvou pro regionální a místní klimatické modelování se zabývá hned několik autorů, mezi nejzajímavější patří studie zaměřené na modely WRF (Siebert a kol., 2012; Schicker a kol., 2015) a MUKLIMO. Patrně největším problémem, který byl v případě CORINE identifikován, byla absence o výšce budov na místní úrovni (De Meinj a Vinuesa, 2014). Většina autorů se shoduje, že CORINE lze využít pro modelování regionálních, nikoli místních specifik na městské úrovni.

UrbanAtlas je, jak bylo popsáno výše, vyvinutý primárně pro klasifikaci městských struktur. Mezi jeho výhody bezesporu patří větší přesnost a zahrnutí specifických kategorií pro městskou zástavbu. Současně má i mnoho nevýhod, např. aktuální verze je platná k roku 2018. Momentálně neobsahuje ani výšku jednotlivých struktur, ale tato nevýhoda se možná v následujících letech změní. Jistou nevýhodou je klasifikace podle polygonů do tříd LULC, což kombinuje více charakterů povrchu do jedné třídy. Příkladem nevhodného použití může být letiště, které je často kombinací trávníku, asfaltových plocha a budov. Použití jedné třídy pro celý areál není šťastné řešení. Li a kol. (2018) dokázali, že

CORINE a UrbanAtlas mohou významně zpřesnit výsledky modelu WRF. Podobný závěr byl publikován i rakouským meteorologickým institutem na 1. workshopu modelu MUKLIMO. UrbanAtlas představuje pro modelování na místní úrovni velký potenciál.

Patrně největší potenciál pro modelování městských struktur mají LCZ. První pokusy o využití konceptu LCZ přinesl projekt “Urban climate in Central European cities and global climate change” (International Visegrad Fund’s Standard Grant No. 21410222). Během projektu bylo ovšem zjištěno několik zásadních problémů, mezi které patřila zejména přesnost klasifikace LCZ pomocí metodiky WUDAPT (<http://www.wudapt.org/>; Bechtel a kol., 2016). Ta dosahovala 60–80 % v mimoměstských a 40–50 % v městských strukturách. Významné zpřesnění výsledků, na 90–95 % v mimoměstských a 85–90 % v městských strukturách přinesla metodika Geletič a Lehnert (2016). Uvedená metodika je ovšem závislá na kvalitním digitálním modelu povrchu (DMS), ze kterého se následně odvozuje výška budov a vegetace. Problém je v dostupnosti dat mimo Českou republiku, takže je metodika použitelná zejména na našem území. Studie Geletič a kol. (2019) ukazuje na značný potenciál LCZ v městském modelování, zároveň však zmiňuje několik překážek, které s sebou uvedený přístup přináší. Poukazuje zejména na nízký počet klasifikovaných tříd, který je sice aplikovatelný mezinárodně, ale neřeší místní specifika (např. centra historických měst, brownfieldy apod.).

2.4 Použité nástroje a metody

V rámci projektu *Adaptační výzvy měst*, který se zabýval klimatickým modelováním ve třech městech v České republice (Praha, Brno a Ostrava) bylo zvoleno celkem 6 klimatologických období o délce 30 let: 1961–1990, 1971–2000, 1981–2010, 1991–2020 (nad rámec projektu), 2021–2050 a 2071–2100. Referenční období pro porovnání s dalšími simulacemi bylo 1961–1990. Pro analýzy historické časoprostorové diferenciací klimatických indexů byla použita dostupná data z archivu Českého hydrometeorologického ústavu³. Okrajové podmínky pro městský klimatický model MUKLIMO_3 pro historická období byla vypočtena pomocí modelu ALARO-0 (řízeno re-analýzou ERA40). Data pro budoucí scénáře byla připravena z celkem 7 simulací EURO-CORDEX; konkrétně se jednalo o 4 globální a 3 regionální modely (v případě RCP4.5 a RCP8.5 se používal průměr za všechny scénáře, šlo tedy o tzv. ansámbl modelů), resp. o jeden regionální model v případě RCP2.6. Pro downscaling byla klasifikace městského land-use použita pro simulace v modelu MUKLIMO_3, resp. v nastavbě pro klimatické modelování, tzv. CUBOIDu. Výsledek modelování dodává ucelený pohled na historickou

³ Denní data jsou na základě zákona 123/1998 Sb. volně dostupná ke stažení na webových stránkách <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>

prostorovou diferenciaci vybraných letních klimatických indexů ve vybraných městech, včetně jejich predikce do budoucna (založených na scénářích RCP).

Na základě výše uvedených modelů a nástrojů byly zpracovány 4 indexy uvedené v tabulce 2 níže, které jsou založeny na mezinárodním standardu pro označení “charakteristického dne”, čímž se mohou mírně lišit od české terminologie.

Tabulka 2: označení indexů

Přeložený pojem	Vymezení dne	Zkratka	Anglický název
letní den	$T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$	SUD	summer day
horký den	$T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$	HOT	hot day
den s horkou nocí	$T_{\min} \geq 17 \text{ °C}$	WAN	warm night
den s tropickou nocí	$T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$	TRN	tropical night

Pozn.: T_{\max} označuje maximální denní teplotu vzduchu, T_{\min} označuje minimální denní teplotu vzduchu

2.4.1 Klimatická klasifikace

Po detailní analýze a testování zdrojů prostorových dat (viz výše) se ukázalo jako ideální řešení vytvoření nové klasifikace pomocí kombinace stávajících datových zdrojů. Základem se stala klasifikace Urban Atlas z roku 2012, která nabízí podrobnou úroveň městského land cover. Sama o sobě je geodatabáze Urban Atlas kvalitně zpracovaná, ale chybí jí informace o výšce budov, které jsou pro parametrizaci městských modelů klíčové.

Mimo standardní klasifikaci UrbanAtlas byly použity následující vrstvy z geodatabáze Copernicus:

1. Pan-European High Resolution Layers (HRL)

- Imperviousness
- Forests
- Grassland
- Water & Wetness
- Small Woody Features

- European Settlement Map
2. Urban Atlas:
- Urban Atlas 2012
 - Population estimates
 - Street Tree Layer (STL)

Výšky budov se dají použít z několika zdrojů. Nejzákladnějším vstupem je databáze Copernicus, přesněji vrstva Building Height (2012). Jedná se o rastrovou vrstvu v rozlišení 10m, která je odvozena ze stejných dat, jako Urban Atlas. Bohužel, z českých měst je dostupná pouze Praha. Z tohoto důvodu byly použity vrstvy z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního: Digitální model reliéfu 5. generace (DMR-5G) a Digitální model povrchu 1. generace (DMP-1G). Obě vrstvy jsou dostupné přes WMS a po odečtení DMR-5G od DMP-1G a následném filtrování dle půdorysů budov (zdrojem byly OpenStreet Maps) byla získána základní informace o přibližné výšce budov ve zpracovávaných městech. V dalším kroku byly výšky převzorkovány (tzv. resampling) do prostorového rozlišení 10m.

V předposledním kroku byla pro každý polygon z geodatabáze UrbanAtlas spočtena průměrná výška budov. Výsledná vektorová vrstva byla rasterizována do prostorového rozlišení 100 m. Hodnoty pro hraniční buňky byly přepočteny proporciálně dle velikosti rozlohy jednotlivých areálů. Všechna tři města byly následně převedena do jednotné tabulky, která sloužila ke statistickému rozdělení tříd Urban Atlas dle výšky budov.

2.4.2 Validace modelu MUKLIMO_3

Výsledky klasifikace byly následně implementovány do modelu MUKLIMO_3 a byly validovány pomocí měření účelových a profesionálních stanic ČHMÚ v Praze a Brně (viz Příloha 5.1 a 5.2). Ostrava byla vynechána z důvodu nedostatečného množství měřících bodů. Výsledky validace byly prakticky dvojího typu: 1) pro vybrané období, nejteplejší den roku 2017; 2) pro klimatické období a ukazatel. V denním průměru (1) se výsledky jednotlivých zón pohybují v intervalu $\pm 1,0$ °C. Vzhledem ke komplexitě městského prostoru a velkému množství hraničních kategorií se jedná o velmi dobrý výsledek. Hodnocení klimatických charakteristik je trochu složitější, protože se u jednotlivých stanic projevuje vliv jejich okolí. Nejlepší výsledky byly dosaženy v Praze-Klementinu, kde se okolí stanice po staletí prakticky nezměnilo (i když se nejedná o standardní měření).

3 Scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu měst

Města se v současnosti dynamicky rozvíjí, což má přímý dopad na zranitelnost měst vůči teplotním extrémům. Při scénářích zranitelnosti je proto zcela nezbytné pracovat kromě klimatických scénářů i se scénáři územního rozvoje, které zohledňují různé trajektorie budoucího společenského vývoje. Tato kapitola se věnuje metodice tvorby scénářů budoucího vývoje využití území a půdního pokryvu (LULC), které slouží jako podklad pro integrovanou analýzu zranitelnosti (**kapitola 5**). Na úvod je nutné podotknout, že scénáře vývoje LULC měst si nekladou za cíl předpovídat budoucnost (nejedná se tedy o predikce) – jejich hlavním smyslem je především poukázat na možný budoucí vývoj (trajektorie), který je ovlivněn řadou určitých trendů, které jsou více či méně pokračováním historického vývoje.

Scénáře LULC jsou výsledkem kombinace několika datových vstupů:

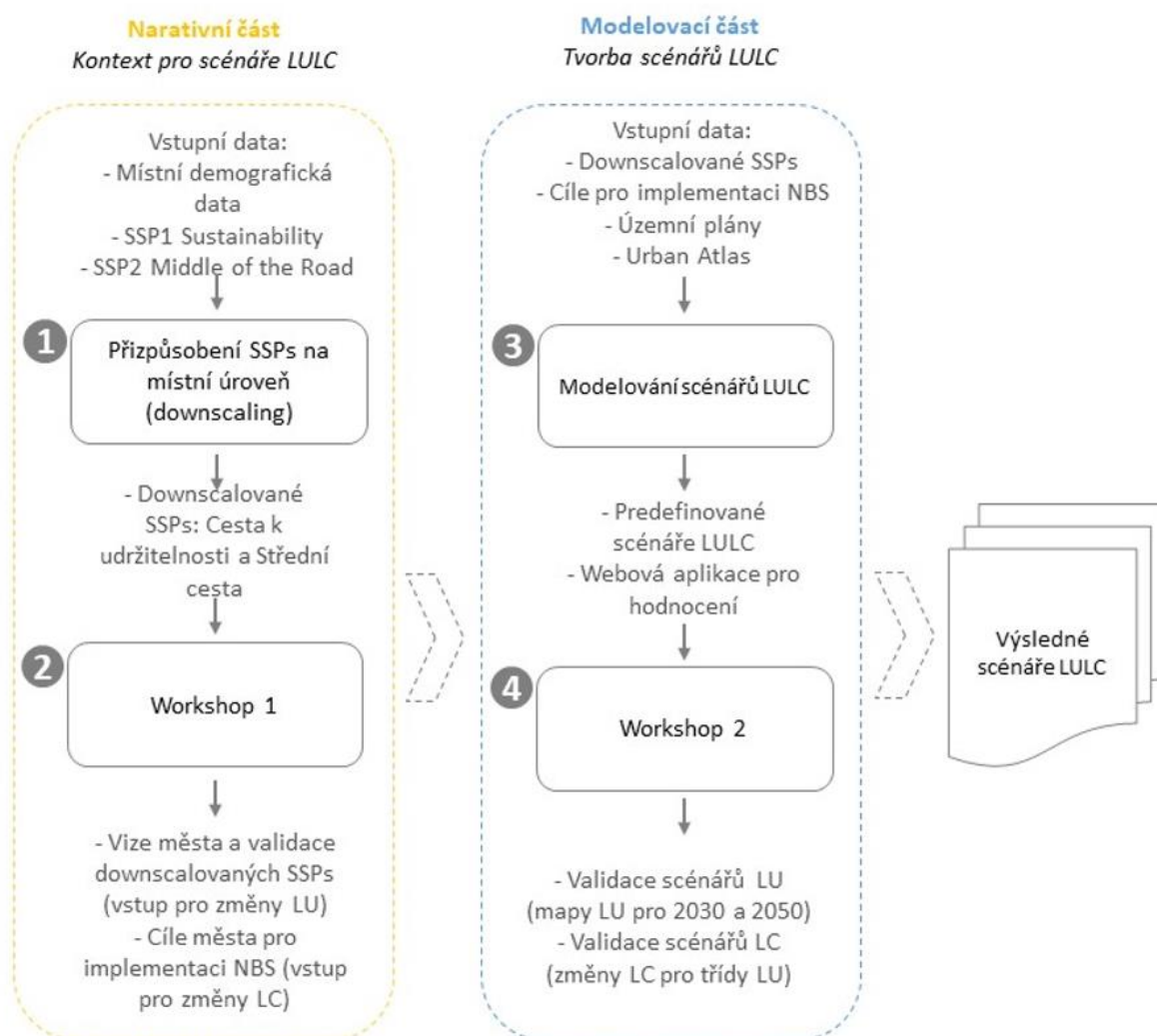
- Scénáře socioekonomického vývoje (SSPs; Shared socioeconomic pathways), respektive jejich kvalitativní popis, tzv. narativ (O’Neil et al., 2017) (kapitola 3.1)
- Výstupy participativních procesů se stakeholdery pilotních měst (kapitoly 3.2 a 3.4)
- Současná krajinná struktura (využití územních plánů měst jako základní podklad a databáze Urban Atlas⁴ pro upřesnění zastavěných oblastí) (kapitola 3.3)
- Analýza vhodnosti využití území a modelování krajinné struktury (analýza z modelu Urban Planner[®] (Burian a Šťastný, 2016) , plánovací část územních plánů, expertní odhad pro rozšiřování krajinných prvků pro rok 2050) (kapitola 3.3)

Využití navrhovaných podkladových dat není striktně dané, např. Model Urban Planner[®] může být nahrazen důkladným zapojením expertů na územní plánování a urbanismus do procesu tvorby scénářů, či lze vypustit zahrnutí SSPs. Proces tvorby scénářů ilustrovaný na obrázku 5 by měl být zachován a to především jeho participativní část. Zapojení místních aktérů je zásadní nejen s ohledem na rozšíření modelu o kontextuální informace kvalitativního charakteru, ale především kvůli dialogu mezi jednotlivými odbory magistrátů a segmenty občanské společnosti, který vede k vyšší přijatelnosti a relevantnosti výsledných scénářů (Rohat et al., 2021). Tento participativní proces umožňuje vznik komplexních scénářů rozvoje měst, které se sestávají z (1) mapových podkladů znázorňujících změny vývoje území (LU) pro krátkodobou a střednědobou budoucnost, včetně možných změn půdního pokryvu (LC) vyjadřujících míru zavádění adaptačních opatření; a (2) kvalitativního popisu scénářů (narativů), které zasazují mapové výstupy do širšího socio-ekonomického kontextu. Takové scénáře

⁴ <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

představují nejen požadovaný vstup do scénářů zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům, ale samy o sobě mohou sloužit jako podpůrný nástroj pro udržitelné územní plánování.

V rámci projektu *Adaptační výzvy měst* vznikly dva scénáře budoucího vývoje LULC, které vycházejí z SSPs, resp. SSP1 a SSP2 (viz kapitola 3.1). SSP1 se promítla do scénáře nazvaného *Cesta k udržitelnosti* (dále jen jako UCZ-SSP1), zatímco SSP2 je podkladem pro scénář *Střední cesta* (dále jen UCZ-SSP2).



Obrázek 5: metodologický rámec tvorby scénářů LULC

3.1 Scénáře socioekonomického vývoje (SSPs)

I přestože scénáře LULC jsou vznikají na lokální, resp. městské úrovni a je tedy nutné zohlednit místní specifika, je vhodné je zasadit do širšího kontextu. Jako vhodné ukotvení se proto jeví Scénáře

socioekonomického vývoje (SSPs), které popisují pravděpodobný globální vývoj, který v budoucnu povede k různým výzvám v oblasti adaptace a mitigace změny klimatu. Vzhledem k obsáhlosti SSPs je lze považovat za klíčové pro pochopení emisních scénářů RCPs (Representative concentration pathways; Reprezentativní směry vývoje koncentrací). SSPs kvantifikují a vyhodnocují globální trendy prostřednictvím tzv. narativních scénářů (O'Neil et al., 2014; O'Neil et al., 2017), přičemž v našem metodickém přístupu vycházíme právě z těchto narativů.

Ačkoliv existuje celkem pět trajektorií SSPs, v našem případě jsme pro účely tvorby scénářů LULC použili pouze SSP1 Udržitelnost (zelená cesta) a SSP2 Střední cesta⁵. Zatímco SSP1 představuje radikální budoucnost, ve které došlo k výraznému posunu ve vzorcích spotřeby a výroby směrem k trvale udržitelnému rozvoji, scénář SSP2 znázorňuje vývoj při mírném přetrvávání současných trendů bez zásadních změn v oblasti využívání přírodních zdrojů.

Pro využití scénářů SSPs na městské (nebo jakékoliv jiné) úrovni je potřeba nejprve globální data downscalovat, tedy přizpůsobit požadované úrovni, resp. danému kontextu a rozsahu. V prvním kroku je proto vhodné vybrat klíčové elementy konkrétní SSP, které jsou pak na základě dostupných demografických a socioekonomických dat uzpůsobeny tak, aby odpovídaly lokálnímu kontextu. Tyto elementy lze pak dále rozvíjet, kdy hledáme jejich implikace např. s ohledem na územní rozvoj. Vzhledem k zaměření projektu *Adaptační výzvy měst* na městskou udržitelnost byla SSP1 použita jako širší rámec pro participativní procesy tvorby scénářů LULC. Tento postup umožnil nejen ověřit a validovat downscalovaný scénář, a zároveň se stal důležitým prvkem spoluvytváření znalostí.

3.2 Participativní seminář I

Participativní seminář s klíčovými aktéry na městské úrovni je klíčovým prvkem tvorby scénářů budoucího územního vývoje. Během příprav semináře by proto měl být kladen důraz na identifikaci relevantních hráčů, jako jsou například zástupci různých odborů magistrátu (např. odbory životního prostředí, dopravy, investic, správy majetku, územního plánování, apod.), příspěvkových organizací města (např. správa komunikací, správa zeleně, vodohospodáři, apod.), občanské společnosti (neziskové organizace a spolky aktivní v ochraně přírody, komunitním rozvoji, apod.) a soukromý sektor (firmy s relevantním zaměřením, firmy městského a regionálního významu, apod.). Reprezentace aktérů z rozdílných sektorů a s různorodými názory umožňuje deliberaci, tedy na základě

⁵ Jednotlivé globální trajektorie reflektují témata jako společenský a ekonomický rozvoj, nerovnost, ochrana životního prostředí apod., přičemž je hodnotí s ohledem na rozložení těchto trendů napříč světovými regiony. Globální SSP3 Regionální rivalita (kamenitá cesta), SSP4 Nerovnosti (rozdělená cesta) a SSP5 Rozvoj založený na fosilních palivech (cesta po dálnici) jsou definovány silnou regionalitou, která je na městské úrovni těžko aplikovatelná.

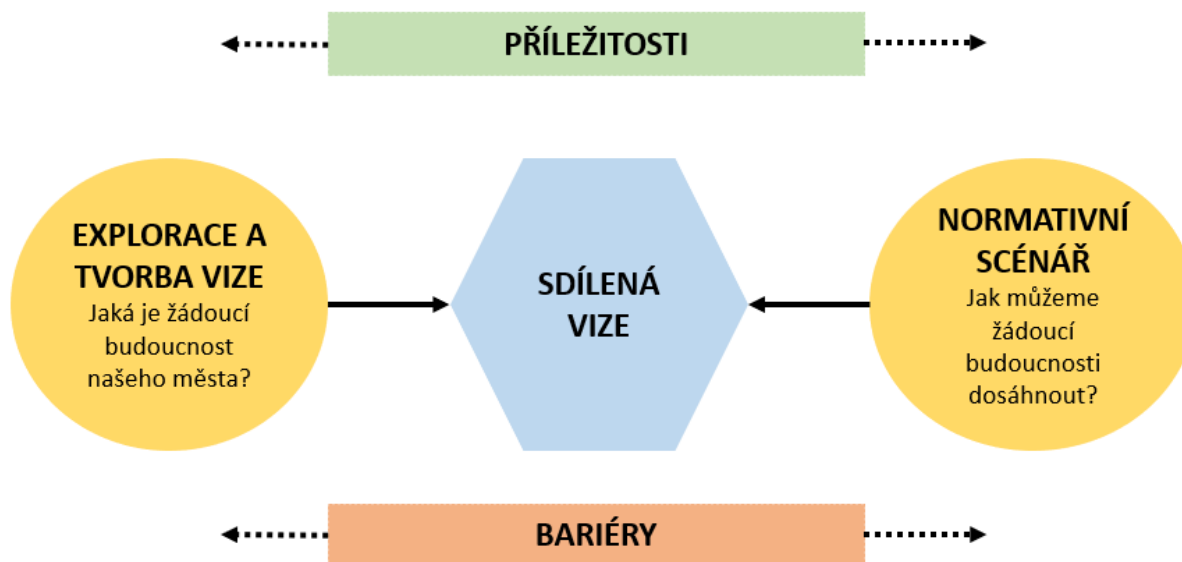
společné diskuse a analýzy dané problematiky dosáhnout logických, opodstatněných a informovaných rozhodnutí a navrhnout možná efektivní řešení pro daný problém (Burkhartel, et al., 2002).

