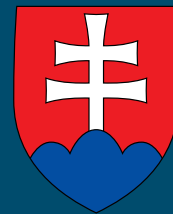


Hodnotenie zraniteľnosti na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy

na území hlavného mesta SR Bratislavy

Príloha 2 k Akčnému plánu
pre udržateľnú energetiku a klímu

Iceland
Liechtenstein
Norway grants



Vypracovanie *Hodnotenia zraniteľnosti na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy* bolo spolufinancované z Finančného mechanizmu EHP a štátneho rozpočtu SR v rámci projektu Klimaticky odolná Bratislava – Pilotné projekty zamerané na dekarbonizáciu, energetickú účinnosť budov a udržateľné hospodárenie s dažďovou vodou v mestskom prostredí (číslo projektu: ACC01P03).

Spoločným úsilím k zelenej Európe.

Viac informácií o projekte nájdete na klimatickyodolna.bratislava.sk





Zoznam použitých skratiek

BSK	Bratislavský samosprávny kraj
ČOV	čistiareň odpadových plôch
DPB a. s.	Dopravný podnik Bratislavy, a.s. (mestská obchodná spoločnosť)
GCoM	Dohovor primátorov a starostov o klíme a energetike (Global Covenant of Mayors)
HM SR Bratislava	hlavné mesto Slovenskej republiky Bratislava
HaZZ	Hasičský a záchranný zbor
IPCC	Medzivládny panel o zmene klímy (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IS	informačný systém
KNMI	klimatický scenár počítaný Holandským meteorologickým inštitútom (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut)
MČ	mestská časť
MHD	mestská hromadná doprava
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
NCZI	Národné centrum zdravotníckych informácií
NDVI	normalizovaný vegetačný index
NKP	národná kultúrna pamiatka
OLO a. s.	Odvoz a likvidácia odpadu, a.s.
PHRSR BA	Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja Bratislavy (Bratislava 2030)
SECAP	Akčný plán pre udržateľnú energetiku a klímu (Sustainable Energy and Climate Action Plan)
SR	Slovenská republika
SRES	Špeciálna správa o emisných scenároch (Special Report on Emissions Scenarios)
ŠÚ SR	Štatistický úrad Slovenskej republiky
ÚGKK SR	Úrad pre geodéziu, kataster a kartografiu Slovenskej republiky
ÚPSVaR	Úrad práce, sociálnych vecí a rodiny
VZ	vodný zdroj
ZEVO	zariadenie na energetické zhodnocovanie odpadov
ZSJ	základná sídelná jednotka
ŽST	železničná stanica



Obsah

Úvod	7
1. Metodický postup	9
2. Klimatické hrozby a ich očakávané scenáre vývoja na území Bratislavy	10
3. Zhodnotenie dôsledkov klimatických hrozieb na vybrané sektory a miera ich všeobecnej zraniteľnosti	15
4. Hodnotenie zraniteľnosti a rizika na základe priestorových údajov pre horúčavy a intenzívne krátkodobé zrážky na vybrané oblasti	24
5. Hodnotenie zraniteľnosti a rizík pre dôsledky horúčav pre obyvateľstvo (detí a seniorov)	39
6. Hodnotenie zraniteľnosti a rizík pre dôsledky intenzívnych zrážok na budovy	42
7. Hodnotenie zraniteľnosti a rizík pre dôsledky intenzívnych zrážok na vybranú dopravnú infraštruktúru	44
Záver	51

Úvod

So zintenzívňujúcimi sa prejavmi zmeny klímy narastá v mestách potreba nielen znižovania produkcie skleníkových plynov, ale aj potreba prispôbiť sa (adaptovať sa) novým a neustále sa meniacim podmienkam. Tomuto procesu je potrebné prispôbovať aj prístupy v plánovaní rozvoja miest, s čím súvisí aj potreba poznania zraniteľnosti miest na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy. Hlavné mesto SR Bratislava sa v roku 2012 stalo signatárom Dohovoru primátorov a starostov a o dva roky neskôr aj signatárom *Mayors Adapt* (iniciatíva Európskej komisie na adaptáciu miest na zmenu klímy). Tieto dve iniciatívy sú v súčasnosti spojené do jednej – *Dohovor primátorov a starostov pre klímu a energetiku (Global Covenant of Mayors)*.

V podmienkach hlavného mesta SR Bratislavy sa problematika zraniteľnosti prvýkrát objavila v roku 2014 ako súčasť [Stratégie adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy](#). Následne, v relatívne krátkom rozpätí štyroch rokov, bolo publikovaných viacero štúdií, ktoré sa zaoberajú hodnotením zraniteľnosti a sú spracované v rôznej miere podrobnosti, od celonárodných stratégií a akčných plánov až po úroveň mestských častí Bratislavy.

Dôsledky zmeny klímy a ich vplyv na zraniteľnosť obyvateľstva Bratislavy a jej zastavané územie boli predmetom skúmania už v spomínanej [Stratégii adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy \(2014\)](#) a v [Atlase hodnotenia zraniteľnosti a rizík nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy \(2020\)](#) (ďalej len „atlas“). Súčasťou prípravy oboch dokumentov bol participatívny prístup, ktorý bol použitý na identifikáciu dôsledkov zmeny klímy na jednotlivé sektory a oblasti rozvoja mesta a jeho obyvateľov. Zastúpení boli pracovníci z praxe hlavného mesta SR Bratislavy, špecialisti z akademickej sféry

a tiež experti z viacerých zahraničných odborných a výskumných inštitúcií.

Na vyššej samosprávnej úrovni bola v roku 2023 publikovaná [Adaptačná stratégia s hodnotením zraniteľnosti na zmenu klímy je spracovaná pre Bratislavský samosprávny kraj \(Bratislavský samosprávny kraj, 2023\)](#). Hodnotenie zraniteľnosti, ktoré je jej súčasťou, sa nezameriava len na územie kraja, ale aj na inštitucionálnu schopnosť samosprávy riešiť dôsledky zmeny klímy. Taktiež niektoré mestské časti Bratislavy, ako napr. Karlova Ves alebo Ružinov, sa téme zraniteľnosti, adaptácii a mitigácii venujú a majú skúsenosť s prípravou lokálnych stratégií.

Na národnej úrovni nájdeme vyhodnotenie dôsledkov zmeny klímy na rôzne oblasti v aktualizácii [Stratégie adaptácie SR na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy SR](#) (Ministerstvo životného prostredia SR, 2018), na ktorú o tri roky nadviazal *Akčný plán pre implementáciu stratégie adaptácie SR na zmenu klímy* (Ministerstvo životného prostredia SR, 2021). Pre celé územie Slovenska bola spracovaná publikácia, ktorá identifikuje ohrozenia zmenou klímy na úrovni samospráv (okresov), známa aj ako [Vedúci, horia obce!](#) (Inštitút environmentálnej politiky, 2023). Celkovo možno povedať,

že za poslednú dekádu nastal v oblasti plánov a riešení nepriaznivých dopadov zmeny klímy na úrovni samospráv pozitívny posun. Aj z hľadiska dostupnosti informácií o zraniteľnosti území a dát sa situácia podstatne zlepšila a je vysoký predpoklad, že tento trend bude do budúcnosti pokračovať.

V roku 2021 sa začala postupná aktualizácia hodnotenia zraniteľnosti územia mesta Bratislava a rizík z atlasu, ktorá sa realizovala s podporou projektu *Klimaticky odolná Bratislava – pilotné projekty zamerané na dekarbonizáciu, energetickú účinnosť budov a udržateľné hospodárenie s dažďovou vodou v mestskom prostredí (2021 – 2023)* pre potreby prípravy nového *Akčného plánu pre udržateľnú energetiku a klímu (SECAP)*. Metodický postup spracovania hodnotenia zraniteľnosti Bratislavy bol rozšírený o informácie o zraniteľnosti jednotlivých sektorov rozvoja mesta, v súlade so staršou stratégiou adaptácie mesta (Hlavné mesto SR Bratislava, 2014) a tiež v súlade s aktuálnymi požiadavkami Dohovoru primátorov a starostov. Pre vybrané oblasti bolo hodnotenie realizované aj kvantitatívne a je interpretované prostredníctvom priestorových údajov (máp).

1. Metodický postup

Postup pre vypracovanie hodnotenia zraniteľnosti bol zvolený ako kombinácia viacerých prístupov a metód. V zásade ho možno rozdeliť na dve časti z hľadiska použitých metód. V prvej kvalitatívnej fáze sa realizovala rešerš už publikovaných a dostupných materiálov (najmä tých, ktoré sú spomínané v úvode). Keďže bolo potrebné aktualizovať informácie o dôsledkoch zmeny klímy a zraniteľnosti mesta pre jednotlivé sektory, (kvalitatívne) prebehli aj konzultácie s expertmi na jednotlivé oblasti rozvoja mesta formou štruktúrovaných rozhovorov. Informácie boli dopĺňané aj zo zistení pracovných tematických skupín k SECAP, rešeršou dostupných zdrojov, štúdií a štatistík, ako aj výstupov pracovnej skupiny pre životné prostredie, ktorá sa podieľala na príprave analytických podkladov pre program hospodárskeho a sociálneho rozvoja mesta *Bratislava 2030* (napr. Hlavné mesto SR Bratislava, 2020, Ministerstvo životného prostredia SR, 2021, Metropolitný inštitút Bratislavy, 2022, Inštitút environmentálnej politiky, 2023, Bratislavský samosprávny kraj, 2023, a i.).

V roku 2021 boli v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou Univerzity Komenského realizované workshopy, ktorých cieľom bolo aktualizovať hlavné faktory hodnotenia zraniteľnosti pre vybrané sektory. Na základe výstupov z participatívnych workshopov sa v ďalšej fáze – kvantitatívnej, pristúpilo k príprave priestorového hodnotenia zraniteľnosti a rizík vybraných klimatických hrozieb (teplotné extrémny – vlny horúčav a tropické dni a noci – a intenzívne krátkodobé zrážky). Pomocou mapových a iných údajov sa kvantitatívne zhodnotili klimatické hrozby, expozícia, riziko, zraniteľnosť a komponenty zraniteľnosti – citlivosť a disponibilná kapacita. Vybranými oblasťami, ktorých sa toto priestorové

hodnotenie týkalo, sú populácia mesta (v súvislosti s horúčavami), budovy a vybraná dopravná infraštruktúra, oboje v súvislosti s intenzívnymi krátkodobými zrážkami. Pri hodnotení zraniteľnosti budov a dopravnej infraštruktúry v súvislosti s intenzívnymi zrážkami neboli aplikované postupy tvorby hydrologických modelov uplatňované v hodnoteniach poľnohospodárskej alebo lesnej krajiny. Vybrané boli ukazovatele a postupy, ktoré sú vhodnejšie pre hodnotenie dopadov intenzívnych zrážok v zastavanom území sídiel, ktoré sa vyznačuje vysokým podielom nepriepustných povrchov a výrazne antropogénne ovplyvnenou krajinou pokrývkou. Pre kvantitatívne (priestorové) hodnotenie zraniteľnosti územia mesta bol aplikovaný metodický postup IVAVIA (Rome et al., 2018), ktorý bol využitý aj v minulosti v Atlase hodnotenia rizík a zraniteľnosti mesta na zmenu klímy (Hlavné mesto SR Bratislava, 2020). Viac informácií o metodickom postupe pre kvantitatívnu fázu hodnotenia zraniteľnosti uvádzame v podkapitole 4.2.

2. Klimatické hrozby a ich očakávané scenáre vývoja na území Bratislavy

Trendy zmeny klímy (súčasný aj budúci) na území Bratislavy sú podrobne popísané a kvantifikované vo viacerých dostupných štúdiách a analýzach. Dostupná je napr. komplexná charakteristika a predikcia súčasnej klímy na základe starších klimatických modelov, ako napr. KNMI a emisného scenára SRES A1B (udržateľný rozvoj) a vývoja budúcich trendov do roku 2100 pre celé mesto a aj pre mestskú časť Bratislava – Karlova Ves (Lapin et al., 2019). Podobnú charakteristiku územia, do ktorého patrí aj mesto Bratislava, vrátane vývoja budúcich scenárov, uvádza aj adaptačná stratégia BSK (Bratislavský samosprávny kraj, 2023).

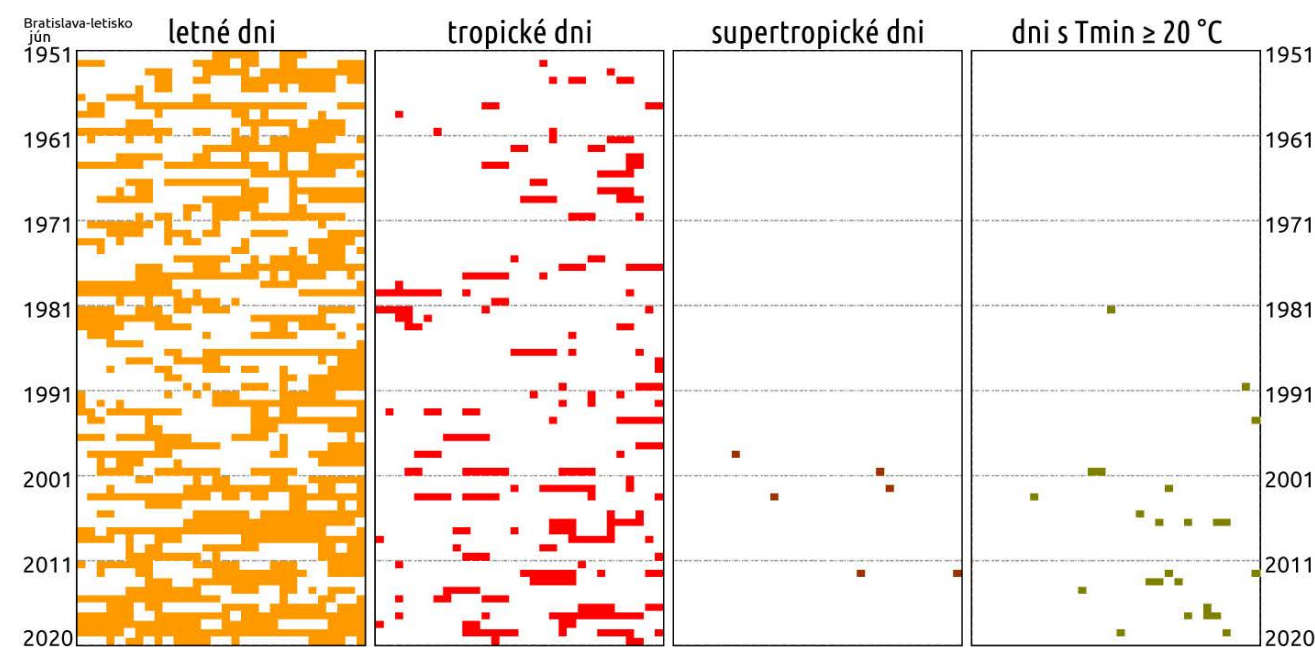
Ďalšie štúdie predikcie zmeny klímy sú postavené na modeloch EUROCORDEX Copernicus a na vývoji koncentrácií emisií v emisných scenároch RCP 2.6, 4.5 a 8.5 (z angl. *representative concentration pathways*). Reprezentatívne koncentračné cesty (RCP) sú emisné scenáre prezentované formou vývoja trajektórií koncentrácií skleníkových plynov, ktoré sa používajú na modelovanie klímy. Prejav týchto scenárov v regióne Bratislavy boli popísané vo vyššie spomínaných štúdiách, a preto ich duplicitne v tomto dokumente neopisujeme. Nižšie uvádzame stručné zhrnutie predpokladaných trendov vývoja zmeny klímy v regióne Bratislavy. Viac informácií o scenároch budúcej klímy je dostupných napríklad na internetových stránkach [Slovenského hydrometeorologického ústavu](#).

Pozorované trendy zmeny klímy v regióne Bratislavy

V oblasti Bratislavy sa priemerná ročná teplota vzduchu zvýšila o takmer 2 °C od roku 1951 (priemerný rast teploty za desaťrocie je 0,3 °C). Ročný úhrn atmosférických zrážok v priemere vzrástol o 6 – 12 mm (porovnanie 30-ročných priemerov 1951 – 1980 a 1981 – 2010), čo je nárast o necelé 2 %. Počet mrazových dní medzi obdobiami 1951 – 1980 a 1981 – 2010 poklesol o 13 dní (z 96 na 83), počet letných dní naopak stúpol o 14 dní a počet tropických dní o deväť (z 10 na 19) (Lapin et al., 2019).

Rastúce priemerné teploty vzduchu v letnom období sú sprevádzané vyššími maximálnymi a nižšími minimálnymi dennými teplotami, a teda aj častejšími a dlhšími vlnami horúčav. Od roku 1951 sa zvýšila priemerná ročná teplota vzduchu v oblasti krajného juhozápadného Slovenska (Bratislava) o 1,5 – 2,0 °C (v rozsahu 0,25 – 0,5 °C/10 rokov), pričom najrýchlejšie sa rast teploty prejavuje v letných mesiacoch, kedy priemerná teplota vzduchu vzrástla aj o viac 2,0 °C (v južných regiónoch Slovenska o takmer 3,0 °C). Po roku 1991 výrazne pribudli teplotne nadnormálne roky, pričom roky 2018 až 2022 boli extrémne teplé – priemerná ročná teplota vzduchu dosiahla v Bratislave hodnotu 12,5 °C. V posledných dvoch dekádach významne vzrástol počet extrémov maximálnej a minimálnej dennej teploty vzduchu a najmä po roku 1991 došlo k rýchlemu nárastu frekvencie vln horúčav na celom území Slovenska (Pecho, 2020, Pecho et al., 2024). Na obrázku 1 vidno vývoj

Obrázok 1: Časová distribúcia charakteristických dní s vysokými teplotami vzduchu v júni na meteorologickej stanici Bratislava – letisko v období 1951 – 2020. Zdroj: [Pecho, Výberči, 2021 \(SHMÚ\)](#).



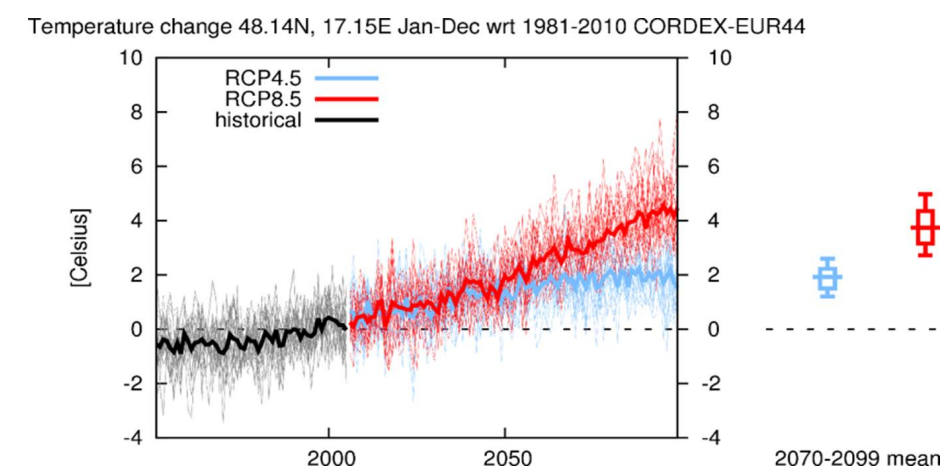
distribúcie charakteristických dní s vysokými teplotami od roku 1951 do roku 2020 pre meteorologickú stanicu Bratislava-letisko (SHMÚ, 2021).

