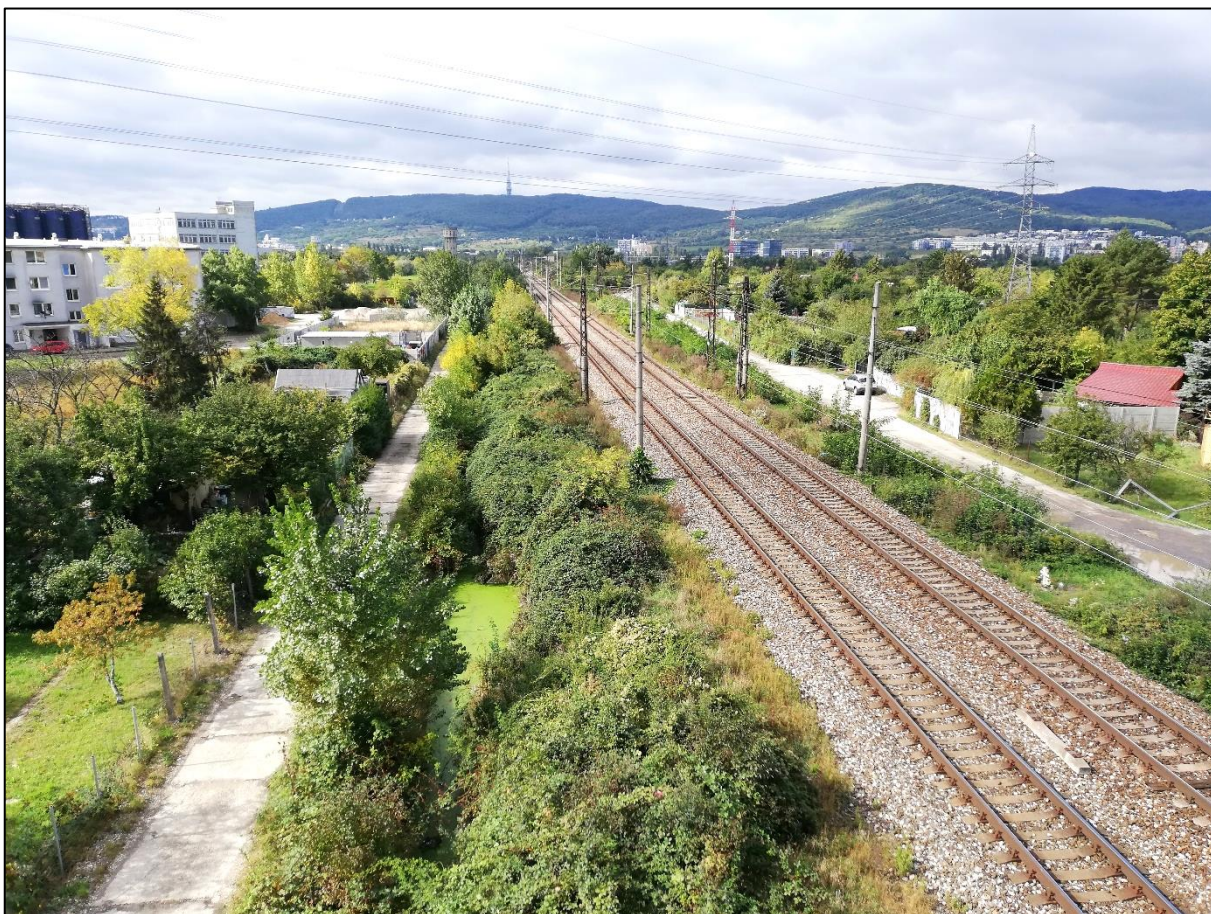


MODERNIZÁCIA ŽELEZNIČNÉHO UZLA BRATISLAVA VETVA VÝCHOD



Posúdenie rizík súvisiacich so zmenou klímy

10/2021



REHING CONSULT a.s., Trnavská cesta č. 27, 831 04 Bratislava 3

Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD

Posúdenie rizík súvisiacich so zmenou klímy

Objednávateľ:

Železnice Slovenskej republiky, Klemensova 8, 813 61 Bratislava

Zhotoviteľ:

REMING CONSULT a.s., Trnavská cesta 27, 831 04 Bratislava

Manažér projektu:

RNDr. Monika Vyskupová, PhD. (vyskupova@reming.sk, 02/50 20 18 76)

Hlavný spracovateľ posúdenia:

RNDr. Monika Vyskupová, PhD. (vyskupova@reming.sk, 02/50 20 18 76)

Kolektív:

Ing. Marek Dobrovodský, inžinierske stavby – koľaje

Mgr. Juraj Groch, environmentalistika

Ing. Ivan Komínek, elektrotechnické zariadenia, zabezpečovacie zariadenia

Ing. Daniel Mizerák, trakčné vedenie

Ing. František Pallaj, elektrotechnické zariadenia, oznamovacie zariadenia

Ing. Matúš Uhlík, inžinierske stavby – mosty

Ing. Nikoleta Takácsová

RNDr. Monika Vyskupová, PhD., environmentalistika

V Bratislave, október 2021

OBSAH

Úvod	3
1. Zmena klímy a jej dopady	4
1.1 Prejavy klimatickej zmeny na Slovensku.....	5
1.2 Prejavy klimatickej zmeny v sídelnom prostredí Bratislavy.....	6
1.3 Prejavy zmeny klímy v sektore dopravy	8
1.4 Prejavy zmeny klímy v železničnej doprave.....	10
1.5 Očakávané zmeny klímy na Slovensku do roku 2100	11
1.6 Očakávané zmeny klímy v dotknutom regióne	12
1.7 Očakávané zmeny klímy v sídelnom prostredí Bratislavy.....	13
2. Adaptácia projektov dopravnej infraštruktúry na dôsledky zmeny klímy.....	16
3. Stručná charakteristika projektu	17
4. Posúdenie rizík projektu spojených s klimatickou zmenou	21
4.1 Analýza citlivosti projektu na rizikové klimatické javy.....	21
4.2 Analýza expozície a vývoja rizikových klimatických javov	30
4.3 Posúdenie zraniteľnosti projektu	42
4.4 Posúdenie miery rizika	44
5. Návrh adaptačných opatrení	47
6. Neurčitosti a nedostatky hodnotenia	49
8. Využitie zdroje	52
Prílohy.....	54

Zoznam obrázkov

Obr. 1	Scenár zmien priemernej teploty podľa modelu KNMI a emisného scenára SRES A1B	14
Obr. 2	Scenáre zmien priemerných úhrnov zrážok	14
Obr. 3	Scenáre zmien mesačných priemerov počtu dní so snehovou pokrývkou)	15
Obr. 4	Scenáre zmien mesačných priemerov sumy denných výšok snehovej pokrývky.....	15
Obr. 5	Scenáre zmien počtov dní s charakteristickou teplotou na stanici Bratislava–letisko	15
Obr. 6	Rozsah navrhovanej činnosti	18

Zoznam tabuliek

Tab. 1	Priemerné mesačné teploty vzduchu v °C na stanici Bratislava-letisko za roky 2011 – 2020	6
Tab. 2	Priemerné mesačné úhrny zrážok v mm na stanici Bratislavaletisko za roky 2011 – 2020	7
Tab. 3	Miera rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor dopravy pre samosprávne kraje SR	10
Tab. 4	Prehľad strategických dokumentov pre oblasť zmeny klímy prijatých na úrovni EÚ a SR	16
Tab. 5	Variantnosť riešenia navrhovanej činnosti	20
Tab. 6	Hodnotiaca škála citlivosti projektu	22
Tab. 7	Analýza citlivosti projektu na rizikové klimatické javy	23
Tab. 8	Hodnotiaca škála citlivosti projektu	30
Tab. 9	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – silný vietor.....	31
Tab. 10	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – silné dažde	32
Tab. 11	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – vysoké teploty	33
Tab. 12	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – snehové javy.....	34
Tab. 13	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – námrazové javy	36
Tab. 14	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – búrkové javy	37
Tab. 15	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – povodne.....	38
Tab. 16	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – zosuvy	39
Tab. 17	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – sucha a požiare	40
Tab. 18	Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – hmly	41
Tab. 19	Matica zraniteľnosti železničnej infraštruktúry (stavebno-technické riešenie)	42
Tab. 20	Matica zraniteľnosti pre žel. prevádzku (dopravno-prevádzkové riešenie).....	43
Tab. 21	Hodnotiaca škála pravdepodobnosti výskytu javu	44
Tab. 22	Hodnotiaca škála závažnosti dôsledkov javu.....	44
Tab. 23	Identifikácia a posúdenie rizík projektu	45
Tab. 24	Matica rizík projektu	46
Tab. 25	Navrhované adaptačné opatrenia	48
Tab. 26	Výsledná matica rizík projektu po zapracovaní navrhovaných opatrení	50

Úvod

Zmena globálnej klímy patrí medzi najväčšie environmentálne problémy v doterajšej histórii ľudstva. Vážne dôsledky klimatickej zmeny sú pozorovateľné už aj dnes. Najviac citelné sú najmä nárasty teplôt vzduchu a extrémne prejavy počasia. Nepriaznivé následky zmeny klímy priamo alebo nepriamo zasiahnu všetky sféry života a všetky hospodárske sektory vrátane oblasti dopravy. Prejavom klimatických zmien treba venovať pozornosť aj na území Slovenskej republiky. Kvôli meniacim sa klimatickým podmienkam je nevyhnutné prispôbiť pripravované projekty dopravnej infraštruktúry očakávaným situáciám a prijať potrebné opatrenia na zvýšenie ich odolnosti voči možným negatívnym vplyvom.

Predmetné posúdenie rizík súvisiacich so zmenou klímy bolo spracované pre projekt „**Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD**“, ktorého účelom je modernizácia technickej infraštruktúry železničnej trate na území hlavného mesta SR Bratislavy pre dosiahnutie európskych parametrov podľa medzinárodných dohôd AGC (Európska dohoda o medzinárodných žel. magistrálach, 1985) a AGTC (Európska dohoda o najdôležitejších trasách medzinárodnej kombinovanej dopravy, 1993). Dotknutý úsek je ohraničený ŽST Bratislava hlavná stanica, ŽST Bratislava-Nové Mesto, ŽST Bratislava-Rača a ŽST Bratislava-Vajnory. Jeho modernizáciou sa dosiahne skvalitnenie železničnej infraštruktúry dotknutých traťových úsekov, zvýšenie bezpečnosti železničnej dopravy, zvýšenie rýchlosti prepravy a súčasne zvýšenie kapacity železničnej prevádzky na dotknutých úsekoch.

Posúdenie odolnosti projektu voči dôsledkom klimatických zmien bolo spracované podľa **Metodickej príručky posudzovania dopadov zmeny klímy na veľké projekty v sektore doprava** (VÚD, 2018) odporúčanej MDV SR pre plánované a pripravované projekty dopravnej infraštruktúry v SR. Bolo realizované vo viacerých krokoch:

- stanovenie citlivosti projektu,
- stanovenie expozície a vývoja rizikových klimatických javov,
- analýza zraniteľnosti projektu voči možným dôsledkom zmeny klímy,
- identifikácia rizikových klimatických javov,
- posúdenie rizík,
- návrh doplňujúcich požiadaviek pre podrobnejšie preverenie identifikovaných rizík, príp. návrh adaptačných opatrení pre zmiernenie identifikovaných rizík.

Nakoľko sa jedná o predprojektové štádium prípravy projektu, tzv. predinvestičnú fázu, v zmysle odporúčaní vyššie uvedenej metodické príručky bolo pre projekt vykonané **generalizované posúdenie odolnosti projektu voči dôsledkom zmeny klímy** vo forme predbežného posúdenia zraniteľnosti a rizík projektu vrátane identifikácie možných adaptačných opatrení, resp. potrebných doplňujúcich požiadaviek umožňujúcich podrobnejšie preverenie identifikovaných rizík.

Vykonané posúdenie je spracované pre potreby posúdenia vplyvov na životné prostredie navrhovanej činnosti „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD“ v zmysle zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie v znení neskorších predpisov, primerane zohľadňuje odporúčania pre integráciu klimatických zmien do prípravy projektov v súlade s Usmerním pre integráciu klimatických zmien a biodiverzity do posudzovania vplyvov na životné prostredie (EC, 2013).

1. Zmena klímy a jej dopady

Zmena klímy spočíva v postupnom otepľovaní zemského povrchu, ktoré je vyvolané a urýchľované primárne ľudskými aktivitami. Z nich najvýznamnejšími sú predovšetkým zmeny krajiny pokrývky a produkcia tzv. skleníkových plynov. Akumuláciou skleníkových plynov v zemskej atmosfére sa zvyšuje zachytávanie slnečného žiarenia a postupne dochádza k otepľovaniu Zeme, ktoré sa primárne prejavuje zmenou dlhodobých priemerov klimatických charakteristík, resp. zmenou ich distribúcie v rámci roka. Konkrétne dopady klimatickej zmeny sú rôzne v závislosti od geografických a socioekonomických podmienok daného územia (Vyskupová, 2019).

Na **globálnej úrovni** je pozorovaný nárast povrchovej teploty Zeme priemerne o $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1,06\text{ }^{\circ}\text{C}$) od začiatku priemyselnej revolúcie. Dôsledky vyšších teplôt sú zreteľné najmä v severných oblastiach, dôkazom sú mnohé správy o topení polárnych a horských ľadovcov. Ďalšími výraznými zmenami sú nárast teploty vôd v oceánoch až do hĺbky 3 000 m, zvýšenie vodného výparu a stúpanie morskej hladiny o 10 – 25 cm, zvýšenie kyslosti morskej vody a aj obsahu kyslíka v nej. Uvedené zmeny predstavujú nebezpečenstvo nielen pre vodné rastlinné a živočíšne druhy, ale i pre obývané ostrovy a rozsiahle pobrežné oblasti. Vyvolané zmeny v morskom prúde však ovplyvňujú aj klimatické pomery vnútrozemských krajín.