S ohledem na skladbu aktérů a proces deliberace by cílem semináře mělo být: (1) tvorba vize žádoucí budoucnosti udržitelného města, která se týká především územního rozvoje; (2) tvorba normativního scénáře pro dosažení nastavené vize; a (3) vytvoření prostoru pro společnou tvorbu znalostí a interakci mezi vědci a místními aktéry. Cíle (1) a (2) pak také pomáhají validovat downscalované SSPs (viz kapitola 3.1).

Vzhledem k rozsahu semináře a tématům je vhodná podpora zkušeného facilitátora. Stejně tak je zásadní poskytnout aktérům na semináři dostatek informací, ideálně prostřednictvím expertních informací. Jako žádoucí se považuje dodržet následující strukturu jednotlivých aktivit semináře: (1) přednášková část představující vstupní informace pro další individuální a skupinovou práci; (2) individuální práce vztahující se k tématu a cíli aktivity; (3) skupinová práce (v heterogenních skupinách o 5-8 účastnících) zaměřená na diskusi a sdílení individuálních postojů; (4) diskuse a sdílení v plénu, kdy jednotlivé skupiny mohou prezentovat výsledky své práce a vzájemně je diskutovat.

3.2.1 Metodologie semináře

Jak je patrné z cílů semináře, metodologie semináře se opírá o participativní explorativní a normativní tvorbu scénářů, která představuje inovativní a komplexní přístup ke zkoumání budoucnosti (e.g. de Bruin et al., 2017; Kok et al. 2011; Van Vilet & Kok, 2015, etc.). Zatímco explorativní tvorba scénářů umožňuje zkoumat různé budoucnosti a pomáhá tak nastavit vizi žádoucí budoucnosti, normativní scénář představuje trajektorii nutnou pro dosažení této vize. Kromě toho lze při kombinování obou přístupů lépe pojmenovat bariéry a příležitosti plynoucí z výsledného normativního scénáře. Interakce explorativního a normativního scénáře je ilustrována na obrázku 6.



Obrázek 6: Metodologický přístup a kombinování explorativních a normativních prvků participativní tvorby scénářů

Explorace a tvorba vize

Během explorativní části zaměřené na formulaci žádoucí vize města pro rok 2050 je vhodné nejprve začít obecněji. Příkladem může být např. aktivita zaměřená na změny LULC s důrazem na přírodě blízká adaptační opatření (NBS), kdy lze prioritizovat NBS dle typologie městské zástavby⁶. Zatímco v individuální části aktivity aktéři samostatně přiřazují v matici NBS a městské zástavbě hodnoty na stupnici 1–3 (1 = nejméně vhodné, 3 = nejvíce vhodné), během skupinové fáze je pak vhodnější hodnotit NBS pouze jako *vhodná* a *nevhodná*. Tato aktivita je zaměřena především na počáteční seznámení účastníků, kdy se nenucenou formou mohou seznámit se svými postoji a názory ohledně NBS a různých lokalit ve městě. Výsledky pak mohou být využity jako podpůrná informace v dalších částech modelování scénářů LULC.

Druhá aktivita spojená s explorací možných budoucností spočívá v tvorbě společné vize, se kterou se ztotožňují všichni aktéři na semináře. V tomto případě se nabízí využití tzv. nominal group technique. Tato metoda představuje vhodnou metodu strukturovaného skupinového brainstormingu, který umožňuje relativně rychlou shodu nad komplexními tématy. Nominal group technique vhodně kombinuje zohlednění myšlenek všech účastníků a bodovacího/hlasovacího mechanismu (Gallagher

⁶ Před zahájením aktivity je vhodné vysvětlit používanou terminologii se kterou se pracuje, tzn. prezentovat typy a funkce uvažovaných NBS a vysvětlit typologii zástavby.

et al., 1993). Metoda může probíhat např. tříkolově, přičemž nejprve se aktéři individuálně zamýšlejí nad klíčovými slovy či hesly, které pro ně charakterizují žádoucí budoucnost jejich města odolného vůči změně klimatu. Poté, co každý z účastníků samostatně sestaví seznam pěti hesel, probíhá sdílení ve skupinách. Během tohoto sdílení se zaznamená počet výskytů jednotlivých či jim podobných slov/hesel ve skupině. Posléze probíhá diskuze nad těmito slovy/hesly a výběr pěti pojmů, které postupují do posledního kola, tedy výběru v plénu. Při tomto výběru mohou (ale nemusí) jednotlivé skupiny respektovat počet výskytů daného slova/hesla ve skupině. Podobným způsobem probíhá i sdílení klíčových slov/hesel v plénu, kdy se opět vybírají nejdůležitější pojmy, které by měly být následovně zahrnuty ve výsledné vizi. Jakmile každá skupina vybere svá klíčová slova/hesla, facilitátor semináře postupně vyzve skupiny k jejich přečtení a zapisuje je viditelně na flipchart. Poté, co jsou zapsána všechna klíčová slova/hesla, následuje diskuse zaměřená na výběr nejdůležitějších pojmů a dochází ke společnému formulování vize. Ta pak slouží jako východisko pro poslední část semináře věnované normativní tvorbě scénářů.

Normativní scénář pro dosažení vize

Po společné tvorbě vize přichází normativní fáze semináře, jejímž cílem by mělo být sestavení scénáře vedoucího k dosažení této žádoucí budoucnosti. V tomto případě lze použít tzv. *backcasting*. Jedná se o přístup k tvorbě normativních scénářů, jehož specifíkem je formulace cílů a akčních kroků zpětně, tedy od cílového roku vize (v tomto případě r. 2050) směrem do současnosti. Tento přístup je vhodný pro formulaci cílů a akčních kroků potřebných pro uchopení komplexních a dlouhodobých fenoménů (Phdungsilp, 2011), přičemž umožňuje pracovat mimo běžné rámce přemýšlení a často přináší inovativní informace (van Asselt et al., 2010). Ačkoliv je tento způsob uvažování náročný, umožňuje přemýšlet nad danou problematikou novátorsky a pomocí něj je možné nalézt taková řešení, která by běžně nepřípadala v úvahu.

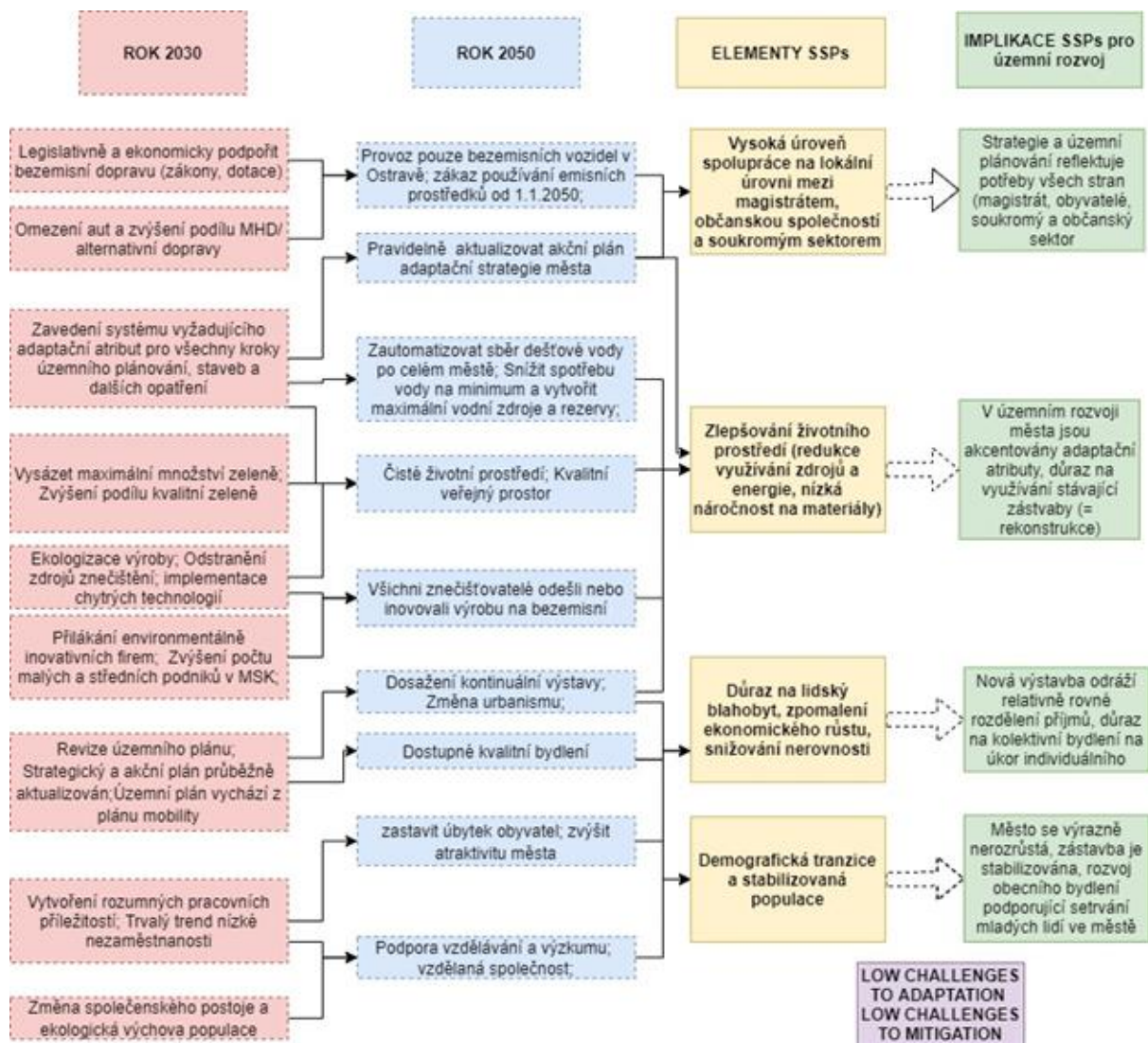
I v tomto případě je vhodné rozdělit aktivitu do individuální, skupinové a kolektivní fáze. Během individuální části je úkolem účastníku odpovědět na následující otázky a odpovědi zapisovat na post-its (co myšlenka, to jeden papírek): (1) Jaké jsou průběžné cíle pro dosažení stanovené vize? Kdy by těchto cílů mělo být dosaženo?; (2) Jaké jsou konkrétní kroky k dosažení stanovené vize?; (3) Jaké jsou překážky pro dosažení stanovené vize?; (4) Jaké existují příležitosti (externí vlivy) umožňující dosažení vize?⁷. Nejprve aktéři zpětně formulují průběžné cíle a kroky, a to za podpory si pomocné otázky *Co se muselo stát, aby...?* Poté, co účastníci samostatně zformulují své průběžné cíle a kroky, skupiny společně tyto nápady na post-its umísťují na předpřipravenou časovou osu. Jsou zachovány principy

⁷ Otázky vychází z Kok et al. (2011).

backcastingu, a proto jsou kroky a cíle umísťovány od těch nejdálších směrem k těm nejsoučasnějším. Kroky mohou, ale nemusí, volně navazovat na průběžné cíle. Jakmile jsou na časové ose zachyceny všechny průběžné cíle a kroky, aktéři začnou se samostatnou formulací překážek a příležitostí pro dosažení stanovené vize. Jednotlivé myšlenky jsou pak během aktivní skupinové diskuse umístěny na flipchart s časovou osou. Všechny časové osy vytvořené ve skupinách jsou představeny a prezentovány ostatním během závěrečné diskuze ukončující celý seminář.

3.2.2 Vyhodnocení semináře a výsledky

Po ukončení semináře je doporučeno všechny výstupy digitalizovat. Hodnocení NBS proti typům zástavby lze např. vyhodnotit prostřednictvím porovnání individuálních výsledků a skupinových průměrů a tyto výsledky pak mohou informativně a kontextuálně přispět k prostorovému modelování scénářů LULC. Zásadní je však syntéza a analýza normativních scénářů vytvořená během poslední části semináře. Protože časové osy jednotlivých skupin jsou obvykle komplementární a doplňují se navzájem, v první části analýzy by mělo dojít k jejich sloučení. Jakmile jsou osy sloučeny, přichází samotná analýza, během které se jednotlivé průběžné cíle a akční kroky spojují s klíčovými elementy SSP1 identifikovanými během downscalingu (viz kapitola 3.1). Tato analýza pak slouží jako podklad a kontextuální rámec pro samotné modelování scénářů popsané v následující kapitole 3.3. Obrázek 7 představuje ilustrativní příklad propojení výstupů ze semináře s UCZ-SSP1 pro Ostravu.



Obrázek 7: Schéma procesu tvorby narativního scénáře UZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti dle integrace SSP1 a normativního scénáře z participativního semináře pro Ostravu

3.3 Prostorové modelování scénářů LULC

SSPs a výstupy prvního participativního semináře popsané v předchozích podkapitolách slouží jako kontextuální rámování pro modelování scénářů LULC. Mimo to byly využity následující datové zdroje:

- Územní plán města
- Databáze UrbanAtlas
- Územní potenciál rozvoje – model Urban Planner®

V této podkapitole proto nejprve popisujeme použitá data a následně i samotné modelování scénářů LULC

3.3.1 Datové vstupy

Územní plán města

Výchozím datovým podkladem jsou územní plány pilotních měst, konkrétně funkční využití území. Protože územní plán je pro každé sídlo do jisté míry specifický (odlišně specifikované kategorie funkčního využití území, přílišná detailnost ve specifikaci kategorií funkčního využití území), pro potřeby tvorby scénářů budoucího vývoje LULC je nejprve třeba přistoupit k „rekategorizaci“ typů funkčních ploch územního plánu. Výstupem tohoto kroku je generalizovaná základní skladba kategorií funkčního využití území (kategorií LULC), která je jednotná pro územní plány všech pilotních měst. Takto generalizované (rekategorizované) územní plány sídel se sjednocenými kategoriemi LULC následně vstupovaly do tvorby scénářů LULC. V případě tvorby scénářů LULC pro jedno konkrétní město není rekategorizace územního plánu, resp. generalizace kategorií LULC, teoreticky nutným krokem, pro lepší přehlednost je však doporučována.

V případě projektu *Adaptační výzvy měst* vycházela Jednotná skladba kategorií LULC územních plánů z následujících krajinných prvků, přičemž každá z uvedených kategorií existuje ve dvou variantách – současné a plánované/navrhované využití*:

- Bytové domy
- Rodinné domy
- Bytové domy - zástavba o hustotě > 80 %
- Rodinné domy - zástavba o hustotě > 80 %
- Občanská vybavenost
- Volný čas
- Průmysl
- Městská zeleň
- Lesy
- Otevřená prostranství (louky, pastviny)
- Orná půda
- Voda
- Rekultivované skládky
- Zemědělská výroba
- Technická infrastruktura
- Hromadná doprava a přidružené plochy
- Komunikace a přidružené plochy

- Železnice a přidružené plochy
- Letiště

**Poznámka: Postup generalizace kategorií LULC z územních plánů se liší sídlo od sídla v závislosti na vstupní podobě a struktuře daného územního plánu. Např. pražský územní plán je mnohem detailnější, a tedy co do počtu kategorií funkčního využití území i obsáhlejší než ostravský nebo brněnský, proto se ke generalizaci každého územního plánu musí přistupovat individuálně.*

Databáze Urban Atlas

Datová sada Urban Atlas 2012 (<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012>) lze využít pro zpřesnění podkladů územního plánu, konkrétně pro vymezení kategorie bytové zástavby s nejvyšší hustotou zastavění (nad 80 %). Takto zpřesněné vymezení zastavěného území bude využito především v následujících krocích integrované analýzy zranitelnosti vůči vlnám horka, kde míra zastavěnosti území hraje významnou roli.

Územní potenciál rozvoje měst z modelu Urban Planner

Urban Planner je analytická nadstavba ESRI programu ArcGIS for Desktop 10.2 a vyšší, určená pro vyhodnocení územního potenciálu a k detekci optimálních ploch vhodných pro územní rozvoj, resp. optimální využití území (Burian a Šťastný, 2016). Ve scénářích budoucího vývoje LULC je vhodné tuto nadstavbu využít pro alokaci rozvojových ploch měst a definování budoucích kategorií LULC, ke kterým tyto plochy v krátkodobém horizontu deseti let postupně přejdou.

Extenze využívá jako hlavní metodu výpočtů multikriteriální analýzu, jejíž nastavení bylo stanoveno metodou podpory rozhodování AHP. Metoda výpočtu také respektuje principy trvale udržitelného rozvoje, představující vyvážený vztah podmínek pro příznivé životní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území (Burian a Šťastný, 2016), a to v závislosti na aplikovaných scénářích extenze.

Z technického hlediska je celý výpočet územního potenciálu realizován jako vážené překrývání vstupních vrstev, přičemž Urban Planner využívá jako základní vstup data územně analytických podkladů (ÚAP). Výpočet územního potenciálu zohledňuje i různé anomálie území, jako např. záplavová území či poddolované oblasti (týká se zejména Ostravy), kde je územní potenciál budoucího rozvoje omezen nebo úplně potlačen.

Výsledkem aplikovaného modelu jsou vrstvy územního potenciálu pro čtyři základní kategorie LULC:

1. **Bydlení** – plochy rodinných a bytových domů
2. **Rekreace** – plochy staveb pro rodinnou rekreaci, chaty, areály ZOO, parky a zelená prostranství
3. **Komerční vybavenost** – plochy převážně komerční občanské vybavenosti plošně rozsáhlé, tj. administrativní areály, velkoplošný maloobchod, rozsáhlá společenská a zábavní centra, výstavní areály
4. **Průmysl** – plochy výrobních areálů těžkého průmyslu a energetiky s případným negativním vlivem nad přípustnou mez mimo areál v rámci ochranného pásma; plochy výrobních areálů lehkého průmyslu nebo skladové areály bez výrobních činností.

Výsledný územní potenciál každé z výše uvedených čtyř kategorií je navíc ovlivněn nastavením vah mezi třemi pilíři: (1) ekologickým, (2) sociálním a (3) ekonomickým. Základní kombinace těchto tří pilířů vyúsťují do následujících čtyř variant územního potenciálu:

1. **Ekologická varianta** – priorita ekologického pilíře (EKL) s vahou 50 % (zbylé dva pilíře mají nastaveny váhy po 25 %)
2. **Ekonomická varianta** – priorita ekonomického pilíře (EKO) s vahou 50 % (zbylé dva pilíře mají nastaveny váhy po 25 %)
3. **Sociální varianta** – priorita sociálního pilíře (SOC) s vahou 50 % (zbylé dva pilíře mají nastaveny váhy po 25 %)
4. **Udržitelná varianta** – vyvážené priority všech tří pilířů (tj. každý pilíř má přidělenou váhu 33 %)

Ke každé ze čtyř kategorií (bydlení, rekreace, komerční vybavenost, průmysl) jsou tedy k dispozici čtyři varianty alokovaného územního potenciálu (ekologická, ekonomická, sociální, udržitelná) odvozené dle priority jednoho ze tří pilířů. Jednotlivé alokace územního rozvoje se mohou překrývat. Urban Planner umožňuje alokaci územního rozvoje modelovat napříč celým územím, přičemž ale samozřejmě zohledňuje vrstvu již existujícího zastavěného území a alokované plochy jsou tak umístěny vně, nejčastěji na jeho okraji (okrajová území města).

Pro účely projektu *Adaptační výzvy měst* byly využity jen dvě varianty alokace územního rozvoje dle Urban Planneru: pro scénář *Cesta udržitelnosti* byla v Urban Planneru zvolena vyvážená priorita všech tří pilířů, tj. každý pilíř měl přidělenou váhu 33 %, a to pro všechny čtyři kategorie LULC (bydlení, rekreace, komerční vybavenost, průmysl). Pro scénář *Střední cesta* byla zvolena priorita ekonomického pilíře s vahou 50 %, zatímco pro zbylé dva pilíře (ekologický a sociální) byly zvoleny váhy po 25 %. Volba těchto variant nejlépe odpovídá filozofii scénářů UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti a UCZ-SSP2 Střední cesta.

Výstupy z participativního semináře I

Výsledky prvního participativního semináře, tedy časové osy spojené, které vyjadřující směřování města s ohledem na adaptační plánování a implementaci NBS, slouží především pro dokreslení širšího kontextu scénáře UCZ-SSP1 a zároveň jako hlavní podklad pro tvorbu atributů pro jednotlivé kategorie (viz kapitola 3.3.2).

3.3.2 Prostorové modelování scénářů LULC

Datové podklady popsané v předchozí sekci byly následně implementovány do modelů pro tvorbu scénářů LULC. V případě projektu *Adaptační výzvy měst* byly oba scénáře, tedy UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti a UCZ-SSP2 Střední cesta byly vytvořeny ve dvou variantách pro časový horizont roku 2030 a 2050. Ve všech případech došlo k syntéze vstupních vrstev jejich postupným překrýváním podle předem stanovených priorit. Tyto priority definují, v jaké míře se vstupní vrstvy do výsledné podoby scénáře promítly.