Teplota vzduchu a vlny horúčav

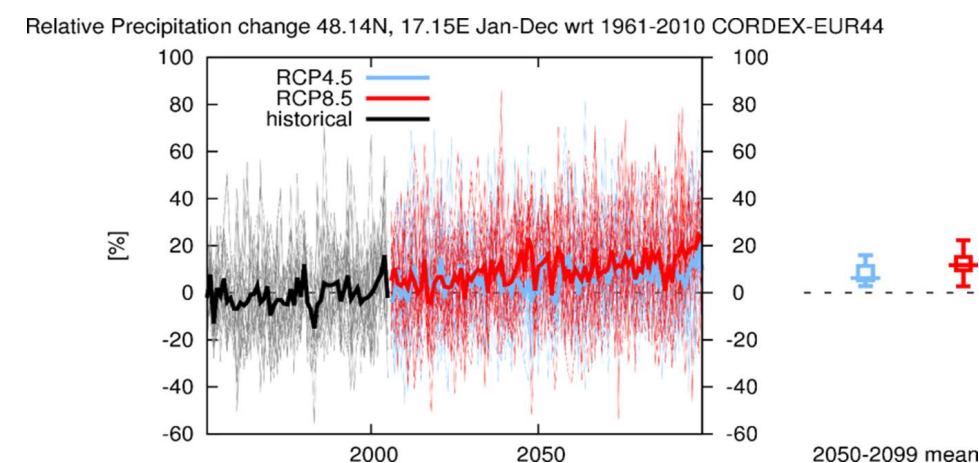
Aké klimatické podmienky nás čakajú v budúcnosti z hľadiska teplôt? Priemery teploty vzduchu by sa mali postupne zvyšovať o 2,0, resp. 4,0 °C (podľa emisného scenára RCP4.5 – optimistický, resp. RCP8.5 – pesimistický) v porovnaní s priemerami z obdobia 1961 – 1990, pričom sa zachová doterajšia medziročná a medzi sezónna premenlivosť. Rýchlejšie by mali rásť denné minimá, ako aj denné maximá teploty vzduchu (minimálna teplota vzduchu sa zvýši do roku 2100 v rozpätí od 6,0 do 10,0 °C, maximálna teplota vzduchu v rozpätí od 2,0 do 4,0 °C), čo môže spôsobiť pokles priemernej dennej amplitúdy teploty vzduchu. Scenáre nepredpokladajú výraznejšie zmeny v ročnom chode teploty vzduchu. V jesenných mesiacoch by ale mal byť rast teploty menší ako vo zvyšnej časti roka (najrýchlejšie bude rásť priemerná teplota vzduchu v lete a v zime:

o 1,5 až 4,0 °C v lete a o 2,0 až 4,0 °C v zime do roku 2100). Vzhľadom na pokračujúce otepľovanie sa na základe výstupov klimatických modelov očakáva, že ročný priemer teploty vzduchu by sa mal v časovom horizonte do roku 2030 v našom regióne zvýšiť o 0,7 – 0,9 °C (teda z 10,1 na 11,0 °C), do roku 2050 o približne 2,0 – 3 °C (na 12,1 – 12,6 °C), do roku 2100 o 3,5 – 6,0 °C (na 13,6 – 14,1 °C) (Pecho, 2020, Pecho et al., 2024).

Obrázok 2: Predpokladané scenáre priemernej ročnej teploty vzduchu v oblasti Bratislavy na základe výstupov zo 16 regionálnych klimatických modelov (RCMs) v rámci ensmbu CORDEX-EUR44 s priestorovým rozlíšením 50 × 50 km, podľa dvoch zvolených RCP scenárov (RCP4.5 a RCP8.5) do roku 2099 (Zdroj: CORDEX-EUR44 in Pecho, 2020).



Obrázok 3: Predpokladané scenáre priemerného ročného úhrnu atmosférických zrážok v oblasti Bratislavy na základe výstupov zo 16 regionálnych klimatických modelov (RCMs) v rámci ensmbu CORDEX-EUR44 s priestorovým rozlíšením 50 × 50 km, podľa dvoch zvolených RCP scenárov (RCP4.5 a RCP8.5) do roku 2099 (Zdroj: CORDEX-EUR44 in Pecho, 2020).



Zrážky a privalové zrážky

V súčasnosti sa koncentrácie emisií v atmosfére podobajú najviac na vývoj, ktorý predpovedá tzv. pesimistický scenár reprezentatívneho vývoja koncentrácií skleníkových plynov RCP 8.5. V oblasti juhozápadného Slovenska sa budú zrážky zvyšovať do konca storočia v priemere do 10 % pre RCP4.5 (IPCC) a **do 15 % podľa RCP8.5** (IPCC) v porovnaní s referenčným obdobím 1981 – 2010. V absolútnych číslach to znamená nárast ročného priemeru **o 100 až 120 mm pre RCP8.5** (IPCC) do konca 21. storočia. V dôsledku vyššej teploty a vlhkosti vzduchu sa očakáva častejší výskyt

silnejších a intenzívnejších búrok. Zmeny v teplotných a zrážkových pomeroch v zime sa prejavujú na zmenách snehových pomeroch. Tie sa predpokladajú jednak v znížení počtu dní so snehovou pokrývkou, ako aj v poklese priemernej výšky snehovej pokrývky. V súvislosti s rastom extrémnosti zrážok treba však v zimnom období počítať s častejším výskytom vyšších denných prírastkov nového snehu (Pecho et al., 2024).

Prívalové a intenzívne krátkodobé zrážky budú pravdepodobne častejšie a intenzívnejšie – prevažná časť emisných scenárov v rámci použitého ansámbu



modelov potvrdzuje všeobecný nárast intenzít, a to najviac (aj keď s väčšou neistotou) **pri kratšom trvaní dažďa**. Nárast úhrnov, ako aj intenzít predstavuje pre RCP2.6 (IPCC) pre obdobie 2021 – 2050 približne +5 až +8 %, pre obdobie 2051 – 2100 +3 až +5 %; pre RCP4.5 (IPCC) ide o nárast o +5 až +8 %, resp. o +10 až +14 %; pre RCP6.0 (IPCC) ide o nárast o +10 až +20 %, resp. +15 až +30 % a pre pesimistický scenár **RCP8.5 (IPCC) o nárast +18 až 25 %, resp. +25 až +35 %** (Pecho et al., 2024).

Sucho

Zatiaľ čo zimné a jesenné úhrny zrážok postupne pomaly porastú, jarné a letné úhrny zrážok budú podľa predikčných modelov klesať, čo bude mať v kombinácii s vyššími teplotami vzduchu nepriaznivý vplyv na bilanciu zrážok a častejší výskyt **sucha**. V aktuálnom normálovom období 1991 – 2020 sa priemerné ročné hodnoty evapotranspirácie pohybujú okolo 900 mm. Na tzv. meteorologické sucho vplyva viacero faktorov. V rámci Bratislavy zohráva význam tvar reliéfu, nadmorská výška (orografia), čo podľa spomínaných emisných scenárov (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) znamená, že niektoré oblasti mesta budú suchšie a ako iné. Na základe údajov z regionálnych klimatických modelov je zrejmé, že vyššie položené časti mesta budú mať aj v budúcnosti viac zrážok oproti rovinatým častiam mesta. Avšak z celkového pohľadu bude na území Bratislavy nastávať posun k suchším klimatickým podmienkam. Najvýraznejšie to bude na území rovinatých mestských častí na Podunajskej rovine, v mestských častiach v južnom segmente mesta (Petržalka, Jarovce, Rusovce, Čunovo) a vo východnom segmente (v Ružinove, vo Vrakuni, vo východnej časti Nového Mesta a vo Vajnorochoch) (Pecho et al., 2024).

Tabuľka 1: Zhodnotenie pravdepodobnosti dôsledkov zmeny klímy (tak, ako ich zadefinováva GCoM) a ich očakávané zmeny na základe štúdií a scenárov z dostupných zdrojov (Hlavné mesto SR Bratislava, 2020, IEP, 2023) a scenároch vývoja emisií RCP (EUROCORDEX) pre región Bratislavy.

Typ klimatickej hrozby / dôsledkov	Pravdepodobnosť	Dôsledky	Očakávaná zmena	Očakávaná zmena frekvencie	Časové obdobie
Teplota vzduchu a vlny horúčav	Vysoká	Vysoké	Nárast	Nárast	2050 a viac - dlhodobé
Zrážky – zmena	Vysoká	Vysoké	Nárast	Nárast	2050 a viac - dlhodobé
Záplavy – záplavy z povrchového odtoku (prívalové zrážky)	Vysoká	Stredné*	Nárast	Nárast	2050 a viac - dlhodobé
Suché periódy	Vysoká	Stredné**	Nárast	Nárast	2050 a viac - dlhodobé
Vietor	Vysoká	Stredné	Nárast	Nárast	2050 a viac - dlhodobé
Požiare	Vysoká	Stredné**	Nárast	Nárast	2050 a viac - dlhodobé

* V závislosti od hodnoteného sektoru sa hodnota môže meniť, ** v závislosti od lokality môže byť hodnota dôsledku vysoká až nízka.



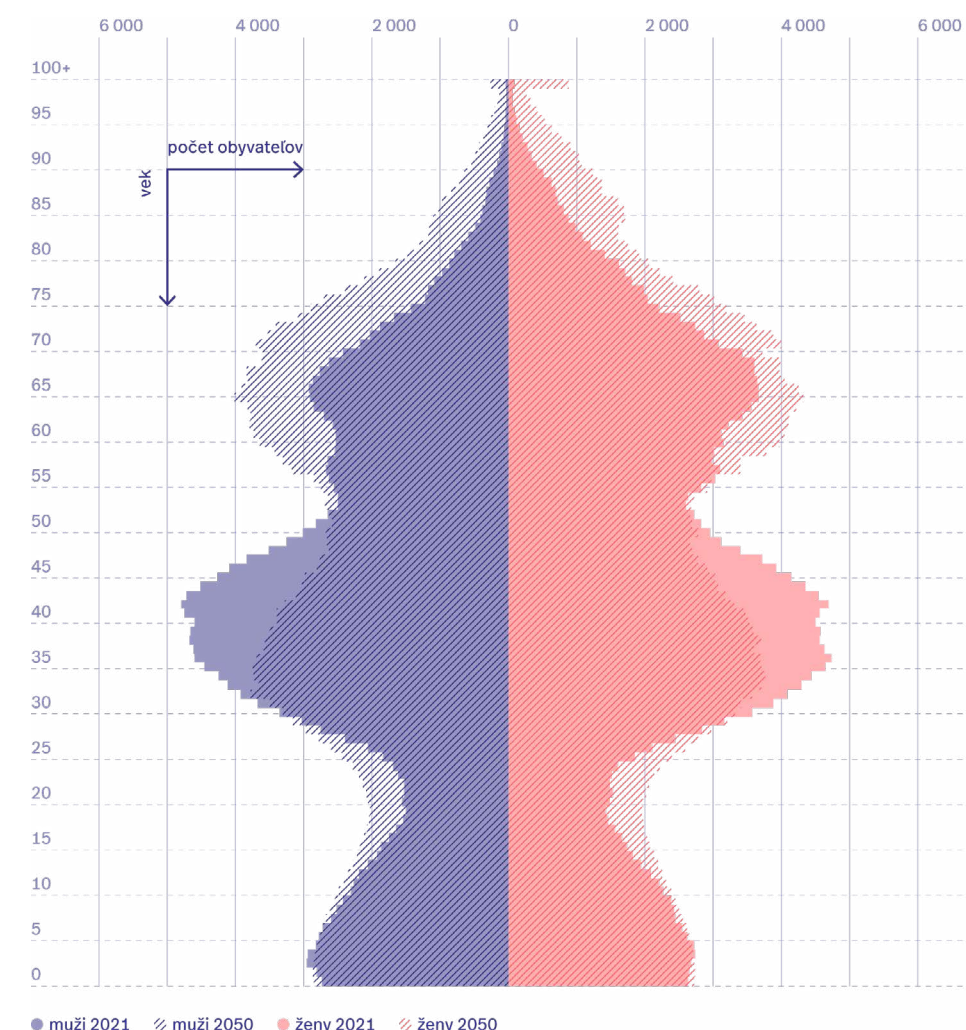
3. Zhodnotenie dôsledkov klimatických hrozieb na vybrané sektory a miera ich všeobecnej zraniteľnosti

3.1 Obyvateľstvo a zdravie

Dôsledky zmeny klímy čoraz intenzívnejšie vplývajú na našu fyzickú pohodu a zdravie. Rôzne skupiny mestskej populácie sú rôzne citlivé na prejavy zmeny klímy a ich kapacita odolávať im závisí od viacerých faktorov, ako je vek, zdravotný stav, finančné možnosti, kvalita životného prostredia a pod. Okrem ľudí trpiacich zdravotnými komplikáciami (chronické ochorenia napr. srdcovo-cievnej sústavy, dýchacej sústavy, osoby so zdravotným postihnutím), seniorov či tehotných žien možno za zraniteľné považovať aj iné skupiny populácie definované z hľadiska socio-ekonomických charakteristík, ako je príjem domácností, miera dosiahnutého vzdelania, práca v exteriéri či dostupnosť základnej vybavenosti. Toto môžu byť faktory, ktoré vystavujú niektoré skupiny populácie rizikám zmeny klímy viac ako iné (Akerlof et al., 2015, UNCC, 2018, Ministerstvo životného prostredia SR, 2018), keďže práve tieto skupiny často nemajú dostatočné zdroje na to, aby sa proti dôsledkom zmeny klímy mohli efektívne chrániť.

Obyvateľstvo Bratislavy bude podľa predikčných scenárov demografickej prognostickej štúdie (MIB, 2024) v najbližších troch desaťročiach starnúť (obrázok 4). Hlavným dôsledkom starnutia obyvateľov bude výrazný úbytok obyvateľov v produktívnom veku a výrazný nárast obyvateľov v poproduktívnom veku. Proces starnutia obyvateľov Bratislavy bude nezvratný, čo potvrdzujú aj výsledky jednotlivých scenárov demografickej prognózy Bratislava 2050 (MIB, 2024). Tieto nepriaznivé vyhliadky platia aj pre tie scenáre, ktoré počítajú s vysokým zvyšovaním plodnosti a s výrazným migračným prírastkom.

Obrázok 4: Vekové zloženie obyvateľov Bratislavy v roku 2021 a v roku 2050 (stredný scenár prognózy). Zdroj: Demografický potenciál, sociálna a ekonomická geografia, scenáre rozvoja hlavného mesta SR Bratislavy do roku 2050 (MIB, 2024).



Zmenou variability počasia a v dôsledku nárastu priemernej ročnej teploty došlo k predĺženiu peľovej sezóny približne o 10 – 11 dní, čo má za následok predĺženie trvania alergických ochorení a môže prispievať aj k zvyšovaniu ich výskytu. Ako ďalší veľmi významný dôsledok zmeny klímy už v súčasnosti evidujeme prebiehajúce zmeny vo výskyte vektormi prenášaných ochorení prostredníctvom kliešťov, komárov, hlodavcov, ako aj čoraz častejšie sa objavujúcich tropických a subtropických druhov a ochorení spôsobovaných konzumáciou potravín (vrátane infekcií spôsobených *Salmonellou* a *Campylobacterom*) (Ministerstvo zdravotníctva SR, 2018).

Vlny horúčav so sebou prinášajú riziko vzniku tzv. mestského tepelného ostrova. **Mestské tepelné ostrovy** vznikajú, keď sa urbanizované prostredie a najnižšie vrstvy atmosféry výrazne prehrievajú voči menej urbanizovanému okoliu a neochladia sa dostatočne ani počas noci. Pri horúčavách obyvatelia okrem diskomfortu pociťujú aj postupné **narastanie celkovej únavy**, keďže tropické noci neposkytujú možnosť kvalitnej regenerácie (Ministerstvo životného prostredia SR, 2018). Narastá aj počet **kolapsov** z tepla a tepelný diskomfort môže byť aj jedným z faktorov prispievajúcim k vzniku **úrazov** či k zvýšenej nehodovosti v cestnej premávke a pod. (Otte Im Kampe

et al., 2016, Zou et al., 2021, Santurtún, Shaman, 2023), čo potvrdzujú aj údaje zo záchrannej zdravotnej služby SR (Ministerstvo zdravotníctva SR, 2018). Vlňy horúčav sa do istej miery prejavujú aj na zvýšenej **úmrtnosti obyvateľstva**. Žiaľ, tento negatívny trend bol pozorovaný už aj na Slovensku, pričom najzávažnejšou bola séria vlň horúčav v lete 2015 (Výberči et al., 2018).

V mestách dochádza počas vlň horúčav aj k **zvýšeniu koncentrácie prízemného ozónu**. Priemerná ročná rýchlosť vetra v Bratislave je viac ako 5 m/s a v priebehu roka sa tu vyskytuje veľmi málo inverzných dní, dochádza teda k výraznému rozptylu a riedeniu znečisťujúcich látok, pričom v dýchacej zóne človeka (t. j. okolo 1,5 m nad zemou) ich koncentrácie zväčša neprekračujú prípustné hodnoty. V roku 2020 bola aglomerácia Bratislava vyhlásená za oblasť riadenia kvality ovzdušia pre znečisťujúcu látku oxidu dusičitého (Krajčovičová et al., 2020). Spolu s nárastom prachových častíc v ovzduší a zmenami v distribúcii peľových alergénov tento vývoj zvyšuje riziko rozvoja a výskytu respiračných ochorení. Okrem ľudí trpiacich na chronické a akútne respiračné ochorenia sú rizikovou skupinou aj obyvatelia trpiaci ochoreniami srdcovo-cievnej sústavy (Ministerstvo zdravotníctva SR, 2018). Podľa údajov z Národného centra zdravotníckych informácií (NCZI) SR v rokoch 2013 – 2022 **narástla** medzi obyvateľmi a obyvateľkami Bratislavy **prevalencia väčšiny chronických srdcovocievnych ochorení**. Prevalencia veľkej väčšiny chronických respiračných ochorení sa drží približne na konštantnej úrovni, avšak v období 2013 – 2023 narástla prevalencia astmy (NCZI, 2023).

V súvislosti so suchom a horúčavami narastá na území strednej Európy a aj Bratislavy riziko vzniku **požiarov**, ktoré môže spôsobiť škody na majetku a na zdraví. Náhle zmeny počasia a extrémny **ako silný vietor alebo privalové zrážky** môžu taktiež ojedinele prispieť k vzniku situácií, ktoré si budú vyžadovať

evakuáciu (napr. obyvateľov obývajúcich ťažšie dostupné oblasti, ako hausbóty na dunajských ramenách, resp. záhradkárské osady), alebo môžu mať za následok zvýšenie výskytu úrazov.

3.2 Energetika

V dôsledku horúčav v lete sa očakáva vyššia spotreba elektrickej energie na prevádzku chladiacich zariadení, čo môže spôsobiť preťaženie prenosovej siete a častejšie výpadky. Výpadky môžu zároveň nastať aj ako následok extrémov počasia (extrémne zrážky alebo vietor a pod.). Dôsledky budú najmä finančné, súvisiace s potrebou zvyšovania prenosovej kapacity a ochrany zariadení a sietí, nákladov na výrobu energie či riešenie porúch a opráv.

V súvislosti s možnými výpadkami dodávky elektriny je potrebné zdôrazniť, že ostatné sektory sa taktiež stávajú zraniteľnými v dôsledku kaskádovitých efektov – napr. verejná doprava (električky, trolejbusy), spracovanie odpadových vôd, čerpanie pitnej vody atď. Výpadok elektrickej energie môže mať dopad aj na prvú líniu – spustenie záchranných a krízových manažmentov, znefunkčnenie komunikačných možností, a pod. Zraniteľnosť energetického sektora (ktorá sa týka skôr infraštruktúry a zásobovania než nedostatku zdrojov) je preto kritickým faktorom aj pre ostatné oblasti fungovania mesta.

3.3 Krízové riadenie

Oblasť krízového manažmentu v meste sa bude musieť vysporiadať s nárastom potreby riešiť vzniknuté krízové situácie, ktoré budú vznikať v dôsledku narastajúcich teplôt, vlň horúčav, období sucha, privalových zrážok a ďalších extrémov počasia, ktoré budú mať v zmysle spomínaných predikčných modelov zvyšujúcu sa intenzitu.

Zvýši sa preto potreba monitorovania krízových situácií, potreba vypracovania plánov pre riadenie kríz a v prípade nutných zásahov pri vzniku takýchto situácií budú rásť aj náklady na ich revitalizáciu. Krízové situácie vznikajúce v dôsledku zmeny klímy sa budú týkať najmä ochrany zraniteľnej populácie a potreby ochrany zdravia obyvateľov, zabezpečenia dodávky energií a fungovania

kritickej infraštruktúry. V tabuľke nižšie uvádzame počet zásahov HaZZ (údaje poskytnuté útvarom Krízového manažéra HM SR Bratislavy) za obdobie 2018 – 2023. Pri týchto zásahoch nie je možné jasne identifikovať zmenu klímy ako príčinu, ale sucho a intenzívne zrážky s vysokou pravdepodobnosťou prispievajú k ich vzniku.