Podľa zhrňujúcej správy o aktuálnom stave globálneho klimatického systému (WMO, UNEP, Global Carbon Project, IPCC, GFCS, 2019) sa v období rokov 2015 – 2019 podľa sledovaných ukazovateľov celosvetovo zvýraznili dopady prebiehajúcej zmeny klímy. Toto časové obdobie bolo rekordne najteplejším päťročným obdobím zaznamenaným v histórii meteorologických meraní a pozorovaní (Pecho, Markovič, 2019). Najvýraznejšími pozorovanými dôsledkami sú výrazný nárast úbytku rozsahu arktického morského zaľadnenia, nárast úbytku ľadu z kontinentálneho zaľadnenia Antarktídy, zvýšenie nárastu hladín svetových morí a oceánov, zvýšenie tepelného obsahu oceánov. Najväčším meteorologickým rizikom boli v tomto období vlny horúčav, ktoré viedli k dosiahnutiu nových teplotných rekordov s následnými periódami sucha spojenými s výskytom tropických cyklón a intenzifikáciou lesných požiarov. Na rekordnú úroveň sa v tomto období zvýšili aj koncentrácie hlavných skleníkových plynov v atmosfére, čím sa pravdepodobne posilní trend otepľovania atmosféry a oceánov aj v ďalších desaťročiach tohto storočia.

Najnovšie prognózy Svetovej meteorologickej organizácie (WMO) vychádzajúc z doterajšieho klimatického vývoja očakávajú, že priemerná ročná globálna teplota bude pravdepodobne v každom z nadchádzajúcich piatich rokov (2020 – 2024) najmenej o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyššia ako v predindustriálnom období (priemer globálnej teploty v období 1850 – 1900) a veľmi pravdepodobne sa bude pohybovať v rozmedzí $0,91\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1,59\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Markovič, Pecho, 2020a). Pravdepodobný je tiež nárast teploty vzduchu na severnej pologuli o viac ako $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ v porovnaní s priemerom rokov 1981 – 2010, oteplenie oblasti Arktídy viac ako dvojnásobne v porovnaní s globálnym priemerom, nárast oblastí sucha a možnosť výskytu silnejšieho západného prúdenia s následným častejším výskytom cyklón v západnej Európe.

V **Európe** bolo pozorované zvýšenie teploty vzduchu v priemere o $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ v porovnaní s obdobím pred priemyselnou revolúciou, čo predstavuje vyššiu hodnotu ako je celosvetový priemer. Zaznamenané boli tiež zmeny rozloženia a množstva zrážok a nárast výskytu niektorých extrémnych poveternostných javov, predovšetkým letných horúčav, období sucha, lesných požiarov a povodňových situácií.

Tlačová správa WMO uvádza, že obdobie rokov 2015 – 2019, resp. posledná dekáda 2010 – 2019 boli historicky najteplejšie periódy za posledných min. 140 rokov. Najteplejším rokom bol z globálneho hľadiska rok 2016, druhým najteplejším bol rok 2019 (Markovič, Pecho, 2020b). Významne vyššie teploty boli okrem polárnych periférií Európy zaznamenané v rozsiahlych oblastiach strednej a východnej Európy s výrazným zvýšením letných teplôt v mesiacoch júl a august. Odchýlka priemernej globálnej teploty v roku 2019 v porovnaní s predindustriálnym obdobím (roky 1850 – 1900) bola +1,1 °C a v porovnaní s klimatickými normálmi WMO za roky 1961 – 1990, resp. 1981 – 2010 bol rok 2019 teplejší o +0,87 °C, resp. +0,6 °C. Teplejší zostáva už len rok 2016 (o 0,04 °C), v ktorom okrem zmeny klímy pôsobila aj výrazná teplá fáza El Niño. Okrem nárastu globálnej teploty sa prejavuje aj regionálny rast teploty pevnín a oceánov, rýchly ústup morského ľadovca v oblasti Arktídy, rýchly rast hladín svetových oceánov a morí, zvyšovanie tepelného obsahu oceánov, rýchly pokles pH morskej vody (acidifikácia) a častý výskyt významných meteorologických a klimatických extrémov.

1.1 Prejavy klimatickej zmeny na Slovensku

Slovensko leží v miernom klimatickom pásme, pre ktoré je typické pravidelné striedanie štyroch ročných období a premenlivé počasie s relatívne rovnomerným rozložením zrážok počas roka. Má charakteristický ročný chod teploty vzduchu s letným maximom v júli a zimným minimom v januári, priemerné ročné teploty vzduchu sú podmienené najmä nadmorskou výškou. Maximum úhrnov zrážok sa vyskytuje v letných mesiacoch a minimum v zimných mesiacoch, množstvo zrážok pribúda s nadmorskou výškou. Veterné pomery krajiny sú komplikované značnou premenlivosťou počasia v priebehu roka, zložitou orografiou terénu a tiež následkom striedania vzduchových hmôt (prevládajúce západné prúdenie vzduchu doplnené o kontinentálne vzduchové hmoty prevažne miernych šírok).

Zmena klímy sa na území Slovenska prejavila predovšetkým nárastom priemernej ročnej teploty vzduchu za posledných cca 150 rokov o 1,7 °C. Ďalej zmenami v úhrnoch zrážok (poklesom úhrnov zrážok na juhu a nárastom na severe územia) a v množstvách snehovej pokrývky (poklesom množstva takmer na celom území a jej nárastom vo vyšších nadmorských výškach), poklesom relatívnej vlhkosti vzduchu, nárastom výparu a následným poklesom priemerných ročných prietokov vodných tokov a predlžovaním vegetačného obdobia (Miňdaš a kol., 2011). Častejšie sa vyskytujú zmeny v premenlivosti klímy a extrémne prejavy počasia (vlny horúčav, obdobia sucha, náhle zmeny teplôt, extrémne úhrny zrážok, lokálne povodne, silné vetry a víchrice).

Za obdobie rokov 1881 – 2018 bol na Slovensku pozorovaný rast priemernej ročnej teploty vzduchu asi o 1,73 °C, pokles ročných úhrnov atmosférických zrážok v priemere asi o 0,5 % (na juhu SR bol pokles miestami aj viac ako 10 %, na severe a severovýchode ojedinele úhrn zrážok vzrástol do 3 %), pokles relatívnej vlhkosti vzduchu, pokles všetkých charakteristík snehovej pokrývky do výšky 1 000 m takmer na celom území SR (vo väčšej nadmorskej výške bol zaznamenaný jej nárast), vzrast potenciálneho výparu, pokles vlhkosti pôdy a zmeny v premenlivosti klímy (najmä zrážkových úhrnov). Rast priemernej ročnej teploty vzduchu sa prejavil najvýraznejšie za posledných tridsať rokov, za posledných 15 rokov došlo k významnejšiemu rastu výskytu extrémnych denných a niekoľkodenných úhrnov zrážok, čo malo za následok zvýšenie rizika lokálnych povodní v rôznych oblastiach SR. Na druhej strane v období rokov 1989 – 2017 sa oveľa častejšie ako predtým vyskytovalo lokálne alebo celoplošné

sucho, ktoré bolo zapríčinené predovšetkým dlhými periódami relatívne teplého počasia s malými úhrnmi zrážok v niektorej časti vegetačného obdobia (SAŽP, 2017).

1.2 Prejavy klimatickej zmeny v sídelnom prostredí Bratislavy

Bratislava leží medzi pohorím Malé Karpaty, Podunajskou nížinou a Borskou nížinou, zložité orografické pomery podmieňujú pomerne špecifické klimatické charakteristiky územia mesta (Bratislava, 2014). Územie patrí do teplej, suchej klimatickej oblasti s miernou zimou a dlhším slnečným svitom. Situované je v najteplejšej oblasti Slovenska, kde maximálna teplota vzduchu dosahuje až 40 °C, a pre ktorú sú typické dlhšie trvajúce obdobia s vysokou teplotou vzduchu.

Mesto je súčasťou regiónu Bratislavského samosprávneho kraja, v ktorom boli v dôsledku klimatickej zmeny na základe zaznamenaných hodnôt klimatických ukazovateľov pozorované nárast teploty vzduchu, zmeny rozloženia zrážok, zmeny vo výskyte a výške snehovej pokrývky a tiež nárast extrémnych udalostí (Karpatský rozvojový inštitút, 2016). Pozorovaný bol rast priemernej teploty vzduchu vo všetkých ročných obdobiach v ročnom trende cca 0,35 °C za 10 rokov, rast priemerného počtu letných dní a pokles počtu mrazových a ľadových dní. V teplom polroku sa častejšie vyskytovali krátke, výdatnejšie zrážkové epizódy (obvyklý výskyt dní so zrážkami 40 mm a viac) a pre chladný polrok sú zasa príznačné dlhotrvajúce, menej výdatné zrážky. Evidované však boli aj periódy bezzrážkového obdobia s častejším výskytom v teplom polroku, zaznamenané boli častejšie a dlhšie trvajúce vlny horúčav. Búrky sa v regióne vyskytujú priemerne 25 dní v roku, spravidla sú sprevádzané silným vetrom a výdatnými zrážkami, príp. krupobitím. V období rokov 1961 – 2015 nebol pre výskyt búrok však zaznamenaný v regióne významný časový trend.

Priestorové rozloženie teplôt na území mesta sa mení v závislosti od hustoty a typu zástavby. Rast priemernej ročnej teploty vzduchu sa prejavil najvýraznejšie za posledných tridsať rokov.

Podľa údajov klimatického atlasu Slovenskej republiky za roky 1961 – 2010 sa priemerná ročná teplota v riešenom území pohybovala na úrovni 10,2 °C (SHMÚ, 2015). Za posledných desať rokov (2011 – 2020) na klimatologickej stanici Bratislava-letisko bola zaznamenaná priemerná ročná teplota vzduchu 11,8 °C (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015). Z nameraných údajov za posledné roky je zrejmé, že priemerná ročná teplota stúpa, čo je v porovnaní s obdobím 1961 – 2010 rast o 1,4 °C. Priemerné mesačné teploty namerané na najbližšej klimatologickej stanici uvádza nasledujúca tabuľka.

Tab. 1 Priemerné mesačné teploty vzduchu v °C na stanici Bratislava-letisko za roky 2011 – 2020 (ŠÚ SR, 2016 – 20; 2010 – 2015; SHMÚ, 2011 – 2020)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
2020	0,8	6,2	7,2	12,4	14,6	19,8	22,1	22,7	17,3	11,5	5,6	3,5	12,0
2019	0,3	4,6	8,7	12,6	13,5	23,8	23,0	23,2	16,8	11,9	8,2	3,7	12,5
2018	3,4	-0,4	3,7	15,8	19,2	21,6	23,0	23,8	17,6	13,3	6,6	2,3	12,4
2017	-4,4	3,1	9,5	10,5	17,3	22,7	22,8	23,3	15,7	12,0	6,1	3,0	11,8
2016	-0,4	6,1	6,7	11,2	16,2	20,9	22,6	20,3	18,7	9,8	4,7	0,6	11,5
2015	2,3	2,0	6,5	11,4	15,6	20,5	24,4	23,8	16,8	10,3	7,4	3,0	12,0
2014	2,5	4,0	9,6	12,7	15,3	20,3	22,1	19,1	16,4	12,3	7,7	3,4	12,1
2013	-0,1	1,5	3,1	12,2	15,5	19,3	23,6	22,1	15,3	11,5	6,6	2,8	11,1
2012	2,1	-1,9	8,6	11,6	17,3	21,3	22,8	22,6	17,7	10,6	7,0	-0,7	11,6
2011	0,1	-0,2	6,7	13,4	16,3	20,5	19,9	21,4	18,5	10,5	2,9	3,1	11,1

Najchladnejším mesiacom na území východnej časti mesta bol v období rokov 1961 – 2010 január, s priemernou teplotou vzduchu 0,72 °C a najteplejším mesiacom býva júl s priemernou

teplotou vzduchu 22,93 °C (SHMÚ, 2015). V období rokov 2011 – 2020 bol najchladnejším mesiacom január, s priemernou teplotou vzduchu 0,66 °C a najteplejším mesiacom bol júl, s priemernou teplotou vzduchu 22,63 °C. Z hľadiska rozloženia teplôt, je najteplejšia zastavaná časť mesta a naopak, o niečo nižšie teploty sú pozorované na severnom okraji dotknutého územia smerom k Malým Karpatom. 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) (Bratislava, 2020).

Riešené územie je charakterizované veľkou variabilitou atmosférických zrážok, úhrny zrážok bývajú v jednotlivých rokoch veľmi rozdielne. Priemerný ročný úhrn zrážok v Bratislave počas normálového obdobia 1981 – 1990 dosiahol 576,1 mm, v normálovom období rokov 1991 – 2010 mierne vzrástol na 582 mm a v období rokov 1980 – 2019 dosiahol priemerne 563,5 mm s postupným poklesom úhrnov smerom k jeho východnému okraju (MŽP SR, 2018a; 2018b). Zrážky sú v dotknutom území najvýdatnejšie v letných mesiacoch (jún – august), najnižšie úhrny zrážok sú v zimnom a skorom jarnom období (január – marec). Najviac zrážok spadne v letnom polroku (apríl – september), v priemere za posledných 10 rokov je to približne 331 mm. 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 % (Bratislava, 2020). Priemerné mesačné úhrny zrážok zaznamenané na najbližšej klimatologickej stanici uvádza tabuľka nižšie.