Scénáře LULC pro rok 2030

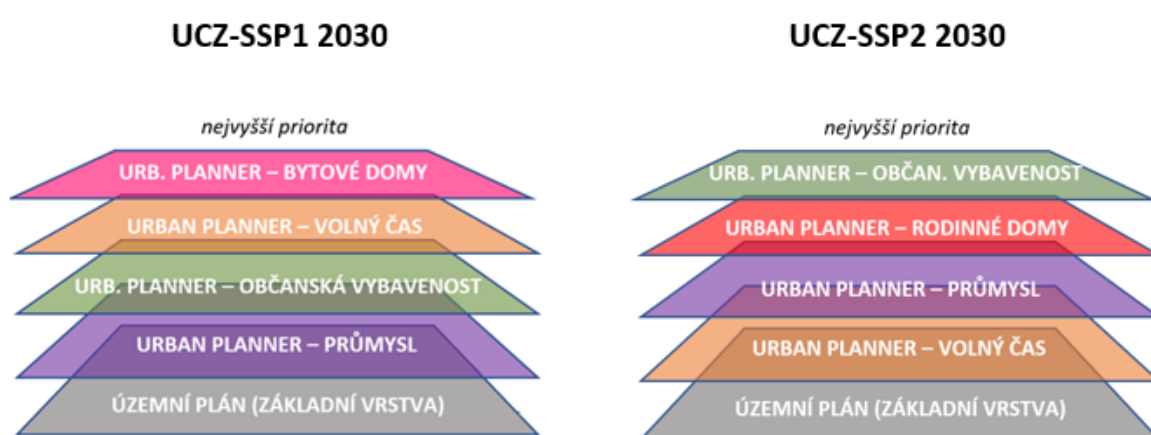
Jako vstupní datové podklady slouží (1) vrstva územního plánu doplněná hustou zástavbou vymezenou dle podkladů Urban Atlas 2012, a dále čtyři vrstvy územního rozvoje alokovaného extenzí Urban Planner dle udržitelné varianty, tj. vrstvu územního rozvoje (2) bydlení, (3) rekreace, (4) komerční vybavenosti a (5) průmyslu. Před vlastní syntézou těchto pěti datových sad jsou vrstvy územního rozvoje z extenze Urban Planner rekatégorizovány do základních kategorií LULC, aby byly kompatibilní s generalizovanými kategoriemi územního plánu, a to podle jednoduchého klíče:

- bydlení → bytové / rodinné domy – návrh
- rekreace → volný čas – návrh
- komerční vybavenost → občanská vybavenost – návrh
- průmysl → průmysl – návrh

V případě scénáře UCZ-SSP1 může být kategorie extenze Urban Planner „bydlení“ převedena čistě na bytové domy; rozrůstání kategorie rodinné domy s ohledem na filozofii scénáře UCZ-SSP1 není doporučeno. U scénáře UCZ-SSP2 lze kategorii extenze Urban Planner „bydlení“ převést pouze na rodinné domy, neboť tento typ bydlení dle našeho názoru lépe charakterizuje scénář Střední cesty. Výslednou podobu této kategorie v případě obou scénářů v jednotlivých lokalitách území může být diskutována s aktéry během dalšího participativního semináře (viz níže).

Následná syntéza datových vrstev pak probíhá jejich postupným překrýváním v pořadí naznačeném na **obrázku 8** (vlevo – scénář UCZ-SSP1; vpravo – scénář SUCZ-SSP2). Zároveň existují určité výjimky, které uvedené priority překryvů z logických důvodů nedodrží (např. jsou z překryvů vynechány dopravní komunikace).

Do výsledného scénáře jsou posléze zaznamenány informace o veškerých překryvech, takže i v případech, kdy např. blok bytových domů alokovaný dle extenze Urban Planner během syntézy vrstev překryl oblast průmyslu alokovanou do stejného místa, informace o alokaci průmyslu nezanikne; zůstane zachována pro potřeby hodnocení aktéry.



Obrázek 8: Priority datových vrstev při tvorbě scénáře UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti 2030 (vlevo) a scénáře UCZ-SSP2 Střední cesta 2030 (vpravo)

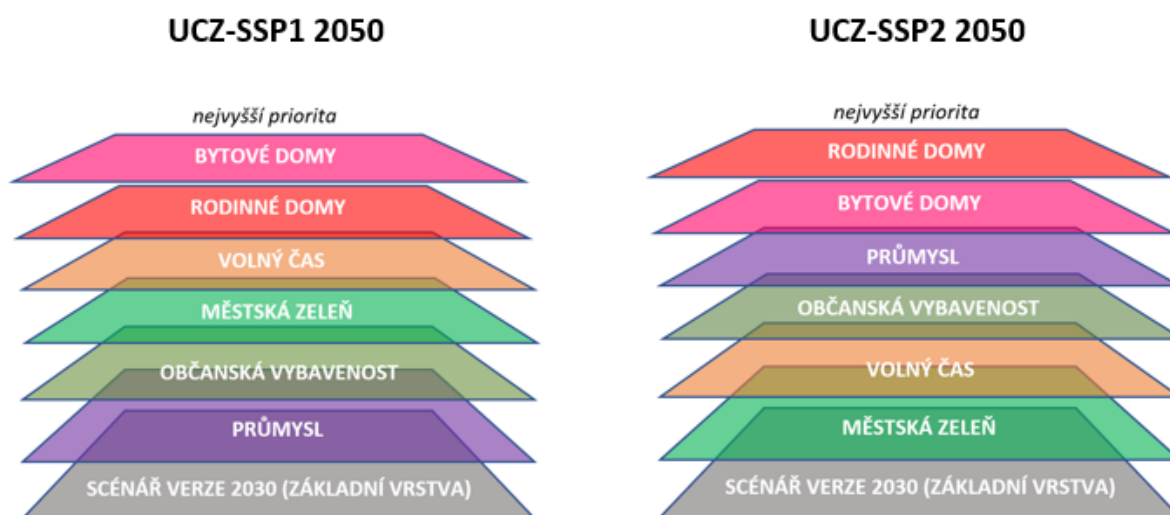
Scénáře LULC pro rok 2050

Scénáře pro rok 2030 v případě obou scénářů (UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2) vychází plně z varianty scénářů pro rok 2030, které tvoří základní výchozí vrstvu. Ta je následně updatována dle následujícího postupu:

1. Kolem ploch územního rozvoje alokovaných dle extenze Urban Planner pro bytové/rodinné domy, volný čas, občanskou vybavenost a průmysl jsou vymezeny buffery implikující prostorovou expanzi jednotlivých kategorií. V případě scénáře UCZ-SSP1 by tyto buffery měly být větší v intravilánu než v extravilánu (v případě projektu *Adaptační výzvy měst* to bylo 400 m v intravilánu, zatímco v extravilánu 300 m). Volba bufferu menšího perimetru mimo území města než uvnitř něj má evokovat preferenci funkčního zahušťování městské zástavby před jejím rozrůstáním do městského okolí, která je v souladu s narativní částí scénáře UCZ-SSP1 (viz příloha 4). Pro scénář UCZ-SSP2 tyto buffery odrážejí opačnou logiku a jsou tedy větší v extravilánu než v intravilánu (v případě projektu *Adaptační výzvy měst* to bylo 300 m v

intravilánu, zatímco v extravilánu 600 m). Volba bufferu většího perimetru mimo území města než uvnitř něj má evokovat preferenci rozrůstání městské zástavby za hranice současného města před zahušťováním městské zástavby tak, jak je popsáno v narativním scénáři UCZ-SSP2 (viz příloha 4). Velikost bufferů je vhodné nastavovat s ohledem na velikost daného města a dynamiky jeho rozvoje v minulosti.

2. Stejným způsobem byly vymezeny buffery kolem základních kategorií LULC dle územního plánu: bytové domy – návrh, rodinné domy – návrh, volný čas – návrh, občanská vybavenost – návrh, městská zeleň – návrh a průmysl – návrh.
3. Tyto buffery představují možný vývoj územního rozvoje pro scénáře mezi lety 2030 a 2050.
4. Buffery následně vstupují do obdobné syntézy jejich postupným překrýváním, jako v případě tvorby scénáře pro rok 2030. Priority pro překryvy jsou naznačeny na obrázku 9 (vlevo – scénář UCZ-SSP1; vpravo – scénář UCZ-SSP2). I v tomto případě jsou definovány logicky opodstatněné výjimky tak, abychom předešli redundantním situacím budoucího vývoje LULC.
5. Do výsledného scénáře byly opět zaznamenány informace o veškerých překryvech.
6. Výsledek je vhodné diskutovat s aktéry na dalším semináři a jejich připomínky by měly být následně do výsledných scénářů zapracovány.



Obrázek 9: Priority datových vrstev při tvorbě scénáře UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti 2050 (vlevo) a scénáře UCZ-SSP2 Střední cesta 2050 (vpravo)

Atributy adaptačních opatření scénářů LULC

Výše popsaný postup je zaměřen na předpokládaný vývoj využití území, avšak nezohledňuje vývoj půdního pokryvu, který ve velké míře ovlivňuje zranitelnost města, resp. jeho odolnost vůči teplotním extrémům. Vývoj půdního pokryvu je ve výsledných scénářích vyjádřen atributy adaptačních opatření,

resp. NBS, pro jednotlivé kategorie využití území pro roky 2030 a 2050 a pro obě varianty scénářů (UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2). Ty jsou v případě scénáře UCZ-SSP1 přímo odvozeny od výstupů z participativních seminářů a v souladu s SSP1 dle O'Neil et al. (2017). Protože scénář UCZ-SSP2 představuje mírnější pokračování současných trendů, atributy jsou odvozeny z norem/regulací v existujících strategických dokumentech pro jednotlivá města, SSP2 dle O'Neil et al. (2017) a částečně i scénáře UCZ-SSP1 tak, aby výsledné atributy odrážely rozdíl mezi těmito dvěma scénáři. Scénář UCZ-SSP1 je ve výsledku více ambiciózní v oblasti zavádění adaptačních opatření. Takto vytvořené atributy v případě obou scénářů představují navrhované změny půdního pokryvu měst, kterých lze dosáhnout prostřednictvím norem pro zavádění NBS. NBS budou do budoucna ovlivňovat zranitelnost měst vůči teplotním extrémům.

NBS, které v procesu tvorby LULC scénářů reprezentují zaváděné adaptační opatření, zahrnují: (1) adaptační opatření budov (zelené střechy a zelené fasády) a (2) adaptační opatření na otevřených prostranstvích/ve veřejném prostoru (stromy, stromořadí a parková zeleň, vodohospodářská řešení, propustné povrchy). Pro každé z uvedených NBS jsou vytvořeny standardy pro jejich zavedení. Standardy jsou vyjádřeny pomocí procentuálního zastoupení daného NBS pro jednotlivé typy využití území.

3.4 Participativní seminář II a finalizace scénářů LULC

Výsledky modelování scénářů LULC jsou založeny na počítačovém modelu. Proto je vhodné tyto modely validovat a konzultovat s aktéry ve městě, ideálně s těmi, kteří byli přítomni prvnímu workshopu. Zpětná vazba ke scénářům LULC by v ideálním případě měla být předmětem dalšího participativního workshopu, který umožňuje vzájemnou interakci mezi aktéry.

V případě projektu *Adaptační výzvy měst* byl participativní seminář uspořádán online s pomocí webové aplikace⁸. Tato aplikace byla navržena tak, aby mohli aktéři interaktivně zaznamenávat své komentáře jak k navrhovaným změnám území, tak k atributům změny půdního pokryvu (ukázka webové aplikace je v příloze 2). Na začátku semináře byly představeny scénáře, postup jejich tvorby a další kroky v projektu. Posléze následovala samostatná práce v aplikaci. Každému z aktérů byl náhodně přidělen jeden ze dvou výsledných scénářů (UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti nebo UCZ-SSP2 Střední cesta). Nejprve měli aktéři za úkol v mapě vyznačit území, která mají z jejich hlediska rozvojový potenciál. V dalších krocích pak komentovali jednotlivé scénáře pro roky 2030 a 2050. Poslední část práce v aplikaci byla věnována hodnocení navrhovaných atributů, resp. jejich hodnot. Pro lepší přehlednost byly

⁸ Využití online nástroje bylo podmíněno aktuální epidemiologickou situací spojenou s COVID-19.

vybrány pouze klíčové kategorie využití území (bytové domy, rodinné domy, občanská vybavenost, volný čas, průmysl). Po ukončení individuální práce byla vedena skupinová diskuse ukončující celý seminář.

Seminář je vhodné realizovat osobně a využívat práci s tištěnými mapami. U všech aktivit realizovaných během semináře se nabízí dodržování posloupnosti *prezentace výsledků/vstupních informací – individuální práce – skupinová práce – sdílení v plénu*. V případě práce s mapou představuje individuální část spíše prostor pro zamyšlení se a vlastní rozvahu nad daným úkolem, samotné zakreslování do mapy je pak vhodnější dělat v rámci skupinové diskuse. Struktura semináře by měla kopírovat výše představený online seminář a být rozdělena do několika dílčích částí: (1) identifikace rozvojových lokalit ve městě; (2) hodnocení scénářů, resp. navrhovaných změn pro roky 2030 a 2050; (3) hodnocení atributů jednotlivých kategorií. Při práci se scénáři pro roky 2030 a 2050 je v závislosti na rozloze města/řešeného území vhodné mapy rozdělit do více sektorů, přičemž každá skupina pak hodnotí pouze část města.

3.4.1 Vyhodnocení semináře a finalizace scénářů LULC

Po konci semináře jsou výsledky práce s mapou a hodnocení atributů upraveny tak, aby byly využitelné pro finalizaci modelování scénářů LULC. Zpětná vazba od aktérů je převedena do vektorových vrstev, které umožňují následnou analýzu v GIS. Tato analýza by měla být zaměřena na vyhodnocení jednotlivých komentářů a jejich zohlednění ve výsledném scénáři. Např. pokud aktéři nesouhlasí s navrhovanou změnou využití území nepocházející z územního plánu, tento nesouhlas by měl být zohledněn. Naopak by nemělo být zasahováno do využití území navrhovaných přímo územním plánem. Zápis z diskuse pak slouží jako důležitá kontextuální informace, podle které lze např. upravovat velikost bufferů ve scénářích pro r. 2050, nebo měnit nerealizovatelné změny ve využití území navrhnutém modelem.

4 Demografické scénáře

Dalšími vstupními daty do scénářů zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům jsou demografické údaje, resp. informace o věkové struktuře a hustotě obyvatel. Populace města však není konstantní a do budoucna může narůstat, klesat nebo být stabilizována. Stejně tak se může s ohledem na nově vznikající výstavbu měnit i její rozložení v prostoru. Je proto důležité vytvořit i demografické scénáře. Níže nabízíme možný postup jejich tvorby.

Demografická data zahrnují informace o věkové struktuře pro současnost, rok 2030 a 2050. Data pro současnost byla získána ze sčítání lidu v roce 2011 (Balcar et. al. 2013) pro pilotní města (Prahu, Brno a Ostravu) v rozlišení základních sídelních jednotek. Rozlišení v podrobnějším měřítku, než pro celé město je pro analýzu důležité, aby lépe vynikly diference napříč územím. Prognózy budoucího vývoje obyvatel existují, ale obvykle pouze v měřítku celého města, proto bylo třeba tato data zjemnit.

Základem pro budoucí vývoj obyvatel byly populační prognózy měst (střední varianty) a scénáře LULC (územní plán, scénář pro rok 2030 a 2050; kapitola 3.3). Předpokladem zde je, že v oblastech, kde bude přibývat LULC kategorie bydlení (tzn. kategorie *bytové domy návrh* a *rodinné domy návrh*), bude přibývat také populace.

Počet celkové populace a zranitelných skupin byl tedy převeden na hustotu populace/km² a sloučen s vrstvou územního plánu, která se nejvíce blíží současně zastavěnému území. Ze sloučených vrstev pak byla spočítána průměrná hodnota hustoty obyvatel pro LULC kategorie bydlení, tj. bytové domy a rodinné domy. Tyto průměrné hodnoty byly následně vloženy do příslušných LULC kategorií návrhů. Územní plány jsou revidovány každé 4 roky, proto byl počet populace odhadnutý jako pro rok 2025. Byl tedy dopočten koeficient rozdílu mezi výslednou populací města (po přidání obyvatel do oblastí návrhu bydlení) a počtem obyvatel v roce 2025 pro každou z kategorií populace (populace celkem, do 14 let, nad 65 let). Těmito koeficienty byly následně plošně pronásobeny všechny LULC kategorie a populace agregována zpět na rozlišení základních sídelních jednotek.

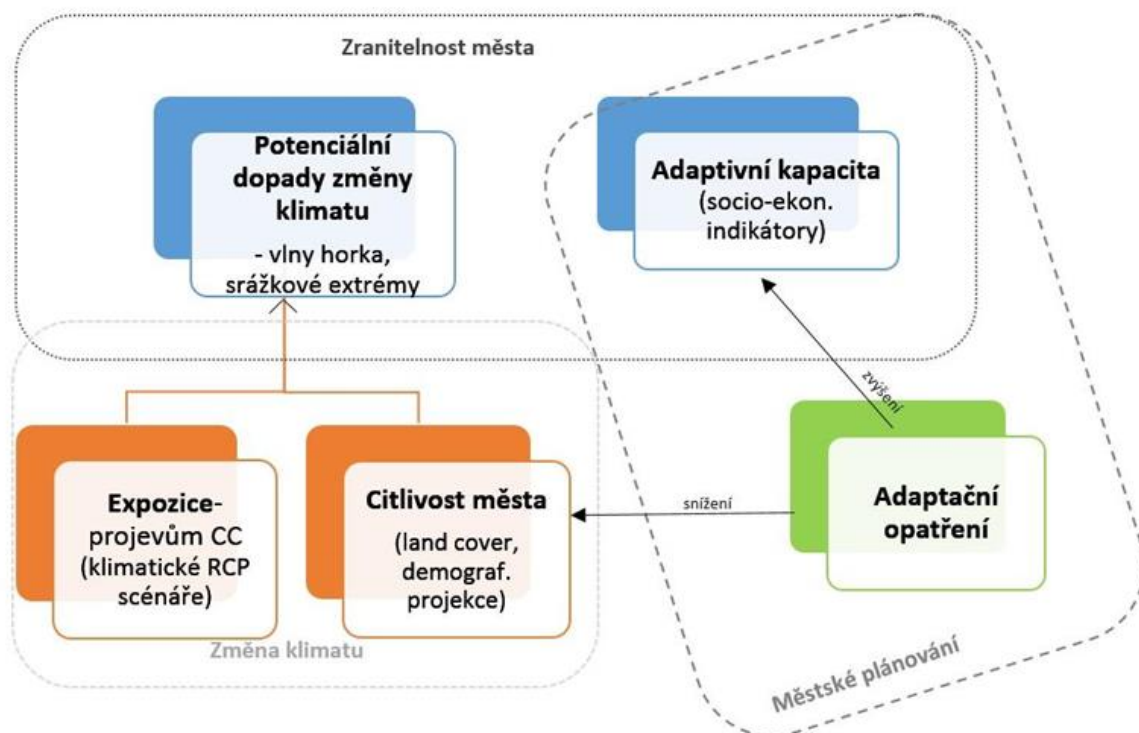
Vzniklá vrstva populace dle ÚP byla dále sloučena s vrstvami LULC scénáře UCZ-SSP1 – Udržitelnost a scénáře UCZ-SSP2 – Střední cesta pro rok 2030. Z vrstvy populace ÚP byly vybrány průměry hodnot hustoty populace za LULC kategorie bytové domy a bytové domy návrh, a rodinné domy a rodinné domy návrh, které byly přiřazeny LULC kategoriím návrhům bydlení v roce 2030. Následně byly vrstvy pronásobeny koeficienty pro rok 2030 a agregovány zpět do rozlišení základních sídelních jednotek. Stejný postup se pak opakoval pro scénáře 2050, kde se místo z průměrných hodnot bydlení územního plánu vycházelo z příslušných scénářů pro rok 2030.

Pokud existují prognózy populace v jemnějším rozlišení než město (např. městské části), může se tento postup vynechat a použít dostupná data. Dále se dají využít např. scénáře vývoje počtu populace SSPs, které jsou volně dostupné v prostorovém rozlišení 1x1 km (<https://www.cgd.ucar.edu/iam/modeling/spatial-population-scenarios.html>).

5 Integrovaná analýza zranitelnosti

Analýza zranitelnosti vychází z podkladů popsaných v kapitolách 2 a 3, tedy z prostorového modelování vln horka a scénářů budoucího územního rozvoje měst. Tyto informace jsou navíc doplněny o demografická a socio-ekonomická data, jako je počet obyvatel, věková struktura apod. Takto získaná syntéza poznatků z výše uvedených zdrojů umožňuje definovat zranitelné zóny měst vůči vlnám horka a míru rizika, která dané zóny ovlivňují. Integrovaná analýza zranitelnosti představuje nástroj, který umožní cílenou aplikaci adaptačních opatření, včetně doplňkových informací – kolik obyvatel bude ovlivněno, jaká bude změna, co je příčinou změny, jak zmírnit projevy v budoucnu apod.

Hodnocení zranitelnosti je založené na metodickém rámci (podle Swart et al., 2012, Fussel a Klein 2006, Luckenkotter et al., 2013), který zahrnuje tři hlavní komponenty: (1) expozici vůči projevům změny klimatu (zahrnující klimatické scénáře RCP – Representative Concentration Pathways), (2) sensitivitu, tedy citlivost města vůči dopadům změny klimatu a (3) adaptivní kapacitu (socio-ekonomické indikátory) popisující schopnost společnosti reagovat na měnící se klima, viz obrázek 10.



Obrázek 10: Metodický rámec hodnocení zranitelnosti.

Syntéza dopadů do výsledné zranitelnosti území pracuje podle konceptuálního rámce:

$$Z = (E + C) - AK$$

kde Z je zranitelnost vůči konkrétním dopadům, E je expozice území, C je citlivost území a AK je adaptivní kapacita. Suma expozice a citlivosti je také nazývána jako celkové potenciální dopady. Znamená to, že zvyšující se expozice a citlivost území (tj. celkové potenciální dopady) zvyšují zranitelnost území, zatímco adaptivní kapacita území má na zranitelnost naopak tlumící vliv (adaptabilita prostředí vůči negativním vlivům). Vlastní analýza a hodnocení zranitelnosti se provádí na datech vybraných indikátorů v prostředí GIS.