Tabuľka 2: Počet zásahov HaZZ za posledných 6 rokov súvisiacich s intenzívnymi zrážkami a záplavami a požiarmi.

Druh zásahu/rok	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Odčerpávanie vody	79	7	20	16	8	48
Požiar – prírodné prostredie	120	154	168	149	175	134

Zdroj: databáza systému podpory CoordCom, Hasičský a záchranný zbor (2024).

3.4 Vodné zdroje a zásobovanie pitnou vodou

Jedným z dôsledkov zmeny klímy bude zmena vodného režimu, tzn. dlhšie a častejšie obdobia sucha (meteorologické, hydrologické a pôdne sucho).

V súčasnosti si hlavné mesto udržiava úroveň pripojenia 99,96 % populácie na zásobovanie pitnou vodou. Spotreba pitnej vody na obyvateľa za posledných 20 rokov klesla približne o 28 % zo 148 litrov na osobu na 107 litrov na osobu ročne. Aj keď má Bratislava nateraz pitnej vody dostatok, do budúcnosti bude potrebné zásobovať pitnou vodou vzdialené oblasti, čo bude mať tzv. kaskádovitý efekt a môže spôsobiť mierny pokles hladiny podzemnej vody a dostupnosti úžitkovej vody, ktorou bude potrebné zavlažovať ornú pôdu kvôli zvýšenému výparu a obdobiam sucha.

Najviac ohrozeným vodným zdrojom (VZ) pitnej vody je Sihoť, ktorého funkčnosť závisí od prietokových hladín Dunaja. Navyše, pokles hladín a suchá prispievajú k premnoženiu polyfosfátových baktérií. Ak by boli suchá významné a dlhotrvajúce, tak studne na vodnom zdroji musia byť odstavované z prevádzky. Podobne ohrozený môže byť VZ Pečniansky les. V takýchto obdobiach je možnosť zásobovať obyvateľstvo pomocou VZ Ostrovné lúčky a VZ Šamorín – sú tu ale dlhšie prepravné vzdialenosti a trasy a je potrebné posúdenie kvality prenosových trás, prípadne stanovenie náhradných trás.

Hrušovská zdrž je zanesená kvôli nedostatočnej starostlivosti (prebagrovanie, odstraňovanie sedimentov). V prípade sucha a zníženia hladiny o 70 cm dochádza

k obnaženiu týchto nánosov bahna, ktoré miestami dosahujú hĺbky 5 až 6 m. Staré koryto Dunaja sa udržiava, keďže sa využíva ako plavebná dráha. Nízke hladiny vody spolu s organickým znečistením spôsobujú spotrebovanie kyslíka na rozklad a uvoľňovanie mangánu do podzemnej vody. To má za následok, že vodný zdroj Kalinkovo nie je prevádzky schopný pre nadlimitné hodnoty mangánu.

V súvislosti so zraniteľnosťou iných sektorov – konkrétne sektora energetiky, je dôležité spomenúť možné kaskádové efekty výpadku elektrickej energie aj pre sektor zásobovania pitnou vodou. Energia je potrebná pre načerpanie vody do vodojemov, odkiaľ už môže byť ďalej rozvádzaná gravitačne. Bez nej sú jednotlivé vodojemy schopné zásobovať obyvateľstvo iba po určitý čas. Do budúcnosti je potrebné prepočítať túto dobu vzhľadom na zmeny v osídlení a počty zásobovaných domácností a zabezpečiť kontinuitu dodávky energií v prípade dlhšieho výpadku elektrickej energie.

3.5 Budovy ako súčasť urbanizovaného prostredia

Zvyšujúce sa teploty vzduchu a vlny horúčav, ako aj čoraz častejšie tropické dni a noci, sa na budovách prejavujú znížením kvality vnútorného prostredia vzhľadom na nedostatočnú ochranu pred letným prehrievaním. Najvýraznejšie sa problém už v súčasnosti prejavuje na najvyšších poschodiach v dôsledku nedostatočných tepelno-izolačných vlastností striech, chýbajúcich tieniacich prvkov na oknách a transparentných konštrukcií (vonkajšie žalúzie, rolety, či markízy), potreby vetrať manuálne oknami, keďže ani pri obnove budov sa zvyčajne nerealizuje inštalácia vetracích

systémov s rekuperáciou tepla (respektíve vetrací systém). Jedným z predpokladaných dopadov (vrátane objektov v majetku mesta a jeho organizácií) bude najmä zvyšovanie nákladov na ochladzovanie budov, prípadne ich rekonštrukcia, pri ktorej bude potrebné realizovať adaptačno-mitigačné opatrenia, aby sa predišlo prehrievaniu, poškodzovaniu povrchov, spojov a stavebných materiálov v dôsledku tepelného rozpínania. Najviac ohrozené sú budovy postavené z materiálov s nízkou odrazivosťou, najvyššie položené poschodia a rezidenčné (najmä) panelové budovy s nedostatočnou tepelnou ochranou a bez tieniacich konštrukcií na oknách.

V súčasnosti mesto nemá dostatočný informačný základ a nie je vypracovaná metodika, aby mohla byť dostatočne komplexne vyhodnotená zraniteľnosť tohto sektora, keďže sú potrebné pre každý individuálny objekt. Pre mestské budovy bude na tento účel dôležité opatrenie energetického manažmentu (opatrenie č. 1 SECAP), v rámci ktorého sa začne viesť podrobnejšia evidencia o stave budov a spotrebách energií v nich.

3.6 Mestská hromadná doprava

Vyššie denné teplotné maximá môžu poškodiť dopravnú infraštruktúru (najmä pre koľajovú dopravu), ovplyvniť fungovanie svetelnej signalizácie, prehrievanie zariadení na dopravných prostriedkoch, čo si bude vyžadovať vyššie náklady na opravu a prevádzku. Pokiaľ ide o električkovú dopravu, staršie vozidlá nie sú technicky prispôsobené na klimatizácie, novšie sú už plne klimatizované. Potreba chladenia vozidiel MHD počas horúčav zvyšuje spotrebu palív a tým aj produkciu emisií, na druhej strane sú však vozidlá s klimatizáciou preferované z hľadiska komfortu pri cestovaní. Napájacia sústava/infraštruktúra môže byť počas leta v kritických úsekoch preťažovaná a hrozí

poškodenie prenosovej sústavy (najmä v prípade potreby obchádzky, tzn. zvýšení frekvencie dopravy na konkrétnom úseku).

Intenzívne zrážky a záplavy z povrchového odtoku spôsobujú škody na majetku a prerušenie premávky mestskej hromadnej dopravy, resp. ohrozenie jej bezpečnosti (aj v prípade víchríc a pod.). Zraniteľnosť je vyššia pri električkách a trolejbusoch, ktoré premávajú iba tam, kde je prítomná potrebná infraštruktúra, čo sťažuje možnosť obchádzania napr. zatopených lokalít (okrem hybridných trolejbusov). V posledných rokoch boli počas intenzívnych zrážok opätovne zatopené cestné komunikácie (a električkové trate) v úsekoch: podjazd Bajkalská – Ružinovská, železničný podjazd Vajnorská ul., Račianska ul. – Vinohrady, Gagarinova, podjazd pod Prístavným mostom. Počas extrémnych úhrnov a zatopení týchto lokalít je krátkodobou zložitá zabezpečiť obsluhu týchto území mestskou hromadnou dopravou, v extrémnych prípadoch to po istý čas ani nie je možné.

V súvislosti s inými extrémami počasia, ako sú napríklad extrémny vietor alebo víchrice, sú niektoré oblasti často ohrozené padajúcimi stromami – napríklad Cesta mládeže v Bratislavskom lesoparku, ďalej v rámci intravilánu je to najmä Devínska cesta, prípadne ulice s alejami, kde dochádza ku škodám na trakčnom vedení.

3.7 Biodiverzita a lesné hospodárstvo, mestská zeleň

Zmena klímy spôsobuje globálne destabilizáciu prírodných a poloprírodných ekosystémov, ohrozenie spoločenstiev miestnej fauny a flóry, vrátane chránených druhov. Odhaduje sa, že ak bude objem skleníkových plynov v atmosfére narastať súčasným tempom, ku koncu storočia bude destabilizovaných až 70 % globálnych

ekosystémov. Druhy budú vymierať z dôvodu nevyhovujúcich stanovištných podmienok a neschopnosti adaptovať sa v tak krátkom čase na podmienky rýchlo meniacej sa klímy, zvyšujúcu sa chorobnosť a meniace sa fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy. V mestách možno očakávať najmä zvýšenie finančných nákladov na údržbu zelene, ako aj rastúce náklady na riešenie dôsledkov kalamít, sucha a požiarov, ktoré budú ohrozovať lesné porasty.

Zmena klímy prináša aj zmenu vektorov šírenia invázných druhov organizmov, rôznych druhov chorôb a škodcov nepôvodných druhov rastlín a živočíchov, zvlášť cudzokrajného hmyzu subtropického a tropického pôvodu, ktorý je v prípade infikovania schopný prenášať veľmi závažné druhy infekčných chorôb (vírus zika, západonílsky vírus, horúčka dengue, atď.). Ohrozenie živočíšnych druhov súvisí so zmenami až zánikom ich biotopov, prípadne sa zmenou podmienok pre zimnú hibernáciu. Hrozí tiež, že pôvodné druhy budú vytláčané nepôvodnými druhmi (napr. sršeň ázijský). Dostatok vody (tečúcej aj stojatej) je kľúčový aj pre miestne chránené druhy, napr. salamandru škvrnitú alebo raka riavového, ktorý má celoslovensky najvýznamnejší habitat práve na toku Vydrica v Bratislave.

Lesy v zóne dunajských lužných lesov a v zóne malokarpatských lesov bude ohrozovať hlavne **sucho** (v spojení s rastúcou priemernou teplotou vzduchu) a z dôvodu predpokladaného postupného nárastu výparu aj intenzívne zrážky. V súvislosti s týmito prejavmi zmeny klímy už dnes evidujeme narastajúci počet dní s rizikom vzniku **požiarov**, čo do istej miery ovplyvňuje aj niektoré aktivity návštevníkov napr. Mestského lesoparku (pozri tabuľku 3).

Tabuľka 3: Počet dní trvania zákalu kladenia ohňa na území Bratislavského lesoparku v dôsledku výstrah pre sucho vydaných HaZZ. (Zdroj: Mestské lesy Bratislava).

Dátum	Počet dní
10. 7. – 2. 8. 2023	24 dní
4. 7. – 26. 8. 2022	54 dní
10. 6. – 22. 7. 2021	50 dní
8. 4. – 15. 5. 2020	38 dní
26. 4. – 3. 5., 19.7. – 29. 7. 2019	17 dní
18. 6. – 22. 6., 1. 8. – 3. 9. 2018	34 dní
21. 6. – 28. 7., 3. 8. – 4. 9. 2017	71 dní

Rovnako už dnes pozorujeme v lesoch, ale aj na lúčnych spoločenstvách a pod. zmeny v druhovej skladbe. V lesoch ide o postupný posun vegetačných stupňov, rozširovanie nepôvodných a teplomilných invázných druhov (agát, pajaseň) a naopak chradnutie drevín, pre ktoré zmena klímy znamenajú vyšší stres a horšie podmienky na dormanciu v zimnom období. Sú to najmä ihličnany (smrek, borovica) a z listnatých druhov napr. gaštan. Bukom a dubom sa v okolí Bratislavy zatiaľ relatívne darí týmto zmenám odolávať. Podobný vplyv možno očakávať aj na nelesnú drevinovú vegetáciu s prechodom na stepné až lesostepné vegetačné spoločenstvá. Viac zraniteľnými sú hospodárske lesy v porovnaní s lesmi, kde sa spôsob hospodárenia orientuje na druhovú pestrosť s optimalizáciou štruktúry porastov blízkej prirodzeným lesom.

Častejšie periódy sucha v teplejšej polovici roka už dnes vyvolávajú potrebu zvýšenej starostlivosti o zeleň a zalievanie vegetačných prvkov v období nedostatku prirodzených zrážok. Počas chladnejšej polovice roka zase nastáva opačný extrém, keď pôda už nie je schopná absorbovať množstvo spadnutých zrážok a dochádza k podmáčaniu území. V zimných mesiacoch v dôsledku rýchlo topiaceho sa snehu nestíha premočená pôda

(niekedy aj čiastočne zamrznutá) dostatočne rýchlo absorbovať ďalšie množstvo vody, čo prispieva k častým vývratom stromov, či už v urbanizovanom prostredí, alebo v extraviláne mesta (často v kombinácii s vetrom). Prívalové zrážky môžu spôsobiť vodnú eróziu (napr. vinohrady, svahy Malých Karpát, Horský park) a poškodenie lesných ciest. V kontaktných pásmach s urbanizovaným prostredím môže táto zrážková voda (v kombinácii so zmývaním pôdy – blatom) spôsobovať aj škodu na majetku, poškodenie sadovnícky upravených plôch a tiež ochudobňovanie pôdneho substrátu o živiny, čo taktiež neprospieva mestskej zeleni.

Zraniteľnosť zelene v meste znásobuje aj jej vystavenie znečisteniu ovzdušia. Tento faktor pôsobí ako ďalší stresor spolu s vysokými podielmi spevnených povrchov. Pri kumulácii nepriaznivých faktorov a za ďalších nepriaznivých poveternostných podmienok, ako napr. extrémny vietor, ktorý spôsobuje škody na zeleni, vývraty stromov a na miestach, kde bude chýbať vegetačný kryt, možno očakávať zvyšovanie zraniteľnosti zelene v meste (napr. mestské časti Dúbravka, Devínska Nová Ves, Petržalka).

3.8 Odpadové hospodárstvo

Odpady

V dôsledku horúčav možno očakávať, že v letných mesiacoch bude z dlhodobého hľadiska potrebné častejšie zväžovať kuchynský bioodpad, ktorý pri vysokých teplotách podlieha rýchlejšiemu rozkladu. Kuchynský odpad produkovaný v letnom období má zároveň vyšší obsah vody, čo vedie k urýchleniu rozkladu a možnému vytekaniu obsahu z nádob. Pri extrémnych zmenách počasia, tak pri horúčavách, ako aj pri veľkom objeme zrážok, bude potrebné zabezpečovať častejšie zväžovanie odpadu, aby nedochádzalo

k zvýšenému zápachu alebo k úniku odpadov z nádob pri lokálnych záplavách z povrchového odtoku. V prípade silného vetra, ktorý bude spôsobovať aj škody na majetku, môžu vznikať problémy s odpadom v dôsledku nezaistených nádob na odpad. Zariadenie na energetické zhodnocovanie odpadov (ZEVO) v OLO a. s. Bratislava umožňuje mestu do istej miery udržiavať svoju odolnosť voči extrémom počasia a možnému výpadku elektrickej energie (tzv. black-out), keďže zariadenie samo pre svoje potreby produkuje teplo a elektrinu, takže v prípade výpadku elektrickej energie nie je jeho prevádzka ohrozená.

Odpadové vody

Z hľadiska vplyvu zmeny klímy na hospodárenie s odpadovými vodami a ich čistenie je potrebné vychádzať z hlavných predpokladov sprevádzajúcich očakávané zmeny klímy – nárast teplôt vzduchu, znižovanie objemu disponibilných zdrojov vody, zvýšená frekvencia prívalových dažďov. Systém kanalizácie mesta je rozdelený na tri nezávislé systémy: ľavobrežný, pravobrežný (petržalský) a kanalizačný systém v povodí Moravy. Každý z týchto čiastkových systémov má vlastnú ČOV. Kapacita ČOV je asi 414 tis. m³ odpadových vôd denne. Okrem komunálnych ČOV sú na území mesta priemyselné kanalizácie a ČOV, z ktorých najvýznamnejšie sú ČOV v rafinérii Slovnaft a. s., v bývalom chemickom podniku Istrochem a v automobilovom závode Volkswagen Slovakia a. s.

Za štandardných podmienok sú kanalizačná sieť a systém ČOV v meste dostatočné. Problematickým sa javí stav a perspektíva kapacity ČOV v Devínskej Novej Vsi, najmä s ohľadom na očakávanú výstavbu v západnej časti Bratislavy. Je potrebné prehodnotiť hodnoty očakávaných prívalových zrážok vo vzťahu ku kapacite existujúcej stokovej siete a prijať príslušné opatrenia. Kanalizačné siete majú významný investičný dlh z hľadiska obnovy. Ďalším závažným problémom

z hľadiska efektivity stokovej sústavy pri extrémnych zrážkach je jej zanášanie a potreba následného čistenia vpustov. V neposlednom rade sa v Bratislave nachádzajú v urbanizovanom území „zatrubnené“ vodné toky, pričom voda z nich je odvádzaná spolu s odpadovými vodami do ČOV. To následne zatažuje systémy kanalizácie a čistenia odpadových vôd, pričom táto voda má potenciál byť využitá udržateľnejším spôsobom priamo na miestach, ktorými preteká.

3.9 Zhrnutie

Vyššie popísané oblasti sú v rôznej miere zraniteľné, pričom miera ich ohrozenia prejavmi meniacej sa klímy bude s vysokou pravdepodobnosťou narastať vzhľadom na to, že aktuálny vývoj reprezentatívnych scenárov koncentrácií skleníkových plynov sa drží v hraniciach pesimistického scenára RCP 8.5 (IPCC). Inými slovami, je predpoklad, že budú narastať teplotné a zrážkové extrémny a taktiež bude vzrastať početnosť neočakávaných zmien počasia počas roka, čo sa bude prejavovať napríklad zmenou rozloženia zrážok počas roka, ktoré sa budú striedať s periódami sucha, budú častejšie zaznamenávané veľké teplotné rozdiely v krátkom čase, bude sa objavovať zvýšená intenzita a sila prúdenia vzduchu alebo zvýšené priemerné teploty ovzdušia v zimnom a letnom období. V dôsledku toho sa nevyhneme riziku hydrologického sucha, vln horúčav alebo požiarov. Zhrnutie miery zraniteľnosti vyššie popísaných sektorov, ktoré vyplynulo zo štruktúrovaných rozhovorov, uvádzame v tabuľke nižšie.

Tabuľka 4: Zhrnutie miery všeobecnej zraniteľnosti mesta podľa popísaných sektorov v podkapitolách 3.1 až 3.8.

Sektory	Klimatické hrozby			Iné extrémny počasie (vietor a i.)
	Teplotné extrémny a vlny horúčav	Zrážky (najmä prívalové)	Sucho	
Obyvateľstvo a zdravie	vysoké	vysoké	nízke	vysoké
Energetika	vysoké	nízke	nízke	vysoké
Krízové riadenie	vysoké	vysoké	vysoké	vysoké
Vodné zdroje a zásobovanie pitnou vodou	nízke	nízke	vysoké	nízke
Budovy	stredné	stredné/vysoké	nízke	nízke
Mestská hromadná doprava	vysoké	vysoké	nízke	vysoké
Biodiverzita, lesné hospodárstvo, mestská zeleň	vysoké	vysoké	vysoké	vysoké
Odpady	stredné	nízke	nízke	stredné
Odpadové vody	nízke	stredné/vysoké	nízke	nízke

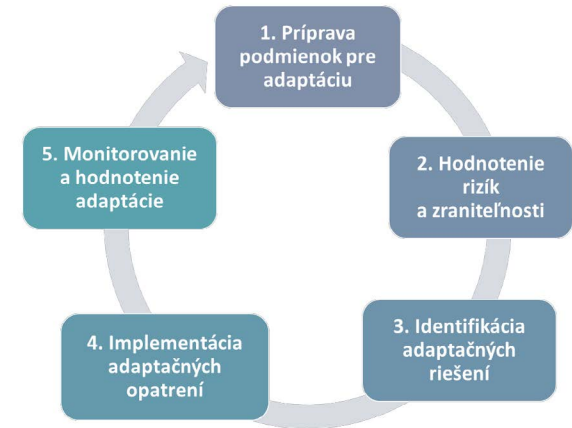
4. Hodnotenie zraniteľnosti a rizika na základe priestorových údajov pre horúčavy a intenzívne krátkodobé zrážky na vybrané oblasti

4.1 Úvod

Aby sa mesto mohlo stať odolnejším voči nepriaznivým dôsledkom zmeny klímy, musí realizovať efektívne **adaptačné (resp. adaptačno-mitigačné) opatrenia** s čo najväčším možným prínosom a zacielené do tých území, kde je to najviac potrebné. Podmienkou efektívnosti opatrení sú dostatočne podrobné informácie o tom, na aké prejavy zmeny klímy sa mestá majú adaptovať a kde sú najkritickejšie lokality. Užitočným nástrojom pre takéto účely je hodnotenie zraniteľnosti na základe rizík, ktoré prostredníctvom priestorových výstupov (máp) poukazuje na lokality, kde je mesto najviac citlivé alebo zraniteľné voči pôsobeniu napr. letných horúčav či prívalových zrážok. Rovnako však možno takýmto spôsobom vyjadriť, ktoré lokality sú najviac odolné, resp. „najpripravenejšie“ čeliť prejavom zmeny klímy a sú preto najmenej rizikové. Dôsledky zmeny klímy sa už dnes prejavujú aj v našich geografických podmienkach a budú vyžadovať významné ekonomické náklady na zmiernenie negatívnych dopadov efektívnou proaktívnou adaptáciou (pozri obrázok 5). *Národná stratégia adaptácie* (Ministerstvo životného prostredia SR,

2018) rozdeľuje adaptačné opatrenia do troch hlavných kategórií z hľadiska prístupu: sivé (infraštruktúrne technické zásady a stavebné zásady), zelené a modré (prírode blízke riešenia založené na ekosystémovom prístupe) a tzv. mierne neštruktúrne koncepcie (politiky a postupy, hospodárske stimuly a pod.).