Tab. 2 Priemerné mesačné úhrny zrážok v mm na stanici Bratislava–letisko za roky 2011 – 2020. (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015; SHMÚ, 2011 – 2020)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
2020	16	37	47	1	54	92	34	66	57	118	19	53	50
2019	60	18	27	21	118	18	41	32	45	20	68	57	44
2018	29	24	33	25	86	89	71	30	95	15	32	80	51
2017	14	23	18	20	17	20	62	23	57	45	51	51	33
2016	41	62	9	40	67	52	106	28	25	49	61	12	46
2015	68	30	30	26	49	15	30	74	34	82	30	21	41
2014	12	34	13	58	68	40	125	118	155	37	36	49	62
2013	74	77	68	14	63	85	20	125	74	18	54	20	58
2012	77	35	9	18	93	37	86	31	25	80	28	50	47
2011	25	11	36	51	36	128	83	43	13	31	0	19	40

Súvislá snehová pokrývka sa za posledné roky vyskytuje v priemere 17 – 22 dní. Priemerná ročná relatívna vlhkosť vzduchu dosahuje 68,6 %. V priemere 26 dní v roku je jasných, s dennou oblačnosťou pod 20 % a približne 126 dní je zamračených (ŠÚ SR, 2016 – 2020).

Ročné trvanie slnečného svitu je 2 166 hodín, maximum slnečného svitu v meste je v júli a minimum v decembri (ŠÚ SR, 2016 – 2020). Hmla sa vyskytuje priemerne 35 dní v roku (1961 – 1990).

Priemerne sa v území vyskytuje cca 11 dní s búrkou, pričom výskyt búrok v posledných rokoch má stúpajúcu tendenciu (SHMÚ, 2015).

V území prevláda severozápadné prúdenie vzduchových hmôt s priemernou početnosťou výskytu 24,8 % (ŠÚ SR, 2016 – 2020). Priemerná rýchlosť vetra sa pohybuje od 3,4 – 4,0 m/s, ojedinele 4,2 m/s. Bezvetrie sa vyskytuje len cca 46 dní v roku (SHMÚ, 2015). Počet dní so silným vetrom (dni s vetrom nad 10 m/s) na území mesta variuje, pohybuje sa na úrovni od 17 – 19 dní po 32 – 38 dní. Silné nárazové vetry sa v území vyskytujú sporadicky, avšak v posledných rokoch majú stúpajúcu tendenciu. Maximálne nárazy vetra môžu dosahovať aj vyše 100 km/hod, typické sú najmä pri búrkach alebo pri prechodoch studených frontov.

Dôsledky zmeny klímy sa na území Bratislavy prejavujú výraznejšie ako vo vidieckych oblastiach, keďže pre mestá je typická zvýšená akumulácia tepla a zvýšený odtok vody. Uvedené javy sú dôsledkom prevažujúceho podielu povrchov s veľkou tepelnou kapacitou, vysokého podielu vykurovaných objektov a vysokého zastúpenia automobilov so spaľovacími motormi, vysokého podielu nepriepustných povrchov a odvádzania zrážkových vôd do vybudovaných kanalizačných systémov. Z klimaticko-meteorologického hľadiska je oblasť Bratislavy najviac náchylná na:

- extrémne vysoké teploty vzduchu s denným maximom pohybujúcim sa na úrovni 40 °C,
- dlhšie trvajúce obdobia s vysokou teplotou vzduchu trvajúce v rozmedzí 10 – 20 dní,
- výskyt búrok s vysokou intenzitou krátkotrvajúcich zrážok,
- silné rýchlosti a nárazy vetra,
- tvorbu snehových jazykov a závejov pri snežení vzhľadom na zvýšenú veternosť lokality.

Za obdobie vykonávaných klimatických pozorovaní boli pre Bratislavu zaznamenané série extrémov teplého počasia s nárastom ich výskytu v posledných rokoch. Dôležitou z hľadiska teplotného komfortu je problematika teplotného ostrova nad mestom – v husto zastavanom území mesta dochádza k zvýšeniu teploty oproti okolitej krajine o 1 – 1,5 °C, príp. o 0,5 – 2,0 °C oproti prírodnému zázemiu mesta. V roku 2006 boli vykonané terénne merania ktoré potvrdili, že vegetačná pokrývka s rôznou štruktúrou má výrazný odlišný mikroklimatický efekt – boli zistené teplotné rozdiely 14,6 °C medzi teplotou vzduchu na trávniku a pod solitérnym stromom na území mesta meraním na úrovni terénu. V auguste 2007 boli vykonané termovízne snímky mesta nalietavaním v 4 koridoroch s meraním teploty vzduchu vo výške 2 m nad terénom pri predpovedanej teplote 28 – 30 °C. Merania preukázali rozdiel na úrovni 0,5 – 10 °C, nameraný bol rozdiel obedňajších teplôt v rozpätí od 29,87 °C v lužnom lese až po 42,06 °C pri obchodnom centre Aupark. Nameraná teplota na Hviezdoslavovom námestí s prítomnosťou stromoradia bola o 4 °C nižšia ako teplota na Župnom námestí s malým podielom zelene (Bratislava, 2014).

Najvýraznejšími dôsledkami zmeny klímy v riešenom území sú:

- zvýšenie priemernej ročnej teploty vzduchu,
- pokles zrážok a ich nerovnomerné rozmiestnenie (dlhšie obdobia sucha, nárast zrážok v zimnom období a pokles množstva snehovej pokrývky),
- pokles kapacity vodných zdrojov,
- častejší výskyt extrémnych poveternostných javov (nárast počtu extrémne horúcich dní v letnom období, častejší výskyt prívalových zrážok, povodne, búrky, víchrice, snehové kalamity a i.).

1.3 Prejavy zmeny klímy v sektore dopravy

Zmena klímy ovplyvňuje všetky zložky životného prostredia vrátane socioekonomickej sféry. Najvýznamnejšími rizikami pre obyvateľstvo a socioekonomický sektor sú:

- častejší výskyt poveternostných katastrof (prívalových povodní, víchric, období horúčav, období sucha),
- znižovanie zásob vodných zdrojov (narušenie vodného cyklu poklesom zrážok, znížením prietokom vody a znížením zásob vody),
- zmena biodiverzity (následkom posunu vegetačných stupňov smerom do vyšších polôh a introdukciou nových druhov),
- zmena v poľnohospodárskej produkcii (negatívne ovplyvnenie predlžovaním vegetačného obdobia, nedostatkom vody, nárastom teplôt vzduchu a pôdy, častejšími obdobiami sucha a extrémnymi poveternostnými situáciami).

V sektore dopravy ovplyvňujú zmeny klimatických charakteristík dopravnú prevádzku aj dopravnú infraštruktúru. Významnými činiteľmi sú najmä extrémne prejavy počasia, t. j. výrazne vysoké, resp. nízke teploty vzduchu, náhle zmeny teplôt, vlny horúčav, suchá, intenzívna zrážková činnosť, záplavy, búrky, príp. víchrice. Extrémne poveternostné situácie zhoršujú bezpečnosť a plynulosť dopravy, predlžujú čas prepravy, zvyšujú riziko nehôd, príp. úplne prerušia dopravnú prevádzku (EEA Report, 2017). V dôsledku dopadov klimatickej zmeny sa tiež zvyšuje únava, deformácie a poškodenia materiálov a infraštruktúry, prehrievajú sa zariadenia a poškodzuje sa technický a vozový park. Nezanedbateľný je aj hospodársky rozmer dopadov zmeny klímy, nakoľko sú nevyhnutné zvýšené intenzity údržby a opráv a v prípade limitovanej alebo nefunkčnej dopravy sa spomaľuje, resp. zamedzuje pohyb tovarov a služieb a obmedzuje rozvoj služieb (EEA, 2014).

Následkom zmien klimatických charakteristík sú v sektore dopravy očakávané viaceré zmeny, ktoré možno rozlíšiť podľa typov dopravy (EC JRC, 2012; MŽP SR, 2014):

- Cestná doprava: V zime budú vo vyššie položených oblastiach naďalej negatívne pôsobiť snehové zrážky, námraza, poľadovica a vietor. Zvýšené úhrny snehových zrážok možno očakávať v najvyššie položených úsekoch koridorov cestnej dopravy, v nížinách sa, naopak, predpokladá pokles snehových zrážok a počtu mrazových dní aj dní s výskytom poľadovice. Očakávané je preto zníženie intenzity zimnej údržby dopravnej infraštruktúry, zníženie rizika nehôd a zvýšenie bezpečnosti premávky. Nárastom priemerných teplôt vzduchu sa očakáva zvýšené riziko únavy a poškodenia využitých materiálov a infraštruktúrnych prvkov.
- Železničná doprava: V nížinách sa v lete môžu prejaviť negatívne vplyvy na železničnej infraštruktúre dopadmi extrémne vysokých teplôt, a v kotlinách a v horských oblastiach sa v zime predpokladá negatívne ovplyvnenie nárastom zrážok. Poklesom snehových zrážok v nížinách sa tiež zníži potreba zimnej údržby železničnej infraštruktúry a zníži sa riziko nehôd.
- Letecká doprava: Leteckú dopravu negatívne ovplyvnia predovšetkým extrémne prejavy počasia, ktoré môžu ohroziť bezpečnosť prepravy alebo obmedziť, príp. zastaviť leteckú prevádzku počas trvania nepriaznivých situácií. Naopak, pozitívne bude vplývať zníženie výskytu nebezpečných klimatických javov v zimnom období (poľadovice, vysoké úhrny snehových zrážok, hmla).
- Vodná doprava: Vnútrozemská vodná doprava bude v letnom období nepriaznivo ovplyvnená znížením prietokov vodných tokov a nerovnomerným rozložením zrážok.

Podľa dostupných informácií a poznatkov bola pre jednotlivé časti územia Slovenska odhadnutá miera rizika nepriaznivého vplyvu zmeny klímy na sektor dopravy (tabuľka nižšie). Najzraniteľnejšími oblasťami dopravnej infraštruktúry na Slovensku sú oblasti kotlin a vyšších nadmorských výšok na severe, strede a na východe územia. V našich podmienkach najcitlivejšie na prejavy zmeny klímy reaguje cestná doprava a naopak, najmenej ohrozenou je potrubná doprava, pre ktorú nie sú očakávané žiadne zmeny. Rizikovými prvkami dopravnej infraštruktúry sú predovšetkým odvodňovacie a kanalizačné systémy, mostné objekty a infraštruktúra v blízkosti vodných tokov – ohrozené sú najmä následkami intenzívnych zrážok a následným vznikom povodňových situácií. Vyskupová, 2017).

Tab. 3 Miera rizika negatívneho vplyvu zmeny klímy na sektor dopravy pre samosprávne kraje SR

Druh dopravy	VÚC							
	BA	TT	NR	TN	BB	ZA	PO	KE
cestná	**	*	*	*	**	**	**	**
železničná	*	*	*	*	*	**	**	**
letecká	*	0	0	0	*	0	*	*
vodná	*	*	*	0	0	0	0	0
potrubná	0	0	0	0	0	0	0	0
Riziko negatívneho vplyvu klimatickej zmeny na dopravu: 0 minimálne, * mierne, ** vysoké, *** veľmi vysoké								

Zvážené riziko bolo aj pre jednotlivé regióny Slovenska (Miňdaš a kol., 2011). Predkladané posúdenie sa zaoberá hodnotením železničnej trate prechádzajúcej prevažne západným okrajom hlavného mesta SR Bratislavy. V dotknutom Bratislavskom regióne bola ako najrizikovejšia vyhodnotená cestná doprava, ktorej hrozí vysoké riziko negatívneho vplyvu klimatickej zmeny. **Riziko negatívneho vplyvu zmeny klímy pre železničnú dopravu na území Bratislavského regiónu bolo vyhodnotené ako mierne.**

1.4 Prejavy zmeny klímy v železničnej doprave

V sektore železničnej dopravy sa najvýraznejšie prejavujú extrémne poveternostné javy ako sú horúčavy, búrková aktivita, silný vietor, silné dažde a záplavy. Môžu viesť k poškodeniam železničnej infraštruktúry a tiež k priamym obmedzeniam železničnej dopravy. Dôsledky zmeny klímy na železničnú dopravu sú najmä (EEA, 2014; Kamburow, 2011):

- prehrievanie materiálov následkom nárastu teplôt, intenzívneho slnečného žiarenia a vln horúčav (poškodzovanie koľajových vozidiel a infraštruktúry vrátane deformácií a vybočenia koľají, vznik požiarov, problémy signalizácie),
- zmeny kvality materiálov náhlými zmenami teplôt (deformácie koľají),
- poškodzovanie železničných násypov dlhotrvajúcimi obdobiami sucha (vysychanie),
- priame poškodenia infraštruktúry a trakčného vedenia v dôsledku
 - intenzívnych zrážok a dlhších daždivých období (poškodzovanie železničných násypov spomalením odtoku vody z územia, eróziou pôdy, zosuvmi a záplavami; poškodzovanie odvodňovacích systémov, tunelových a mostných objektov eróziou pôdy a zosuvmi v dôsledku povodní),
 - víchric (lámanie a vyvracanie stromov následkom silného vetra),
 - požiarov,
- poruchy technologických zariadení a signalizácie vznikom prepätia počas búrok,
- vyššie nároky na údržbu následkom zmien vegetačného pokryvu (rýchlejším rastom vegetácie a prítomnosťou nových druhov),
- obmedzenia železničnej prevádzky zhoršením zimných podmienok (silné sneženie, vznik závejov) a znepriechodnením dopravnej cesty (pády stromov a konárov na trať následkom silných vetrov, poškodenie násypu počas záplav, zavalenie alebo poškodenie násypu zosuvmi a pod).