5.1 Vstupní data

Veškeré indikátory ovlivňující jednotlivé dopady jsou uvedeny v tabulce 3, včetně informace o zdroji a původu dat a jejich měřítku či rozlišení. Celkové potenciální dopady vln horka jsou dle metodického rámce vyhodnoceny jako suma expozice a citlivosti. Expozice území vůči vlnám horka je vyjádřena z hlediska klimatických a demografických indikátorů. Citlivost vůči vlnám horka je vyhodnocena ze zastoupení LULC a demografických indikátorů zranitelné populace. Do celkového hodnocení

zranitelnosti byla zahrnuta také adaptivní kapacita města vyjádřená socio-ekonomickými indikátory, které vyjadřují schopnost společnosti adaptovat se měnícímu prostředí.

Tabulka 3: Indikátory pro hodnocení zranitelnosti města – vlny horka

Dopady	Indikátor	Zdroj	Rozlišení
EXPOZICE	Počet letních dnů, $T_{max} \geq 25$ °C („SUD“), ve variantách RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5	Viz kapitola 2	Grid 100x100 m
	Počet horkých dnů, $T_{max} \geq 30$ °C („HOT“), ve variantách RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5	Viz kapitola 2	Grid 100x100 m
	Počet dnů s horkou nocí, $T_{max} \geq 17$ °C („WAN“), ve variantách RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5	Viz kapitola 2	Grid 100x100 m
	Počet dnů s tropickou nocí, $T_{max} \geq 20$ °C („TRN“), ve variantách RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5	Viz kapitola 2	Grid 100x100 m
	Hustota populace (počet osob/km ²)	Viz kapitola 4	Základní sídelní jednotka
CITLIVOST	Hustota zranitelné populace nad 65 let věku (počet osob/km ²)	Viz kapitola 4	Základní sídelní jednotka
	Hustota zranitelné populace do 14 let věku (počet osob/km ²)	Viz kapitola 4	Základní sídelní jednotka
	LULC / podíl zeleně a adaptačních opatření modrozelené infrastruktury (%)	Viz kapitola 3	Odpovídá podrobnosti územních plánů
ADAPTIVNÍ KAPACITA	Podíl ekonomicky aktivních obyvatel (%)	Viz kapitola 4	Základní sídelní jednotka
	Podíl zaměstnaných obyvatel (%)	Viz kapitola 4	Základní sídelní jednotka

5.1.1 Klimatická data

První skupinou dat jsou klimatické indikátory. Jde o klimatické scénáře predikující počet letních a horkých dnů za rok a počet horkých a tropických nocí za rok, a to ve třech variantách – RCP2.6 (předpoklad stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nízkých hodnotách), RCP4.5 (emise CO₂ na středních hodnotách) a RCP8.5 („vysoko-emisní“ scénář). Tyto varianty byly vymodelovány pro účely tohoto projektu v několika časových horizontech. Výchozím stavem (referenční hladinou) je bráno období 1991–2020 (současnost). Pro modely zranitelnosti v roce 2030 je využita budoucí projekce klimatu pro klimatický průměr z období blízké budoucnosti 2021-2040. A konečně pro rok 2050 je brán klimatický průměr odvozený interpolací hodnot pro rok 2030 a klimatického průměru z období 2071–2100. Detailní popis vzniku klimatických scénářů je uveden v kapitole 2 Modelování klimatu.

5.1.2. Demografická data

Druhou skupinou dat jsou data demografická (hustota obyvatel, hustota zranitelné populace seniorů nad 65 let věku, hustota zranitelné populace dětí od 0 do 14 let věku včetně) a data socio-ekonomická (podíl ekonomicky aktivních obyvatel, podíl zaměstnaných obyvatel). Podíl zranitelné populace je vyjádřen mírou zastoupení (resp. hustotou) populace v postproduktivním věku a dětské populace, které jsou brány v potaz z důvodu jejich zvýšené citlivosti vůči déle trvajícím horku a vysokým teplotám. Detailní popis tvorby demografických scénářů je uveden v kapitole 4 Demografické scénáře.

5.1.3 Data LULC

Třetí významnou sadou dat jsou informace o využití území a jeho pokryvu (LULC), které poukazuje na míru zastavěnosti, respektive zazelenění území. Z těchto dat je detailně odvozeno zastoupení zeleně a adaptačních opatření v jednotlivých kategoriích LULC. Míra zastavěnosti území a podílu zeleně má přímý vliv na množství a akumulaci tepelného záření, čímž ovlivňuje výslednou teplotu v jednotlivých městských částech. Detailní popis vzniku této datové sady je uveden v kapitole 3 Scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu měst.

5.2 Metodologický postup

Prvním krokem je tzv. standardizace všech dílčích indikátorů uvedených v tabulce 2. Cílem standardizace je převedení hodnot veškerých indikátorů do jednotné relativní škály hodnot bez jednotek. Důvodem je, že takto standardizované indikátory jsou vzájemně porovnatelné a „kombinovatelné“ pro následující syntézu, přestože přirozeně mají tyto indikátory neporovnatelné hodnoty i jednotky.

Proces standardizace spočívá v převedení původních hodnot veličiny na relativizovanou škálu od 0 do 1 podle minimální a maximální hodnoty charakterizující daný jev. Přičemž hodnoty blíží se 0 vždy značí příznivý stav daného fenoménu vedoucí k nízké zranitelnosti (např. minimální potenciální dopady změny klimatu, vysokou adaptivní kapacitu území apod.), zatímco hodnoty blíží se 1 naopak nepříznivý stav vedoucí k vysoké zranitelnosti (např. vysoké dopady změny klimatu, nízkou adaptabilitu území).

Při standardizaci mohou nastat dva případy. Prvním z nich je přímá úměra mezi indikátorem (resp. hodnotou daného ukazatele) a mírou zranitelnosti, kde příkladem je následující situace: čím vyšší je zastoupení zranitelné populace nad 65 let věku, tím vyšší je i zranitelnost území. V tomto případě probíhá standardizace dle následujícího vztahu:

$$S = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

kde S je standardizovaná hodnota řešené veličiny (např. hustoty zranitelné populace nad 65 let věku), která po standardizaci nabývá hodnot 0–1; X je hodnota dané veličiny v daném místě před standardizací (hustota obyvatel nad 65 let v konkrétní základní sídelní jednotce města); $\min(X)$ a $\max(X)$ jsou minimum a maximum nestandardizované veličiny v rámci celého analyzovaného území (minimální a maximální hustota obyvatel nad 65 let v rámci všech základních sídelních jednotek ve městě).

Druhým případem je nepřímá úměra mezi indikátorem a zranitelností, příkladem je následující situace: čím vyšší je zastoupení zeleně v řešené lokalitě, tím je zranitelnost tohoto území naopak nižší. V takovém případě se standardizace provádí dle následujícího vztahu:

$$S = \frac{\max(X) - X}{\max(X) - \min(X)}$$

přičemž popis členů vztahu je identický, jako je uvedeno výše.

Indikátory mající přímou úměru mezi hodnotou ukazatele a mírou zranitelnosti (1. případ) jsou v tabulce 2 uvedeny červeně, indikátory s nepřímou úměrou (2. případ) jsou uvedeny zeleně. Jak už ale bylo zmíněno výše, v obou případech platí, že čím je výsledná standardizovaná hodnota indikátoru vyšší, tím vyšší je také negativní dopad na zranitelnost území a naopak. Tohoto pravidla využívá následná syntéza vstupů, která se tím stává jednodušší – veškeré vstupy lze uvádět s kladným znaménkem. Proces standardizace je prováděn v ArcGIS Pro aplikací funkce *Raster Calculator*.

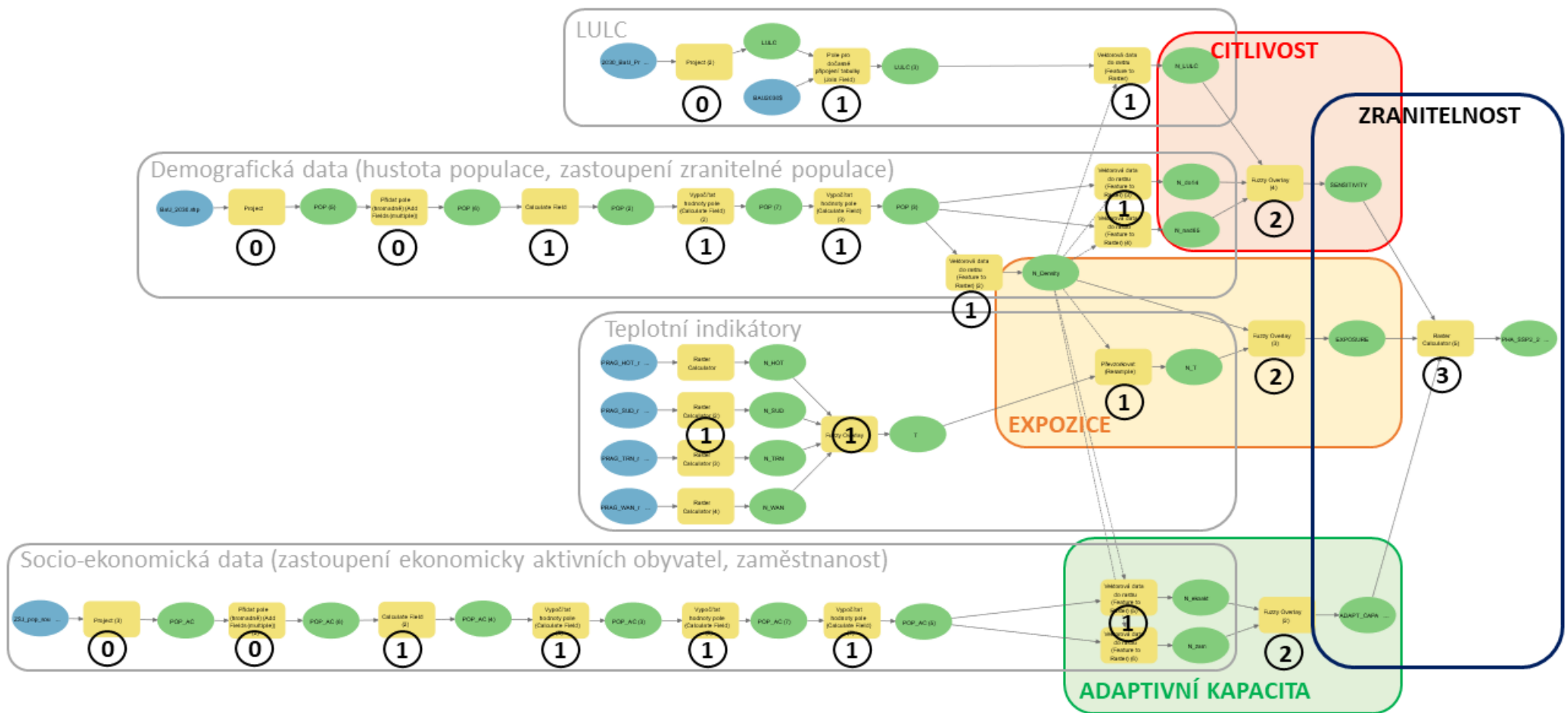
Ve druhém kroku jsou jednotlivé standardizované indikátory složeny prostřednictvím multikriteriálního součinu funkce *Fuzzy Overlay* (Araya-Muñoz et al., 2016) do třech hlavních komponent reprezentujících dopady: expozice, citlivost a adaptivní kapacita. Při aplikaci této funkce nezáleží na pořadí vstupujících indikátorů, volí se pouze hodnota parametru *gamma* v intervalu 0–1. Na základě uvedené studie kolektivu autorů Araya-Muñoz et al. (2016) bylo empirickým šetřením doporučeno nastavení hodnoty *gamma* = 0.8 nebo 0.9.

Ve třetím (a posledním) kroku jsou tyto tři dopady sloučeny do výsledné mapy zranitelnosti, a to jejich váženým průměrováním. Váha dopadu expozice území činí 0,30; váha citlivosti území 0,45; váha adaptivní kapacity území 0,25 (Kumar et al., 2016). Proces váženého průměrování těchto tří vstupů je realizován v ArcGIS Pro aplikací funkce *Raster Calculator*.

Uvedené tři kroky jsou schematizovány v obrázek 11 znázorňujícím schéma modelu aplikovaného v ArcGIS Pro. Jde o univerzální metodický postup, který se provádí jednotlivě pro každou kombinaci (1) scénářů LULC a populační scénáře (UCZ-SSP1 – Udržitelnost vs. UCZ-SSP2 – Střední cesta), (2) časového horizontu (blízká budoucnost – rok 2030 vs. vzdálená budoucnost – rok 2050) a (3) aplikovaných klimatických scénářů (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5). Pro každou modelovanou zájmovou lokalitu (město) tedy vzniká 12 scénářů zranitelnosti území vůči vlnám horka (tabulka 4).

Tabulka 4: Přehled modelových variant scénářů zranitelnosti území

Varianta	UCZ-SSP	Rok	Klimatický scénář
1.	Udržitelnost	2030	RCP2.6
2.			RCP4.5
3.			RCP8.5
4.		2050	RCP2.6
5.			RCP4.5
6.			RCP8.5
7.	Střední cesta	2030	RCP2.6
8.			RCP4.5
9.			RCP8.5
10.		2050	RCP2.6
11.			RCP4.5
12.			RCP8.5



Obrázek 11: Schéma modelu výpočtu zranitelnosti aplikovaného v ArcGIS Pro. Modré bubliny znázorňují vstupní data, zelené bubliny představují výstupy mezivýpočtů i finální výstupy. Aplikované výpočty (funkce) jsou ve žlutých rámečcích: kroky označené “0” jsou přípravou dat (kopírování, kontrola/úprava koordinačního systému, definice a příprava atributových polí apod.). Kroky označené “1” představují proces standardizace indikátorů. Krok “2” je funkce Fuzzy Overlay a konečně krok “3” je vážený průměr, jehož výsledkem je finální zranitelnost.

6 Případová studie: tvorba trajektorií adaptační politiky

Trajektorie adaptační politiky, vycházejících z tzv. adaptačních trajektorií (z angl. adaptation pathways; Haasnoot et al., 2013) představují inovativní koncept pro hodnocení trajektorií budoucího vývoje zohledňující možnosti adaptace společnosti vůči dopadům teplotních extrémů ve městech a hodnocení zranitelnosti. Na příkladu Brna, jednoho z pilotních měst projektu, demonstrujeme tvorbu případové studie a adaptační trajektorie. Tato případová studie slouží jako demonstrace výběru vhodných adaptačních opatření pro vybranou lokalitu – v případě města Brna se jedná o rozvojové území Červený kopec, které bylo zvoleno na základě diskuse s aplikačním garantem, tedy Magistrátem města Brna. Pro lokalitu Červený kopec byla vypracována:

- Geografické, klimatické, environmentální a socioekonomické charakteristiky případového území
- Teplotní modelování
- Návrh optimálního rozsahu implementace adaptačních opatření
- Doporučení pro tvorbu adaptačních politik

6.1 Charakteristika případového území

Geografické, klimatické, environmentální a socioekonomické faktory města tvoří unikátní prostředí pro adaptace, a proto je nezbytné adaptační opatření plánovat s ohledem na místní specifika a potřeby. První klíčovou částí je shromáždění dostupné dokumentace a dat existujících pro danou lokalitu, a to včetně územního plánu, územních studií, klimatických a environmentálních dat. Mezi tato data patří také základní charakteristika podnebí – průměrná roční teplota, úhrn srážek, dominantní klimatické hrozby. Dále by měl být proveden přehled krajinné struktury a funkčního využití území.

Výběr a charakteristika případového území by proto měla probíhat s relevantními odbory města, které mohou nejen poskytnout potřebná vstupní data, ale i další informace kontextuálního charakteru. V ideálním případě by mělo také proběhnout šetření o potřebách místních obyvatel a klíčových aktérů – místní úřady, organizace a sdružení, podniky a firmy, atd. Následně jsou získaná data a dostupná dokumentace analyzována pro objasnění místních poměrů a potřeb z pohledu územního plánování a potenciální budoucí výstavby/přeměny území. Vyhodnoceny jsou také související dopady výstavby. Pro získání uceleného pohledu doporučujeme na závěr zasazení zpracovaných informací do širší územní a společenské politiky města.

6.2 Teplotní modelování

Dalším krokem je simulace teplotních změn pro danou lokalitu – jako vhodné veličiny se jeví průměrná teplota vzduchu, minimální a maximální teplota vzduchu (měřeno ve výšce 2 m). Pro potřeby studie byl použit model MUKLIMO_3, nástroj termodynamického modelování, který byl parametrizován pro typický letní den v období 2010-2020 v prostorovém rozlišení 100 m (1 pixel s plochou 1 ha). Není vyloučeno použití jiných modelovacích nástrojů, ovšem v obou případech je doporučena konzultace postupů a nastavení modelů s odborníkem pro zajištění správných postupů a nastavení.

Pokud je předmětem případové studie a adaptačních trajektorií rozvojové území, jako je tomu v rámci projektu *Adaptační výzvy měst* a případové lokality Červený kopec, je simulace prvně provedena pro současný stav, který reflektuje aktuální využití území na základě územního plánu, a dále pro plánovanou/předpokládanou zástavbu (např. na základě návrhu územní nebo developerské studie). Pro širší porovnání vlivu současné a plánované zástavby doporučujeme provést simulace pro další varianty zástavby (tj. referenční zástavby), které představují různé současné využití území ve městě, jako například hustá zástavba v centru města, typická bytová zástavbu, nebo rezidenční čtvrt reprezentující rodinné domy⁹. Například, pokud je předmětem studované lokality území brownfieldu s náletovou vegetací, je možné očekávat, že plánovaná zástavba průměrnou teplotu zvýší. Proto je vhodné srovnání s referenčními typy zastavěných oblastí v daném městě. Výběr referenční zástavby by se měl odvíjet od charakteru současného stavu předmětového území tak, aby reflektoval paletu variant různých typů zastavěnosti a funkčního využití území v daném městě.

Ve výstupech simulací je ideální zaměřit se na fluktuaci teploty v těch časových úsecích, kdy průměrná teplota dosahuje nejvyšší, nejnižší a střední hodnoty. Teplota vzduchu se v průběhu dne mění v závislosti na množství slunečního záření, resp. jeho důsledcích. V odpoledních a večerních hodinách je rozdíl v teplotě mezi různými typy zástavby nejvyšší, a to především krátce po západu slunce, kdy se pomalu začíná uvolňovat energie nahromaděná v období pozitivní energetické bilance. Například, v průběhu typického letního dne je obvykle teplota nejvyšší okolo 17 hodiny a nejnižší okolo 6 hodiny. Pro relevantní srovnání výsledků simulací je však potřeba sledovat delší měřené časové období, rovnoměrné rozptýlení během trvání celého dne. Standardně se jedná o noční průměr (24-05 hod.), ranní průměr (06-11 hod.), odpolední průměr (12-17 hod.) a večerní průměr (18-23 hod.). Kromě fluktuace teplot v průběhu dne se projevují také změny v akumulaci tepla různými povrchy. Hustě zastavěné oblasti jsou schopny ukládat velké množství energie a vytváří tím tzn. tepelný ostrov města.

⁹ V případě lokality Červený kopec byla využita: plánovaná zástavba na základě územní studie, referenční zástavby: Veveří, historické centrum, Masarykova čtvrt

Rozdíly mohou dosahovat až několik jednotek °C, což představuje vyšší teplotní stres pro obyvatele během horkých vln a tropických nocí. Naopak, chladnější místa jsou očekávána v místech parků a lesoparků, díky ochlazující vlivu zeleně na své nejbližší okolí.

Do budoucna se dá očekávat další nárůst průměrné teploty spojený s klimatickou změnou. Na základě konstant získaných ze 7 simulací EURO-CORDEX globálních a regionálních modelů pro klimatický scénář RCP4.5¹⁰, se dá na území Brna očekávat průměrný nárůst teploty vzduchu o 0,31 °C v roce 2030 až o 0,75 °C v roce 2050.

6.3 Návrh optimálního rozsahu implementace adaptačních opatření

Adaptační opatření jsou konkrétní nástroje uplatňování adaptačních snah. Všeobecně adaptační opatření rozdělujeme do třech kategorií – modrozelená infrastruktura (tj. zeleň a vodní plochy a prvky), technická a kombinovaná opatření (např. zeleň na konstrukcích, retenční nádrže), a měkká opatření (např. regulace, politika, nebo vzdělávání). Správný výběr a implementace konkrétních opatření jsou podmíněny potřebami dané oblasti a jeho obyvatel a zároveň vychází z teplotních modelů pro danou oblast. Modrozelená infrastruktura z hlediska adaptačního potenciálu a dalších přínosů ve všech případech jednoznačně převyšuje technická řešení, a to především pro její multifunkčnost: plní důležité mikroklimatické, kulturní a ekologické funkce^{11,12}.