Obrázok 5: Adaptačný cyklus podľa nástroja na adaptáciu Dohovoru primátorov a starostov (Zdroj: Stratégia adaptácie SR – aktualizácia, Ministerstvo životného prostredia SR, 2018).



V nasledujúcich podkapitolách prezentujeme zhodnotenie zraniteľnosti obyvateľov, budov a vybranej dopravnej infraštruktúry hlavného mesta SR Bratislavy na vybrané dôsledky zmeny klímy. Cieľom tohto vyhodnotenia bolo kvantifikovať a kombinovať ukazovatele zraniteľnosti územia mesta a posúdiť mieru expozície obyvateľov, dopravnej infraštruktúry a budov voči klimatickým hrozbám a následne vyjadriť mieru rizika, ktorú nepriaznivé dôsledky zmeny klímy predstavujú na území mesta.

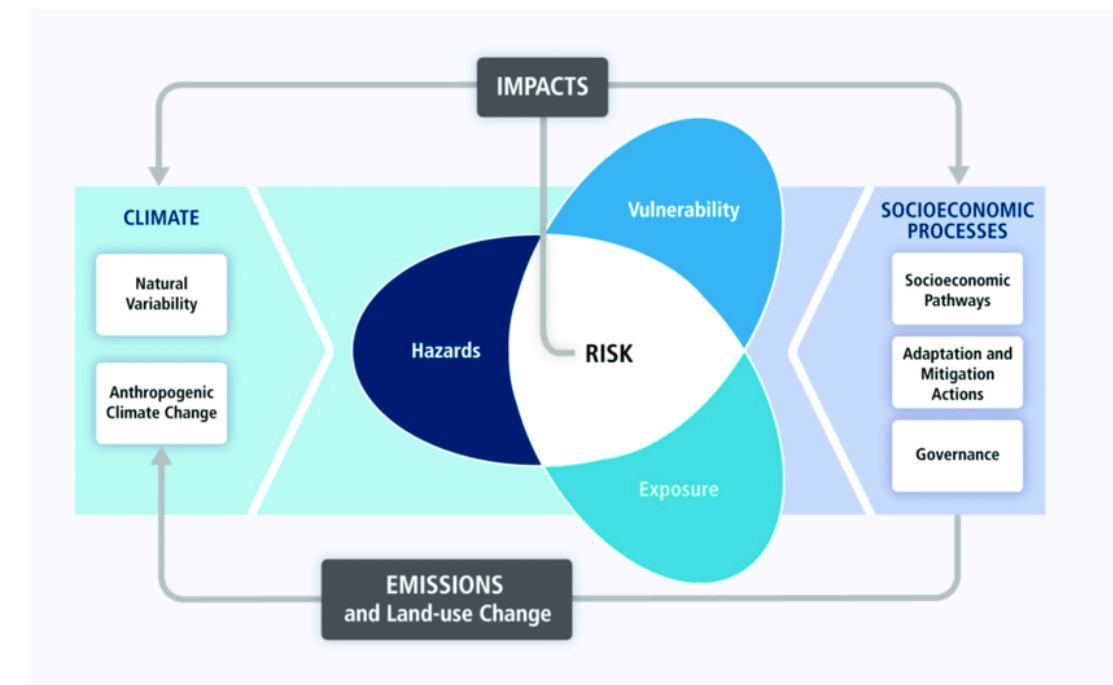
Priestorové hodnotenie zraniteľnosti a rizík je venované téme horúčav, letných teplotných extrémov a intenzívnych zrážok pre **obyvateľstvo, budovy a vybranú dopravnú infraštruktúru na území hlavného mesta SR Bratislavy**.

4.2 Metodický postup

Ako sa už spomínalo v kapitole metodický postup, hodnotenie zraniteľnosti má aj svoju mapovú (grafickú) časť. Pre územie HM SR Bratislavy bol pre hodnotenie zraniteľnosti použitý metodický postup známy pod skratkou IVAVIA (*Impact and Vulnerability Assessment of Vital Infrastructures and Built-up Areas*), ktorý vychádza z aktuálnych požiadaviek Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, AR 5). IVAVIA (Rome et al., 2018) bola vytvorená v rámci projektu Horizont 2020 **Mestá a infraštruktúra odolné voči zmene klímy (Climate Resilient Cities and Infrastructures – RESIN)**, v ktorom bolo HM SR Bratislava partnerom v rokoch 2015 – 2018. Tento metodický postup bol pre územie Bratislavy využitý aj v rámci zostavenia Atlasu hodnotenia zraniteľnosti a rizík na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území HM SR Bratislavy (Hlavné mesto SR Bratislava, 2020).

IVAVIA umožňuje stanoviť **intenzitu** nepriaznivých prejavov zmeny klímy na **exponovaný** systém (v tomto prípade mesto, jeho obyvateľstvo, infraštruktúru a pod.), čím vyjadruje **riziko** vyplývajúce z dopadov zmeny klímy (obr. 6). Zároveň umožňuje vyhodnotiť **zraniteľnosť** daného systému pozostávajúcu z jeho **citlivosti** na sledovaný nepriaznivý prejav zmeny klímy a **disponibilnú kapacitu systému vyrovnáť sa** s pôsobením nepriaznivého prejavu zmeny klímy v krátko- až strednodobom horizonte. Tento postup umožňuje **identifikáciu problematických lokalít** (tzv. *hot spotov* s najvyššou mierou zraniteľnosti alebo rizika), pre ktoré je nutné realizovať adaptačné opatrenia. Konceptuálny rámec IVAVIA je založený na prístupe k hodnoteniu, kde expozícia nie je súčasťou vyjadrenia zraniteľnosti, ale vstupuje spolu so zraniteľnosťou a hrozbou do vyhodnotenia rizika. Riziko je teda celkovým pohľadom na zraniteľnosť územia, na základe expozície (vystavenia) skúmaného systému a pôsobenia (klimatickej) hrozby. Ide teda o tzv. hodnotenie zraniteľnosti na základe rizík (risk-based vulnerability assessment) – pozri obrázok nižšie (Rome et al., 2018, Connelly et al., 2018, Petutschnig et al., 2023).

Obrázok 6: Ukážka konceptuálneho rámca pre hodnotenie zraniteľnosti na základe rizík v zmysle [IPCC AR5 \(2014\)](#). Zraniteľnosť vstupuje do hodnotenia rizika dôsledkov zmeny klímy, spolu s expozíciou a hrozbou. To ako sa spoločnosť postaví k riešeniu rizík zase môže opätovne ovplyvniť intenzitu hrozby alebo mieru zraniteľnosti (Connelly et al., 2018).

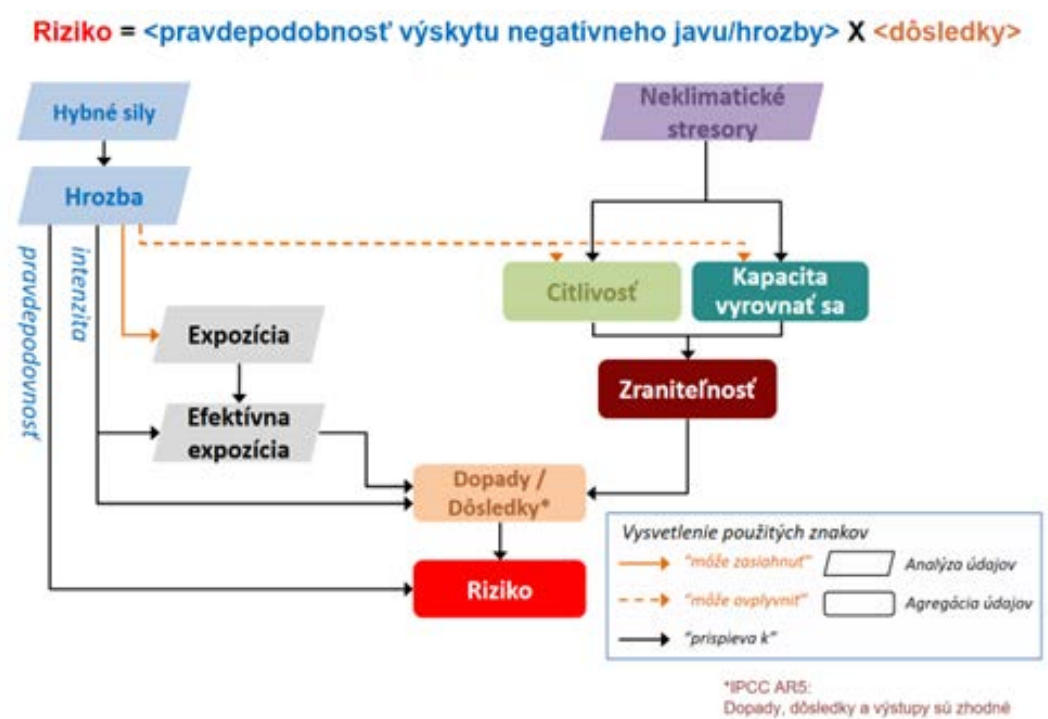


Metodický postup IVAVIA poskytuje návod, ako pripraviť, zhromaždiť a štruktúrovať údaje pre posúdenie zraniteľnosti na základe rizika a v konečnom kroku aj interpretovať a vhodne prezentovať výsledky. Skladá sa zo 7 krokov (modulov), ktoré vychádzajú z Príručky hodnotenia zraniteľnosti (Vulnerability Sourcebook, BMZ, 2014):

- **M0 – Výber hrozieb a hybných síl („spúšťačov“, z angl. drivers)**
- **M1 – Príprava hodnotenia zraniteľnosti**
- **M2 – Tvorba dopadových reťazcov (z angl. impact chains)**
- **M3 – Identifikácia a výber indikátorov**
- **M4 – Normalizácia, posúdenie významu (váženie) a agregácia (zskupenie) indikátorov**
- **M5 – Agregácia zložiek zraniteľnosti/rizík**
- **M6 – Prezentácia výstupov hodnotenia zraniteľnosti (napr. formou mapových výstupov, grafov a pod.).**

Moduly M0 až M2 predstavujú tzv. kvalitatívnu fázu hodnotenia. Ostatné moduly už predpokladajú dostupnosť kvantitatívnych údajov (databázových alebo priestorových). Kvalitatívnu fázu možno realizovať aj pomocou získania vstupov z participatívnych workshopov s odborníkmi z praxe. V roku 2021 preto boli realizované workshopy s **odborníkmi a odborníkmi z jednotlivých relevantných organizačných útvarov magistrátu a mestských organizácií, ako aj s odborníkmi z externého prostredia**. Ako kľúčové klimatické hrozby boli identifikované **vlny horúčav, pribúdajúce teplotné extrémny a krátkotrvajúce intenzívne zrážky**. Horúčavy boli diskutované aj s prepojením na sucho, avšak sucho napokon nie je predmetom tohto priestorového hodnotenia zraniteľnosti a rizík.

Obrázok 7: Schematické znázornenie súvislostí medzi hrozbami klimatickej zmeny (ich intenzitou a pravdepodobnosťou výskytu), mierou expozície a zraniteľnosti mesta a vznikom rizík, z ktorých sa odvodzujú dopadové reťazce v zmysle metodiky IVAVIA Zdroj: Rome et al., 2018.



Obrázok 8: Ukážky z workshopov realizovaných v roku 2021 venovaných aktualizácii hodnotenia zraniteľnosti pre potreby nového akčného plánu SECAP 2030 (MIB, 2021).



V súvislosti s týmito prejavmi boli ako kľúčové oblasti z hľadiska rizika počas workshopov diskutované: obyvateľstvo; a pokiaľ ide o zastavané územie, budovy a dopravná infraštruktúra (aj v súvislosti s MHD). V rámci workshopov boli pre tieto oblasti vytvorené tzv. **dopadové reťazce** („impact chains“), vďaka ktorým bolo možné spolu s účastníkmi workshopov rozvinúť tieto dopady (dôsledky) aj z hľadiska možných faktorov zraniteľnosti (citlivosti a disponibilnej kapacity) a expozície. Faktory citlivosti a disponibilnej kapacity sa môžu vzťahovať k zraniteľnej populácii, ale aj k rôznym sektorom v kompetencii mesta. Môžu byť demografického, socio-ekonomického charakteru alebo opisovať fyzické prostredie, environmentálne vlastnosti a limity územia.

Výstupy z týchto workshopov boli jedným z hlavných vstupov pre druhú fázu hodnotenia zraniteľnosti a rizík – tzv. **kvantitatívne hodnotenie na základe priestorových údajov**. Táto fáza je časovo náročnejšia, pretože je potrebné jednotlivé dopadové reťazce presnejšie určiť a nájsť vhodné zdroje priestorových údajov, ktorými budú dopadové reťazce reprezentované prostredníctvom indikátorov. Agregovanie týchto dát (indikátorov) bolo opakovane testované v prostredí GIS, aby bolo možné získať mapové výstupy pre citlivosť, disponibilnú kapacitu, zraniteľnosť, riziko, expozíciu a hrozbu. Údaje boli vyberané na základe viacerých **kritérií**, ako reprezentatívnosť a dostupnosť (periodicita, dobrá dostupnosť z hľadiska licenčných podmienok, podrobnosť a pod.), aktuálnosť, technická náročnosť opakovaného spracovania, pravdepodobnosť existencie dát a zdroja aj do budúcnosti a pod.

Posledným krokom metodického postupu bolo **znázorniť výsledky kvantitatívnej časti graficky, formou máp, ktoré vyjadrujú zraniteľnosť a riziká pre jednotlivé územia mestských častí s použitím zvolených indikátorov**. Agregácia indikátorov prebieha v zmysle schémy na obrázku 7 metódou

váženého aritmetického priemeru, pričom hodnoty každého indikátora sú pred agregáciou transformované na univerzálne normalizované hodnoty v intervale 0 až 1. Údaje použité pre jednotlivé indikátory boli spracované s podrobnosťou gridu (mriežky) 200 m x 200 m.

Výpočet zraniteľnosti a rizika je daný nasledovne (Rome et al., 2018):

$$\text{Zraniteľnosť} = (\text{Citlivosť} + (1 - \text{Disponibilná kapacita})) \div 2.$$

$$\text{Riziko} = (\text{Zraniteľnosť} + \text{Expozícia} + \text{Hrozba}) \div 3.$$

Mapové výstupy zobrazujú výsledky na stupnici rozdelennej do 5 pravidelných intervalov alebo tried: (0-0,2) veľmi nízka hodnota, (0,2 – 0,4) nízka hodnota, (0,4 – 0,6) priemerná hodnota, (0,6 – 0,8) vysoká hodnota, (0,8 – 1) veľmi vysoká hodnota.

V ďalších podkapitolách uvádzame zoznamy použitých indikátorov pre riziko, expozíciu, hrozbu a zraniteľnosť na horúčavy a intenzívne zrážky vo forme tabuliek. Výstupy sú vizualizované formou máp v podrobnosti gridu 200 m x 200 m. V závere podkapitoly uvádzame aj priemerné hodnoty pre riziko na území jednotlivých mestských častí Bratislavy tak pre intravilán, ako aj pre extravilán (grafy na obrázkoch 13 – 15).

4.3 Indikátory dopadových reťazcov a vyhodnotenie zraniteľnosti a rizík

Indikátory citlivosti
Indikátory citlivosti pozostávajú ako zo socio-ekonomických a demografických faktorov, tak aj z environmentálnych faktorov. Pre niektoré indikátory (príjmy domácností, zdravotný stav) neboli dostupné údaje v dostatočnej

podrobnosti, preto v konečnom dôsledku neboli zahrnuté do hodnotenia zraniteľnosti, ale boli použité aspoň významovo blízke indikátory (napr. v súvislosti s témou zdravia boli použité pobytové nemocničné zariadenia a sociálne zariadenia a údaje o počte poberateľov dávok v hmotnej núdzi). Väčšina využitých údajov pre indikátory k obyvateľstvu bola na úrovni základnej sídelnej jednotky, podrobnejšie údaje sa vzťahovali k mestskej časti alebo k adresnému bodu. Zoznam použitých indikátorov citlivosti pre tému horúčav a/alebo zrážok je nasledovný:

- Hustota nezamestnaných obyvateľov na rozlohu zastavaného územia základnej sídelnej jednotky (ZSJ). Indikátor bol odvodený z výsledkov celoštátneho Sčítania obyvateľov, domov a bytov (SODB) v roku 2021 len pre zastavané územie s prevládajúcou funkciou bývania. Zdroj údajov: Štatistický úrad SR, 2023, upravil MIB.
- Hustota obyvateľov v neproduktívnom veku na rozlohu zastavaného územia ZSJ. Indikátor bol odvodený z výsledkov celoštátneho Sčítania obyvateľov, domov a bytov (SODB) v roku 2021 len pre zastavané územie s prevládajúcou funkciou bývania. Zdroj údajov: Štatistický úrad SR, 2023, upravil MIB.
- Hustota poberateľov dávok v hmotnej núdzi na rozlohu zastavaného územia mestskej časti za rok 2022. Údaje sa vzťahujú iba na plochy zastavaného územia s prevládajúcou funkciou bývania. Zdroj: ÚPSVaR, 2024.
- Hustota objektov predškolských zariadení. Zdroj: Územný generel školstva (HM SR Bratislava, 2014, aktualizoval MIB, 2023).
- Hustota sociálnych a zdravotníckych zariadení (pobytových). Údaje boli pre sociálne zariadenia aktualizované na základe Registra sociálnych služieb Bratislavského samosprávneho kraja. Zdroje údajov: sú Územný generel sociálnej starostlivosti (HM SR Bratislava, 2014), Register sociálnych služieb BSK

(2024), Územný generel zdravotníctva (HM SR Bratislava, 2014).

- Počet zastavení liniek na zastávkach mestskej hromadnej dopravy za 24 hodín počas pracovného dňa. Indikátor pomáha vyjadriť intenzitu obsluhy mestskej hromadnej dopravy a je dostupný pre každú obsluhovanú zastávku. Použitý bol pre hodnotenie zraniteľnosti v súvislosti s dopravnou infraštruktúrou. Zdroj: DPB, a.s.
- Podiel nepriepustného povrchu. Indikátor vyjadruje podiel nepriepustnosti povrchov v %, inými slovami zobrazuje mieru „pečatenia“ pôdy v rozsahu 0-100 % v podrobnosti 10 m x 10 m. Zdroj údajov: Copernicus Land Monitoring Service (2018).
- Poľnohospodársky využívaná pôda z hľadiska miery pokrytia vegetáciou. Pre výpočet tohto indikátora boli využité satelitné snímky Sentinel-2 v rozlíšení 10 m x 10 m (august a september 2020, jún 2021) a vstupovali do neho poľnohospodársky využívané pôdy (trvalé trávne porasty, lúky, vinice, sady a orná pôda) (Nguyen et al., 2021). Zdroj údajov: Copernicus Open Access Hub (2021).
- Pamiatkovo chránené územia. Cieľom tohto indikátora bolo poukázať na oblasti, ktoré sa vyznačujú vysokou koncentráciou nehnuteľných kultúrnych pamiatok (resp. môže ísť aj o územie so skupinami významných archeologických nálezov a archeologických nálezísk územia v zmysle zákona o ochrane pamiatkového fondu NR SR č. 49/2002 Z. z. v znení neskorších predpisov), čo do istej miery obmedzuje výber aplikovateľných adaptačno-mitigačných opatrení.
- Územia s environmentálnymi záťažami vybraných registrov. Indikátor bol použitý v súvislosti s témou zraniteľnosti na zrážky, keďže sú to územia, ktoré pri intenzívnych zrážkach môžu negatívne vplývať na okolité krajinné zložky a prírodné zdroje. Často brzdia transformáciu urbanizovaného prostredia, a to najmä pre náročnosť sanácie. Využité boli iba registre pravdepodobné

(A) a potvrdené záťaže (B), a čiastočne sanované záťaže (AC, BC).