Pre železničnú dopravu je preto relevantné hodnotiť najmä vplyvy vyplývajúce z extrémnych prejavov počasia (horúčavy, búrky, víchrice, záplavy, zosuvy), zvýšených teplôt vzduchu a zhoršenia zimných podmienok (predlžovanie zimy, nárazové silné sneženie, vznik závejov).

Na území Bratislavy sú vzhľadom na doterajšie klimatické pozorovania a modelové scenáre vývoja klimatických charakteristík (Bratislava, 2014) kľúčovými dopadmi zmeny klímy na železničnú infraštruktúru vplyvy:

- vysokých teplôt spôsobujúce poškodzovanie dopravnej infraštruktúry, únavu materiálov, prehriatie zariadení, zvýšenú potrebu chladiacich zariadení, zvýšené riziko vzniku požiarov a zvýšené nároky na údržbu vplyvom rozširovania inváznych druhov,
- nerovnomernosti výskytu a rozloženia zrážok vyvolávajúce suchá a záplavy s následným zhoršením odtokových pomerov územia, neúmerným zaťažovaním odvodňovacích systémov, destabilizáciou svahov a násypov so zvýšeným rizikom vzniku zosuvov, poškodzovaním povrchov a infraštruktúry v dôsledku záplav, zvýšenou potrebou realizácie opatrení proti záplavám, zvýšenými nákladmi na opravy,
- nárastu poveternostných extrémov s negatívnym dopadom na bezpečnosť dopravy v dôsledku priameho poškodenia infraštruktúry (pádmi stromov po veterných smrštiach, eróziou pôdy a zosuvmi), výpadkov v dodávke energií a častejšími poruchami zariadení,
- nárastu prívalových zrážok s častejším vznikom povodní predovšetkým v blízkosti vodných tokov poškodzujúcich infraštruktúru, zhoršujúcich plynulosť dopravy a obmedzujúcich najmä podzemné dopravné systémy a nedostatočne odvodnené oblasti.

1.5 Očakávané zmeny klímy na Slovensku do roku 2100

Pre budúci vývoj klímy územia Slovenska boli vypracované viaceré modelové scenáre, ktoré predpokladajú kvalitatívne rovnaké zmeny základných klimatických charakteristík, rozdiely sú len v ich kvantitatívnom vyjadrení (Lapin, Melo, 2004). Podľa aktualizovanej Stratégie adaptácie SR na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy (2018) a Národnej správy SR o zmene klímy (MŽP SR, 2017) sa predpokladá pokračovanie prebiehajúceho otepľovania, pričom sa očakávajú zmeny viacerých klimatických prvkov:

- **rast priemerných ročných teplôt vzduchu**
 - rast priemernej teploty o 2 – 4 °C v porovnaní s priemermi rokov 1951 – 1980 so zachovaním doterajšej medziročnej a medzisezónnej časovej premenlivosti,
 - rýchlejší rast denných miním ako denných maxim teploty vzduchu,
 - neočakávajú sa výraznejšie zmeny v ročnom chode teploty vzduchu,
 - častejší výskyt a dlhšie trvanie vln horúčav s dennými priemermi teploty nad 24 °C,
 - zníženie výskytu chladných dní nárastom teplôt vzduchu v chladnom období roka (mierny pokles počtu dní s priemernou teplotou vzduchu -3 °C a nárast počtu dní s priemernou teplotou nad bodom mrazu).
- **zmeny v množstve, ročnom chode a v časovom režime zrážok**
 - slabý pokles úhrnov v lete na juhu územia a mierny nárast úhrnov vo zvyšnej časti roka na severe územia (okolo 10 %),
 - zvýšenie premenlivosti úhrnov zrážok v teplej časti roka,
 - častejšie a dlhšie suché obdobia a zrážkovo výdatnejšie krátke daždivé obdobia,
 - v lete menší počet dní so zrážkami a častejší výskyt zrážkovo výdatnejších krátkych daždivých období,
 - vyššie úhrny zrážok by každoročne mohli prevyšovať 150 mm a v priemere raz za 50 rokov aj 400 mm.
- **zmeny v množstvách snehovej pokrývky**
 - nepravidelný výskyt snehovej pokrývky do výšky 900 m n. m.,

- úbytok snehovej pokrývky v nižších nadmorských výškach pod 800 m n. m. a jej častejšie topenie v zimnom období (častejší výskyt zimných povodní),
- skracovanie obdobia s výskytom snehovej pokrývky,
- o **zmeny iných klimatických charakteristík**
 - pokles vlhkosti pôdy na juhu SR,
 - počet dní s búrkou by sa nemal zmeniť oproti súčasnosti, ale veľmi silných búrok bude pravdepodobne o 50 % viac,
 - zosilnením búrok v teplej časti roka,
 - častejší výskyt silného vetra a víchric počas búrkových aktivít,
 - bez výrazných zmien v rýchlosti a v smere vetra,
 - bez významných zmien v priemeroch globálneho žiarenia.

1.6 Očakávané zmeny klímy v dotknutom regióne

Zmeny klímy v regióne Bratislavského samosprávneho kraja, na ktorom predmetný železničný uzol leží, korešpondujú so zmenami klímy v stredoeurópskom kontexte (Karpatský rozvojový inštitút, 2016). Pre kraj boli spracované klimatické scenáre s výhľadom do roku 2100, podľa ktorých sa predpokladá:

- K horizontu roku 2025 sa očakáva **oteplenie** o 0,8 °C, k horizontu 2050 o 1,8 °C a k roku 2075 o 2,8 °C oproti obdobiu 1961 – 1990. V nadväznosti sa očakáva nárast počtu letných dní v teplom polroku a pokles počtu mrazových dní v chladnom polroku. V nížinách by mal vzrásť počet letných dní k horizontu 2025 o 13 dní, k 2050 o 25 dní a k 2075 o 38 dní. Počet tropických dní sa zvýši k horizontu 2025 o 6 dní, k 2050 o 13 dní a k roku 2075 o 25 dní. Počet dní s max. teplotou 35 °C a viac by k roku 2050 mal dosiahnuť v priemere 3 ročne. Naopak, počet mrazových dní by mal klesnúť k horizontu 2025 o 10 dní, k 2050 o 25 dní a k 2075 o 40 dní.
- Častejšie sa budú vyskytovať **vlny horúčav** (série tropických dní za sebou) a obdobia sucha budú častejšie a dlhšie trvajúce. Pri náraste teploty vzduchu vzrastú požiadavky na zavlaženie pôdy (vzrastie sýtosťný doplnok) a aj potenciálny výpar.
- Ročné úhrny zrážok sa budú zvyšovať len málo na severe a klesať na juhu, budú rásť v chladnom polroku s častým výskytom vo forme dažďa na úkor snehu. Očakáva sa vzrast úhrnov zrážok k roku 2025 o 6 %, k 2050 o 7 % a k 2075 o 10 %. Predpokladá sa **nárast podielu konvektívnych intenzívnych zrážok v teplom polroku** na úkor dlhotrvajúcich frontálnych zrážok, očakáva sa vyšší podiel lejakov s väčšími prestávkami medzi nimi (platí, že pri náraste teploty o 1 °C sa počas búrok a prehánok zvyšujú úhrny zrážok o 10 %).
- Nepredpokladá sa významná zmena počtu dní s búrkou, avšak vzhľadom na nárast vodnej pary v ovzduší sa predpokladajú výraznejšie sprievodné javy – vyššie úhrny intenzívnych lejakov.
- Zmena snehových pomerov sa prejaví v zmene počte dní so snehovou pokrývkou a tiež zmenou celkovej výšky snehovej pokrývky. **Nižšia snehová pokrývka** a častejšie oteplenia sa prejavia častým úplným roztopením snehovej pokrývky počas zimy, t. j. vodné zásoby zo snehu sa dostanú do odtoku už v priebehu zimy. V dôsledku očakávaného nárastu zrážok v zime, sa predpokladá občasné výdatné sneženie, snehová pokrývka sa ale bude rýchlo topiť. Postupne sa stane viac epizodickou, čo ovplyvní zimnú a jarnú hydrologickú bilanciu povodia.

- Západné Slovensko bude z hľadiska zmien hydrologického režimu patriť k najviac postihnutým oblastiam (MŽP SR, 2015). Očakáva sa **pokles dlhodobých priemerných mesačných prietokov** od februára (marca) do novembra (decembra), s najvýraznejšími poklesmi v mesiacoch máj až júl (v niektorých povodiach sa v horizonte roku 2075 očakáva pokles o 70 %). V ročnom rozložení sa predpokladá **nárast zimného a jarného odtoku** v rozpätí od 30 do 60 % v dôsledku rýchlejšieho topenia snehovej pokrývky a častejšieho výskytu tekutých zrážok v zime. Narastie tak **riziko z topenia snehu a kombinovaných povodní** z výdatných dažďov a súčasného topenia snehu, ktoré sa viaže najmä na menšie toky stekajúce z Malých Karpát. Očakáva sa tiež **pokles letného a jesenného odtoku** v rozpätí od -20 do -40 % v dôsledku dlhotrvajúcich období sucha. Suché obdobia môžu byť prerušované niekoľkodennými dažďami s vysokým úhrnom zrážok, príp. silnou búrkovou činnosťou s intenzívnymi zrážkami, vyvolávajúcimi častejší výskyt prívalových povodní v teplom polroku.

1.7 Očakávané zmeny klímy v prostredí Bratislavy

Životné prostredie v mestách sa značne odlišuje od okolitej prírody vo viacerých charakteristikách (teplota, vlhkosť a znečistenie ovzdušia a i.). Pre mestské prostredie je typický vysoký podiel spevnených plôch, ktoré majú tendenciu sa silne prehrievať alebo ochladzovať, čím ovplyvňujú tepelnú situáciu v okolí. Na teplotný rast v meste má vplyv aj teplo uvoľňované z priemyselných procesov, spaľovacích motorov v doprave a vykurovania budov. Vzájomnou súčinnosťou týchto faktorov sa nad mestom vytvára tzv. teplotný ostrov. Teplotný rozdiel medzi mestom a jeho okolím sa môže pohybovať v rozmedzí od 0,5 až 1,5 °C až po extrémny do 10 °C, ktoré môžu nastať v extrémne horúcich dňoch. Kvôli členitosti mestského povrchu sa pohyb vzduchových hmôt nad mestom spomalí. Sťažnený pohyb vzduchu napomáha zvyšovaniu oblačnosti nad urbanizovaným prostredím oproti okolitej krajine. V ročnom priemere činí tento rozdiel 5 až 10 %. Vplyvom zvýšenej oblačnosti narastá aj množstvo zrážok. Dôvodom je aj to, že vysoký podiel nepriepustných povrchov v mestách ovplyvní prirodzený kolobeh zrážkových vôd. Predpokladá sa, že očakávané dôsledky zmeny klímy budú v ďalších rokoch výraznejšie práve v mestskom prostredí (Bratislava, 2014).

Pre Bratislavu je možné s pomerne veľkou mierou zhody použiť predpovedné scenáre stanovené pre stanicu Hurbanovo, reprezentujúcu najnižšie položené a najteplejšie regióny Slovenska. Z týchto scenárov vychádza aj spracovaná Stratégia adaptácie mesta na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy (Bratislava, 2014) a tiež Akčný plán adaptácie mesta na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy (Bratislava, 2017).

Podľa scenára Climate and Carbon Cycle Modeling CCM 2000 by mala priemerná ročná teplota vzrásť z 11,20 °C na približne 11,80 °C v roku 2030 a na 12,6-13,50 °C v roku 2075. Počet dní s teplotou nad 20 °C by sa mal zvýšiť v tejto lokalite okolo roku 2030 z dnešných 62-63 na 73-75 a na 95-97 okolo roku 2075. Očakáva sa tiež zvýšenie počtu extrémne horúcich dní zo súčasných 6 až na možných 45 dní pre rok 2100.

V dôsledku zmeny klímy a s ním spojenými zmenami hodnôt a režimu klimatických charakteristík (najmä nárast teploty a pokles zrážkových úhrnov) možno v intraviláne Bratislavy očakávať zvýraznenie odlišností vyplývajúcich z mikro- a mezoklimatických vlastností sídelnej krajiny. Teplotné rozdiely medzi mestom a okolitou nemestskou krajinou sa môžu zväčšovať, a to najmä v letnom polroku.

Najpodstatnejší dôsledok z hľadiska teplotného komfortu je vzrast vln horúčav, ktoré môžu nastúpiť už v priebehu mája a nebudú zriedkavé ani do polovice septembra. Predpokladá sa aj

vyšší počet dní s dusným počasím, vzhľadom na celkový nárast parametrov obsahu vody v atmosfére.