Návrh adaptačních opatření a rozsah jejich implementace by měl být založen na konkrétních potřebách studované oblasti, tj. vycházíme z územní studie nebo plánovaných změn v území, z teplotních modelů, a z vize a adaptačních cílů města (viz 3.2 Participativní seminář I). Je proto žádoucí se zaměřit na preferovaná adaptační opatření a na dominantní typy funkčních a prostorových využití území v kontextu dané oblasti. Tímto postupem můžeme zajistit jisté všeobecné ukazatele, jako např. že 85 % určitých stavebních pozemků budou tvořit plochy určené pro zeleň, anebo že na minimálně 55 % všech ploch určených pro parkovací stání jsou realizovány propustné povrchy apod. Parametrizace adaptačních opatření, která vychází z cílů města a dané situace, se případ od případu liší. Jakmile jsou tyto ukazatele vydefinovány, přejdeme k výběru konkrétních adaptačních opatření (modrozelených, technických a kombinovaných, a měkkých) tak, aby splňovala stanovené cíle. Tato opatření mohou zahrnovat revitalizaci nepropustných povrchů (např. zatravněné porézní povrchy parkovišť), výsadbu městských stromů a stromořadí, tvorbu či revitalizaci parků, vodohospodářská

¹⁰ Modely a odvozené konstanty podle EURO-CORDEX (<https://euro-cordex.net/060374/index.php.en>). Jedná se o modely (4 globální a 3 regionální modely) s rozlišením nižším než 12 km na pixel a pro RCP4.5 (https://en.wikipedia.org/wiki/Representative_Concentration_Pathway).

¹¹ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120383>

¹² <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>

řešení (např. zasakovací pásy a průlehy, nebo revitalizaci toků), komunitní zahrady, vegetaci na konstrukcích (zelené střechy či stěny) a podobně. Finální výběr a vyhodnocení adaptačních opatření pro danou oblast doporučujeme konzultovat s relevantními odborníky (např. krajinný architekt, územní nebo městský plánovač, akademická obec, nebo jiný odborník se zaměřením na adaptace).

Doporučení pro tvorbu adaptačních politik

Adaptační opatření, a zejména modrozelenou infrastrukturu, je vhodné realizovat v návaznosti na adaptační politiku. Proto lze využívat tzv. trajektorie adaptační politiky, které umožňují vhodné nastavení intervencí a cílů pro dosažení implementace adaptačních opatření v navrhovaném rozsahu. Tato část adaptační akce spadá pod *měkká* adaptační opatření. Trajektorie adaptační politiky se zakládá na strategických dokumentech města a výsledcích participativního procesu se zástupci města, během kterého byla vytvořena vize a adaptační cíle (viz kapitola 3.2). Součástí tohoto procesu jsou výstupy z modelů scénářů územního rozvoje pro roky 2030 a 2050 (resp. scénář UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti), které mimo jiné navrhuji adaptační standardy pro jednotlivé typy využití území (viz kapitola 3.3). Jelikož je adaptační trajektorie tvořena pro konkrétní oblast, je důležité vyhodnotit charakteristiku studované lokality (viz kapitola 5.1). Výsledná trajektorie by měla obsahovat konkrétní kroky pro stanovené časové období tak, aby tyto kroky byly vzájemně provázány a směřovaly k naplnění cílů adaptační politiky. Ukázkou trajektorie pro adaptační politiku demonstrujeme na příkladě města Brna (příloha 5).

Investice do zavádění adaptačních opatření může být nákladná. Důležitým bodem implementace adaptačních politik je proto strategie financování, ať už se jedná o evropské, státní nebo soukromé zdroje. Spolupráce se soukromým sektorem je nezbytná, a to včetně motivování developerů zapojovat se do adaptačních akcí. Součástí vytváření tlaku na podporu adaptací je vzdělávání všech vrstev obyvatel a aktérů o environmentálních a společenských přínosech adaptačních opatření. Pro vyšší přijatelnost adaptační politiky je také vhodná příprava souvisejících manuálů a představování příkladů dobré praxe.

7 Přínos metodiky pro praxi

Hodnocení rizik a analýza zranitelnosti měst vůči klimatickým extrémům představuje jeden z nejzásadnějších nástrojů adaptačního plánování, které by měly být nedílnou součástí adaptačních strategií (Třebický a Novák, 2015). Tato hodnocení se však často provádějí na základě nedostatečné datové základny, přičemž jako proměnlivé se uvažuje pouze klima, zatímco stav zástavby a rozložení populace v prostoru jsou vnímány jako konstantní. V tomto ohledu představuje prezentovaná metodika nový, ucelený pohled na tvorbu scénářů zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům, který je založen na syntéze dat vzniklých na základě (1) modelování budoucího městského klimatu, (2) scénářích budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu měst a (3) prostorových demografických scénářích zohledňujících změny v rozložení populace.

Zde je nutné podotknout, že výsledné scénáře zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům nepředstavují predikci nejpravděpodobnější budoucnosti. Pokud pracujeme s takto komplexními fenomény, které jsou ovlivňovány celou řadou společenských, ekonomických, populačních i environmentálních trendů, míra nejistoty je natolik vysoká, že je prakticky nemožné budoucnost předvídat. Proto je vhodnější pracovat se scénáři, které nám ukazují, jakým směrem se budoucnost může ubírat a za jakých podmínek. V tomto ohledu se do scénářů zranitelnosti měst v našem případě promítají nejen klimatické modely, ale také změny v intenzitě využívání území a míra implementace přírodě blízkých adaptačních opatření (NBS) v jednotlivých scénářích.

Výsledné scénáře tedy ukazují, jak se může měnit zranitelnost města vůči teplotním extrémům v čase v závislosti na postupující změně klimatu, populačních trendech, a především na změnách využití území a půdního pokryvu na území města. Zatímco standardní hodnocení rizik většinou ukazuje pouze aktuální zranitelnost města a umožňuje reagovat jen na současné problémy, navrhovaný postup pro tvorbu scénářů zranitelnosti pomáhá identifikovat oblasti, které sice v současnosti nemusí být změnou klimatu, resp. teplotními extrémy ohroženy, ale jejich situace se může v blízké budoucnosti rapidně změnit. Taková znalost možného budoucího vývoje představuje vhodný a jednoduše čitelný a využitelný nástroj adaptačního plánování (ale také například i pro územní plánování), který podporuje rozhodování o konkrétních adaptačních akcích s ohledem na jejich efektivitu v dlouhodobém časovém horizontu.

Orientace na dlouhodobý časový horizont je také zcela zásadní pro nastavování adaptačních politik a strategií, pro které je nutné zajištění kontinuity a nezávislosti na volebních obdobích. Takové politiky by měly obsahovat průběžné cíle a měřitelné hodnoty, zakotvené v klíčových dokumentech. Součástí

je systém monitorování, který umožňuje shromažďování informací, a především včasnou identifikaci změn v klimatickém, přírodním nebo společenském a politickém zázemí.

Adaptační plánování a příprava adaptačních strategií vyžaduje nejen iniciativu ze strany zástupců měst a obcí, ale také aktivní zapojení odborníků z praxe a z vědecké sféry. Nutnost takové spolupráce je zřejmá i z prezentované metodiky *Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům*, kdy metodické postupy popisované v předchozích kapitolách jsou pro svou komplexnost a náročnost na zpracování určeny především odborníkům v oblasti participace a geografických informačních systémů, avšak koncovými uživateli výsledků jsou zástupci územně samosprávných celků (zástupci magistrátů a městských úřadů), občanské společnosti a odborná veřejnost.

Bibliografie

ARAYA-MUÑOZ, D., METZGER, J.M., STUART, N., MERIWETHER, A., WILSON, W., ALVAREZ, L. (2016): Assessing urban adaptive capacity to climate change. *Journal of Environmental Management* 183(1), 314-324.

BALCAR, V., ČTRNÁCT, P. HALÁSEK, J., RADOLFOVÁ, M., SOUČEK, J., ŠANDA, R., UDRŽALOVÁ, Z., VEJRYCH, J., MÜLLER, J., RYS., R. (2013): *Statistický lexikon obcí České republiky*. Český statistický úřad, Praha. ISBN 978-80-250-2394-5

BECHTEL, B., PESARESI, M., SEE, L., MILLS, G., CHING, J., ALEXANDER, P.J., FEDDEMA, J.J., FLORCZYK, A.J., STEWART, I.D. (2016): Towards consistent mapping of urban structures-global human settlement layer and local climate zones. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B8, 1371-1378.

BURIAN, J., ŠŤASTNÝ, S., (2016): *Urban Planner, Uživatelský manuál*. Urban Planner s.r.o., Olomouc.

BURKHALTER, S., GASTIL, J., KELSHAW, T. (2002): A Conceptual Definition and Theoretical Model of Public Deliberation in Small Face-to-Face Groups. *Communication Theory* 12(4), 398-422.

DE MEIJ, A., VINUESA, J.F. (2014): Impact of SRTM and Corine Land Cover data on meteorological parameters using WRF. *Atmospheric Research* 143, 351–370

DE BRUIN, J.O., KOK, K., HOOGSTRA-KLEIN, M.A., (2017): Exploring the potential of combining participative backcasting and exploratory scenarios for robust strategies: Insights from the Dutch forest sector. *Forest Policy and Economy* 85(2), 269-282.

EEA (2017): *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report*.

FÜSSEL, H.M., KLEIN, R.J..T. (2006): Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climatic Change* 75(3), 301-329.

GELETIČ, J., LEHNERT, M. (2016): GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. *Moravian Geographical Reports* 24(3), 2–12.

GELETIČ, J., LEHNERT, M., DOBROVOLNÝ, P., ŽUVELA-ALOISE, M. (2019): Spatial modeling of summer extreme climate indices based on Local climate zones; case study Brno, Czech Republic. *Climatic Change* 152, 487-502.

GELETIČ, J., LEHNERT, M., JUREK, M. (2020): Spatiotemporal variability of air temperature during a heat wave in real and modified landcover conditions: Prague and Brno (Czech Republic). *Urban Climate* 31, Article no: 100588.

HAASOOT, M., KWAKKEL, J.H., WALKER, W.E., TER MAAT, J. (2013): Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change* 23, 485-498.

KOK, K., VAN VILET, M., BÄRLUND, V.I., DUBEL, A., SENDZIMIR, J. (2011): Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project. *Technological Forecasting and Social Change* 78(5) 835-851.

KUMAR, P., GENELTTI, D., NAGENDRAB, H. (2016): Spatial assessment of climate change vulnerability at city scale: A study in Bangalore, India. *Land Use Policy* 58, 514-532.

LEHNERT, M., GELETIČ, J. (2017): Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky. *Urbanismus a územní rozvoj* 20(2), 9–16.

LI, H., WOLTER, M., WANG, X. XUN WANG, SODOUD, S. (2018): Impact of land cover data on the simulation of urban heat island for Berlin using WRF coupled with bulk approach of Noah-LSM. *Theoretical and Applied Climatology* 134(1-2), 67-81.

LÚCKENTKÖTTER, LINDER, CH., GREIVING, S. (2013): Methodology for an Integrated Climate Change Vulnerability Assessment. In: SCHMIDT-THOMÉ, P., GREIVING, S. (eds). *European Climate Vulnerabilities and Adaptation: A Spatial Planning Perspective*, 5-15.

MŽP ČR (2015): Národní akční plán adaptace na změnu klimatu: Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR.

O'NEIL, B.C., KRIEGLER, E., RIAHI, K., EBI, K.L., HALLEGATTE, S., CARTER, T.R., MATHUR, R., VAN VUUREN, D.P. (2014): A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change* 122, 387-400.

O'NEIL, B.C., KRIEGLER, E., EBI, K.L., KEMP-BENEDICT, E., RIAHI, J., ROTHMAN, D.S., VAN RUIJVEN, B.J., VAN VUUREN, D.P., BIRKMANN, J., KOK, K., LEVY, M., SOLECKI, W. (2017): The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 169-180.

PARSAEE, M., JOYBARI, M.M., MIRZAEI, P.A., HAGHIGHAT, F. (2019): Urban heat island, urban climate maps and urban development policies and action plans. *Environmental Technology & Innovation* 14, Article no. 100341.

PHDUNGSILP, A. (2011): Futures studies' backcasting method used for strategic sustainable city planning. *Futures* 43, 707-14.

ROHAT, G., WILHELMI, O., FLACKE, J., MONAGHAN, A., GAO, J., DAO, H., VAN MAARSEVEEN, M. (2019): Characterizing the role of socioeconomic pathways in shaping future urban heat-related challenges, *Science of The Total Environment* 695, Article no. 133941.

SFŽP (2019): Manuál pro oblast podpory Zmírňování změny klimatu a adaptace na změnu klimatu na lokální úrovni. [online]. Dostupné na: <https://www.sfzp.cz/dokumenty/detail/?id=2042>

SFŽP (2020): Seznam podpořených projektů v rámci výzvy SGS 3 - OSLO pro tvorbu adaptačních a mitigačních strategií. [online]. Dostupné na: https://www.sfzp.cz/files/documents/storage/2021/01/12/1610439948_Schvalene_projekty-OLSO_verze%202.pdf

SCHICKER, I., ARIAS, D.A., SEIBERT, P. (2015): Influences of updated land-use datasets on WRF simulations for two Austrian regions. *Meteorology and Atmospheric Physics* 128(3), 279–301.

SEIBERT, P., ARNOLD, D.A., SCHICKER, I. (2012): High-Resolution Atmospheric Modelling in Complex Terrain for Future Climate Simulations (HiRmod). Final report. [online]. Dostupné na: https://meteo.boku.ac.at/envmet/files/hirmod/HiRmod_PublEndberichtOeAStudien.pdf

STEWART, I.D., OKE, T.R. (2012): Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of American Meteorological Society* 93(12), 1879–1900.

SWART, R., FONS, J., GEERTSEMA, W. (2012): Urban Vulnerability Indicators: A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA. ETC-CCA and ETC-SIA Technical Report 01/2012, European Environmental Agency, Copenhagen.

TŘEBICKÝ, V., NOVÁK, J (2015): Metodika tvorby místní adaptační strategie na změnu klimatu. CI2, o.p.s. [online]. Dostupné na: https://adaptace.ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/adaptace_metodika_nahled.pdf

UNDESA (2018): World Urbanization Prospects. [online]. Dostupné na: <https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>

VAN ASSELT, M.B.A., VAN KLOOSTER, S.A., VAN NOTTEN, P.W.F., SMITS, L.A. (2010): Foresight in Action: Developing Policy-Oriented Scenarios. Earthscan.

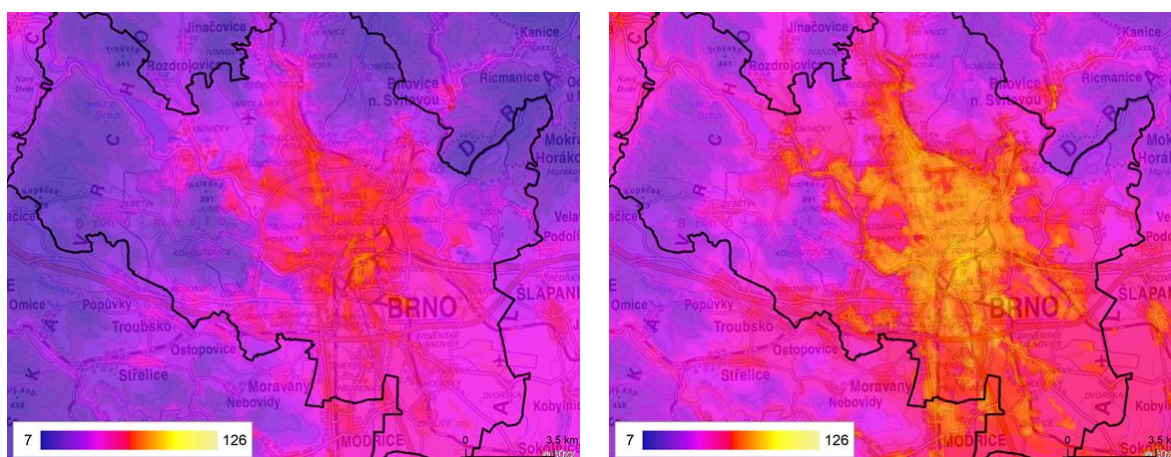
VAN VILET, M., KOK, K. (2015): Combining backcasting and exploratory scenarios to develop robust water strategies in face of uncertain futures. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 20, 43–74.

Příloha 1: Výstupy modelování klimatu

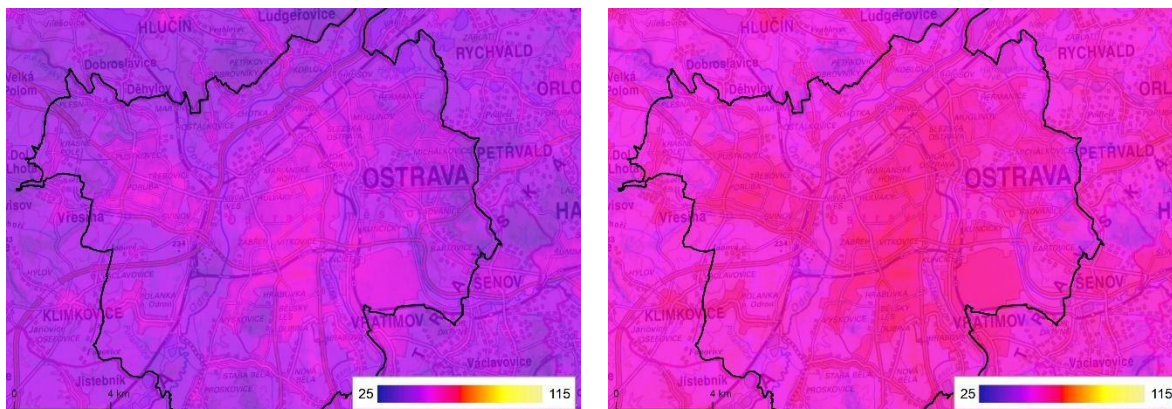
Výstupy jsou svými názvy "kódovány" podle obsahu mapy. Níže uvedený popis je ilustrační, pro mapu s názvem "BRNO_SUD_rcp45_Brno_2021_2050_BC.png". Prvním identifikátorem je název zpracované domény ("BRNO"; doména pro Prahu je označeno jako "PRAG", pro Ostravu jako "OSTR"). Druhý identifikátor je zkratka klimatického indexu, jejichž přehled je v tabulce uvedené výše. Zkratka "SUD" odkazuje na letní dny. Třetí identifikátor není povinný a odkazuje na typ RCP scénáře pro dané město. Hodnota "rcp45_Brno" tedy odkazuje na budoucí scénář s RCP 4.5 pro město Brno. Posledním identifikátorem je klimatické období "2021_2050". U budoucích scénářů je ještě uveden sufix "BC", který označuje tzv. "bias correction" (oprava autokorelační chyby) u vstupních dat z databáze EURO-CORDEX.

Na obrázku 1.1 je ilustrační příklad pro Brno. Vlevo je obrázek pro letní dny (SUD) za klimatické období 1971–2000, vpravo pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5). Z legendy vyplývá, že v klimatickém období 2021–2050 bude v Brně více letních dnů než v klimatickém období 1981–2010. Zaměříme-li se na centrum města, dojde k nárůstu z přibližně 54.50 letních dnů ročně na 71.84 dnů ročně (nárůst o ~32 %). Obrázky 1.2 a 1.3 ukazují ilustrační výsledky pro Prahu a Ostravu. V obou městech lze předpokládat menší nárůst letních dnů než v případě Brna.

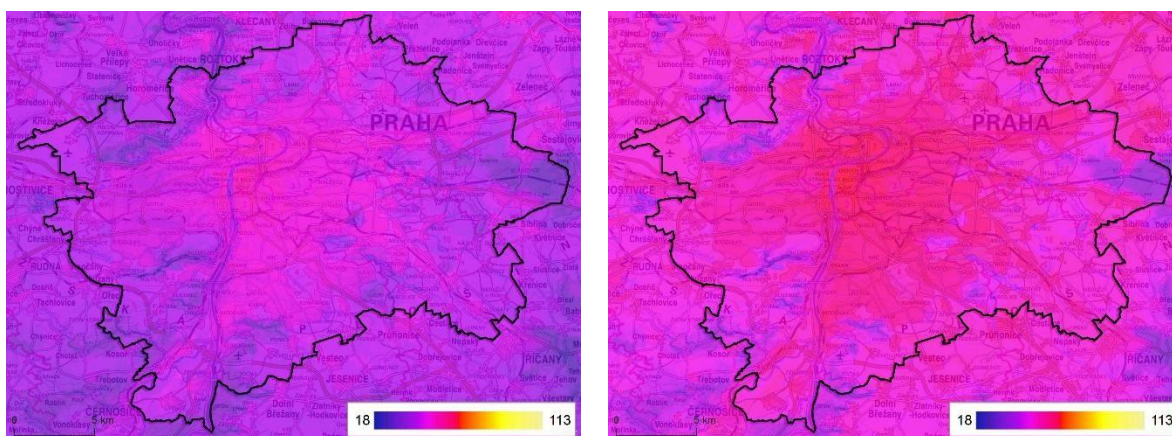
Všechny výsledky modelu byly zároveň publikovány v odborných časopisech (Geletič et al., 2019, 2020).



Obrázek 1.1: Vlevo – letní dny (SUD) za klimatické období 1971–2000 pro město Brno, vpravo – letní dny (SUD) pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5) pro město Brno



Obrázek 1.2: Vlevo – letní dny (SUD) za klimatické období 1981–2010 pro město Ostravu, vpravo – letní dny (SUD) pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5) pro město Ostravu



Obrázek 1.3: Vlevo – letní dny (SUD) za klimatické období 1981–2010 pro město Praha, vpravo – letní dny (SUD) pro klimatické období 2021–2050 (RCP4.5) pro město Praha

Příloha 1.1: Validace výsledků modelu MUKLIMO_3, příklad na městě Brně během vybrané letní epizody

Tabulka 1.1: Validace měřené (sloupec OBSERVATION) a modelové (MUKLIMO_3) teploty vzduchu na stanicích TURA, MEND a HROZ v Brně.