- Úroveň hladiny podzemnej vody (vrstva hladín podzemnej vody pod terénom). Úroveň podzemnej vody významne ovplyvňuje kapacitu infiltračnej schopnosti pôdy, najmä počas dlhšie trvajúcich zrážok (ak je jej úroveň vysoká) (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2017).
- Ohrozenie potenciálnou vodnou eróziou. Informácie o ohrození potenciálnou eróziou sú dostupné v Registri priestorových informácií MŽP SR (SAŽP, 2002). Vstupná dátová vrstva bola modifikovaná tak, aby neobsahovala lokality s hustým vegetačným krytom.
- Územia ohrozené zosuvmi. Údaj dostupný z Územného plánu hlavného mesta SR Bratislavy (2007) v znení zmien a doplnkov 01, 02, 03, 05, 06, 07, 08- ďalej len ako ÚPN (2007) v znení ZaD (2023).

Indikátory disponibilnej kapacity

Zahrňajú podobne ako citlivosť socio-ekonomické aj environmentálne faktory, ktoré sú významné z hľadiska témy horúčav alebo zrážok. Environmentálne faktory vyjadrujú kapacitu životného prostredia v krátkodobom a strednodobom horizonte znižovať zraniteľnosť obyvateľstva mesta, systémov či infraštruktúry voči prejavom zmeny klímy. Inými slovami, sú to tie charakteristiky životného prostredia, ktoré do značnej miery prispievajú k znižovaniu zraniteľnosti tým, že napríklad poskytujú ochladenie, umožňujú retenciu zrážkovej vody a iné dôležité ekosystémové služby. Ako indikátory disponibilnej kapacity boli pre tému horúčav a/alebo zrážok využité:

- Hustota obyvateľov v produktívnom veku a hustota obyvateľov s vysokoškolským vzdelaním. Oba indikátory sú vyjadrené na rozlohu zastavaného územia základnej sídelnej jednotky (SODB, 2021), zdrojom je Štatistický úrad SR (2022).
- Priemerný normalizovaný vegetačný index (NDVI). Ide o priemerný

normalizovaný vegetačný index pre snímky z vegetačného obdobia vybraných mesiacov 2021. Vypočítaný bol z verejne dostupných multispektrálnych satelitných snímok Sentinel-2 (Copernicus Open Access Hub, 2021). Vysoké hodnoty približne od 0,6 do 0,9 prislúchajú územiám s hustou vegetačnou pokrývkou, ako je napr. les alebo pestované poľnohospodárske plodiny v najintenzívnejšej fáze rastu, trvalé trávne porasty alebo zavlažované udržiavané trávnaté plochy (U. S. Geological Survey, 2015).

- Vodné toky a plochy. Vstupnými údajmi bola vrstva tokov a vodných plôch zo ZBGIS® Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (2019).
- Dostupnosť vodných plôch vhodných na kúpanie, kúpaliská a verejné plavárne. Vrstva vznikla aktualizáciou údajov z Územného generelu športu a rekreácie (Hlavné mesto SR Bratislava, 2009), doplnené boli novovzniknuté plavárne a prírodné vody vhodné na kúpanie. Indikátor vyjadruje mieru dostupnosti k týmto objektom/plochám do 5 000 m v desiatich kategóriách odstupňovaných po 500 m.
- Retenčná kapacita na základe priepustnosti pôd a využitia krajiny pokrývky. Indikátor predstavuje ekosystémovú službu modelovanú pomocou prostredníctvom nástroja InVEST – Urban flood risk mitigation tool (z angl. mitigácia rizika záplav v urbanizovanom prostredí), výstupom ktorého je kategorizácia retenčnej schopnosti územia na podklade mapy využitia krajiny pokrývky a retenčnej kapacity pôd. Ako vstupné dáta boli použité údaje z ÚPN (2007) v znení ZaD (2023), ZBGIS (ÚGKK, 2019), Územný generel zelene HM SR Bratislavy (2022), OpenStreetMap Contributors (2022) a Urban Atlas (Copernicus Land Monitoring Service, 2018), Atlas krajiny SR (SAŽP, 2002).



Priestorové rozlíšenie výstupných údajov je 2 m x 2 m (spracoval MIB, 2023).

- Počet osobných automobilov (Register fyzických osôb, 2021). Indikátor bol použitý v súvislosti s hodnotením zameraným na tému zrážok a dopravnej infraštruktúry.

Indikátory expozície

Expozícia vyjadruje mieru vystavenia skúmaného systému mesta alebo jeho populácie, či jej časti vybranej klimatickej hrozbe. Pre expozíciu na horúčavy a/alebo intenzívne zrážky boli použité nasledovné indikátory:

- Hustota populácie do 6 rokov a 65 a viac rokov (Register fyzických osôb, 2020).
- Topografický index vlhkosti. Ide o model, ktorý hodnotí sklon reliéfu, rozčleňuje územie na tzv. modifikované povodia, v ktorých detekuje množstvo akumulovanej vody v zmysle tenkej vrstvy. Index neberie do úvahy drsnosť povrchu (objekty ako budovy a iné prekážky na povrchu), krajinnú pokrývku ani možnosti odvádzania zrážkovej vody a pod. (Mattivi et al., 2019, Kelleher, McPhillips, 2019, Kim et al., 2019). Index pochádza zo súboru verejne dostupných nástrojov SAGA GIS, hlavným vstupom bol digitálny modely reliéfu (DMR) 3.5, s rozlíšením 10 m x 10 m (ÚGKK, 2021). Indikátor nemá za cieľ nahradiť hydrologické, resp. hydrologické modelovanie alebo modelovania povodňového rizika. Jeho súčasťou nie sú ani údaje o prítomnosti a kapacite kanalizačnej siete alebo vpustov.
- Rozloha obytných a ostatných budov. Zdrojom údajov bola mapa krajiny vytvorená MIB (2023) z dostupných zdrojov ako ÚPN (2007) v znení ZaD (2023), Informačný systém katastra nehnuteľností SR (ÚGKK, 2019), Urban atlas (Copernicus Land Monitoring Service, 2018).
- Dĺžka vybranej dopravnej infraštruktúry. Vybrané boli električkové trasy a cestné komunikácie (vybrané úseky diaľnic,

rýchlostných ciest, cesty 1. až 3. triedy, miestne komunikácie) a spevnené cyklotrasy, resp. cyklotrasy, ktoré sú súčasťou spomínaných ciest, bez mostov a nadjazdov. Zdroj údajov je OpenStreetMaps Contributors (2024).

Indikátory pre klimatickú hrozbu

Indikátory pre hrozbu zahŕňajú:

- Priemerná teplota povrchov podľa satelitných snímok obdobia 2018 – 2021 za mesiace jún až september. Podklad bol spracovaný ako priemer zo 6 snímok (U.S. Geological Survey/NASA Landsat 8 Program, 2021).
- Denný a nočný (mestský) tepelný ostrov, vyjadrený ako odchýlka teploty vzduchu od referenčnej hodnoty pre neurbanizované územie pre 15h poobede a 22h večer. Indikátor bol vytvorený pre Bratislavu využitím modelu MUKLIMO_3, ktorý bol vytvorený Nemeckou meteorologickou službou (Sievers, 2016) a bol použitý pri viacerých štúdiách slovenských miest (napr. Holec et al., 2019). Model vyjadruje vlnu horúčav z augusta 2015, ktorá kulminovala 13.8.2015 s maximálnou dennou teplotou 37,6 °C na meteorologickej stanici Bratislava – letisko. Mapová reprezentácia týchto modelov mestských tepelných ostrovov bola vytvorená na účely pripravovanej Štúdie s prognóznym zameraním na profilovanie Bratislavy ako odolného mesta 21. storočia (Holec, Bašta, 2024). Rozdiel medzi indikátorom mestského tepelného ostrova a teploty povrchov je, že prvý indikátor vyjadruje teplotu vzduchu v najnižších vrstvách atmosféry (troposféry) a druhý vyjadruje teplotu povrchov (budovy, parkoviská, komunikácie a pod.) vrátane živých zložiek prírodného prostredia (spravidla dosahujú nižšiu hodnotu).

- V súvislosti so zrážkami boli dva použité indikátory: rozloha záplavového územia Q100 (Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., 2015) a priemerný počet dní s úhrnom nad 20 mm za obdobie 1991 – 2020, zdrojom je SHMÚ (2023).

Podľa toho, pre aké tematické zameranie hodnotenia zraniteľnosti boli indikátory použité, sú rozdelené do troch tabuliek č. 5 až 7, kde sú uvádzané aj so zdrojmi údajov. Niektoré indikátory vstupovali aj do hodnotenia zraniteľnosti pre horúčavy a tiež aj pre intenzívne zrážky. Kým boli indikátory agregované do celkovej disponibilnej kapacity, citlivosti, expozície, hrozby, zraniteľnosti a rizika, boli vždy normalizované (pozri metodický postup v kapitole 4.2) a prevedené na podrobnosť 200 m x 200 m.

Tabuľka 5: Prehľad použitých indikátorov pre hodnotenie zraniteľnosti a rizika horúčav pre obyvateľstvo.

Komponenty zraniteľnosti		Kategória indikátora*	Názov indikátora	Zdroj dát	
RIZIKO	ZRANITEĽNOSŤ	CITLIVOSŤ	S	Hustota nezamestnaných obyvateľov na zastavané územie základnej sídelnej jednotky v ZSJ	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021. Štatistický úrad SR, 2023. Spracoval MIB (2023).
				Hustota poberateľov dávok v hmotnej núdzi na zastavané územie MČ	Úrad práce sociálnych vecí a rodiny (2023)
				Hustota objektov predškolských zariadení	Územný generel školstva hlavného mesta SR, 2014, aktualizoval MIB, 2022
				Hustota sociálnych a zdravotníckych zariadení (pobytových)	ÚPN (2007) v znení ZaD (2023), Register sociálnych služieb BSK, 2024
				Podiel nepriepustného povrchuŠtatistický úrad SR, 2023. Spracoval MIB (2023).	Copernicus Land Monitoring Service (2018)
		DISPONIBILNÁ KAPACITA	E	Poľnohospodársky využívaná pôda z hľadiska miery pokrytia vegetáciou	U.S. Geological Survey/NASA Landsat 8-9 Program, spracoval MIB, 2023
				Pamiatkovo chránené územia, ochranné pásma	Územný plán hlavného mesta SR Bratislavy (2007) v znení ZaD (2022).
			S	Hustota obyvateľov s najvyšším stupňom vzdelania (všetky úrovne vysokoškolského vzdelania) na zastavané územie ZSJ	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021. Štatistický úrad SR, 2023. Spracoval MIB (2023).
				Hustota obyvateľov v produktívnom veku na zastavané územie základnej sídelnej jednotky	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021. Štatistický úrad SR, 2023. Spracoval MIB (2023).
				Priemerný normalizovaný vegetačný index (NDVI) – hustota, kvalita vegetácie (vybrané mesiace za vegetačné obdobie 2021)	Copernicus Open Acces Hub, spracoval MIB (2022).
			E	Prítomnosť vodných tokov a plôch	ZBGIS® Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (2019), spracoval MIB, 2022.
				Dostupnosť prírodných vôd vhodných na kúpanie, verejných kúpalísk a plavární	ZBGIS® Úrad geodézie, kartografie a katastra SR (2019), Územný generel športu a rekreácie HM SR Bratislavy (2009), spracoval MIB, 2022.
	EXPOZÍCIA	Deti vo veku do 6 rokov a seniori vo veku 65 rokov a viac			Register fyzických osôb, 2020
HROZBA	nočný (mestský) tepelný ostrov modelovaný na základe vln horúčav z leta 2015			SHMÚ, spracoval MIB, 2024	
	denný (mestský) tepelný ostrov modelovaný na základe vln horúčav z leta 2015			SHMÚ, spracoval MIB, 2024	
	Priemerná teplota povrchov za mesiace jún – september 2018-2021 (denná)			USGS NASA Landsat 8-9 Program 2018 – 2021, spracoval MIB, 2022	

*S = spoločenské (socio-ekonomické, demografické, infraštruktúrne) indikátory, E = environmentálne indikátory a limity.

Tabuľka 6: Prehľad použitých indikátorov pre hodnotenie zraniteľnosti a rizika intenzívnych zrážok pre budovy.

Atribúty rizika		Komponenty zraniteľnosti	Kategória indikátora*	Názov indikátora	Zdroj dát	
RIZIKO	ZRANITEĽNOSŤ	CITLIVOSŤ	S	Hustota nezamestnaných obyvateľov na zastavané územie základnej sídelnej jednotky (ZSJ)	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).	
				Hustota obyvateľov v neproduktívnom veku na zastavané územie základnej sídelnej jednotky	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).	
				Hustota poberateľov dávok v hmotnej núdzi na zastavané územie MČ	ÚPSVaR (2023)	
				Priemerná úroveň hladiny podzem.vody v metroch	ŠGÚDŠ (2017), Register priestorových informácií Ministerstva životného prostredia SR	
			Územie ohrozené potenciálnou eróziou (bez vegetačného krytu)	Ministerstvo životného prostredia, Register priestorových informácií, spracoval MIB (2023)		
			E	Územia ohrozené zosuvmi	Územný plán hlavného mesta SR Bratislavy (2007) v znení ZaD (2023)	
				Podiel nepriepustných povrchov	Copernicus Land Monitoring Service (2018)	
				Počet environmentálnych záťaží (vybrané registre)	Ministerstvo životného prostredia (2023) spracoval Magistrát a MIB (2023)	
				Pamiatkovo chránené územia, ochranné pásma národných kultúrnych pamiatok (NKP)	Územný plán hlavného mesta SR Bratislavy (2007) v znení ZaD (2022)	
			DISPONIBILNÁ KAPACITA	S	Hustota obyvateľov v produktívnom veku na zastavané územie ZSJ	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).
		Hustota obyvateľov s najvyšším stupňom vzdelania (všetky úrovne vysokoškolského vzdelania) na zastavané územie ZSJ			Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).	
		E		Priemerná retenčná kapacita na základe priepustnosti pôd a využitia krajinnej pokrývky (ekosystémová služba)	ZBGIS® Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (2019), ÚPN (2007) v znení ZaD (2023), OpenStreetMap Contributors (2022) a Urban Atlas (Copernicus Land Monitoring Service, 2018), Atlas krajiny SR (SAŽP, 2002)., Územný generel zelene HM SR Bratislavy (2022), spracoval MIB (2023)	
				Priemerný normalizovaný vegetačný index (NDVI, 2021 – vybrané mesiace)	Copernicus Open Acces Hub, spracoval MIB (2022).	
		EXPOZÍCIA	Zastavanosť budovami primárne určenými na bývanie			
	Zastavanosť ostatnými budovami				Openstreetmap Contributors, ÚGKK (2023), spracoval MIB (2023).	
	Topografický index vlhkosti				ÚGKK (2019), spracoval MIB (2023)	
HROZBA	Rozloha záplavového územia Q100				Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. (2015)	
	Priemerný počet dní s úhrnom zrážok nad 20 mm za obdobie 1991 - 2020				SHMÚ (2023)	

*S = spoločenské (socio-ekonomické, demografické, infraštruktúrne) indikátory, E = environmentálne indikátory a limity.

Tabuľka 7: Prehľad indikátorov pre hodnotenie zraniteľnosti a rizika intenzívnych zrážok pre vybranú dopravnú infraštruktúru.

Atribúty rizika		Komponenty zraniteľnosti	Kategória indikátora*	Názov indikátora	Zdroj dát
RIZIKO	ZRANITELNOSŤ	CITLIVOSŤ	S	Hustota nezamestnaných obyvateľov na zastavané územie základnej sídelnej jednotky	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).
				Hustota obyvateľov v neproduktívnom veku na zastavané územie ZSJ	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).
				Hustota poberateľov dávok v hmotnej núdzi na zastavané územie MČ za rok 2022	ÚPSVaR (2023)
			Počet zastavení spojov na zastávkach mestskej hromadnej dopravy za 24 hod. (2023)	Dopravný podnik Bratislava a. s. (DPB a. s.), spracoval MIB (2023)	
			Úroveň hladiny podzemnej vody v metroch pod terénom	ŠGÚDŠ (2017), Register priestorových informácií Ministerstva životného prostredia SR	
		E	Územie ohrozené potenciálnou eróziou (iba územia bez vegetačného krytu)	Ministerstvo životného prostredia, Register priestorových informácií, spracoval MIB (2023)	
			Podiel nepriepustných povrchov	Copernicus Land Monitoring Service (2018)	
			Územia ohrozené zosuvmi	Územný plán hlavného mesta SR Bratislavy (2007) v znení ZaD (2023)	
			Pamiatkovo chránené územia, ochranné pásma národných kultúrnych pamiatok (NKP)	Územný plán hlavného mesta SR Bratislavy (2007) v znení ZaD (2022)	
			DISPONIBILNÁ KAPACITA	S	Hustota obyvateľov v produktívnom veku na zastavané územie ZSJ
	Hustota obyvateľov s najvyšším stupňom vzdelania (všetky úrovne vysokoškolského vzdelania) na zastavané územie ZSJ	Sčítanie obyvateľov, bytov a domov 2021, Štatistický úrad SR, spracoval MIB (2023).			
	Počet osobných automobilov	Register fyzických osôb (2020)			
	E	Retenčná kapacita na základe priepustnosti pôd a využitia krajinej pokrývky (ekosystémovú služba)		ZBGIS® Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (2019), PN (2007) v znení ZaD (2023), OpenStreetMap Contributors (2022) a Urban Atlas (Copernicus Land Monitoring Service, 2018), Atlas krajiny SR (2002)., Územný generel zelene HM SR Bratislavy (2022), spracoval MIB (2023)	
		Priemerný normalizovaný vegetačný index (NDVI) – hustota, kvalita vegetácie (za vybrané mesiace vegetačného obdobia 2021)		Copernicus Open Acces Hub, spracoval MIB (2022).	
	EXPOZÍCIA	Dĺžka vybranej dopravnej infraštruktúry (vybrané cestné komunikácie, električkové trate, cyklotrasy, bez mostov, nadjazdov)			Openstreetmaps Contributors (2023).
Topografický index vlhkosti			ÚGKK (2019), spracoval MIB (2023)		
HROZBA	Rozloha záplavového územia Q100			Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. (2015)	
	Priemerný počet dní s úhrnom zrážok nad 20 mm za obdobie 1991 - 2020			SHMÚ (2023)	

*S = spoločenské (socio-ekonomické, demografické, infraštruktúrne) indikátory, E = environmentálne indikátory a limity.