Zvýšením teploty a vlhkosti vzduchu sa očakáva častejší výskyt silnejších a intenzívnejších búrok, s extrémnym množstvom spadnutých zrážok za deň. Predpovedaný scenár pre atmosférické zrážky vykazuje postupný pokles s výrazným znížením ročného úhrnu na konci tohto storočia, čo je podmienené výraznejším poklesom letného úhrnu zrážok. Doterajší trend záberu nezastavanej plochy v Bratislave na zástavbu spolu s ďalšími negatívnymi zmenami krajiny štruktúry spôsobuje z mikroklimatického hľadiska znásobovanie negatívnych javov v teplotných a zrážkových charakteristikách.

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 a tiež v poklese priemernej výšky snehovej pokrývky. V súvislosti s rastom extrémnosti zrážok treba však počítať v zimnom období s častejším výskytom vyšších denných prírastkov nového snehu.

Klimatická zmena sa už v súčasnosti významne urýchljuje, a ak do konca tohto storočia vzrastie priemerná ročná teplota vzduchu o 4 °C, klimatické podmienky v oblasti južného Záhoria sa budú podobáť na pomery, ktoré dnes prevládajú na Balkánskom polostrove. Je veľmi pravdepodobné, že aj oblasť Bratislavy budú charakterizovať len dve ročné obdobia, veľmi dlhé, suché a horúce leto, a mierna daždivá zima.

Scenáre zmeny základných klimatických charakteristík v riešenom území uvádzajú nasledujúce obrázky (Obr. 1 – 5).

Obr. 1 Scenár zmien priemernej teploty podľa modelu KNMI a emisného scenára SRES A1B (Karpatský rozvojový inštitút, 2016)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Scenáre zmien priemerov teploty vzduchu v Bratislave oproti priemeru z obdobia 1961-1990													
2001–2050	9	14	1	8	7	1	8	9	8	14	4	0	8
2026–2075	18	27	18	13	16	19	17	2	17	22	12	16	18
2051–2100	32	32	26	2	25	32	33	3	24	3	23	28	28
Scenáre priemerov teploty vzduchu na Malom Javorníku vo výške 584 m n.m. do roku 2100													
2001–2050	-26	-1	34	84	13	161	178	176	138	92	24	-16	81
2026–2075	-17	13	42	89	138	17	188	187	147	10	32	0	91
2051–2100	-3	17	5	96	148	182	204	197	154	108	43	11	101

Obr. 2 Scenáre zmien priemerných úhrnov zrážok podľa modelu KNMI a emisného scenára SRES A1B (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) (L letisko, K Koliba)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Scenáre zmien priemerov úhrnov zrážok V Bratislave L v % v porovnaní s 1961–1990													
2001–2050	189	173	-207	-16	118	15	35	138	143	178	-75	203	65
2026–2075	203	152	-171	13	155	-9	-134	7	216	248	-6	182	69
2051–2100	37	334	-4	154	101	-132	-258	44	244	256	95	237	97
Scenáre priemerov úhrnov zrážok na Malom Javorníku (584 m n.m.) v mm do roku 2100													
2001–2050	635	674	416	426	82	836	856	903	652	605	694	804	835
2026–2075	642	662	434	514	847	816	715	849	693	641	746	791	838
2051–2100	731	766	522	586	807	715	614	828	709	645	822	828	860
Scenáre priemerov úhrnov zrážok V Bratislave K (286 m n.m.) v mm do roku 2100													
2001–2050	556	528	337	431	735	699	659	785	506	518	578	631	702
2026–2075	563	519	352	52	759	683	551	738	538	549	621	62	704
2051–2100	641	601	423	593	723	598	473	721	551	553	683	649	723

Obr. 3 Scenáre zmien mesačných priemerov počtu dní so snehovou pokrývkou v porovnaní s priemerom v období 1951 – 1980 (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) – Zmena priemerov N (%) pri raste priemerov teploty vzduchu o 1 % C (tabuľka 1) a pri raste úhrnov zrážok o 10 % (tabuľka 2)

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ZI	CHP
Podun. nížina	-20	-22	-44								-44	-28	-22	-32
Záhorská nížina	-12	-18	-36								-36	-22	-17	-26
600 m n. m.	-1	-1	-2	-14							-20	-6	-2	-4

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ZI	CHP
Podun. nížina	6	5	7								5	3	3	7
Záhorská nížina	3	3	5								5	3	3	5
600 m n. m.	1	1	1	0							5	1	1	2

Obr. 4 Scenáre zmien mesačných priemerov sumy denných výšok snehovej pokrývky v porovnaní s priemerom v období 1951 – 1980 (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) – Zmena priemerov S (%) pri raste priemerov teploty vzduchu o 1 % C (tabuľka 1) a pri raste úhrnov zrážok o 10 % (tabuľka 2)

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ZI	CHP
Podun. nížina	-28	-36	-46								-52	-42	-33	-51
Záhorská nížina	-22	-26	-45								-32	-34	-28	-47
600 m n. m.	-7	-6	-18	-16							-28	-12	-7	-16

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ZI	CHP
Podun. nížina	7	11	8								10	6	7	10
Záhorská nížina	5	5	7								10	6	7	10
600 m n. m.	6	3	5	0							8	7	9	10

Obr. 5 Scenáre zmien počtov dní s charakteristickou teplotou na stanici Bratislava–letisko do roku 2100 podľa modelu KNMI a emisného scenára SRES A1B v porovnaní s priemerom z obdobia 1961 – 1991 (Karpatský rozvojový inštitút, 2016)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Zmeny počtu letných dní v Bratislave L v porovnaní s priemerom v období 1961–1990, T _{max} ≥ 25 °C													
2001–2050		0	3	7	11	36	22	28	11	9			126
2026–2075		0	4	11	34	57	46	6	31	1			253
2051–2100		0	4	16	57	86	75	79	48	15			38
Zmeny počtu tropických dní v Bratislave L v porovnaní s priemerom v období 1961–1990, T _{max} ≥ 30 °C													
2001–2050			0	1	1	9	12	19	7	0			58
2026–2075			0	2	15	26	32	43	15	0			134
2051–2100			0	3	28	56	71	68	22	1			247
Zmeny počtu mrazových dní v Bratislave L v porovnaní s priemerom v období 1961–1990, T _{min} < 0 °C													
2001–2050	-17	-6	-2							0	-4	9	-2
2026–2075	-33	-25	-3							0	-11	-22	-94
2051–2100	-57	-22	-4							0	-14	-41	-138
Zmeny počtu mrazových dní v Bratislave L v porovnaní s priemerom v období 1961–1990, T _{min} < 0 °C													
2001–2050	-23	-47	-7	-1	0				0	-14	-5	5	-101
2026–2075	-43	-77	-29	-13	0				0	-21	-24	-39	-246
2051–2100	-84	-88	-56	-17	0				0	-28	-52	-75	-401

Zmeny počtu tropických nocí v Bratislave L v porovnaní s priemerom v období 1961–1990, $T_{min} \geq 20^{\circ}C$												
2001–2050					1	3	9	6	1	0		2
2026–2075					2	11	28	2	3	0		63
2051–2100					6	31	61	4	7	0		144

Predkladané posúdenie odolnosti projektu modernizácie železničného uzla Bratislava vetva VÝCHOD vychádza z uvedených trendov, tzn. sleduje:

- zvýšenie priemernej ročnej teploty (umocnené tepelným ostrovom),
- zvýšenie počtu vln extrémne horúcich dní v letnom období,
- pokles relatívnej vlhkosti vzduchu a celkový pokles zrážok (viac zrážok v zimnom období, pokles snehovej pokrývky),
- nerovnomernosť a zmeny v časovom rozložení zrážok ako aj ich intenzity (prívalové zrážky, lokálne povodne, obdobia sucha),
- zvýšenie početnosti a intenzity extrémnych poveternostných javov (povodne a suchá, víchrice, snehové kalamity a veterné smršte).

2. Adaptácia projektov dopravnej infraštruktúry na dôsledky zmeny klímy

Adaptácia na zmenu klímy patrí v súčasnosti k prioritám environmentálnej politiky. Na medzinárodnej, európskej aj národnej úrovni boli prijaté viaceré dokumenty a stratégie zaoberajúce sa touto témou. Primárnym cieľom prijatých stratégií je znížiť príspevok antropogénneho pôsobenia k prebiehajúcim zmenám klímy a zároveň zabezpečiť lepšiu pripravenosť krajiny na jej možné dôsledky a podporiť jej schopnosť reagovať na potenciálne vplyvy (Vyskupová, 2017).

Tab. 4 Prehľad strategických dokumentov pre oblasť zmeny klímy prijatých na úrovni EÚ a SR

Kľúčové strategické dokumenty pre oblasť zmeny klímy
- o Rámcový dohovor OSN o zmene klímy, 1992 - o Kjótsky protokol k rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy, 2002 - o Parížska dohoda, 2015 - o Biela kniha: Adaptácia na zmenu klímy: Európsky rámec opatrení, 2009 - o Európa 2020: Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu, 2010 - o Zelená kniha: Prispôsobenie sa zmene klímy v Európe – Možnosti na uskutočnenie opatrení na úrovni EÚ, 2007 - o Stratégia EÚ pre adaptáciu na zmenu klímy, 2013 - o Zelená kniha: Rámec pre politiku v oblasti zmeny klímy a energetickú politiku do roku 2030, 2013 - o Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy, MŽP SR, 2014, resp. aktualizácia z r. 2018 Analogické strategické materiály sú spracovávané aj na regionálnej prípadne miestnej úrovni. - o Katalóg adaptačných opatrení miest a obcí Bratislavského samosprávneho kraja na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy, 2016 - o Stratégia adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy, 2014 - o Akčný plán adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy na roky 2017 – 2020, 2017 - o Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy, 2020
Strategické dokumenty pre oblasť zmeny klímy v sektore dopravy
- o Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investment climate resilient, European Commission DG Climate Action, 2009 - o Adaptation of transport to climate change in Europe (EEA Report No. 8/2014) - o Európska stratégia pre nízkoemisnú mobilitu, 2016

V sektore dopravy, zabezpečujúcom prepravu osôb a tovarov, je nevyhnutné zachovať možnosť plynulej a bezpečnej prevádzky aj v prípade meniacich sa klimatických podmienok. Očakávané zmeny klimatických prvkov by preto mali byť zohľadnené už pri technických návrhoch dopravných projektov a tiež pri návrhoch ich umiestnenia a trasovania v území.

Prispôbenie projektu umožňuje jeho pružnejšiu reakciu na prípadné zmeny a uskutočňuje sa prostredníctvom aplikácie účinných mitigačných a adaptačných opatrení:

- **Mitigačné opatrenia** zmierňujú nepriaznivé účinky zmeny klímy a znižujú vyplývajúce riziká a škody (znižovanie emisií skleníkových plynov).
- **Adaptačné opatrenia** znižujú zraniteľnosť projektu a zvyšujú jeho odolnosť prispôbením projektu nepriaznivým účinkom zmeny klímy a využitím prípadných pozitívnych dopadov. V doprave sa rozlišujú adaptačné opatrenia zamerané na znižovanie bezpečnostných rizík vplyvom extrémov počasia a opatrenia zamerané na skvalitnenie dopravnej infraštruktúry v rizikových lokalitách.

Integrácia adaptácie na zmenu klímy do rozvojových aktivít spoločnosti vyústila do snahy začleniť posudzovanie dopadov zmeny klímy aj do procesov prípravy a realizácie projektov dopravnej infraštruktúry, kedy sú ešte otvorené možnosti zapracovania prípadných navrhovaných opatrení (Vyskupová, 2019). Cieľom je dimenzovať pripravované projekty na predpokladanú úroveň pôsobenia možných rizikových faktorov vyplývajúcich z meniacich sa klimatických podmienok.

Adaptácia projektov zvyšuje kvalitatívnu úroveň dopravnej infraštruktúry ako základného kameňa dopravy (moderný rozvoj diaľničnej siete a siete rýchlostných ciest, modernizácia železničných tratí, podpora verejnej osobnej dopravy, budovanie integrovaných dopravných systémov a pod.). Jej výsledkom je environmentálne prijateľnejší spôsob dopravy a súčasne silný dopravný systém odolávajúci prípadným nepriaznivým dôsledkom zmien klímy zabezpečujúci bezpečnú prepravu osôb a tovarov (Vyskupová, 2017).