T [°C]		OBSERVATION			MUKLIMO_3			DIFFERENCES		
DATE	TIME (UTC)	TURA 11723	MEND	HROZ	TURA	MEND	HROZ	TURA	MEND	HROZ
31.07.2017	10:00	29,4	30,4	33,0	29,0	30,3	32,9	-0,4	-0,1	-0,1
31.07.2017	11:00	29,9	31,7	34,4	29,8	31,4	34,1	-0,1	-0,3	-0,3
31.07.2017	12:00	31,4	33,0	33,6	30,7	33,0	34,3	-0,7	0,0	0,7
31.07.2017	13:00	31,3	34,1	35,0	31,0	33,7	35,0	-0,4	-0,4	0,0
31.07.2017	14:00	32,3	34,4	34,3	32,2	34,3	34,0	-0,1	-0,1	-0,3
31.07.2017	15:00	32,9	35,0	34,0	32,6	34,7	33,6	-0,3	-0,3	-0,4
31.07.2017	16:00	32,7	34,1	32,3	32,3	33,9	32,1	-0,4	-0,2	-0,2
31.07.2017	17:00	31,9	32,6	31,0	31,7	32,5	30,7	-0,2	-0,1	-0,3
31.07.2017	18:00	29,9	32,1	27,7	29,7	31,9	27,3	-0,2	-0,2	-0,4
31.07.2017	19:00	27,2	31,0	24,7	27,2	31,7	25,4	0,0	0,7	0,7
31.07.2017	20:00	25,8	29,0	23,3	25,4	29,9	24,0	-0,4	0,9	0,7
31.07.2017	21:00	25,8	26,8	22,1	25,1	27,6	22,4	-0,7	0,8	0,3
31.07.2017	22:00	25,0	24,9	21,2	24,6	25,4	21,1	-0,4	0,5	-0,1
31.07.2017	23:00	24,5	23,6	20,3	24,4	23,5	20,2	-0,1	-0,1	-0,1
01.08.2017	00:00	24,3	22,9	19,8	23,9	22,7	19,6	-0,4	-0,3	-0,2
01.08.2017	01:00	23,7	22,0	19,1	23,4	21,9	19,1	-0,3	-0,1	0,0
01.08.2017	02:00	22,8	21,2	18,5	22,8	21,1	18,3	0,0	-0,1	-0,2
01.08.2017	03:00	21,6	20,6	18,1	21,5	20,3	18,8	-0,1	-0,3	0,7
01.08.2017	04:00	21,4	19,9	19,4	21,4	19,6	19,3	0,0	-0,3	-0,1
01.08.2017	05:00	23,4	19,6	22,8	23,2	19,3	22,8	-0,2	-0,3	0,0
01.08.2017	06:00	25,7	20,1	26,0	25,6	20,1	25,8	-0,1	0,0	-0,2
01.08.2017	07:00	27,3	23,4	27,7	27,1	23,2	27,5	-0,2	-0,2	-0,2
01.08.2017	08:00	29,3	26,7	30,3	29,1	26,6	30,0	-0,2	-0,1	-0,3
01.08.2017	09:00	30,7	30,0	32,8	30,6	29,8	32,7	-0,1	-0,3	-0,1

01.08.2017	10:00	32,1	32,0	33,9	31,8	31,9	33,8	-0,3	-0,1	-0,1
01.08.2017	11:00	32,8	33,5	35,0	32,7	33,2	34,2	-0,1	-0,3	-0,8
01.08.2017	12:00	33,9	34,1	35,0	33,6	33,9	34,6	-0,3	-0,3	-0,4
01.08.2017	13:00	34,2	35,4	35,5	34,0	35,3	35,3	-0,2	-0,1	-0,2
01.08.2017	14:00	34,7	35,8	35,6	34,4	35,8	35,5	-0,3	0,0	-0,1
01.08.2017	15:00	34,8	36,3	35,0	34,7	36,1	34,6	-0,1	-0,2	-0,4
01.08.2017	16:00	34,4	35,5	33,9	34,0	35,4	33,5	-0,4	-0,1	-0,4
01.08.2017	17:00	33,2	34,5	32,6	32,8	34,4	32,5	-0,4	-0,1	-0,1
01.08.2017	18:00	31,5	33,7	29,8	31,8	34,1	29,9	0,3	0,4	0,1
01.08.2017	19:00	29,6	32,1	27,8	30,2	33,0	28,6	0,6	0,9	0,8
01.08.2017	20:00	27,5	30,5	26,1	28,1	31,2	27,0	0,6	0,7	0,9
01.08.2017	21:00	26,8	29,0	25,3	27,3	29,8	26,3	0,5	0,8	0,9
01.08.2017	22:00	26,5	27,7	23,4	26,7	27,9	24,0	0,2	0,2	0,6
01.08.2017	23:00	26,3	26,5	22,8	26,3	26,3	23,6	0,0	-0,2	0,8
02.08.2017	00:00	25,4	25,4	23,3	25,1	25,4	23,2	-0,3	0,0	-0,1
02.08.2017	01:00	25,2	25,5	22,6	25,0	25,2	22,9	-0,2	-0,3	0,3
02.08.2017	02:00	24,9	25,3	22,6	24,6	24,9	22,5	-0,3	-0,4	-0,1
02.08.2017	03:00	23,3	24,0	23,0	23,1	23,8	22,8	-0,2	-0,2	-0,2
02.08.2017	04:00	23,4	23,8	23,6	23,1	23,7	23,4	-0,3	-0,1	-0,2
02.08.2017	05:00	24,4	23,7	25,1	24,3	23,5	25,1	-0,1	-0,2	0,0
02.08.2017	06:00	25,1	24,3	26,5	24,9	23,9	26,1	-0,2	-0,4	-0,4
02.08.2017	07:00	26,4	25,5	28,1	26,1	25,2	27,9	-0,3	-0,3	-0,2
02.08.2017	08:00	28,0	27,2	28,4	27,8	27,2	28,3	-0,2	0,0	-0,1
02.08.2017	09:00	29,3	29,7	28,5	29,0	29,6	29,1	-0,3	-0,1	0,6

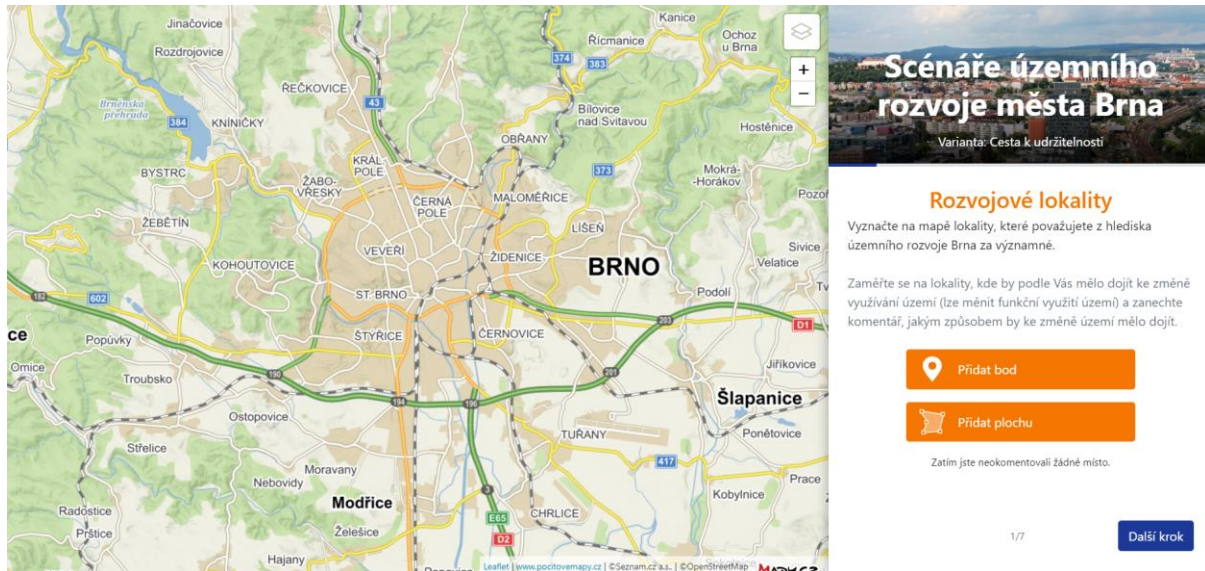
Tabulka 1.2: Validace měřené (sloupec OBSERVATION) a modelové (MUKLIMO_3) teploty vzduchu na stanicích SCHO, STLI a KRAV v Brně.

T [°C]		OBSERVATION			MUKLIMO_3			DIFFERENCES		
DATE	TIME (UTC)	SCHO	STLI	KRAV	SCHO	STLI	KRAV	SCHO	STLI	KRAV
31.07.2017	10:00	31,7	30,8	30,2	31,5	30,8	29,9	-0,2	0,0	-0,3
31.07.2017	11:00	32,1	31,1	31,8	31,9	31,1	31,6	-0,2	0,0	-0,2
31.07.2017	12:00	34,0	31,5	33,6	33,9	31,3	33,4	-0,1	-0,2	-0,2
31.07.2017	13:00	34,7	32,4	34,0	34,7	32,2	33,7	0,0	-0,2	-0,3
31.07.2017	14:00	34,5	33,3	34,7	34,2	33,3	34,6	-0,3	0,0	-0,1
31.07.2017	15:00	32,8	33,6	34,6	32,6	33,2	34,4	-0,2	-0,4	-0,2
31.07.2017	16:00	32,1	33,1	34,2	31,9	32,8	33,8	-0,2	-0,3	-0,4
31.07.2017	17:00	31,6	32,8	31,8	31,3	32,5	31,8	-0,4	-0,3	0,0
31.07.2017	18:00	30,5	31,6	30,5	30,4	31,3	30,4	-0,1	-0,3	-0,1
31.07.2017	19:00	28,7	29,2	28,3	28,4	29,2	28,3	-0,3	0,0	0,0
31.07.2017	20:00	26,1	26,7	25,8	26,1	26,7	25,9	0,0	-0,1	0,1
31.07.2017	21:00	25,1	25,0	24,5	24,8	24,7	25,3	-0,3	-0,3	0,8
31.07.2017	22:00	23,6	22,6	23,9	23,3	22,6	24,2	-0,4	0,0	0,3
31.07.2017	23:00	23,4	21,0	23,0	22,4	20,9	22,9	-1,0	-0,1	-0,1
01.08.2017	00:00	22,4	19,2	22,1	21,7	19,0	21,8	-0,7	-0,2	-0,3
01.08.2017	01:00	21,0	18,6	21,3	20,9	18,5	21,3	-0,1	-0,1	0,0
01.08.2017	02:00	20,0	18,5	21,0	19,8	18,2	20,9	-0,2	-0,3	-0,1
01.08.2017	03:00	19,0	17,1	20,6	18,8	17,8	20,4	-0,2	0,7	-0,2
01.08.2017	04:00	18,6	17,3	18,7	19,3	18,5	19,6	0,7	1,2	0,9
01.08.2017	05:00	19,7	17,8	20,3	19,7	19,5	20,2	-0,1	1,7	-0,2
01.08.2017	06:00	24,1	23,2	22,6	24,1	22,8	22,5	0,0	-0,4	-0,1
01.08.2017	07:00	26,4	26,3	26,0	26,2	26,0	25,6	-0,2	-0,3	-0,4
01.08.2017	08:00	27,6	28,2	28,5	27,3	28,0	28,5	-0,3	-0,2	0,0
01.08.2017	09:00	29,8	29,8	30,6	29,7	29,6	30,3	-0,1	-0,2	-0,3
01.08.2017	10:00	32,3	30,8	32,3	32,0	30,5	32,1	-0,3	-0,3	-0,3
01.08.2017	11:00	33,8	32,5	33,8	33,5	32,2	33,6	-0,3	-0,3	-0,2
01.08.2017	12:00	34,4	33,1	34,8	34,3	32,9	34,7	-0,1	-0,2	-0,1
01.08.2017	13:00	35,2	33,9	35,5	34,8	33,7	35,1	-0,4	-0,2	-0,4

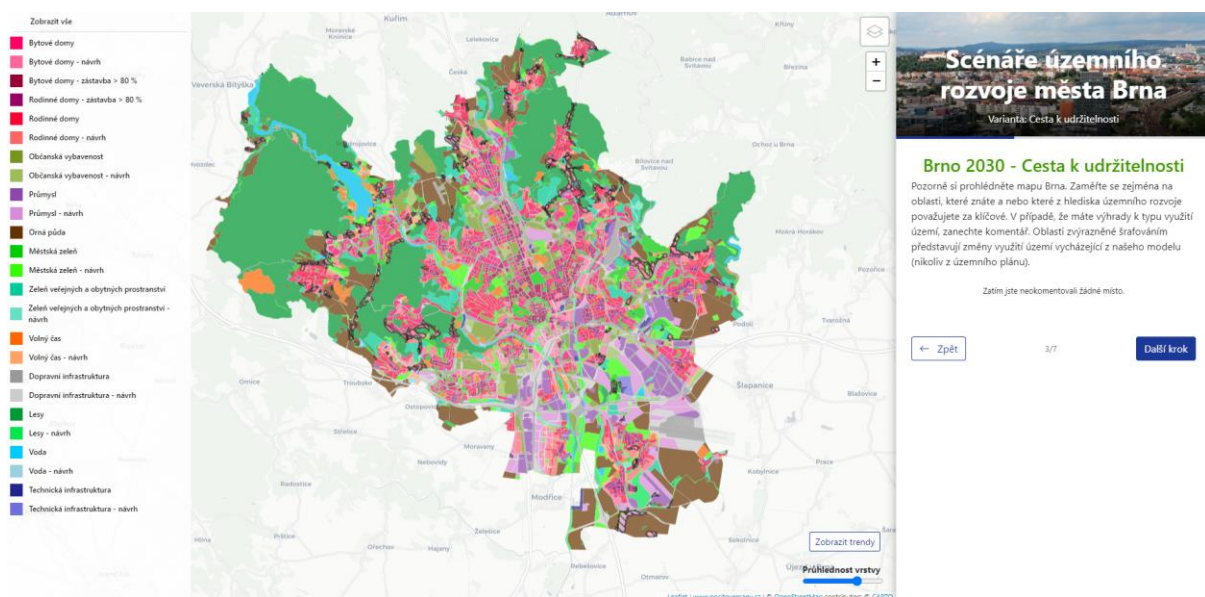
01.08.2017	14:00	35,6	34,5	35,8	35,3	34,2	35,5	-0,3	-0,3	-0,3
01.08.2017	15:00	34,5	34,7	36,2	34,2	34,5	36,1	-0,3	-0,2	-0,1
01.08.2017	16:00	33,9	34,6	35,3	33,6	34,4	35,0	-0,3	-0,2	-0,3
01.08.2017	17:00	33,5	34,3	33,3	33,2	34,2	33,1	-0,3	-0,1	-0,2
01.08.2017	18:00	32,2	33,0	32,0	32,4	32,8	31,8	0,2	-0,2	-0,2
01.08.2017	19:00	30,0	31,1	29,8	30,8	31,1	29,7	0,8	0,0	-0,1
01.08.2017	20:00	28,6	27,1	27,6	29,4	27,6	27,5	0,8	0,5	-0,1
01.08.2017	21:00	27,3	26,6	26,4	28,1	27,1	26,2	0,8	0,5	-0,2
01.08.2017	22:00	26,5	26,3	25,5	27,5	26,5	25,4	1,0	0,2	-0,1
01.08.2017	23:00	25,4	25,1	24,5	26,1	25,0	24,4	0,7	-0,1	-0,1
02.08.2017	00:00	25,3	23,7	24,6	25,5	23,5	24,5	0,2	-0,2	-0,2
02.08.2017	01:00	25,1	23,3	23,9	25,0	22,9	23,8	-0,1	-0,4	-0,1
02.08.2017	02:00	23,9	22,1	23,0	23,6	22,0	22,9	-0,3	-0,1	-0,1
02.08.2017	03:00	23,0	20,7	22,0	22,9	21,5	21,9	-0,1	0,8	-0,1
02.08.2017	04:00	22,8	21,8	21,8	22,6	21,4	21,5	-0,2	-0,4	-0,3
02.08.2017	05:00	23,5	23,5	22,3	23,2	23,3	22,1	-0,3	-0,2	-0,2
02.08.2017	06:00	24,9	24,6	23,4	24,7	24,4	23,4	-0,2	-0,2	0,0
02.08.2017	07:00	27,0	26,4	25,3	26,8	25,7	25,2	-0,2	-0,7	-0,2
02.08.2017	08:00	28,0	26,5	25,8	27,9	26,2	25,8	-0,1	-0,3	0,0
02.08.2017	09:00	29,1	29,7	28,9	29,0	29,4	28,8	-0,1	-0,3	-0,1

Příloha 2: Ukázka mapové aplikace využití během druhého participativního workshopu

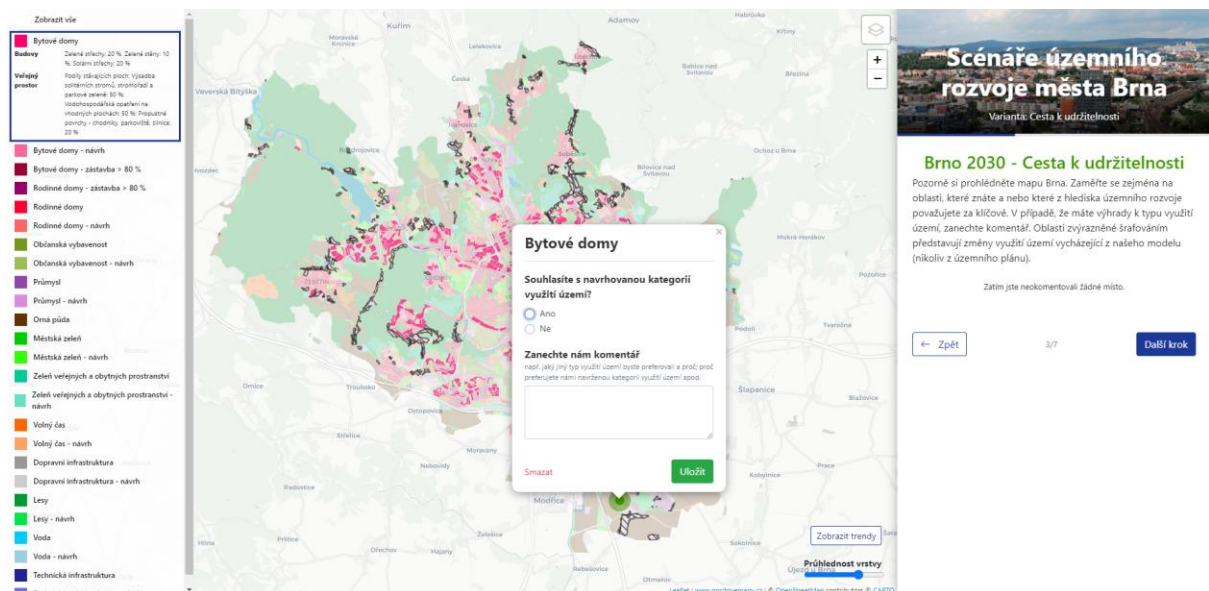
Struktura a vzhled mapové aplikace byl totožný ve všech městech, níže uvádíme pouze příklad z města Brna.