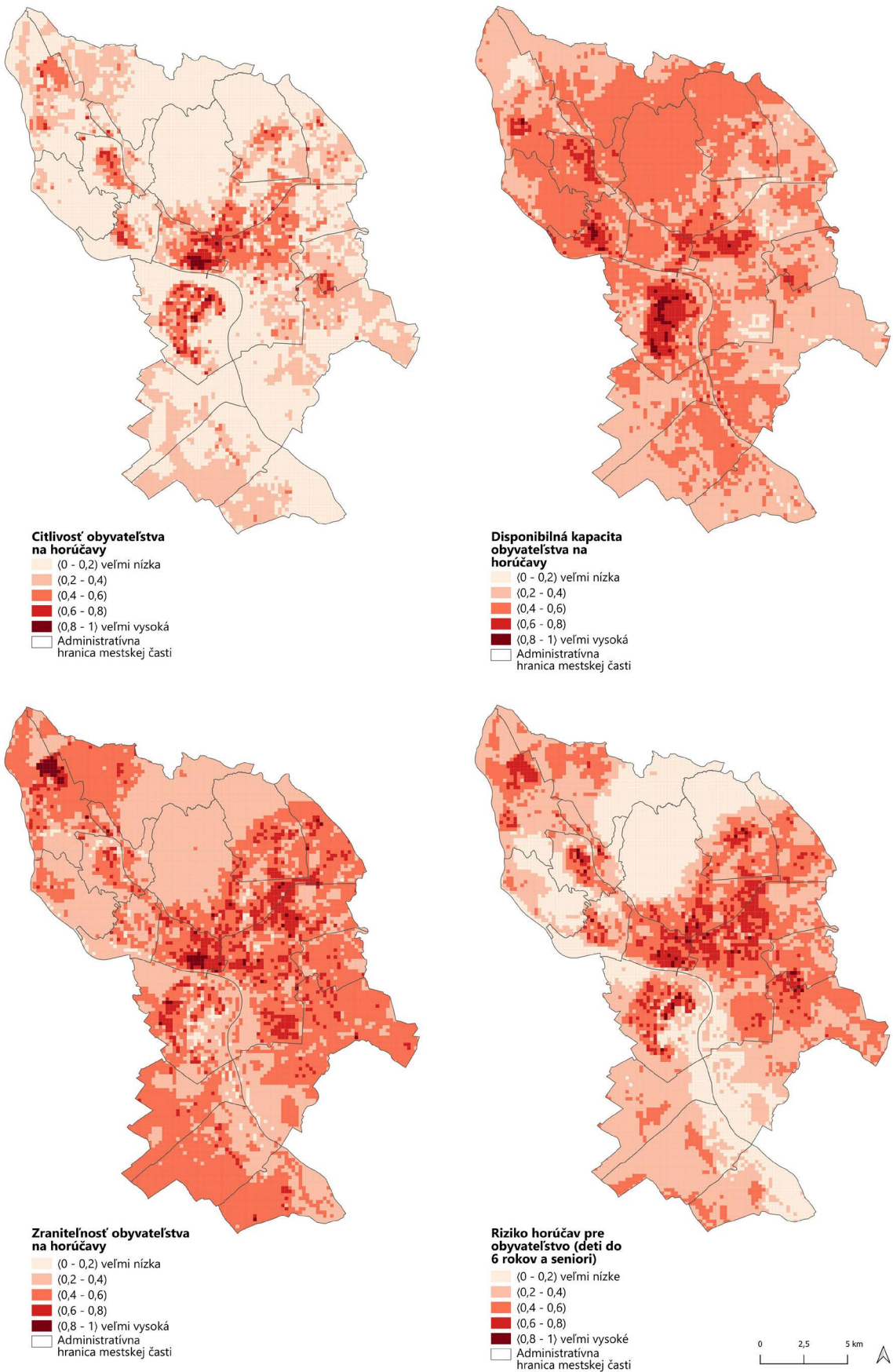
5. Hodnotenie zraniteľnosti a rizík pre dôsledky horúčav pre obyvateľstvo (deti a seniori)

Do hodnotenia zraniteľnosti a rizík vstupovali indikátory, ktoré sú uvedené v tabuľke 5. Do hodnotenia **citlivosti** vstupovali socio-ekonomické údaje o obyvateľstve a údaje o objektoch, ktoré sú využívané zraniteľnou populáciou a údaje environmentálneho charakteru. Snahou bolo mestskú populáciu charakterizovať priamo alebo nepriamo (s využitím tzv. významovo blízkych indikátorov) a následne vyhodnotiť riziko už iba pre exponovanú časť mestskej populácie, ktorou sú pre účel tohto hodnotenia deti do 6 rokov a seniori 65 a viac rokov. Do citlivosti boli zaradené aj environmentálne indikátory: poľnohospodárska pôda bez dostatočného vegetačného krytu počas vybraných letných mesiacov, podiel spevnených povrchov (zahŕňa ako budovy, tak aj komunikácie a všetky spevnené plochy), ale aj prítomnosť území pamiatkovej ochrany, keďže pre tieto územia sú charakteristické obmedzenia pre výber aplikovateľných adaptačno-mitigačných opatrení. Z hľadiska horúčav sa citlivosť územia prejavuje najmä v zastavanom území mesta, najviac na území mestskej časti Bratislava – Staré Mesto, v širšom centre mesta s presahom do mestských častí Bratislava – Nové Mesto a Ružinov. V extraviláne je výrazne citlivejšou poľnohospodársky využívaná krajina (pozri obrázok 9 nižšie).

Kapacita zelenomodrej infraštruktúry poskytovať rôzne ekosystémové služby je z hľadiska disponibilnej kapacity a odolnosti prostredia na horúčavy kľúčová. Pre stanovenie **disponibilnej kapacity** územia boli využité aj údaje o miestach poskytujúcich ochladenie (verejné plavárne,

kúpaliská, prírodné vody využívané na kúpanie). Okrem údajov o fyzickom prostredí boli v rámci disponibilnej kapacity mesta využité aj socio-ekonomické údaje o obyvateľstve. Disponibilná kapacita je najvyššia práve v územiach, kde dosahujú environmentálne indikátory vysoké hodnoty – najmä v extraviláne mesta, ale aj v niektorých častiach mesta, kde sú priaznivé hodnoty sledovaných socioekonomických ukazovateľov. Všetky indikátory boli prevedené na mriežku (grid) 200 m x 200 m, znormalizované a následne bola agregáciou stanovená **zraniteľnosť** územia. Mapové výstupy z hodnotenia zobrazuje obrázok 9. Z obrázku je evidentné, že oblasti so zraniteľnosťou sú prítomné ako v intraviláne, tak aj v extraviláne mesta. V intraviláne sú to najmä oblasti s vysokou koncentráciou citlivej populácie a s vysokým podielom spevnených plôch a naopak, s nízkym podielom ochladzujúcich prvkov, či už vegetačných alebo vodných, alebo sú to lokality so slabou dostupnosťou infraštruktúry, ktorá poskytuje ochladenie. Z hľadiska katastrálnych území sú najviac zraniteľné Bratislava – Staré Mesto, čiastočne aj Bratislava – Ružinov a juhozápadný segment mestskej časti Bratislava – Nové Mesto. Zraniteľné nie sú len oblasti v zastavanom území mesta, ale aj oblasti v extraviláne s nedostatkom vegetácie, ako napr. poľnohospodársky využívaná pôda, ktorá nie je pokrytá vegetáciou (po zbere úrody), alebo lokality, kde je vysoký podiel spevnených povrchov (plochy dopravy, väčšie stavby). Ďalej sa k najviac zraniteľným lokalitám radia aj oblasti s priemyselným využitím, oblasti s nákupnými centrami a skladovými halami, napr. v mestskej časti Bratislava – Devínska Nová Ves, Bratislava – Podunajské Biskupice.

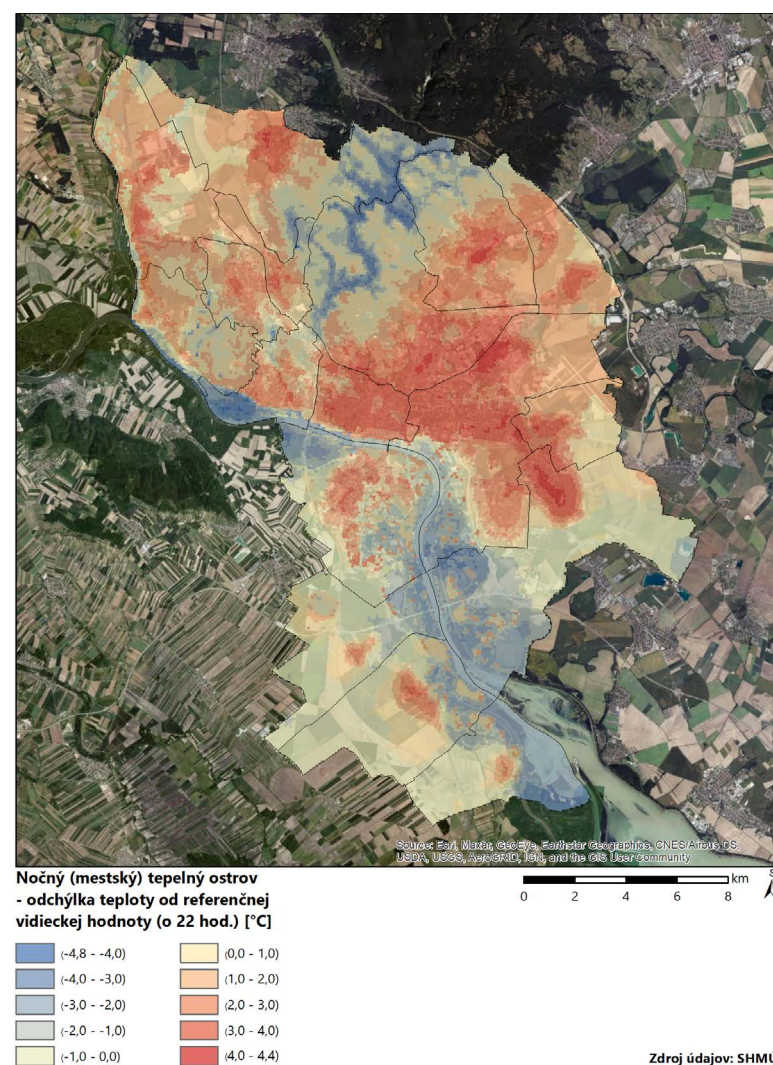
Obrázok 9: Mapy znázorňujú zraniteľnosť obyvateľstva na horúčavy (vytvorené agregáciou citlivosti a disponibilnej kapacity) a rizika horúčav pre deti vo veku do 6 rokov a seniorov vo veku 65 a viac rokov (vytvorené agregáciou zraniteľnosti, expozície a hrozby) na území mesta Bratislava. Spracoval MIB (2024) na základe údajov zo zdrojov uvedených v tabuľke 5.



Z hľadiska **ohrozenia** územia nepriaznivými prejavmi zmeny klímy („hrozba“) bol využitý model mestského tepelného ostrova (deň aj noc) charakterizujúci vlnu horúčav z leta v roku 2015, ktorá bola extrémna z hľadiska denných maxím, ako aj počtu dní trvania. Údaje charakterizujúce túto vlnu horúčav boli spracované v rámci štúdie s prognostickým zameraním na oblasť životného prostredia, ktorú pripravuje Metropolitný inštitút Bratislavy (MIB, 2024). Taktiež bol použitý údaj o priemernej letnej teplote krajiny pokrývky zo satelitných snímok za obdobie 2018 – 2021. Tepelný ostrov nad mestom vo večerných hodinách je zobrazený na

obrázku 10 a rozprestiera sa takmer nad celým zastavaným územím mesta, pričom najchladnejšie územia sú v dolinách Malých Karpát. Do zostavenia mapy **expozície** vstupoval indikátor o exponovanej časti populácie z hľadiska veku – počet osôb vo veku 6 rokov a 65 rokov a viac (Register fyzických osôb, 2021). Z hľadiska expozície je samozrejme najviac exponované zastavané územie práve z dôvodu koncentrácie seniorov a detí. Ako najviac exponované sa javia plochy na území MČ Bratislava – Petržalka, ale aj lokality v mestských častiach Bratislava – Vrakuňa, Ružinov, Karlova Ves a Dúbravka.

Obrázok 10: Tepelný ostrov mesta o 22. hodine (Holec, Bašta, 2024). Model tepelného ostrova vyjadruje vlnu horúčav z augusta 2015, ktorá kulminovala 13.8.2015 s maximálnou dennou teplotou 37,6 °C na stanici Bratislava-letisko. Z obrázku je zrejma vyššia odchýlka teploty v urbanizovanom prostredí oproti chladnejším plochám zeleno-modrej infraštruktúry. Rozdiel medzi indikátorom mestského tepelného ostrova a teplotou povrchov je, že prvý indikátor vyjadruje teplotu vzduchu v najnižších vrstvách atmosféry (troposféry) a rozprestiera sa tak na väčšine silno urbanizovaného územia.



Agregáciou zraniteľnosti, expozície a hrozby v podrobnosti 200 m x 200 m sme určili výslednú mieru **rizika** horúčav pre obyvateľov z hľadiska vybraných vekových skupín (deti do 6 rokov a seniori vo veku 65 rokov a viac) (obrázok 9). Ako najviac rizikové sa na mape javí väčšina centra mesta (MČ Bratislava – Staré Mesto) a širšie centrum mesta s presahom do mestských častí Bratislava – Ružinov, Nové Mesto, Podunajské Biskupice. Na druhom brehu Dunaja je to západný segment zastavaného územia v mestskej časti Bratislava-Petržalka. Ako rizikové sa javia aj menšie plochy v rámci zastavaného územia mestských častí Bratislava – Rača a Dúbravka. V najvyššom stupni rizika je iba 0,5 % územia, v druhom najvyššom necelých 7 %. V treťom stupni rizika je približne 26 % územia, ktoré sa do veľkej miery prekrýva s intravilánom mesta.

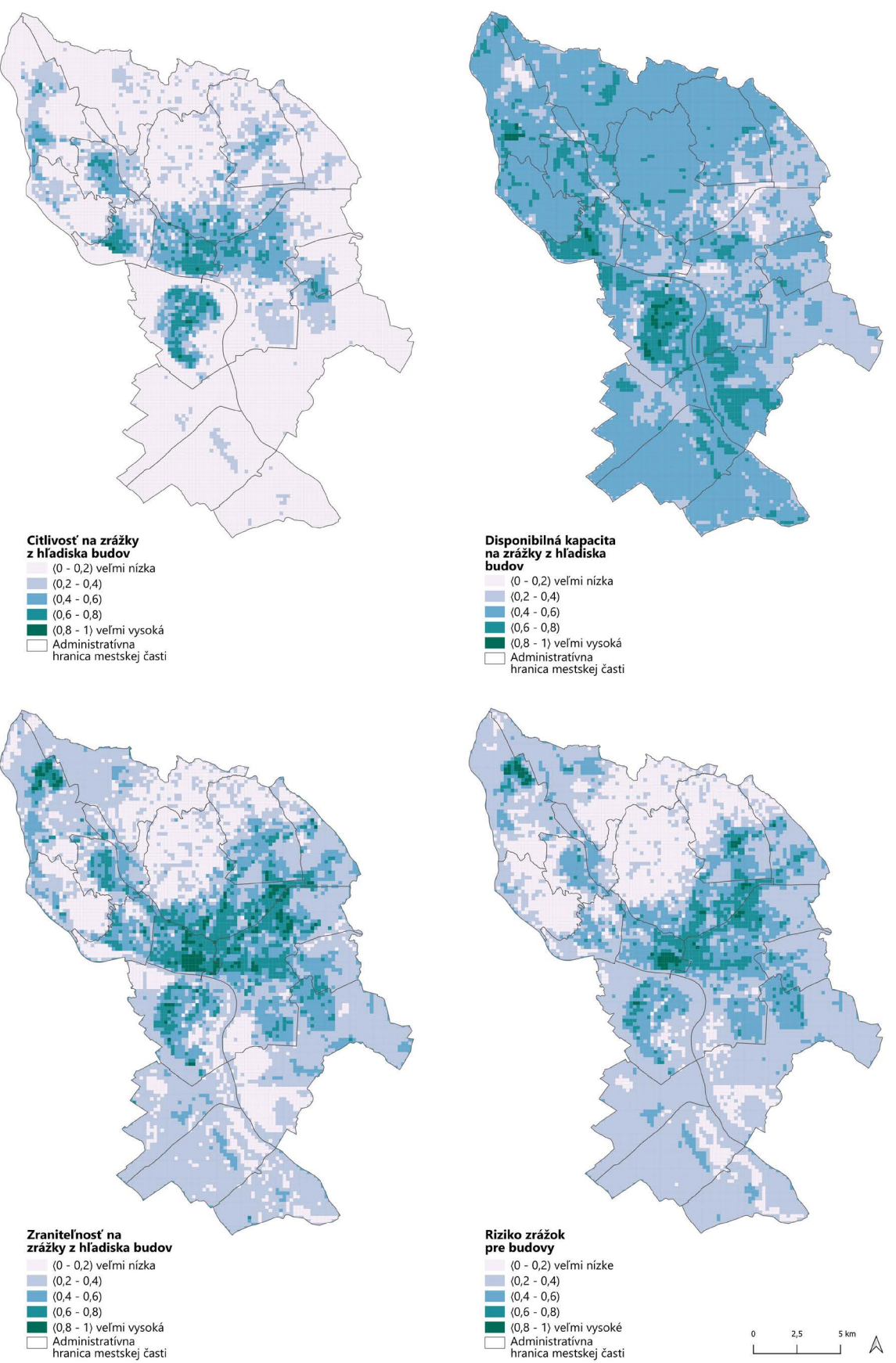
6. Hodnotenie zraniteľnosti a rizík pre dôsledky intenzívnych zrážok na budovy

Do hodnotenia vstupovali indikátory, ktoré sú uvedené v tabuľke 6. Do **citlivosti** vstupovali podobne ako pri horúčavách indikátory demografického a socio-ekonomického charakteru. Z hľadiska environmentálnych indikátorov boli využité údaje o krajinej pokrývke, ktoré súvisia so zraniteľnosťou krajiny na intenzívne zrážky, ako je podiel nepriepustných povrchov, úroveň podzemnej vody a rizikové oblasti ako územia ohrozené zosuvmi, pamiatkovo chránené územia, prítomnosť environmentálnych záťaží a ohrozenie eróziou a zosuvmi. Najviac citlivé je opäť centrum mesta a širšie centrum, časť územia mestskej časti Bratislava – Karlova Ves (Dlhé Diely), ako aj mestská časť Bratislava – Petržalka. Z hľadiska disponibilnej kapacity sa však mestská časť Bratislava – Petržalka vyznačuje skôr

vysokými pozitívnymi hodnotami, práve kvôli socio-ekonomickým ukazovateľom. Pri environmentálnych faktoroch **disponibilnej kapacity** sme sa zamerali na tie, ktoré vo výraznej miere ovplyvňujú infiltračnú schopnosť v území v pozitívnom smere. Bol vytvorený indikátor retenčnej kapacity územia (ekosystémová služba) vrátane priepustnosti pôd. Do hodnotenia vstupoval aj priemerný normalizovaný vegetačný index (hustota vegetačnej pokrývky). Vysokými hodnotami disponibilnej kapacity mimo zastavané územie sa prejavujú najmä lužné lesy, ako aj ostatné miesta s hustým vegetačným krytom a stromovou vegetáciou.

Na základe stanovenia citlivosti a disponibilnej kapacity bolo možné vyjadriť zraniteľnosť (obrázok 11). Z hľadiska budov sú pochopiteľne najviac **zraniteľné** oblasti charakteristické vysokou koncentráciou zraniteľného obyvateľstva, vysokou mierou urbanizácie a nízkou hodnotou faktorov podporujúcich zadržiavanie vody v území. K najviac zraniteľným oblastiam patria najmä Bratislava – Staré Mesto (historické centrum), širšie centrum, Bratislava – Ružinov, čiastočne aj Bratislava – Nové Mesto.

Obrázok 11: Mapové vyjadrenie hodnotenia zraniteľnosti (vrátane citlivosti a disponibilnej kapacity) a rizika (vrátane expozície a hrozby) intenzívnych zrážok pre budovy na území HM SR Bratislavy. Spracoval MIB (2024) na základe údajov zo zdrojov uvedených v tabuľke 6.



Pre **expozíciu** boli agregované údaje o polohe a koncentrácii budov (obytných a ostatných) a tzv. topografický index vlhkosti, ktorý vychádza zo sklonu reliéfu a približne určuje lokality, v ktorých pri splnení vhodných podmienok (napr. vysoká nepriepustnosť povrchov) môže v istých lokalitách dôjsť k akumulácii zrážkovej vody (indikátor nemá za cieľ nahradiť hydrologické modelovanie alebo modelovanie povodňového rizika). Vyššie hodnoty expozície sú sústredené aj v historickom centre mesta, širšom centre mesta a v mestskej časti Bratislava – Ružinov (miestne časti Nivy a Trnávka), ako aj v priemyselnej oblasti MČ Bratislava – Devínska Nová Ves. Z hľadiska **hrozby** boli využité údaje o výskyte intenzívnych zrážok v regióne a dostupné údaje o prítomnosti záplavových území Q100, ktoré sa na území mesta týkajú najmä lokalít na úpätí Malých Karpát (SVP, š. p., 2015, SHMÚ, 2023).