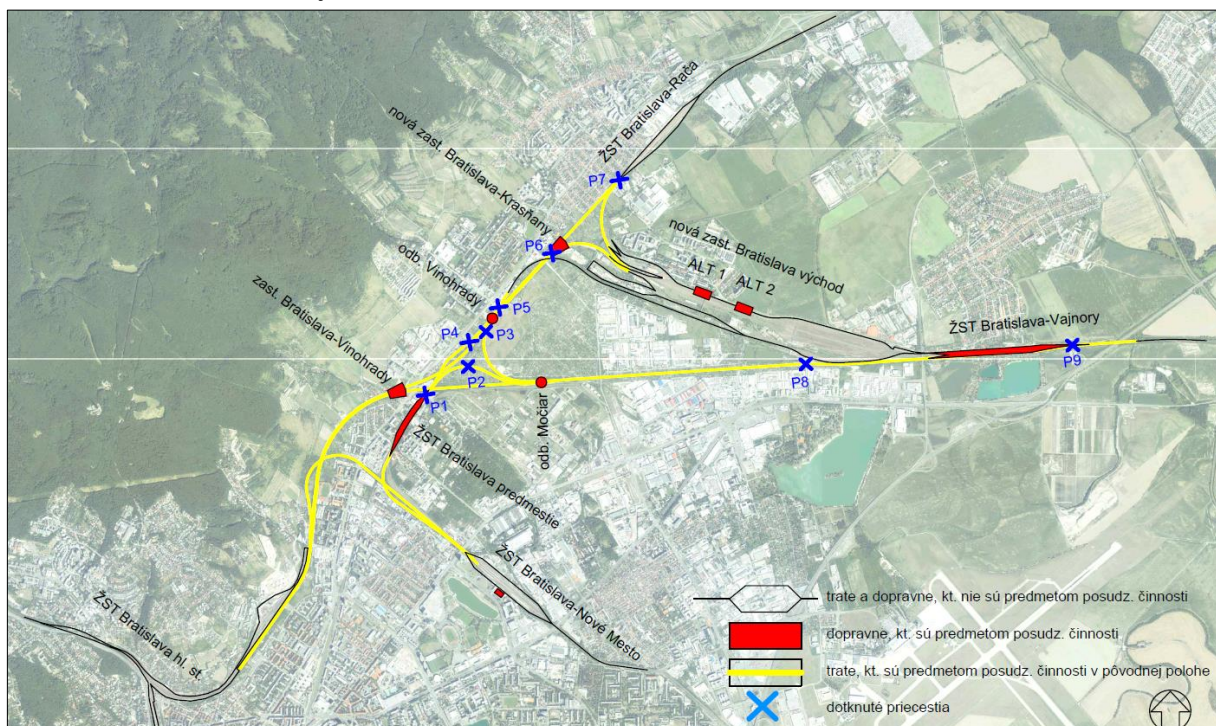
3. Stručná charakteristika projektu

Účelom projektu „**Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD**“ je modernizácia technickej infraštruktúry východnej časti železničného uzla Bratislava. Celková dĺžka železničného uzla je 100,7 km, z toho dvojkoľajných úsekov je 49,5 km, jednokolejné úseky tvoria 51,2 km a elektrifikovaných je 86,6 km. Železničný uzol na území mesta Bratislava bol v zmysle štúdie realizovateľnosti rozdelený na úseky A až J, predmetom modernizácie sú nasledovné úseky vetvy VÝCHOD:

- úsek C: Bratislava hl. st. (mimo) – ŽST Bratislava-Rača (mimo),
- úsek D: Bratislava hl. st. (mimo) – ŽST Bratislava-Vajnory,
- úsek E: Odb. Vinohrady, Odb. Močiar – ŽST Bratislava-Nové Mesto,
- úsek F: ŽST Bratislava-Nové Mesto (mimo) – ŽST Bratislava hl. st. (mimo),
- úsek N: Centrum riadenia dopravy železničného uzla Bratislava.

Dotknutý úsek je ohraničený ŽST Bratislava hlavná stanica, ŽST Bratislava-Nové Mesto, ŽST Bratislava-Rača a ŽST Bratislava-Vajnory (obrázok nižšie).

Obr. 6 Rozsah navrhovanej činnosti



Návrh modernizácie východnej časti železničného uzla Bratislava sleduje skvalitnenie súčasných technických parametrov trate s cieľom vyriešenia nedostatočnej kapacity infraštruktúry železničnej prevádzky, zvýšenia maximálnej traťovej rýchlosti, zvýšenia bezpečnosti železničnej dopravy, uvedenia zastaraných a opotrebovaných konštrukčných častí a technického vybavenia železničnej siete ŽSR do normového stavu a zaistenia interoperability železničného systému v súlade s európskou a národnou legislatívou.

V rámci modernizácie uzla Bratislava vo vetve VÝCHOD sa prioritne navrhuje:

- komplexná obnova zemného telesa, železničného spodku a zvršku vrátane nového systému elektrického ohrevu výhybiek,
- komplexná výmena trakčného vedenia a napájacieho systému na požadovanú úroveň,
- výstavba nových elektronických zabezpečovacích zariadení spĺňajúcich požiadavky interoperability železničného systému, ktoré nahradia existujúce zabezpečovacie zariadenia na železničnej infraštruktúre ŽSR, vrátane nasadenia systému ETCS,
- výstavba novej 2. koľaje v úseku ŽST Bratislava-Nové Mesto - ŽST Bratislava hl. st.,
- výstavba novej 2. koľaje v úseku Odb. Močiar – ŽST Bratislava predmestie,
- rekonštrukcia a dobudovanie mostných objektov z dôvodu prispôsobenia novému šírkovému usporiadaniu trate a výmeny zastaraných a nevyhovujúcich konštrukčných prvkov,
- výstavba nových oporných a zárubných múrov pre zabezpečenie stability železničnej trate,
- modernizácia koľajiska železničných staníc, nevyhnutné úpravy pre potreby umiestnenia technológií modernizovanej trate a zvýšenie ich technickej vybavenosti vrátane inovácie a doplnenia zariadení pre cestujúcu verejnosť a zariadení pre zaistenie bezpečnosti priestorov,

- prestavba, resp. vybudovanie nástupíšť v železničných staniciach a vytvorenie mimoúrovňových, bezkolíznych prístupov pre cestujúcich a prístupov pre cestujúcich so zníženou schopnosťou pohybu,
- vybudovanie nových zastávok Bratislava východ a Bratislava-Krasňany a obnova železničnej zastávky Bratislava-Vinohrady vrátane úprav nástupíšť a zabezpečenia mimoúrovňových prístupov pre cestujúcich,
- preriešenie, resp. nahradenie úrovňových priecestí situovaných v dotknutých úsekoch P1 – P9,
- inovácia, modernizácia a doplnenie systémov riadenia železničnej dopravy, prenosových a spojovacích systémov telekomunikačnej a dátovej siete, rozhlasových zariadení a oznamovacích zariadení vrátane integrácie nových funkcionalít interoperability,
- plná digitalizácia komunikačnej siete (nové optické káblové vedenia, digitálne prenosové a spojovacie systémy a pod.),
- komplexné vybudovanie nového systému osvetlenia železničných staníc, zastávok a odbočiek,
- inštalácia protihlukových opatrení v lokalitách s prekročenými prípustnými limitnými hodnotami šírenia hluku,
- realizácia centra riadenia dopravy v ŽST Bratislava-Nové Mesto,
- zatrávnenie svahov železničného telesa a realizácia doplnkových vegetačných úprav na železničnom násype a na príľahlých pozemkoch.

Do vetvy VÝCHOD patria spolu 3 železničné stanice, 1 zastávka a 2 odbočky (miesto na dráhe určené na riadenie dopravy s koľajovým rozvetvením, ktoré umožňuje jazdu z jednej trate na druhú): ŽST Bratislava-Vajnory, ŽST Bratislava predmestie, ŽST Bratislava-Nové Mesto, zast. Bratislava-Vinohrady, Odb. Močiar a Odb. Vinohrady.

Nové konštrukčné prvky železničnej infraštruktúry ŽSR zvýšia spoľahlivosť, plynulosť, rýchlosť a bezpečnosť jazdy koľajových vozidiel, čím sa zvýši komfort a kultúra cestovania a zároveň sa umožní bezkolízny prístup pre cestujúcich a prístup osobám s obmedzenými schopnosťami pohybu. Výmena zastaraných a opotrebovaných prvkov a doplnenie progresívnych zariadení zvýši technickú vybavenosť dotknutej železničnej trate pri súčasnom znížení frekvencie údržbových a servisných prác. Zároveň sa začlenením vhodných technických opatrení zabezpečí minimalizácia negatívnych vplyvov železničnej prevádzky na okolité prostredie.

Vzhľadom na rozsah stavby sa predpokladá postupná realizácia modernizácie železničného uzla vetvy VÝCHOD v dlhších časových horizontoch v závislosti od aktuálnych nárokov a požiadaviek železničnej dopravy a tiež finančných možností navrhovateľa.

V krátkodobom časovom horizonte do roku 2025:

- Modernizácia zastávky Bratislava-Vinohrady a vybudovanie prestupných väzieb na ŽST Bratislava predmestie (úsek C02, D01).

V strednodobom horizonte do roku 2030:

- Zvýšenie výkonnosti úseku ŽST Bratislava hl. st. (mimo) - ŽST Bratislava-Nové Mesto (mimo) dostavbou 2. traťovej koľaje, nové staničné zabezpečovacie zariadenie v ŽST Bratislava-Nové Mesto a modernizácia koľají v úsekoch F01 a E02.
- Modernizácia ŽST Bratislava predmestie vrátane nového staničného zabezpečovacieho zariadenia, modernizácia staničných koľají a traťových koľají v príľahlých úsekoch vrátane

zvýšenia výkonnosti úseku Odb. Močiar – ŽST Bratislava predmestie (mimo) dostavbou 2. traťovej koľaje v úseku E01.

- Modernizácia úsekov ŽST Bratislava hl. st. (mimo) – zast. Bratislava-Vinohrady a ŽST Bratislava hl. st. (mimo) – ŽST Bratislava-Vajnory (mimo) (úseky C01 a D01).
- Realizácia ERTMS v uzle Bratislava (mimo úsek ŽST Bratislava-Nové Mesto – ŽST Bratislava-Podunajské Biskupice a ŽST Bratislava-Vajnory).
- Modernizácia úseku zast. Bratislava-Vinohrady – ŽST Bratislava-Rača (mimo) (C02).
- Výstavba mimoúrovňového kríženia v pokračovaní ulice Pri Vinohradoch ako náhrada priecestia na Trávnej ulici (v už zmodernizovanom úseku E03).
- Výstavba nových zastávok Bratislava-Krasňany a Bratislava východ.

V dlhodobom časovom horizonte po roku 2030 sa plánuje:

- Modernizácia koľajiska ŽST Bratislava-Vajnory (úsek D02).

Detailnejší opis technického riešenia navrhovanej činnosti je spracovaný v dokumentácii zámer spracovanej podľa zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (REMING CONSULT a. s., 2021).

Predkladaný zámer je riešený vo variante nulovom (ak by sa činnosť nerealizovala a zostal by zachovaný súčasný stav) a v dvoch realizačných variantoch – variantnosť spočíva v spôsobe náhrady úrovňových priecestí P1, P6 a P9 a v umiestnení novej zastávky Bratislava východ (tabuľka nižšie).

Tab. 5 Variantnosť riešenia navrhovanej činnosti

Objekt	Variant 1	Variant 2
Priecestie P1 Zabezpečené priecestie na Nobelovej ulici.	Podjazd v novej polohe, napojenie komunikácie na Račiansku ulicu s posunom električkovej trate.	Podjazd v novej polohe, napojenie komunikácie na Račiansku ulicu s kruhovými objazdami na Račianskej ulici.
Priecestie P2 Nezabezpečené priecestie na spojovacej trati Odb. Močiar – ŽST Bratislava predmestie.	Priecestie sa zruší bez náhrady, trať bude zdvojkolajnená.	-
Priecestie P3 Nezabezpečené priecestie na spojovacej trati Odb. Močiar – Odb. Vinohrady.	Priecestie sa ponechá a zabezpečí.	-
Priecestie P4 Zabezpečené priecestie na spojovacej trati ŽST Bratislava predmestie – Odb. Vinohrady.	Priecestie sa ponechá a zabezpečí.	-
Priecestie P5 Zabezpečené priecestie na spojovacej trati Odb. Vinohrady – ŽST Bratislava-Vajnory.	Priecestie sa ponechá a zabezpečí.	-
Priecestie P6 Zabezpečené priecestie pri „Modrom“ moste na trati Odb. Vinohrady – Bratislava-Rača.	Priecestie sa nahradí novým podjazdom pri Peknej ceste.	Priecestie sa nahradí novým nadjazdom pri Peknej ceste.
Priecestie P7 Zabezpečené priecestie v ulici Pastierska / Trávna (lokalita Pri Šajbách) v ŽST Bratislava-Rača.	Priecestie sa zruší a nahradí novým nadjazdom v predĺžení ulice Pri vinohradoch a novou komunikáciou.	-
Priecestie P8 Zabezpečené priecestie pri Kalnom jazere v traťovom úseku ŽST Bratislava hl. st. – ŽST Bratislava-Vajnory.	Priecestie sa nahradí novým nadjazdom v jeho súčasnej polohe.	-
Priecestie P9 Zabezpečené priecestie na ceste Pri mlyne v ŽST Bratislava-Vajnory.	Priecestie sa nahradí novým nadjazdom v jeho polohe, trvalá nová komunikácia stavby D1 sa	Priecestie sa nahradí novým nadjazdom v jeho polohe, trvalá nová komunikácia stavby D1 sa

Objekt	Variant 1	Variant 2
	preloží severne od nájazdu na nový nadjazd ponad žel. trať.	preloží do súbehu so žel. traťou popod nový cestný nadjazd.
nová zastávka Bratislava-Krasňany	Zastávka bude umiestnená do susedstva „Modrého“ mosta.	-
nová zastávka Bratislava východ	Krajné nástupište bude umiestnené pri koľaji č. 14 pri Rendez pube.	Krajné nástupište bude umiestnené pri koľaji č. 12a v súbehu s komunikáciou Východná.

4. Posúdenie rizík projektu spojených s klimatickou zmenou

Posúdenie rizík projektu v súvislosti s dopadmi zmeny klímy spočíva v identifikácii možných rizík a vyhodnotení ich významnosti. Spracované bolo podľa **Metodickej príručky posudzovania dopadov zmeny klímy na veľké projekty v sektore doprava** (VÚD, 2018), odporúčanej MDV SR pre plánované a pripravované projekty dopravnej infraštruktúry v SR.

Predkladané hodnotenie vychádza tiež z odporúčaní ďalších metodických postupov:

- Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient (EC DG Climate Action, 2009),
- Climate Change and Major Projects (EC DG Climate Action, 2016),
- The Basics of Climate Change Adaptation Vulnerability and Risk Assessment (JASPERS Guidance Note, 2017).