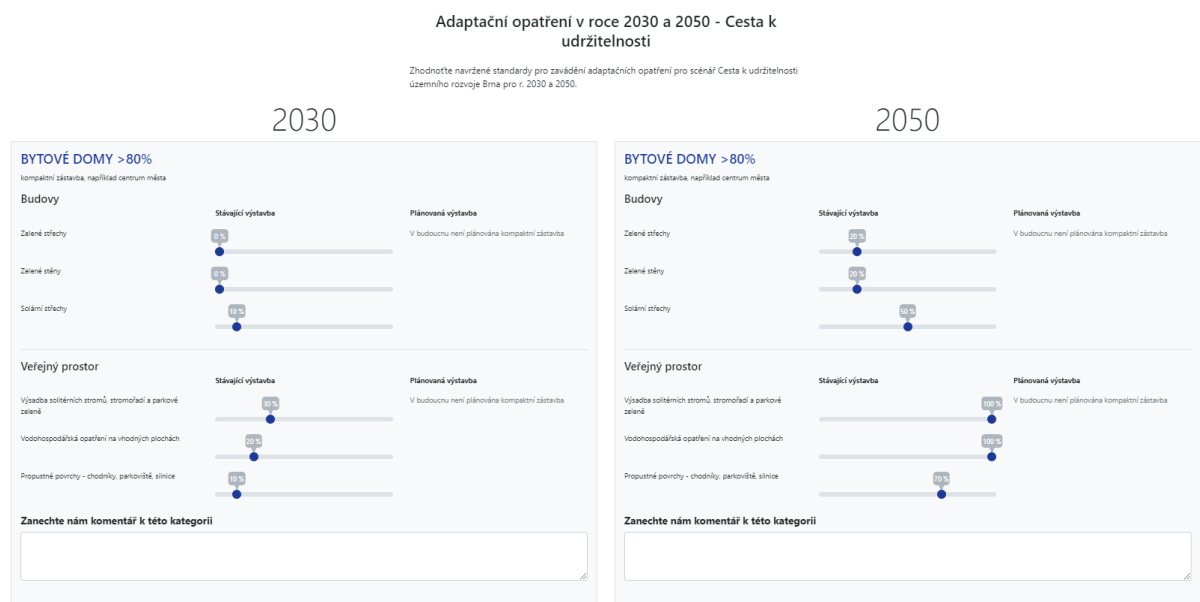
Obrázek 2.1: Mapování rozvojových lokalit



Obrázek 2.2: Základní zobrazení scénáře Cesta k udržitelnosti pro rok 2030



Obrázek 2.3: Zobrazení scénáře Cesta k udržitelnosti 2030 pro hodnocení vhodnosti navrhovaného využití území

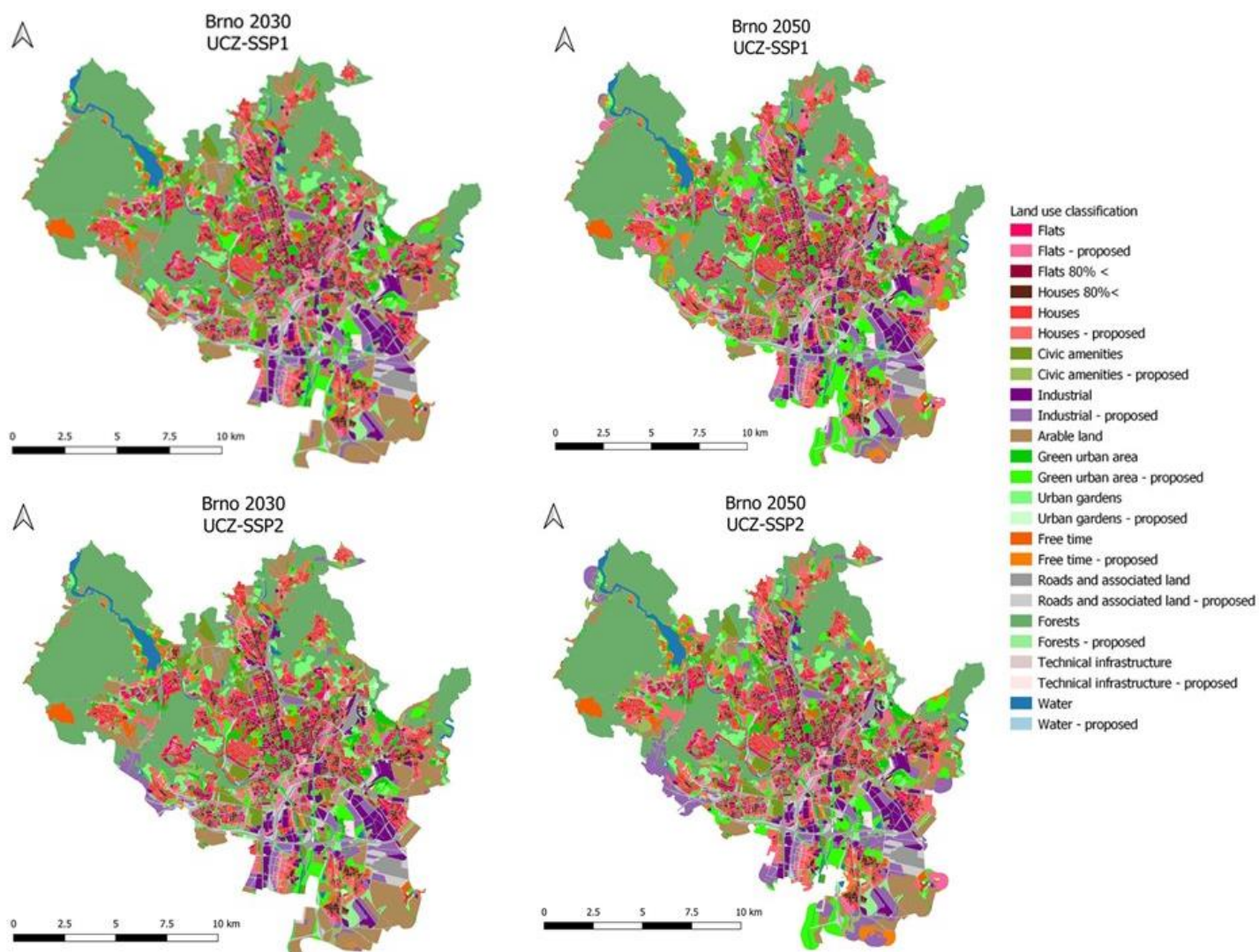


Obrázek 2.4: Prostředí pro hodnocení atributů půdního pokryvu ve formě cílů pro zavádění adaptačních opatření

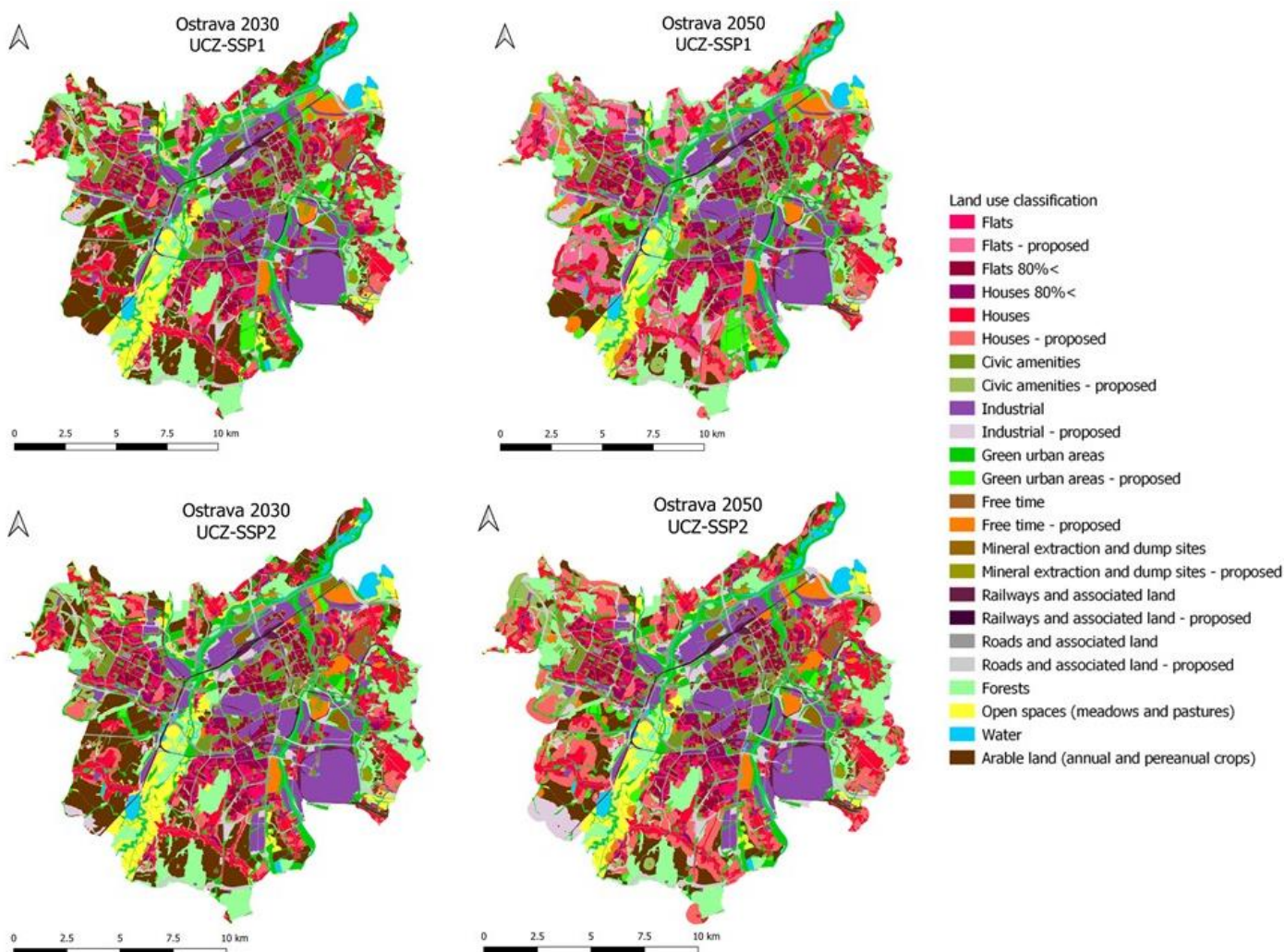
Webové aplikace pro jednotlivá města jsou dostupné na těchto odkazech:

- Praha: <https://www.pocitovemapy.cz/adaptace-praha/>
- Brno: <https://www.pocitovemapy.cz/adaptace-brno/>
- Ostrava: <https://www.pocitovemapy.cz/adaptace-ostrava/>

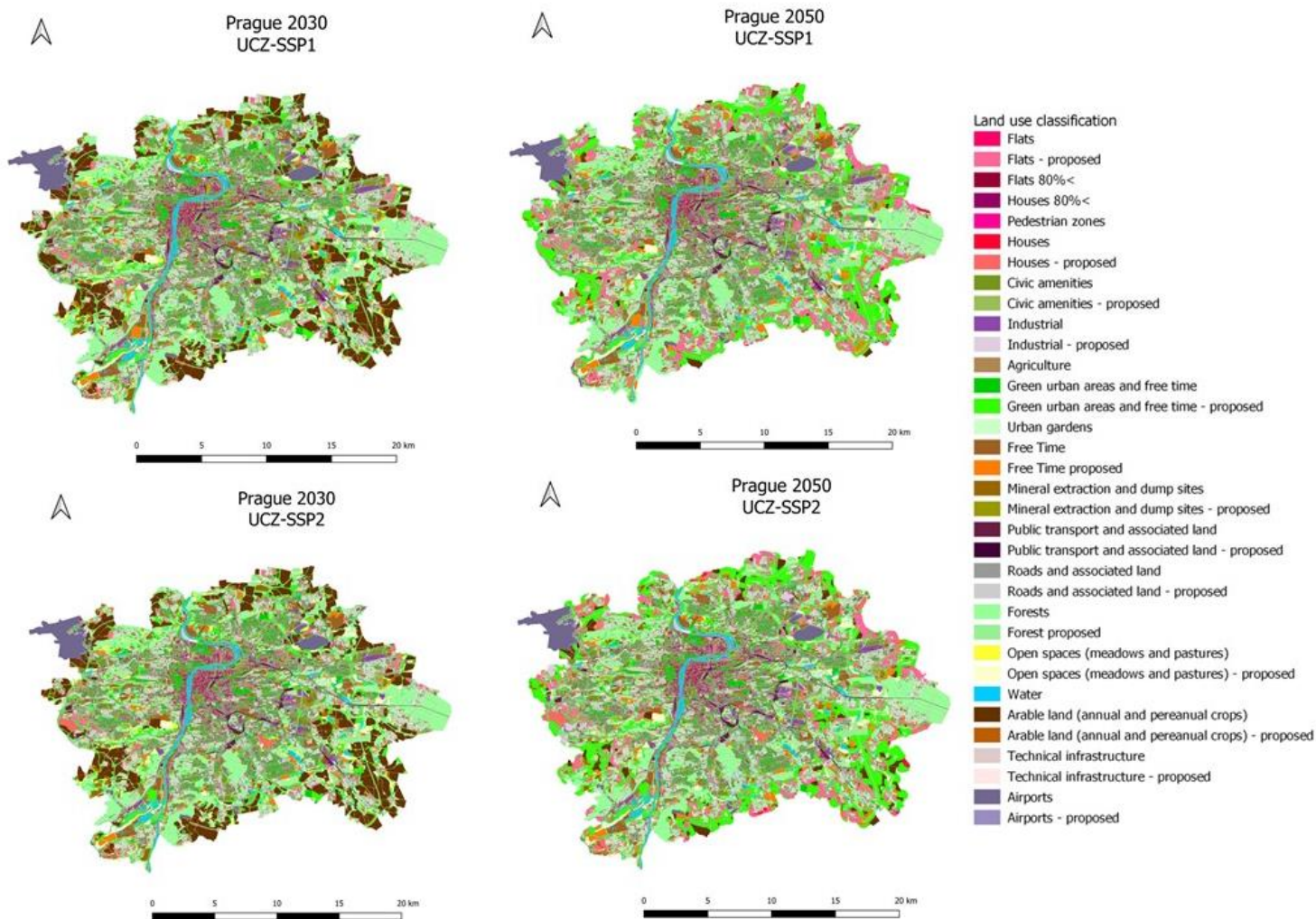
Příloha 3: Scénáře budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu



Obrázek 3.1: Scénář budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu pro Brno. Nahoře – scénář SSP1 Cesta k udržitelnost (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050); dole – scénář SSP2 Střední cesta (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050)



Obrázek 3.2: Scénář budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu pro Ostravu. Nahoře – scénář SSP1 Cesta k udržitelnost (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050); dole – scénář SSP2 Střední cesta (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050)



Obrázek 3.3: Scénář budoucího rozvoje využití území a půdního pokryvu pro Prahu. Nahoře – scénář SSP1 Cesta k udržitelnost (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050); dole – scénář SSP2 Střední cesta (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050)

Příloha 3.1: Narativní scénáře UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2

Tabulka 3.1 ukazuje srovnání scénářů UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2 napříč pilotními městy. V textové části je potom ukázka znění narativního scénáře pro město Brno.

Tabulka 3.1: Srovnání trendů scénářů UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2 napříč pilotními městy; šipka ukazuje sílu trendu

	UCZ-SSP1			UCZ-SSP2		
	<i>Praha</i>	<i>Brno</i>	<i>Ostrava</i>	<i>Praha</i>	<i>Brno</i>	<i>Ostrava</i>
Populace	→		↗	↘		↘↘
	Stabilní		Demografická tranzice – pomalejší stárnutí populace, pokles emigrace obyvatel města do jiných regionů	Mírný pokles obyvatel, město zůstává regionálním a národním ekonomickým centrem.		Pokles a stárnutí populace, změna socio-ekonomické struktury města
Urbanizace a územní plánování	↗		↗↗↗	↘		↘↘
	Dostupné bydlení v centru města, rozvoj bytového fondu města		Rozvoj bytového fondu města a jeho alokace mladé a zranitelné populace, pokračující bytová výstavba	Nedostatek kvalitního a cenově dostupného bydlení v širším centru města, rychlá suburbanizace a populační tlak v širším metropolitním regionu		Nedostatek kvalitního bydlení pro populace s nízkými příjmy, vyliďňování centra města, leapfrogging
Politika životního prostředí	↗↗↗			↗		
	Ambiciózní regulace pro adaptační a mitigační opatření při vzniku nové výstavby			Adaptační a mitigační opatření jsou prosazována pouze částečně, nízká regulace.		
Životní prostředí	↗↗		↗↗	↘		
	Zvyšující se kvalita životního prostředí a lidského blahobytu		Důraz na kvalitu životního prostředí a lidský blahobyt, odstranění ekologické zátěže	Pokračující degradace životního prostředí, nekvalitní veřejný prostor		
Sociální soudržnost	↗↗↗			↘		
	Snižující se nerovnosti ve společnosti			Zvyšující se nerovnost, další společenská stratifikace a tzv. zelená gentrifikace		
Instituce a participace	↗↗↗			↗		
	Silná kooperace mezi jednotlivými odbory magistrátu, občanskou společností a soukromým sektorem			Institucionální fragmentace a neintegrování politiky, slabá kooperace napříč sektory, institucionální nastavení se nemění		
Ekonomický růst	↗↗			↗↗↗		
	Růst je tažen technologickými a společenskými inovacemi za účelem udržitelnosti			Vysoká spotřeba zboží, služeb a materiálů, silný důraz na ekonomický růst		
Uhlíková intenzita	↘↘↘			↗↗		
	Změny v energetickém mixu – fosilní paliva jsou nahrazována udržitelnými zdroji energie, uhlíková neutralita			Nevýrazné změny v energetickém mixu, nedostatečný pokles využití fosilních paliv		
Energetická intenzita	↘↘		↘↘	↗↗		↗↗
	Chytré technologie, ekologizace výroby a průmyslu		Přiliv moderních a čistých průmyslových odvětví, ekologizace výroby a průmyslu	Pomalá tranzice k obnovitelným zdrojům energie		Pokračující přítomnost těžkého průmyslu, pomalá tranzice k obnovitelným zdrojům energie

BRNO: UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti

Na globální úrovni dochází k postupnému přechodu k udržitelnosti, který je poháněn zvyšujícími se společenskými, kulturními a ekonomickými náklady pramenícími z degradace životního prostředí a nerovnosti, a zvyšujícím se povědomím o souvislostech mezi degradací životního prostředí a kvalitou života. Dochází proto k inkluzivnímu rozvoji, ve kterém dochází ke zvyšování kolektivního blahobytu a který je ohleduplný k životnímu prostředí.

Při rozvoji města Brna je kladen vysoký důraz na udržitelnost, která propojuje environmentální a společenský blahobyt. Rozhodování na úrovni města je postaveno na vysoké míře spolupráce mezi magistrátem, občanskou společností a soukromým sektorem, což se pozitivně promítá do tvorby politik podporujících udržitelný rozvoj společnosti. Nedílnou součástí jsou i nové vyhlášky, které z legislativního hlediska umožňují dosažení uhlíkové neutrality města. To se odráží v efektivním organizačním nastavení města. Takto nastavená správa města a nově vznikající regulativy jsou pozitivně přijímány jak na úrovni magistrátu, tak společností a ukazují se jako efektivní nejen po stránce zvyšování blahobytu, ale taktéž s ohledem na kvalitní životní prostředí. Udržitelný rozvoj je dlouhodobým záměrem Brna a je proto kladen důraz na zlepšování životního prostředí, lidský blahobyt a snižování nerovnosti a na demografickou tranzici. Tyto aspekty se vzájemně prolínají a společně přispívají k cestě za udržitelností.

Zlepšování životního prostředí spočívá v redukci využívání zdrojů a energie a v nízké materiální náročnosti. Ve městě je proto kladen důraz na dosažení uhlíkové neutrality prostřednictvím využití moderních technologií a dodržování principů cirkulární ekonomiky. Snižování energetické náročnosti a ambiciózní regulace pro zavádění adaptační opatření je zjevná ve všech sektorech ekonomiky, nejvíce jsou však tyto trendy patrné v dopravě, resp. v rapidním rozvoji udržitelné městské hromadné dopravy, která je schopna v nejvyšší možné míře nahradit dopravu individuální. Zavádění adaptačních a mitigačních prvků se projevuje taktéž u nově vznikající výstavby, která podléhá přísným regulacím týkajících se jak zeleně (respektive zelených střech) a pokročilých metod hospodaření se srážkovou vodou, tak celkovému snižování energetické náročnosti, která vede k uhlíkové neutralitě budov. Klíčová je taktéž správa a tvorba kvalitních veřejných prostranství, která zohledňuje nejmodernější postupy v oblasti výsadby a správy městské zeleně. Adaptace a mitigace na změnu klimatu je proto obsažena ve všech prvcích územního plánování.

Územní plánování a výstavba jsou založeny na principech udržitelného rozvoje, přičemž v co nejvyšší míře reflektují potřeby obyvatel i soukromého sektoru. Územní plánování proto zohledňuje nejen standardy modrozelené infrastruktury a zásady udržitelného urbanismu, zároveň je v souladu se

principy společenské a environmentální spravedlnosti a přispívá tak ke snižování nerovnosti. V tomto ohledu je zcela zásadní dosáhnout umírněného územního rozvoje, pro který je charakteristická kontinuální výstavba, která redukuje další rozrůstání města a přispívá ke snižování rozdílů napříč jednotlivými lokalitami města. Dochází k maximalizaci využívání stávající zástavby (např. v podobě rekonstrukcí) a v případě nové výstavby je kladen důraz na kvalitní bytové domy. Klíčovým prvkem je taktéž rozvoj bytového fondu města Brna, které je schopné nabídnout cenově dostupné a kvalitní bydlení, čímž dojde ke zvyšování atraktivity města. Tato výstavba je realizována především v oblastech uvnitř města, individuální bydlení v podobě satelitní výstavby na okrajích města je výrazně regulováno. Nově vznikající zástavba je charakteristická vysokou dostupností občanské vybavenosti, vysokým podílem zeleně a kvalitním veřejným prostorem. Celé město je prostorově i společensky propojené.

V Brně dlouhodobě dochází ke zvyšování lidského blahobytu a město prošlo ekonomickou i demografickou tranzicí. Populace města je stabilizována. Město se angažuje v otázkách udržitelnosti i prostřednictvím podpory dalšího vzdělávání a kultury. Dochází k dalšímu zvyšování vzdělanosti, která je spojena s přechodem na nové formy práce, které respektují "smart" řešení a principy udržitelné a cirkulární ekonomiky. Díky vysokým výdajům na adaptaci a mitigaci, které mají přímý vliv na kvalitu života, Brno dlouhodobě upevňuje svou pozici environmentálně smýšlejícího města a stává se tak atraktivním pro městem pro život.