Pomocou agregácie zraniteľnosti, expozície a hrozby bolo možné stanoviť **riziko** zrážok z hľadiska expozície budov na území mesta Bratislava (obrázok 11). Z hľadiska **rizika** dosahujú vyššie hodnoty okrem MČ Bratislava – Staré Mesto a Bratislava – Ružinov čiastočne aj oblasti v MČ Bratislava – Rača a ojedinele menšie lokality v rámci MČ Bratislava – Petržalka alebo Bratislava – Devínska Nová Ves. Z hľadiska rozdelenia podľa prevládajúceho spôsobu využitia územia sú plošne významné rozdiely zrejme najmä v lokalitách, v ktorých prevláda priemyselné využitie a koncentrujú sa plochy občianskej vybavenosti. Tu riziko dosahuje veľmi podobné hodnoty ako v centre mesta. Riziko v najvyššom stupni pokrýva približne necelé 1 % katastrálneho územia hlavného mesta, v druhom najvyššom stupni je to necelých 6 %, v treťom stupni je to približne 18 %. Väčšina územia Bratislavy sa nachádza v stupni s nízkym a veľmi nízkym rizikom.

7. Hodnotenie zraniteľnosti a rizík pre dôsledky intenzívnych zrážok na vybranú dopravnú infraštruktúru

Do hodnotenia vstupovalo celkovo 18 indikátorov, ktoré sú uvedené v tabuľke 7. Toto hodnotenie prepája dve témy: ohrozenie dopravnej infraštruktúry zrážkami (a z toho vyplývajúce obmedzenie premávky) a obsluha mestskou hromadnou dopravou. Avšak dopravná infraštruktúra má na území mesta rôzne skupiny užívateľov. Preto boli v hodnotení zraniteľnosti ponechané aj socio-ekonomické údaje a zároveň boli doplnené údaje súvisiace s témou dopravy. Do **citlivosti** bol doplnený jeden indikátor – počet zastavení liniek na zastávkach MHD, ako proxy indikátor pre dopyt po mestskej hromadnej doprave. Pre **disponibilnú kapacitu** (obrázok 12) bol využitý aj údaj o počte osobných automobilov (200 m x 200 m). V rámci environmentálnej citlivosti boli použité podobné indikátory ako pri téme budov, avšak vynechaný bol indikátor venovaný environmentálnym záťažiam.

Zraniteľnosť (získaná agregáciou citlivosti a disponibilnej kapacity) je v súvislosti s použitými indikátormi citlivosti a disponibilnej kapacity koncentrovaná v zastavanom území mesta najmä v centre mesta, podobne ako je to pri téme budov a zrážok. Vyššie hodnoty dosahuje aj v územiach, ktorými prechádzajú dopravné radiály a čiastočne aj v niektorých lokalitách v západnom segmente katastrálneho územia Petržalky (pozri obrázok 12).

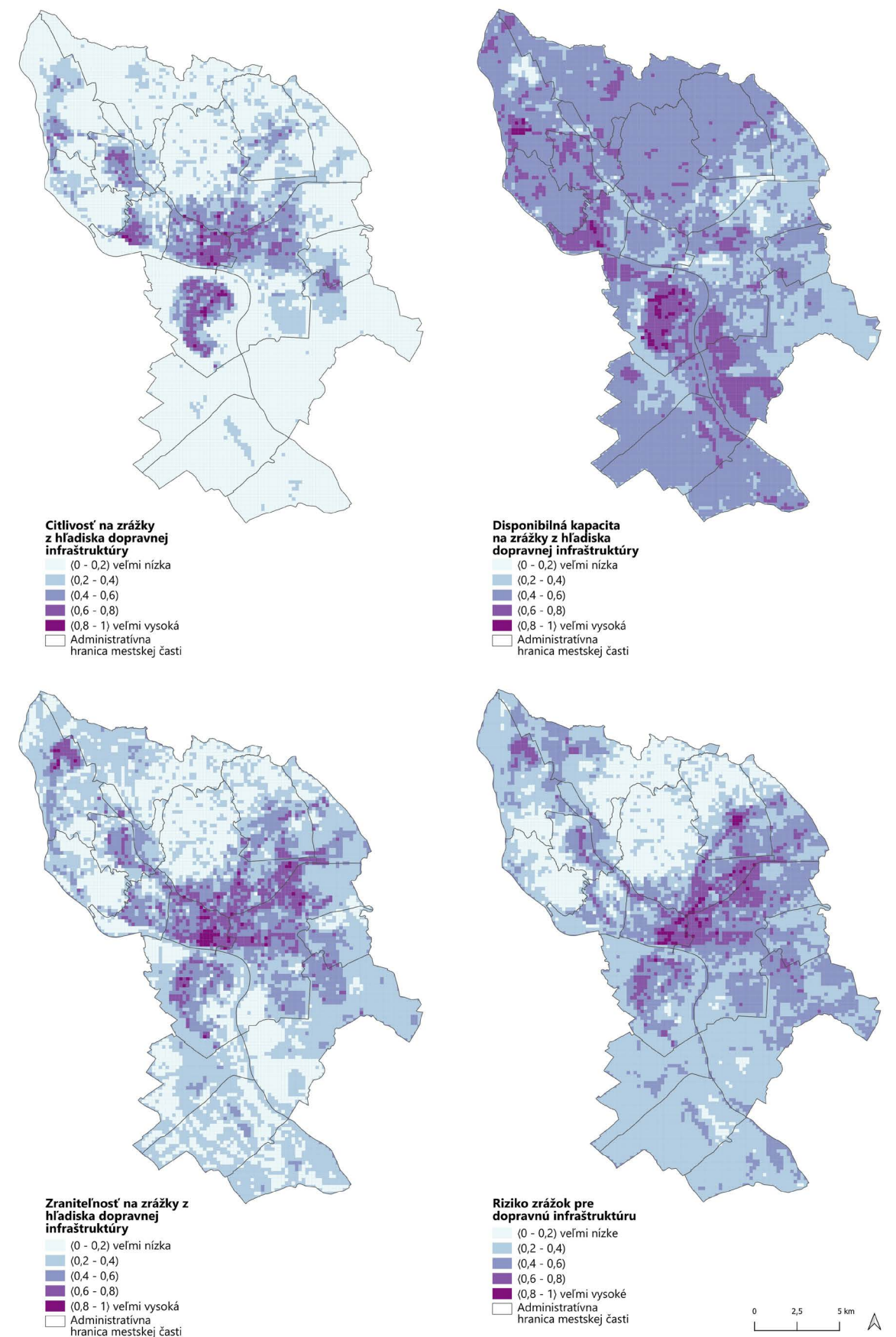
Pre **expozíciu** bol okrem topografického indexu vlhkosti do hodnotenia zahrnutý aj údaj o prítomnosti vybraných foriem dopravnej infraštruktúry (cestné komunikácie



bez úsekov mostov a nadjazdov, električkové trate, cyklotrasy). K viac exponovaným územiám patria aj často zatápané lokality, v ktorých dochádzalo v minulosti v súvislosti s privalovými dažďami opakovane k prerušeniu obsluhy MHD. Sú to najmä úseky cestných komunikácií a aj električkových tratí v lokalitách: podjazd Bajkalská – Ružinovská, železničný podjazd Vajnorská ul., Račianska ul., podjazd pod Prístavným mostom a na Gagarinovej ulici. Indikátory hrozby sú identické ako v prípade budov (pozri predchádzajúcu podkapitolu 7), preto ich tu detailne opäť neuvádzame.

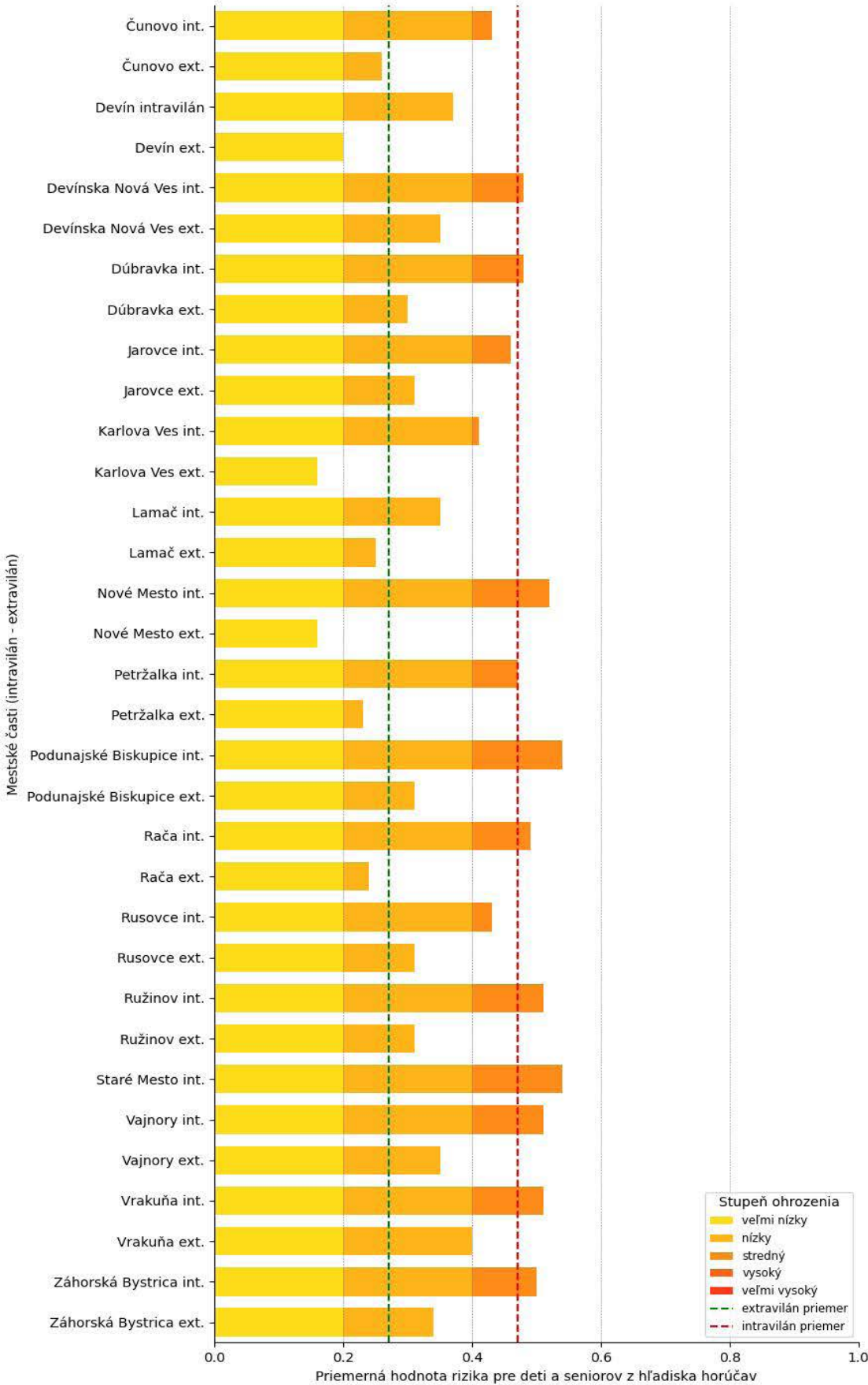
Agregáciou zraniteľnosti, expozície a hrozby vznikla mapa **rizika** intenzívnych zrážok pre vybranú dopravnú infraštruktúru (obrázok 12), ktorá v rámci urbanizovaného územia indikuje vyššie riziko na území širšieho centra mesta, ďalej na území mestskej časti Ružinov – najmä v lokalitách, kde sa koncentrujú funkcie ako skladovanie, občianska vybavenosť (vysoký podiel spevnených povrchov a komunikácií). Sú to územia v okolí Galvaniho ulice a Rožňavskej ulice, Vajnorskej ulice a Starej Vajnorskej a lokality, kde v minulosti prichádzalo k spomaleniu dopravy pri intenzívnych krátkodobých zrážkach – v mestských častiach Bratislava – Rača (v smere od ŽST Vinohrady), pozdĺž radiály na území MČ Bratislava – Rača, Nová Rača, širšie centrum Starého Mesta (Zochova ulica a čiastočne aj Bajkalská ulica, Ružinovská ulica). V najvyššom stupni rizika je 0,6 % územia a v druhom najvyššom sa nachádza 6,6 % z celkovej rozlohy územia mesta.

Obrázok 12: Mapy vyjadrujú hodnotenie zraniteľnosti na zrážky (vrátane citlivosti, disponibilnej kapacity) a rizika intenzívnych zrážok pre vybranú dopravnú infraštruktúru (na základe zraniteľnosti, expozície a hrozby). Spracoval MIB (2024) na základe údajov zo zdrojov uvedených v tabuľke 7.

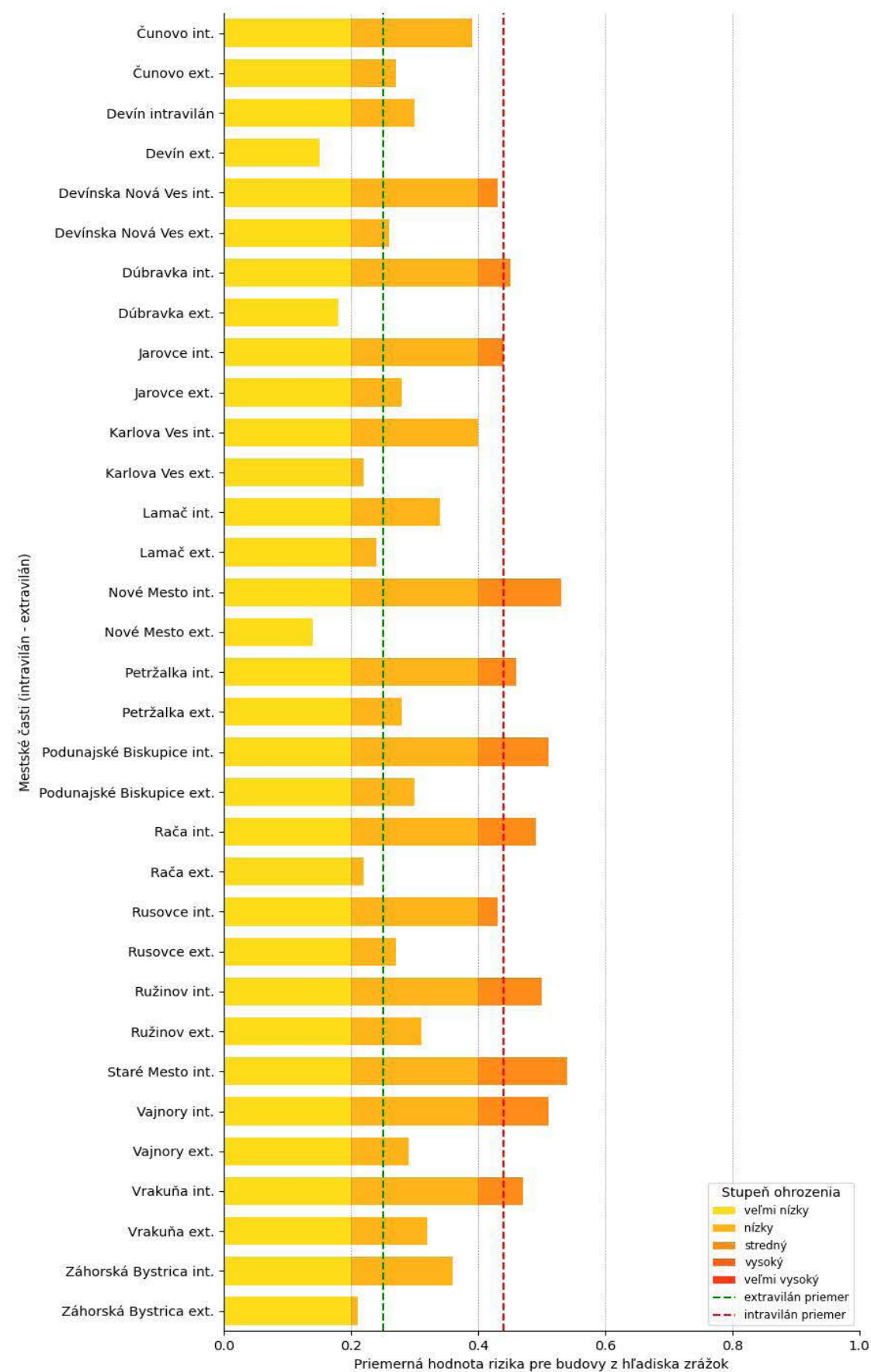


Všetky tri hodnotenia rizík sú vizualizované aj pomocou grafov na obrázkoch 13 až 15. Vyjadrujú priemernú hodnotu rizika pre každú mestskú časť v jej extraviláne a intraviláne. Toto rozdelenie bolo zvolené z toho dôvodu, že katastrálne územia sú veľmi heterogénne, čo sa týka podielu prírodného zázemia. Ak by sme porovnávali mestské časti iba podľa priemernej hodnoty na celé katastrálne územie, táto skutočnosť by výsledky skresľovala najmä v prospech tých mestských častí, ktoré majú na svojom území značný podiel prírodnej krajiny, aj keď v zastavanom území môžu dosahovať výrazne vysoké hodnoty rizika.

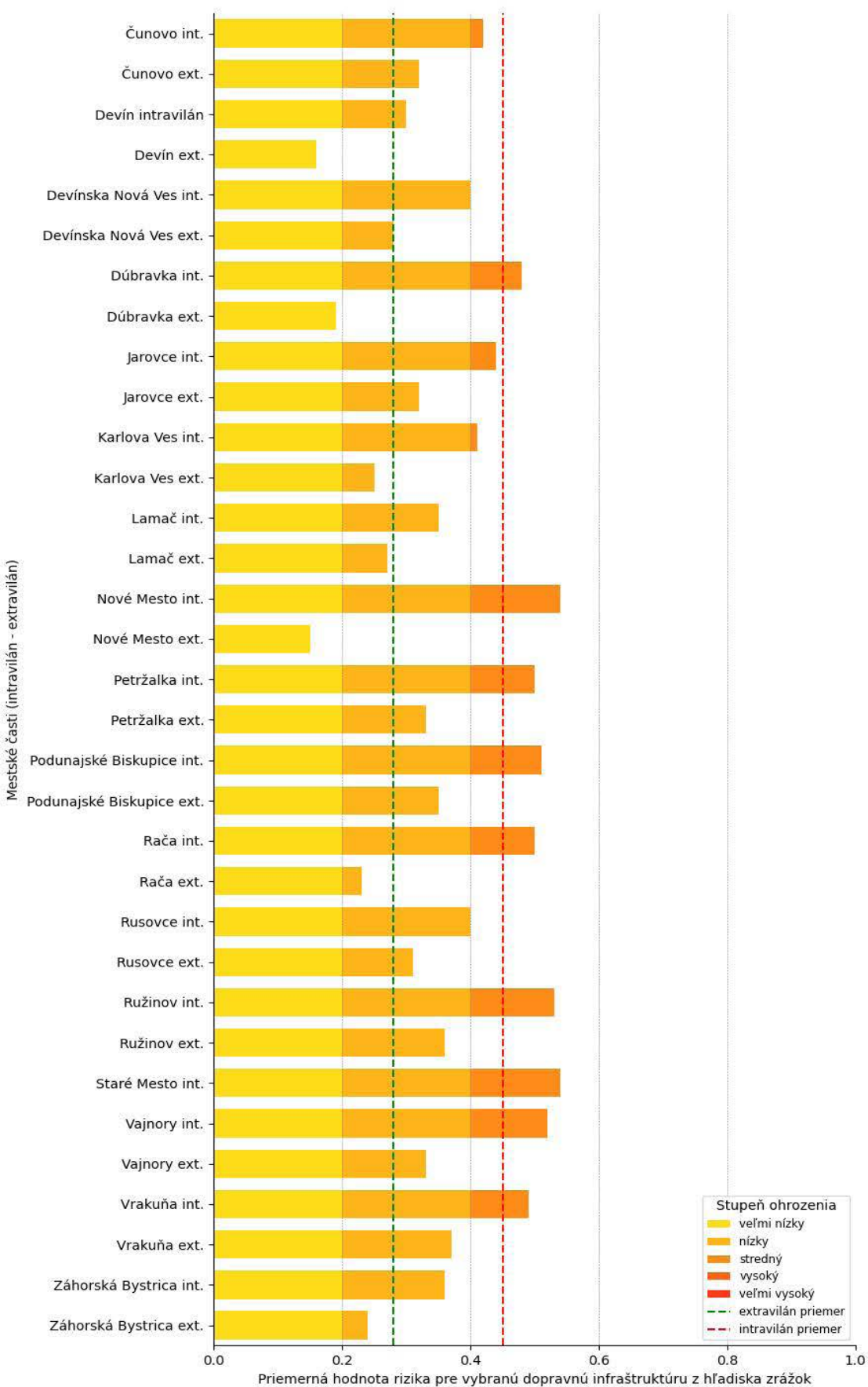
Obrázok 13: Graf vyjadrujúci priemernú hodnotu rizika horúčav pre obyvateľstvo (deti do 6 rokov a seniorov vo veku 65 rokov a viac) v intraviláne a extraviláne územia mestských častí.