Hodnotenie tiež primerane zohľadňuje odporúčania pre integráciu klimatických zmien do prípravy projektov vo fáze posudzovania ich vplyvov na životné prostredie (EC, 2013).

Vyhodnotenie odolnosti projektu bolo realizované vo viacerých krokoch:

1. Posúdenie citlivosti projektu na rizikové klimatické javy,
2. Posúdenie expozície a vývoja rizikových klimatických javov,
3. Posúdenie zraniteľnosti projektu,
4. Identifikácia a stanovenie miery rizika,
5. Návrh doplňujúcich požiadaviek pre podrobnejšie preverenie identifikovaných rizík, príp. návrh adaptačných opatrení na zmiernenie identifikovaných rizík.

Záverom vykonaného hodnotenia je teda identifikácia rizík a návrh potrebných doplňujúcich požiadaviek a opatrení týkajúcich sa potreby ich podrobnejšieho preverenia, resp. návrh odporúčaných adaptačných opatrení pre zmiernenie identifikovaných významných rizík.

V zmysle odporúčania VÚD (2018) sa pri hodnotení klimatických rizík odporúča vziať do úvahy nasledujúce rizikové klimatické javy: silný vietor, silné dažde, vysoké teploty, snehové javy, námrazové javy, búrkové javy, povodne, zosuvy, sucho a požiare a hmlý.

4.1 Analýza citlivosti projektu na rizikové klimatické javy

Analýza citlivosti projektu spočíva v stanovení miery citlivosti projektu na pôsobenie relevantných klimatických rizík z hľadiska jeho stavebno-technického a prevádzkového riešenia.

Podkladom pre analýzu boli informácie o technickom riešení projektu modernizácie železničného uzla a zosumarizované informácie o vplyvoch zmeny klímy na sektor dopravy. Navrhované

riešenie projektu vychádza z dokumentácie zámer spracovanej pre potreby posudzovania vplyvov na životné prostredie (REMING CONSULT a. s., 2021), resp. zo štúdie realizovateľnosti spracovanej pre uzol Bratislava (REMING CONSULT a. s., 2019). Vzhľadom na úroveň poznania navrhovaného projektu, ktorý sa nachádza aktuálne v predprojektovom štádiu, bol dôraz kladený na všeobecné konštrukčné a stavebné prvky líniovej stavby – železničný zvršok a spodok, mostné objekty, cestné komunikácie, geotechnické konštrukcie, technologické zariadenia. Samotná analýza citlivosti projektu a jednotlivých typologických prvkov stavby vychádza predovšetkým zo skúseností správcu železničnej infraštruktúry ŽSR a projektantov pre jednotlivé oblasti (železnice a dráhy, mosty, geotechnika, elektrotechnické a zabezpečovacie zariadenia, vodohospodárske stavby, dopravná technológia a pod.), pričom sa opiera o viaceré odborné zdroje (Miňdaš a kol., 2011; EEA Report, 2017; EC JRC, 2012; ŽSR, 1999 – 2018).

Využitá bola trojstupňová hodnotiaci škála citlivosti projektu (Tab. 6).

Tab. 6 Hodnotiaci škála citlivosti projektu

Miera citlivosti		Popis
1	žiadna až nízka	Klimatický jav nemá na projekt žiadny vplyv, príp. počas jeho pôsobenia nie je projekt takmer vôbec ovplyvnený.
2	mierna	Projekt sa po skončení pôsobenia disturbance spôsobenej klimatickým faktorom dokáže samostatne, príp. s pomocou nenáročných opatrení prinavrátiť do pôvodného stavu.
3	významná	Predpokladá sa významná degradácia projektu a významné obmedzenie až zastavenie prevádzky dopravy, pričom obnovenie je možné výhradne s pomocou náročných opatrení a technických zásahov.

Výsledná tabuľka citlivosti (Tab. 7) uvádza relevantné klimatické javy vrátane ich potenciálnych dopadov na železničnú infraštruktúru. Osobitne je identifikovaný stupeň citlivosti projektu modernizácie železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD z pohľadu citlivosti samotného technického návrhu (stavebno-technického hľadiska železničnej infraštruktúry) a citlivosti železničnej následnej prevádzky (z dopravno-prevádzkového hľadiska).

Tab. 7 Analýza citlivosti projektu na rizikové klimatické javy

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
Silný vietor	- lámanie vetiev a vyvracanie stromov - unášanie materiálu - veterná erózia - dynamický tlak vetra na pohybujúce sa vozidlá	- mechanické poškodenia žel. infraštruktúry - výpadky el. energie - škody na budovách a majetku - obmedzenie funkčnosti el. zariadení	3	- škody na vozovom parku - zníženie rýchlosti prejazdov koľajových vozidiel - obmedzenie dopravy až neprejazdnosť žel. trate	2	- Keďže sa v blízkom okolí trate nachádzajú vzrastlé dreviny prevažne v úseku medzi zast. Bratislava-Vinohrady a ŽST Bratislava hl. st. vrátane svahov nad hlbokými zárezmi, ktorými je trať vedená, citlivosť infraštruktúry bola vyhodnotená ako významná. Z hľadiska rizika pádu stromov a konárov sú citlivými najmä samotné koľajisko a trakčné vedenie. - Železničná trať je v niektorých úsekoch citlivejšia na pôsobenie silných vetrov, vzhľadom na to že je vedená na vysokých násypoch a mostných objektoch, ktoré sú výraznejšie exponované ich pôsobením. - Z hľadiska ohrozenia a poškodenia unášaným materiálom sú citlivé prevádzkové budovy železničnej infraštruktúry (predovšetkým budovy so zvýšeným pohybom osôb) a samotné prechádzajúce koľajové vozidlá. - Základné stavebné objekty železničný spodok a železničný zvršok nevykazujú citlivosť voči pôsobeniu tohto javu. - Návrh konštrukcií stavebných objektov bude podložený statickým výpočtom. - Protihlukové steny budú navrhované podľa požiadaviek príslušných technických noriem, budú dimenzované na príslušné zaťaženie vetrom. - Mostné objekty budú dimenzované podľa požiadaviek STN EN 1991-1-4 na zaťaženie vetrom. - Zostavy trakčného vedenia vrátane rozostupu stožiarov budú navrhované v zmysle Všeobecných technických požiadaviek na kvalitu stavieb ŽSR (2020) s ohľadom na príslušnosť lokality ku geografickej oblasti podľa prúdenia vzduchových hmôt. - Z hľadiska možnosti krátkodobých výpadkov elektrickej energie v dôsledku pádov stromov a konárov, sú citlivými hlavne oznamovacie a zabezpečovacie zariadenia. Pre zachovanie

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
						bezpečnosti prevádzky na trati budú navrhované záložné zdroje elektrickej energie.
Silné dažde	- narušenie stability svahov - erózia pôdy a zosuvy - stúpanie hladín podzemnej vody - spomalenie odtoku - záplavy	- zaplavenie žel. trate alebo jej podmývanie - zníženie stability železničného násypu a svahov - korózia kovových častí žel. infraštruktúry vrátane stĺpov trakčného vedenia - zaťaženie odvodňovacích systémov - zvýšenie nákladov na údržbu	2	- zníženie rýchlosti prejazdov - obmedzenie až úplné znemožnenie dopravy - zníženie prietokov odvodňovacích systémov - zvýšenie nákladov na údržbu	1	- Konštrukčné vrstvy železničného spodku budú dimenzované tak, aby aj pri zvýšení hladiny podzemnej vody bolo železničné teleso stabilné. - V súčasnosti v dotknutom traťovom úseku absentuje akékoľvek odvodňovacie zariadenie trate, skladba železničného spodku je daná len zemnou pláňou. Vybudovaním odvodnenia sa zníži súčasná úroveň citlivosti trate na pôsobenie silných dažďov - Odvodnenie železničného spodku bude dimenzované pre návrhovú intenzitu dažďa pri periodicite 5-ročného dažďa v trvaní 15 minút s rezervou pre potrebný rozvod podľa TNŽ 73 6949. Návrh odvodnenia bude rešpektovať výsledky IG prieskumu. - Úseky trate vedené na vysokých násypoch a na mostných objektoch nevykazujú citlivosť na pôsobenie tohto javu, keďže v dôsledku krátkodobých intenzívnych lejakov nedôjde k zaplaveniu trate, resp. k obmedzeniu jej funkčnosti. - Citlivosť projektu spočíva tiež v krátkodobom zaťažení odvodňovacích systémov alebo v ich zanesení či poškodení. - Vyššia citlivosť projektu bude počas výstavby, kedy budú odstránené drevinové porasty pozdĺž trate viažuce vodu a bude znížená vsakovacia schopnosť pôdy jej zhutnením v dôsledku stavebných prác. Túto citlivosť zmierni finálna úprava stavbou dotknutých plôch.
Vysoké teploty	- únava materiálov - zmeny kvalitatívnych vlastností niektorých materiálov	- deformácie a vybočenia koľají - zvýšená rozťažnosť trakčného vedenia s následnou zmenou parametrov zostavy trakčného vedenia	2	- zvýšené nároky na údržbu - obmedzenie až úplné znemožnenie dopravy	1	- Z hľadiska konštrukčnej skladby sú na pôsobenie tohto klimatického javu citlivé predovšetkým samotné koľajnice a prvky trakčného vedenia. - Pri teplotách vzduchu okolo 40 °C stúpa teplota v koľajisku na 60 – 80 °C čoho následkom býva deformácia koľajníc alebo zmena ich polohy v dôsledku vybočenia, na teplotné zmeny sú

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
		• kolísanie napätia el. prúdu na TV • zvýšené nároky na údržbu • problémy signalizácie • problémy technologických zariadení				náchylné predovšetkým oblasti narušenej stability koľaje po vykonaných opravách. Nakoľko projekt uvažuje s kompletnou modernizáciou železničného zvršku aj spodku a so zriadením bezstykových koľají s vyššou odolnosťou a podvalov s vyššou stabilitou podľa aktuálnych predpisov a noriem, jeho citlivosť na pôsobenie vysokých teplôt bude nižšia v počiatočných rokoch prevádzky projektu. • Pri vysokých teplotách dochádza tiež k zmene vlastností trakčného vedenia – vyššie teploty zvyšujú odpor TV, čím znižujú jeho zaťažiteľnosť a môžu obmedziť tok elektrického prúdu. • Pôsobením vysokých teplôt môže byť obmedzená tiež funkčnosť niektorých zabezpečovacích a oznamovacích elektronických zariadení. • Návrhy zaťaženia mostných objektov budú uvažovať s rozťažnosťou materiálov vplyvom teplôt.
Snehové javy	• zníženie dohľadnosti hustým snežením • zasypanie snehom • snehové jazyky a záveje • lámanie vetiev v dôsledku usádzania snehu • vyvracanie stromov počas snehových búrok • výpadky el. energie • lavíny a zosuvy v dôsledku snehových zrážok alebo rozmŕzania pôdy	• zaťaženie stavebných konštrukcií • usádzanie snehu vo výhybkách • pády stromov a konárov na trať • zvýšené náklady na zimnú údržbu • obmedzenie funkčnosti el. zariadení • zaťaženie odvodňovacích systémov v dôsledku topenia snehu a ich prípadné poškodenia	1	• obmedzenie prejazdnosti žel. trate zasypaním snehom, pádmi stromov a konárov • zníženie plynulosti dopravy • spomalenie jazdných časov znížením dohľadnosti • vyššie riziko vzniku dopravných nehôd • zvýšené náklady na zimnú údržbu	1	• Pôsobenie tohto klimatického javu môže vyvolať zaťaženie stavebných konštrukcií snehom, resp. zvýšené nároky na zimnú údržbu žel. infraštruktúry. • Citlivosť dotknutej časti uzla na tento jav je nízka vzhľadom na vedenie trate vo viacerých úsekoch prevažne na násypoch a na mostných objektoch dimenzovaných podľa požiadaviek STN EN 1991-1-3/NA na príslušné zaťaženie snehom. • Návrh konštrukcií stavebných objektov bude podložený statickým výpočtom. • Ojedinele môže intenzívne sneženie vyvolať krátkodobé lokálne prevádzkové obmedzenia, prípadne nánosy napadnutého snehu môžu zaťažiť vybrané konštrukcie a vyvolať vznik lavín. Z tohto pohľadu je citlivým najmä úsek trate ŽST Bratislava hl. st. – zast. Bratislava-Vinohrady, kt. je vedený z väčšej časti v záreze. Citlivosť žel. zvršku spočíva hlavne v prípadnej