BRNO: UCZ-SSP2 Střední cesta

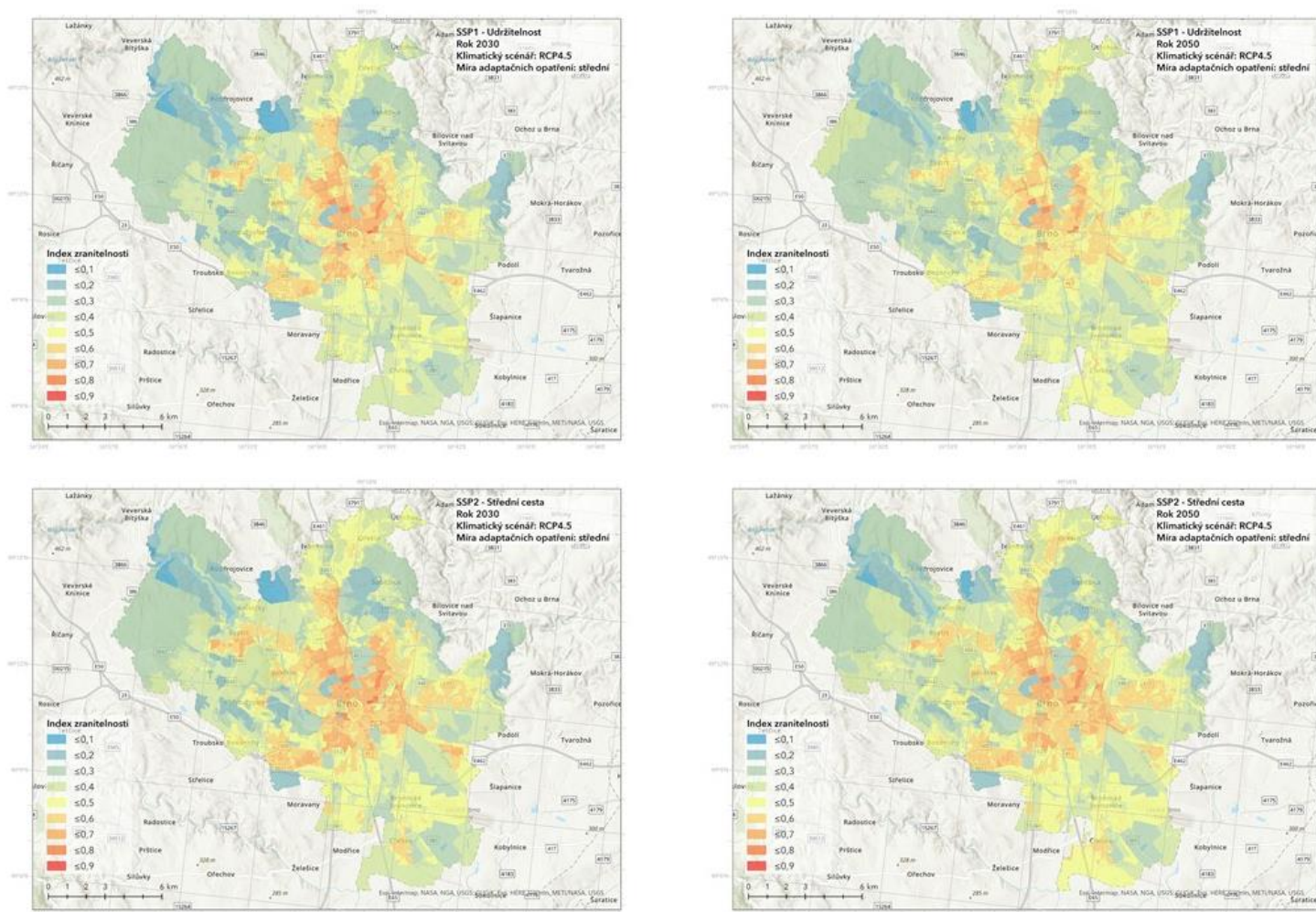
podstatě se výrazně neodlišují od těch historických. Nedochází tedy k zásadním změnám ve vztahu k využívání fosilních a obnovitelných zdrojů energie. Ve společnosti přetrvává nerovnost a dochází k další společenské stratifikaci. Nerovné rozdělení příjmů a příležitostí se odráží i v územním rozvoji, který nezaznamenal přísnější regulaci a jeho reakce na marginalizované skupiny obyvatel se příliš nemění.

Nedochází k výrazné změně ve struktuře a fungování zavedených institucí, spolupráce napříč sektory se zvyšuje. Situace v Brně zůstává prakticky neměnná a nedochází k výraznějším změnám v oblasti vládnutí a spolupráce s dalšími subjekty. Na úrovni tvorby politik a strategií přetrvává zavedená praxe a nedostatečná regulace rozvoje a je kladen důraz na zvyšující se hospodářský růst. Na základě toho dochází k upřednostňování průmyslu a komerční občanské vybavenosti (založených na relativně vysoké spotřebě materiálních zdrojů) nad kvalitním bydlením a veřejným prostorem. Adaptační potřeby města jsou částečně zohledňovány, avšak jejich prosazování prostřednictvím regulací a norem je relativně nízké.

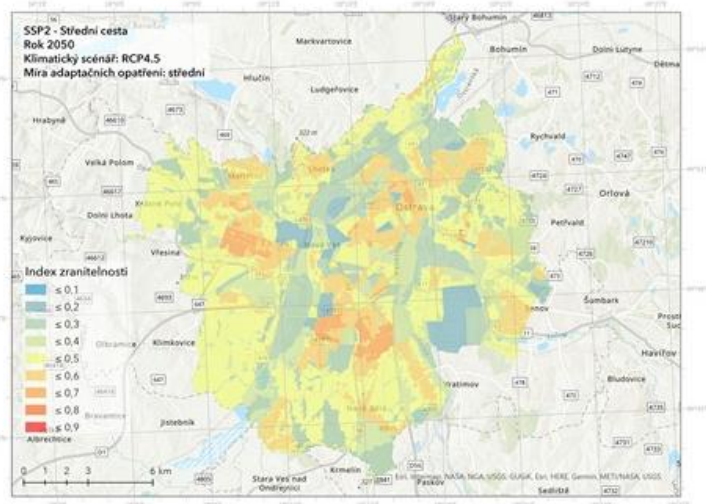
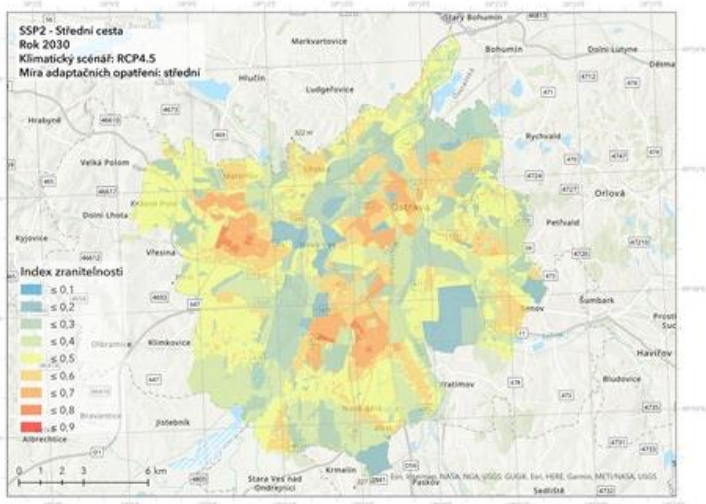
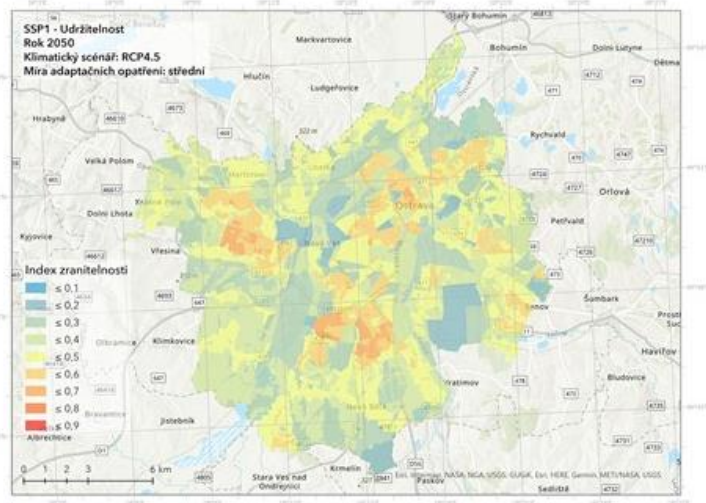
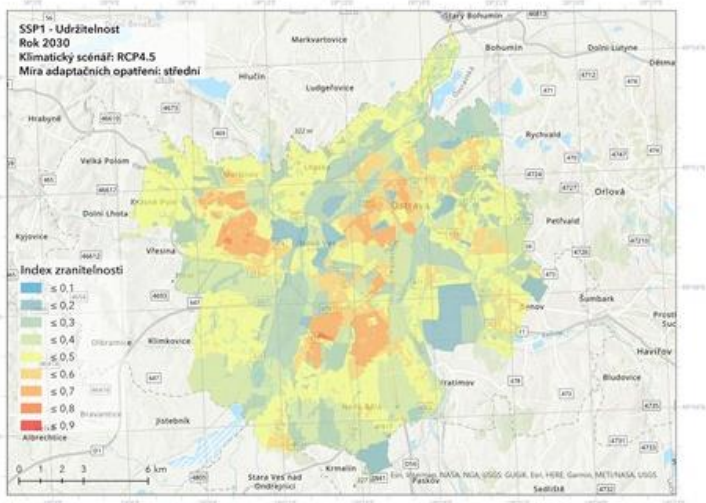
V Brně dochází k mírnému úbytku stále populace, který je spojen s další suburbanizací. Stěhování obyvatel mimo Brno je poháněno jak rostoucími příjmy a s tím spojenou poptávkou po individuálním bydlení v rodinných domech, tak i cenově nedostupným bydlením v centrálních částech města pro méně majetné společenské třídy. Brno zůstává i nadále hlavním pracovním centrem regionu, populace žijící za hranicemi města i nadále dojíždí za prací na denní bázi. Město se rozrůstá nerovnoměrně a dochází ke kumulaci zranitelné populace v zanedbanějších částech města bez dostatečné adaptace na změnu klimatu, což prohlubuje sensitivitu populace města vůči environmentální degradaci a změnám klimatu. Všeobecně dochází k prohlubování rozdílů napříč jednotlivými částmi města, což se odráží především v rozvolněném rozrůstání města.

Příloha 4: Scénáře zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům

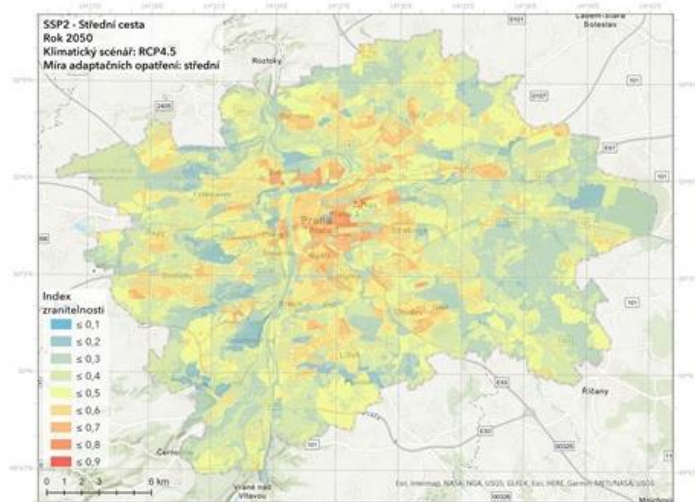
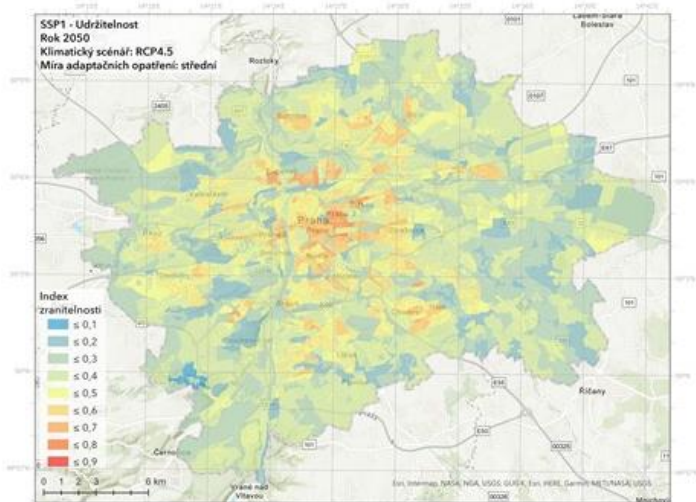
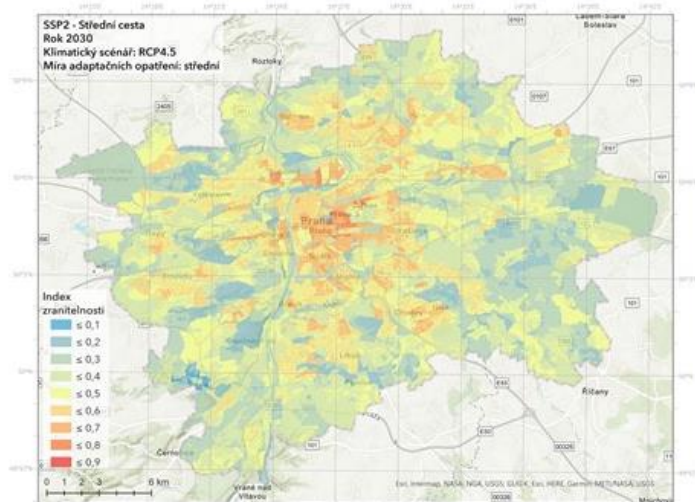
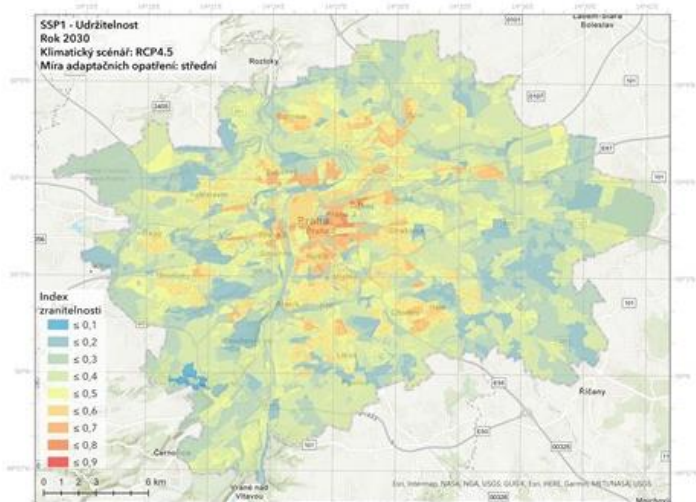
Scénáře zranitelnosti měst vůči teplotním extrémům vznikly pro každé město celkem ve 12 základních variantách. Každá varianta pak ještě byla modelována s ohledem na míru implementace adaptačních opatření a pro každý scénář tak vznikla *nízká*, *střední* a *vysoká* varianta. Níže prezentujeme scénáře zranitelnosti pro scénáře UCZ-SSP1 a UCZ-SSP2 při klimatickém scénáři RCP 4.5 a střední míře zavádění adaptačních opatření.



Obrázek 4.1: Scénář zranitelnosti města Brna vůči teplotním extrémům. Nahoře – varianta UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti, RCP 4.5, střední míra zavádění adaptačních opatření (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050). Dole – varianta UCZ-SSP2 Střední cesta, RCP 4.5, střední míra zavádění adaptačních opatření (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050).



Obrázek 4.2: Scénář zranitelnosti města Ostravy vůči teplotním extrémům. Nahoře – varianta UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti, RCP 4.5, střední míra zavádění adaptačních opatření (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050). Dole – varianta UCZ-SSP2 Střední cesta, RCP 4.5, střední míra zavádění adaptačních opatření (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050).



Obrázek 4.3: Scénář zranitelnosti města Prahy vůči teplotním extrémům. Nahoře – varianta UCZ-SSP1 Cesta k udržitelnosti, RCP 4.5, střední míra zavádění adaptačních opatření (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050). Dole – varianta UCZ-SSP2 Střední cesta, RCP 4.5, střední míra zavádění adaptačních opatření (vlevo – rok 2030; vpravo – rok 2050).

Příloha 5: Ukázka trajektorie pro adaptační politiku demonstrujeme na příkladě města Brna

Tabulka 5.1: Trajektorie pro adaptační politiku města Brno.

<i>Rok plnění</i>	<i>Popis adaptačních intervencí/cílů/akcí</i>
2021	Nastavení progresivní adaptační politiky města. Zahrnuje cílenou politickou podporu pro zvyšování podílu veřejné zeleně, výsadby stromů a vodohospodářských řešení. Dále se týká vzdělávání a osvěty zaměstnanců města, klíčových aktérů a obyvatel.
2025	Vypracování a schválení technických postupů pro realizaci prvků a ploch MZI, inspirovaných dobrými příklady z praxe. Alokace investic do MZI je schválená.
2025	Organizační nastavení města zahrnuje: určení kontrolorů a provozovatelů realizovaných MZI prvků a ploch, včetně vodohospodářských a kombinovaných řešení, budování lidských kapacit a odborné vzdělávání u volených zástupců.
2028	Schválení funkčního územního plánu, který zahrnuje adaptační charakteristiky. Jsou vytvořené a nastavené standardy pro zavádění MZI, které budou závazné pro všechny nové stavby.
2033	Maximální redukce parkovacích míst v ulicích obytných zón – postupná transformace, nahradí je prvky MZI a kombinovaná technická řešení
2037	Zavedení standardů MZI a uvedení nového územního plánu do plné platnosti – systematická a koordinována implementace adaptačních opatření pro novou zástavbu (kde je to možné i pro existující).
2037–2050	Navrhovaný rozsah adaptačních opatření je plně realizován. Jsou povoleny pouze projekty a stavby které splňují adaptační standardy. Povrch území je maximálně propustný a plochy zástavby obsahují stanovený rozsah adaptačních opatření: <ul style="list-style-type: none"> - Propustné povrchy tvoří 85 % všech stavebních ploch s funkčním a prostorovým využitím pro bydlení, služby a občanskou vybavenost - Plochy veřejné zeleně pokrývají 85 % všech propustných ploch - Stromy a stromořadí vysazené minimálně na 50 % všech povrchů stavebních ploch s funkčním a prostorovým využitím pro bydlení, služby a občanskou vybavenost - Vodohospodářské řešení realizována minimálně na 50 % všech povrchů stavebních ploch s funkčním a prostorovým využitím pro bydlení, služby a občanskou vybavenost - Vegetace je instalována na 50 % až 90 % budov s funkčním a prostorovým využitím pro bydlení, služby a občanskou vybavenost - Fotovoltaika je instalována na 35 % až 60 % budov s funkčním a prostorovým využitím pro bydlení, služby a občanskou vybavenost

Příloha 6: Přehled vybraných českých politik, strategií a metodik v oblasti ochrany a adaptace na změnu klimatu a rozvoje měst a obcí relevantních pro metodiku Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti města vůči teplotním extrémům

Tabulka 6.1: Přehled vybraných českých politik, strategií a metodik relevantních pro metodiku Adaptace na změnu klimatu: hodnocení zranitelnosti města vůči teplotním extrémům

NÁZEV DOKUMENTU	AUTOR	ROK VYDÁNÍ/ SCHVÁLENÍ DOKUMENTU	ODKAZ
NÁRODNÍ POLITIKY A STRATEGIE			
Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR	Ministerstvo životního prostředí	Schváleno 2015, aktualizace 2021	https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie
Národní akční plán adaptace na změnu klimatu	Ministerstvo životního prostředí	Schváleno 2017, aktualizace 2021	https://www.mzp.cz/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu
Politika ochrany klimatu	Ministerstvo životního prostředí	Schváleno 2017	https://www.mzp.cz/cz/politika_ochrany_klimatu_2017
Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050	Ministerstvo životního prostředí	Schváleno 2021	https://www.mzp.cz/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi
Zásady urbánní politiky	Ministerstvo pro místní rozvoj	Schváleno 2010, aktualizace 2017	https://mmr.cz/cs/ministerstvo/regionalni-rozvoj/regionalni-politika/koncepce-a-strategie/zasady-urbanni-politiky-(1)
Strategie regionálního rozvoje ČR 2021+	Ministerstvo pro místní rozvoj	Schváleno 2019	https://mmr.cz/cs/microsites/uzemni-dimenze/regionalni-rozvoj/strategie-regionalniho-rozvoje-cr-2021
METODIKY			
Metodika tvorby místní adaptační strategie na změnu klimatu	CI2, o.p.s.	2015	https://adaptace.ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/adaptace_metodika_nahled.pdf
Metodika tvorby adaptační strategie sídel na změnu klimatu	Civitas per populi, o.p.s.	2016	http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2016/06/metodika_adaptace-mest_verze1.pdf
Metodika hodnocení ekosystémových služeb ve městech	Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.	2016	http://www.ecosystemservices.cz/cs/metodika-hodnoceni-es-pro-mesta/
Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech	Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem	2019	http://www.ieep.cz/metodika-pro-ekonomicke-hodnoceni-zelene-a-modre-infrastruktury-v-lidskych-sidlech/
Hustota a ekonomika města	ČVUT IPR Hnilička architekti, s.r.o.	2018	https://iprpraha.proholding.cz/uploads/assets/dokumenty/obecne/metodika_hustota_a_ekonomika_mest.pdf
Metodika plánování veřejných prostranství malých obcí	České vysoké učení technické v Praze	2021	http://www.atraktivniobec.cz/
STRATEGIE A DOKUMENTY A MĚSTSKÉ ÚROVNI - TYPOLOGIE*			
Rozvojové strategie města			
Adaptační strategie na změnu klimatu			
Mítigační strategie na změnu klimatu			
Územní plán			
Územně analytické podklady			
Další dokumenty vztahující se k zavádění adaptačních opatření a zeleno-modré infrastruktury			

* Města disponují řadou nástrojů, pro které je tato metodika relevantní (a to jak pro jejich přípravu, tak pro implementaci). Uvádíme proto jejich obecnou typologii, která nemusí být nutně vyčerpávající.