Obrázok 14: Graf vyjadrujúci priemernú hodnotu rizika intenzívnych zrážok pre budovy v intraviláne a extraviláne územia mestských častí.



Obrázok 15: Graf vyjadrujúci priemernú hodnotu rizika intenzívnych zrážok pre vybranú dopravnú infraštruktúru v intraviláne a extraviláne územia mestských častí.



Záver

Realizované hodnotenie zraniteľnosti a rizík na území Bratislavy poskytuje informácie o aktuálnom stave zraniteľnosti mesta a jeho sektorov na nepriaznivé dôsledky prejavov zmeny klímy a aj miery rizika pre vybrané oblasti. Je to informačný podklad, ktorý môže byť využitý na účely plánovania adaptačných opatrení, najmä v rovine územného plánovania (vypracovanie územnoplánovacích podkladov a štúdií) alebo strategického plánovania pre potreby mesta (celomestské alebo sektorálne mestské stratégie a koncepcie). Takýmto dokumentom je aj *Akčný plán pre udržateľnú energetiku a klímu* hlavného mesta SR Bratislavy, ktorý je nosnou stratégiou mesta pre oblasť mitigácie zmeny klímy aj pre oblasť adaptácie.

Hodnotenie zraniteľnosti a rizík možno rozdeliť do dvoch hlavných častí. Kvalitatívna časť hodnotenia poskytuje prehľad počítovaných dôsledkov zmeny klímy v jednotlivých sektoroch. Druhá časť hodnotenia zraniteľnosti je venovaná kvantitatívnemu zhodnoteniu územia na základe dostupných údajov pre tri tzv. dopadové reťazce: riziko letných zvyšujúcich sa teplôt vzduchu a vln horúčav pre obyvateľstvo, riziko intenzívnych zrážok pre budovy a riziko intenzívnych zrážok pre vybranú dopravnú infraštruktúru. Pri vytváraní mapových výstupov boli využité aktuálne dostupné údaje v čo najpodrobnejšej mierke, pričom preferované bolo využitie verejne dostupných údajov. Mapové výstupy môžu byť využívané buď samostatne, alebo vo vzájomnej kombinácii. Spôsob, akým môžu byť výstupy prezentované v tomto dokumente využité na účely zníženia zraniteľnosti (či už obyvateľov, objektov, alebo infraštruktúry), je cieľiť implementáciu opatrení do oblastí, kde je vysoké riziko, a snažiť sa znížiť faktory, ktoré zraniteľnosť zhoršujú. Na druhej strane je potrebné zachovať územia, ktoré sa už dnes

vyznačujú vysokou disponibilnou kapacitou, najmä z environmentálneho hľadiska. V rámci zraniteľných oblastí alebo exponovaných oblastí je potrebné realizovať opatrenia, ktoré majú kombinovaný účinok mitigácie nepriaznivých dôsledkov ako horúčav, tak aj zrážok (a tým pádom záplav z povrchového odtoku a aj sucha). Sú to napríklad opatrenia zlepšujúce retenčnú kapacitu prostredia, alebo zlepšujúce mikroklimatické podmienky, opatrenia na zlepšenie odolnosti zraniteľných skupín obyvateľstva a pod. Keďže niektoré lokality na území mesta sú rizikové tak z hľadiska zrážok, ako aj z hľadiska horúčav, efektívne bude navrhovať a lokalizovať opatrenia práve do lokalít, kde sa pozitívny efekt adaptačno-mitigačných opatrení znásobí. Adaptačné opatrenia, resp. adaptačno-mitigačné opatrenia možno rozdeliť do troch hlavných kategórií z hľadiska ich charakteru: sivé (infraštruktúrne, technické a stavebné zásahy), zelené a modré (prírode blízke riešenia založené na ekosystémovom prístupe) a tzv. politiky, regulácie a koncepcie (politiky a postupy, hospodárske stimuly a pod.). Dnes je dostupných už množstvo katalógov s adaptačnými opatreniami a Metropolitný inštitút Bratislavy taktiež vytvára princípy a štandardy ako súčasť Manuálu verejných priestorov, ktoré sú užitočným podkladom pri realizácii adaptačných opatrení vo verejných priestoroch.

V rámci adaptačného plánovania je pre Bratislavu veľmi dôležité podporiť disponibilnú kapacitu mesta a do budúcnosti ďalej rozvíjať dlhodobú adaptívnu kapacitu. Akčný plán pre udržateľnú energetiku a klímu je odpoveďou na aktuálne vnímané výzvy, ktorým mesto z hľadiska meniacej sa klímy čelí. Je dlho očakávaným dokumentom stanovujúcim konkrétne kroky, ktoré by malo mesto spolu s mestskými organizáciami a ďalšími partnermi a obyvateľmi postupne implementovať do roku 2030. V rámci tohto obdobia by malo byť hodnotenie zraniteľnosti mesta aktualizované (minimálne raz), aby bolo

možné poskytnúť aktuálny obraz o prejavoch zmeny klímy, ich dôsledkoch na rôzne oblasti, obyvateľky a obyvateľov a miery zraniteľnosti a rizík z toho vyplývajúcich. V prípade dostupnejších vhodnejších indikátorov alebo iných relevantných užitočných informácií však môže byť hodnotenie zraniteľnosti mesta aktualizované aj v kratších intervaloch alebo môže byť zamerané na konkrétne sektory a dopady podľa potrieb mesta.

Použité zdroje

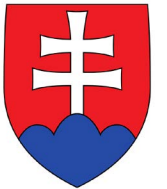
- Akerlof, K. L., Delamater, P. L., Boules, C. R., Upperman, C. R., Mitchell, C. S. 2015. Vulnerable Populations Perceive Their Health as at Risk from Climate Change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12, no. 12, 15419-15433. <https://doi.org/10.3390/ijerph121214994>. Dostupné online: <https://www.mdpi.com/1660-4601/12/12/14994> [citované 2024-03-12].
- BMZ. 2014. The vulnerability source book. Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit(GIZ) GmbH. Bonn and Eschborn, Germany, 2014. Dostupné na: https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/wp-content/uploads/filebase/va/vulnerability-guides-manuals-reports/Vulnerability_Sourcebook_-_Guidelines_for_Assessments_-_GIZ_2014.pdf [citované 2019-12-01].
- Breil, M., Downing, C., Kazmierczak, L., Mäkinen, K., Romanovska, L. 2018. Social vulnerability to climate change in European cities – state of play in policy and practice. European Topic Centre on Climate Change impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) Technical paper 2018/1. https://doi.org/10.25424/CMCC/SOCVUL_EUROP_CITIES. Dostupné na: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cca/products/etc-cca-reports/tp_1-2018/@download/file/TP_1-2018.pdf [citované 2024-02-28].
- Connelly, A., Carter, J., Handley, J., Hincks, S. 2018. Enhancing the Practical Utility of Risk Assessments in Climate Change Adaptation. Online. *Sustainability*. 10. 1399 s. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/su10051399> [citované 2023-10-16].
- Holec, J., Feranec, J., Šťastný, P., Szatmári, D., Kopecká, M., Garaj, M. 2020. Evolution and assessment of urban heat island between the years 1998 and 2016: Case study of the cities Bratislava and Trnava in western Slovakia. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 979-997.
- Holec, J., Bašta, P. 2024. Dôsledky zmeny klímy a zraniteľnosť mesta. In Štúdiá s prognóznym zameraním na profilovanie Bratislavy ako odolného mesta 21. storočia: Životné prostredie – scenáre vývoja hlavného mesta SR do roku 2050. Bratislava: Metropolitný inštitút Bratislavy. (v príprave).
- Inštitút environmentálnej politiky. 2023. Vedúci! Horia Obce! Identifikácia stupňov ohrozenia zmenou klímy na úrovni samospráv Slovenskej republiky. Online. Bratislava: Inštitút environmentálnej politiky. 31 s. Dostupné na: https://www.minzp.sk/files/iep/veduci_horia_obce.pdf [citované 2023-12-18].
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3-24 s., Dostupné na: [doi:10.1017/9781009157940.001](https://doi.org/10.1017/9781009157940.001) [citované 2024-01-11].
- Kelleher, C. A., McPhillips, L. 2019. Exploring the application of topographic indices in urban areas as indicators of pluvial flooding locations. *Hydrological Processes*. Vol. 34, no. 10. 780-794 s. Dostupné na: <https://doi.org/10.1002/hyp.13628> [citované 2023-07-06].
- Krajčovičová, J., Beňo, J., Matejovičová, J., Štefánik, D., Nemček, V. et al. 2020. Štúdiá kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. 36 s. Dostupné na: https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Studia_BA_2020.pdf [citované 2024-03-18].
- Kim, H., Lee, D.-K., Sung, S. 2016. Effect of Urban Green Spaces and Flooded Area Type on Flooding Probability. *Sustainability*, 8, 134. <https://doi.org/10.3390/su8020134>. Dostupné na: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/2/134> [citované 2024-03-18].
- Lapin, M., Mikulová, K., Pecho, J., Šťastný, P. 2019. Súčasná klimatická charakteristika MČ Bratislava-Karlova Ves a popis scenárov dopadov zmeny klímy na riešené územie. 41 s. Dostupné na: <https://odolnesidliska.sk/wp-content/uploads/2019/12/C2-klimaticka-charakteristika-MC-BA-KV-scenare-dopad-zmena-klimy.pdf>.
- Mattivi, P., Franci, F., Lambertini, A., Bitelli, G. 2019. TWI computation: a comparison of different open source GISs. In *Open geospatial data, softw. stand.* 4, 6. Dostupné na: <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0066-y> [citované 2023-10-16].
- NCZI, 2023. Dáta spracované NCZI zo dňa 23. 10. 2023 sprístupnené Hlavnému mestu SR Bratislava. [e-mail zo dňa 2023-12-11].
- Nguyen, C. T., Chidthaisong, A., Kieu Diem, P., Huo, L.-Z. 2021. A Modified Bare Soil Index to Identify Bare Land Features during Agricultural Fallow-Period in Southeast Asia Using Landsat 8. *Land*, 10, 231. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/land1003023> <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0066-y> [citované 2023-10-16].
- Otte im Kampe, E., Kovats, S., Hajat, S. 2016. Impact of high ambient temperature on unintentional injuries in high-income countries: a narrative systematic literature review. Online. *BMJ Open*. 2016, Feb 11, 6(2):e010399. PMID: 26868947, PMCID: PMC4762150. Dostupné na: [10.1136/bmjopen-2015-010399](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010399), [citované 2024-02-22].
- Pecho, J., 2020. Globálny kontext zmeny klímy. In: *Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy*. Bratislava: Hlavné mesto SR Bratislava. 120 s. ISBN 978-80-570-2202-2.
- Pecho, J., Holec J., Patschová A., Čulová, E. 2024. Pozorované a očakávané dôsledky zmeny klímy v regióne hl. mesta Bratislavy. In *Metropolitný inštitút Bratislavy. 2024. Štúdiá s prognóznym zameraním na profilovanie Bratislavy ako odolného mesta 21. storočia: Životné prostredie – scenáre rozvoja hlavného mesta SR do r. 2050*. Bratislava: Metropolitný inštitút Bratislavy. (príprave)

- Petutschnig, L., Rome, E., Lückerath, D., Milde, K., Gerger Swartling, Å., Aall, C., Meyer, M., Jordá, G., Gobert, J., Englund, M., André, K., Bour, M., Attoh, E.MNAN, Dale, B., Renner, K., Cauchy, A., Reuschel, S., Rudolf, F., Agulles, M., Melo-Aguilar, C., Zebisch, M., Kienberger, S. 2023. Research advancements for impact chain based climate risk and vulnerability assessments. *Front. Clim.* 5:1095631. Dostupné na: [doi: 10.3389/fclim.2023.1095631](https://doi.org/10.3389/fclim.2023.1095631) [citované 2024-03-14].
- Rome, E., Bogen, M., Lückerath, D., Ullrich, O., Voss, H., Voß, N., Worst, R. 2018. IVAVIA Guideline. Impact and Vulnerability Analysis of Vital Infrastructures and built-up Areas. Dostupné na online: [http:// www.resin-cities.eu/resources/tools/ivavia/](http://www.resin-cities.eu/resources/tools/ivavia/) [citované 2021-05-28].
- Santurtún, A., Shaman, J. 2023. Work accidents, climate change and COVID-19, *Science of The Total Environment*, Vol. 871, 162129, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162129>. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723007453> [citované 2024-03-14].
- SHMÚ. 2023. Dáta spracované SHMÚ (priemerný počet dní s úhrnom nad 20 mm za obdobie 1991 – 2020 ako mapová vrstva) sprístupnené Metropolitnému inštitútu Bratislavy Inštitútom environmentálnej politiky Ministerstva životného prostredia SR [e-mail zo dňa 2023-12-18].
- Sievers, U. 2016. Hrsg.: Deutscher Wetterdienst: Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO_3. Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen. Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. (Berichte des Deutschen Wetterdienstes; 248) ISBN: 978-3-88148-490-9. Dostupné na: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201606173510>. [2019-04-01]
- Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. 2015. Výstupy projektu „Mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika vodných tokov Slovenska“ územie mesta Bratislava (rok 2015) - mapové vrstvy. [CD-ROM].
- Štatistický úrad Slovenskej republiky. 2023. Vybrané údaje o obyvateľoch na základnú sídelnú jednotku podľa súčasnej ekonomickej aktivity, postavenia v zamestnaní, najvyššieho dosiahnutého vzdelania poskytnuté Metropolitnému inštitútu Bratislavy [e-mail zo dňa 2023-07-04].
- U. S. Geological Survey. 2015. Landsat surface reflectance-derive spectral indices spectral indices - Product guide. Department of the Interior U.S. Geological Survey. 27s. Dostupné na: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Kozlova-2/post/Why_is_there_differences_between_the_formula_calculation_of_EVI_products_by_USGS_than_in_the_available_literature/attachment/59d627d779197b8077986294/AS%3A327581539815425%401455112934039/download/si_product_guide.pdf [citované 2023-05-28].
- United Nations Climate Change Secretariat. 2018. Considerations regarding vulnerable groups, communities and ecosystems in the context of the national adaptation plans Least Developed Countries Expert Group. Bonn: UNFCCC Secretariat, 40 s. ISBN: 978-92-9219-182-5. Dostupné na: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Considerations%20regarding%20vulnerable.pdf> [citované 2024-02-28].
- Úrad práce sociálnych vecí a rodiny SR. 2024. Dáta spracované ÚPSVaR sprístupnené Hlavnému mestu Bratislava k 2023-12-31 [e-mail zo dňa 2024-02-21].
- Výberči, D., Labudová, L., Eštoková, M., Faško, P., Trizna, M. 2018. Human mortality impacts of the 2015 summer heat spells in Slovakia. *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 133. s. 925-936. Dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-017-2224-4> [citované 2023-8-22].
- Zou, Y., Zhang, Y., Cheng, K. 2021. Exploring the Impact of Climate and Extreme Weather on Fatal Traffic Accidents. *Sustainability*, 13, 390. Dostupné na: <https://doi.org/10.3390/su13010390> [citované 2024-03-14].

Strategické dokumenty

- Hlavné mesto SR Bratislava. 2014. Stratégia adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy. Online. Bratislava: Hlavné mesto SR Bratislava. 2014. 67 s. Dostupné z: https://cdn-api.bratislava.sk/strapi-homepage/upload/064_Adaptacne_strategie_da2f7111b.pdf [citované 2022-04-05].
- Hlavné mesto SR Bratislava. 2020. Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy. Bratislava: Hlavné mesto SR Bratislava. 120 s. ISBN 978-80-570-2202-2. Metropolitný inštitút Bratislavy. 2022. Bratislava 2030 - Program rozvoja mesta 2022-2030. Analytická časť. Online. Bratislava: Metropolitný inštitút Bratislavy. 2022. 413 s. Dostupné z: https://bratislava2030.sk/wp-content/uploads/2023/03/B-Analyticka-cast-Bratislava-2030_032023.pdf [citované 2023-12-11].
- Metropolitný inštitút Bratislavy. 2023. Demografický potenciál, sociálna a ekonomická geografia, scenáre rozvoja hlavného mesta SR Bratislavy do r. 2050. Bratislava: Metropolitný inštitút Bratislavy. 606 s. Dostupné z: https://bratislava2030.sk/wp-content/uploads/2023/03/B-Analyticka-cast-Bratislava-2030_032023.pdf [citované 2024-02-22]. ISBN 978-80-973834-9-7.
- Metropolitný inštitút Bratislavy. 2024. Štúdiá s prognóznym zameraním na profilovanie Bratislavy ako odolného mesta 21. storočia: Životné prostredie - scenáre rozvoja hlavného mesta SR do r. 2050. Bratislava: Metropolitný inštitút Bratislavy. (príprave).
- Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky. 2018. Akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov Slovenskej republiky V (NEHAP V). Online. Ministerstvo zdravotníctva SR. 2018. 39 s. Dostupné z <https://www.uvzsr.sk/web/uvz/akcny-plan-pre-zivotne-prostredie-a-zdravie-obyvateľov>, [citované 2024-2-22].
- Ministerstvo životného prostredia SR. 2018. Stratégia adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy SR – Aktualizácia. Online. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR. 145 s. Dostupné z: <https://www.minzp.sk/files/odbor-politiky-zmeny-klimy/strategia-adaptacie-sr-zmenu-klimy-aktualizacia.pdf> [citované 2022-04-05].
- Ministerstvo životného prostredia SR. 2021. Akčný plán pre implementáciu Stratégie adaptácie SR na zmenu klímy. Online. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR. 90 s. Dostupné z <https://www.minzp.sk/files/odbor-politiky-zmeny-klimy/akcny-plan-implementaciu-nas.pdf> [citované 2023-12-05].

Iceland
Liechtenstein
Norway grants



Autorský kolektív:

Mgr. Eva Čulová, PhD.¹, Mgr. Monika Jurašiková¹, Mgr. Martin Jančovič, PhD.¹, doc. RNDr. Eva Pauditšová², PhD., RNDr. Martin Šalkovič²

¹ Sekcia územného plánovania, Metropolitný inštitút Bratislavy

² Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Katedra environmentálnej ekológie a manažmentu krajiny

Za konzultácie a poskytnutie odborných podkladov ďakujeme:

Martin Blaha, Marián Dritomský (Útvar krízového manažéra HM SR Bratislava)

Michal Dekánek (DPB a. s.)

Marián Ruňanin (MIB)

Richard Hluško (MIB)

Alena Trančíková (BVS a. s.)

Juraj Haluska (BVS a. s.)

Michal Noga, Matej Končír (Mestské lesy Bratislava)

Lubica Šimkovicová (HM SR Bratislava)

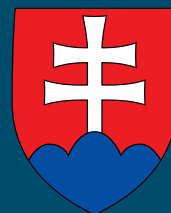
Ivana Maleš (Sekcia životného prostredia, HM SR Bratislava)

Peter Bali (Sekcia životného prostredia, HM SR Bratislava)

Miriama Kanioková (Sekcia sociálnych vecí, HM SR Bratislava)

Účastníci participatívnych workshopov

Za odbornú recenziu ďakujeme: Daniel Lückerrath (Fraunhofer IAIS, Nemecko).



Vypracovanie *Hodnotenia zraniteľnosti na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy* bolo spolufinancované z Finančného mechanizmu EHP a štátneho rozpočtu SR v rámci projektu Klimaticky odolná Bratislava – Pilotné projekty zamerané na dekarbonizáciu, energetickú účinnosť budov a udržateľné hospodárenie s dažďovou vodou v mestskom prostredí (číslo projektu: ACC01P03).

Spoločným úsilím k zelenej Európe.

Viac informácií o projekte nájdete na klimatickyodolna.bratislava.sk