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
						nedostatočnosti inštalovaného ohrevu výhybiek pri extrémnych snehových zrážkach.
Námrazové javy	- vznik ľadovky, poľadovice a námrazy - tvorba ľadu - zmeny pružnosti a kvality niektorých materiálov - lámanie vetiev stromov - výpadky el. energie	- praskanie a lomy koľajníc - možný zdvih nivelety koľaje a pokles deformačnej odolnosti zemnej pláne v dobe jarného odmäku - zamŕzanie výhybiek - praskanie izolátorov - prítomnosť ľadu na žel. trati - kolísanie napätia. el. prúdu na trolejovom vedení - roztrhnutie alebo prepálenie trolejových vedení - strata napájania a obmedzenie funkčnosti el. zariadení - ovplyvnenie stability spodnej stavby mostných objektov tvorbou ľadu vo vodných tokoch - mechanické poškodenia infraštruktúry - zvýšenie nákladov na zimnú údržbu	2	- obmedzenie dopravy - zníženie rýchlosti prejazdov - vyššie riziko vzniku dopravných nehôd - kolísanie napätia a el. prúdu na trolejovom vedení - zvýšenie nákladov na zimnú údržbu	1	- Riziko vzniku poľadovice a námrazy je zvýšené na úsekoch situovaných na mostných objektoch. - Najmä počas skorých ranných hodín, kedy bývajú mrazy najsilnejšie, sa môžu vyskytovať lomy koľajníc (trhlina v celom profile koľajnice), čím je ohrozená bezpečnosť prejazdov vlakových súprav a preruší sa kontinuita koľajovej dráhy. Na vznik lomov koľajníc sú náchylnejšie bezстыkové koľaje, t. j. úseky modernizovaného žel. zvršku. - Nepredpokladá sa extrémna námraza, ktorá by vyvolala záťaž ohrozujúcu stabilitu stavebných objektov. Citlivosť na pôsobenie tohto javu sa zvyšuje pri kombinácii s ďalšími javmi – sneženie alebo silný vietor. - Námraza na trakčnom vedení môže spôsobiť kolísanie napätia, na ktoré sú citlivé moderné lokomotívy a moderné napájacie jednotky, čo môže mať za následok prípadné zastavenie železničnej premávky. - Zostavy trakčného vedenia sú navrhované v zmysle Všeobecných technických požiadaviek na kvalitu stavieb ŽSR (2020), tzn. zakladanie trakčných podpier a ich základov bude podložené statickým výpočtom zohľadňujúcim príslušnosť lokality k námrazovej (geografickej) oblasti. - Pri návrhu konštrukčných vrstiev podvalového podložia žel. trate sa zohľadňuje ochrana podložia a zemnej pláne voči účinkom mrazu v zmysle požiadaviek TNŽ 73 6312.
Búrkové javy	- vysokonapät'ové výboje - náhle privalové dažde a prudké, krátkodobé rozvodnenie vodných tokov, záplavy - nárazové pôsobenie silného vetra, vyvracanie stromov,	- zaplavenie alebo podmytie trate - zaplavenie koľajiska, objektov - zníženie stability žel. násypov a svahov	3	- bezpečnostné riziká - obmedzenie žel. prevádzky - zníženie rýchlosti prejazdov - vyššie riziko vzniku dopravných nehôd - výpadky napájania	2	- Keďže búrkové javy sú často spájané s intenzívnymi dažďami, citlivosť projektu spočíva hlavne v rozsahu ich pôsobenia na odvodňovacie systémy. - Z hľadiska nepriaznivého pôsobenia sprievodných silných vetrov sú citlivými najmä trolejové vedenie a samotné koľajisko (riziko pádu konárov stromov) a prevádzkové budovy

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
	- lámanie vetví, unášanie materiálu - krupobitie - narušenie stability svahov	- požiare na trakčnom vedení - výpadky napájania - obmedzenie funkčnosti technologických zariadení - poškodenie zariadení oznamovacej a zabezpečovacej techniky - strata možnosti diaľkového ovládania zariadení - prerušenie prenosu údajov - pády stromov a konárov na trať a TV - zaťaženie odvodňovacích systémov a ich prípadné mechanické poškodenie - škody na budovách a majetku		- zníženie prietokov odvodňovacích systémov - škody na budovách a majetku		vrátane staníc a zastávok (riziko poškodenia, resp. ohrozenia unášaným materiálom). - Bezpečnosť žel. prevádzky je pre prípad krátkodobých výpadkov el. energie štandardne zaistená záložnými zdrojmi el. energie - Citlivosť projektu voči pôsobeniu javu „blesk“ je malá, nakoľko spočíva v možnom zásahu elektrických zariadení, ktorých ochrana a odolnosť voči prepätiam rôznych druhov býva štandardne zabezpečená inštaláciou bleskozvodov a prepäťových ochrán. Ochrana proti výbojom je riadená podľa všeobecných požiadaviek legislatívy a špecifických požiadaviek správcov.
Povodne	- unášanie materiálu - rozvodnenie vodných tokov, príp. ich vyliatie - narušenie stability svahov - erózia pôdy a zosuvy - podmáčanie podložia	- zaplavenie žel. trate a súvisiacej infraštruktúry - poškodenie žel. infraštruktúry podmytím trate alebo unášaným materiálom - podmáčanie podložia a zníženie stability zemného telesa - narušenie stability príľahlých svahov - podomletie alebo poškodenie pilierov mostov kinetickou silou vody alebo unášaným materiálom - zaťaženie odvodňovacích systémov	1	- obmedzenie až úplné prerušenie žel. prevádzky - zníženie prietokov odvodňovacích systémov - zvýšenie nákladov na údržbu	1	- Konštrukčné vrstvy železničného spodku budú dimenzované tak, aby bolo železničné teleso stabilné aj pri zvýšení hladiny podzemnej vody. - Odvodnenie železničného spodku bude dimenzované podľa TNŽ 73 6949. - Na trati sa nachádzajú 3 mostné objekty ponad vodné toky: Gaštanový kanál, Račiansky potok a bezmenný vodný tok. - Rekonštrukcia mostných objektov a návrh nových mostov budú navrhnuté na základe ich aktuálneho stavebnotechnického stavu a budú podložené statickým výpočtom. - Citlivosť projektu je spojená najmä s prípadným zanesením priepustov unášaným materiálom, podmáčaním podložia trate.

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
		• zanesenie odvodňovacích systémov a ich prípadné mechanické poškodenie • zvýšené náklady na údržbu				
Zosuvy	• narušenie stability svahov • vznik zosuvov • zrútenie, resp. zavalenie dopravnej cesty	• zosuv časti žel. trate, resp. jej zavalenie • mechanické poškodzovanie častí žel. infraštruktúry • zmena geometrickej polohy koľaje vplyvom gravitačných pohybov • poškodenie TV a napájacieho systému	1	• zníženie bezpečnosti dopravy • obmedzenie rýchlosti prejazdov, resp. úplné prerušenie žel. prevádzky	1	• Železničná trať je trasovaná v stabilnom území z hľadiska vzniku svahových deformácií, neprechádza zosuvným územím. • V blízkosti ŽST Bratislava hl. st. sú od svahov Malých Karpát evidované svahové deformácie so stredným až vysokým stupňom náchylnosti k aktivizácii svahových pohybov. Evidované sú tu zosuvy Kalvária a Vinohrady, ktoré sú však zastabilizované. • Citlivosť trate na ohrozenie svahovými deformáciami, resp. zosuvmi svahov alebo zavalením rôznym materiálom svahu je zmiernená návrhom geotechnických opatrení – oporných a zárubných múrov. Projektované budú na základe statických výpočtov opierajúcich sa o poznanie lokálneho geologického podložia a budú dimenzované na odolnosť voči geodynamickým procesom. • Stavebné konštrukcie budú po individuálnom posúdení lokálneho geologického podložia dimenzované na seizmické zaťaženie podľa STN EN 1998-1/NA-2. Mostné objekty budú navrhované podľa požiadaviek STN EN 1998-1/NA-2 na príslušnú seizmickú odolnosť.
Sucho a požiare	• pokles hladiny podzemnej vody • vznik požiarov	• deformácie a poškodenia niektorých častí žel. infraštruktúry a niektorých materiálov • poškodenie trolejového vedenia a napájacieho systému • zníženie stability žel. násypu • škody na budovách a majetku	1	• ovplyvnenie bezpečnosti žel. dopravy • ovplyvnenie plynulosti žel. dopravy	1	• Citlivými sú najmä všetky pozemné prvky žel. infraštruktúry vrátane trolejového vedenia vedené mimo intenzívne zastavaného územia s výskytom súvislejších porastov pozdĺž trate. Nakoľko je väčšina trate vedená v blízkosti hustých porastov, nie je možné vylúčiť riziko vzniku požiaru, avšak v kontexte vzniku požiaru z extrémneho sucha je citlivosť projektu vyhodnotená ako žiadna až nízka. • Technický návrh projektu minimalizuje vznik požiaru vo všetkých objektoch. Opatrenia na úrovni požiadaviek technických noriem sú

Rizikový klimatický jav	Hlavné prejavy	Citlivosť infraštruktúry	C ₁	Citlivosť prevádzky	C ₂	Poznámky
						súčasťou projektu a budú plne zapracované do jednotlivých stavebných objektov - návrhu objektu, jeho vybavenia prvkami protipožiarneho opatrenia a požiarnej signalizáciou. Prostriedky hasenia požiaru budú zariadené podľa všeobecnej legislatívy.
Hmly	• zníženie dohľadnosti • tvorba poľadovice v zimných mesiacoch • tvorba smogu	• bez ovplyvnenia	1	• ovplyvnenie bezpečnosti a plynulosti dopravy • vyššie riziko vzniku dopravných nehôd	1	• Výskyt hmly môže v extrémnych prípadoch ovplyvniť prevádzku na železničnej trati, pre stavebno-technickú časť projektu sa citlivosť nepredpokladá.

Záverom analýzy citlivosti hodnotených rizikových klimatických javov na projekt modernizácie železničnej infraštruktúry uzla Bratislava vo vetve VÝCHOD možno konštatovať, že **bola identifikovaná významná miera citlivosti železničnej infraštruktúry na klimatické javy silný vietor a búrkové javy**. Klimatické javy silné dažde, vysoké teploty a námrazové javy boli hodnotené ako javy s miernou úrovňou citlivosti, keďže môžu mať tiež vplyv na stav a funkčnosť železničnej infraštruktúry. Na ostatné hodnotené rizikové klimatické javy (snehové javy, povodne, zosuvy, sucho a požiare a hmly) nevykazuje dotknutý projekt zo stavebno-technického hľadiska žiadnu, príp. nízku citlivosť.

Z hľadiska železničnej prevádzky bola identifikovaná mierna citlivosť pre klimatické javy silný vietor a búrkové javy, ktoré môžu mať výraznejší dopad na stav a funkčnosť železničnej infraštruktúry mnohokrát s následkami spomalenia či dočasného prerušenia prevádzky, avšak náprava a odstránenie porúch si štandardne nevyžaduje náročné technické zásahy, mnohé sú zvládnuteľné v rámci bežnej prevádzky. Pre pôsobenie ostatných hodnotených klimatických javov vykazuje železničná prevádzka nízku až žiadnu citlivosť.

4.2 Analýza expozície a vývoja rizikových klimatických javov

Pre všetky rizikové klimatické javy bola spracovaná podrobná analýza ich stavu a trendov vývoja v riešenom území, boli identifikované úseky železničnej trate vystavené ich pôsobeniu a stanovená miera expozície projektu v kontexte stavebno-technickej infraštruktúry aj v kontexte dopravnej prevádzky.

V tomto kroku boli podrobne analyzované aktuálne klimatické charakteristiky dotknutej lokality a sumarizované doteraz zaznamenané mimoriadne udalosti. Využité boli predovšetkým dostupné údaje z informačných systémov národných odborných organizácií SHMÚ (www.shmu.sk), VÚVH (www.vuvh.sk), MŽP SR (www.minzp.sk), SAŽP (www.sazp.sk), ŠGÚDŠ (www.geology.sk), dáta z Klimatického atlasu (www.klimat.shmu.sk), údaje zo zaznamenaných dát na staniaciach v dotknutom území (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015), ktoré sú sumárne uvedené aj v kapitole 1.2. posúdenia. Tieto údaje boli doplnené o informácie o mimoriadnych udalostiach na trati zaznamenaných správcom železničnej infraštruktúry ŽSR za roky 2010 – 2020 (ŽSR, 1999 – 2018) – preverené boli zaznamenané udalosti v celom uzle Bratislava, pričom v predloženej analýze sú z dôvodu rozsahu uvádzané len udalosti evidované vo vetve VÝCHOD.

Pre opis budúceho vývoja klimatických charakteristík boli rámcovo využité prognózy vývoja základných klimatických ukazovateľov do roku 2100 uvedené v Stratégii adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy (MŽP SR, 2018) a Národnej správe SR o zmene klímy (MŽP SR, 2017). Spresnené boli podľa dostupných predikčných scenárov spracovaných priamo pre dotknutú oblasť, konkrétne podľa scenárov vývoja základných klimatických ukazovateľov spracovaných pre územie Bratislavského samosprávneho kraja na podklade klimatického modelu KNMI a emisného scenára SRES A1B (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) a scenárov spracovaných pre mesto Bratislava ako Stratégia adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy (2014) (Bratislava, 2014) a Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy (Bratislava, 2020).

Pri hodnotení expozície bola využitá trojstupňová hodnotiaci škála miery expozície projektu (tabuľka nižšie).

Tab. 8 Hodnotiaci škála citlivosti projektu

Miera expozície		Popis
1	žiadna až nízka	Nepredpokladá sa expozícia dotknutého územia daným klimatickým javom, resp. v prípade jeho výskytu je jav minimálny alebo územie nie je takmer vôbec ovplyvnené.
2	mierna	Predpokladá sa len občasný výskyt javu, príp. minimálna disturbancia dotknutého územia spôsobená daným klimatickým faktorom.
3	významná	Predpokladá sa častý výskyt javu, resp. významná degradácia dotknutého územia vplyvom daného klimatického javu.

Nižšie uvedené tabuľky prezentujú sumár informácií o súčasných prejavoch rizikových klimatických javov a ich predpokladanom vývoji so zohľadnením zmeny klímy. Zároveň vyhodnocujú ako môžu dané javy ovplyvniť hodnotenú stavbu z hľadiska konštrukčného aj prevádzkového. Pre lepšiu ilustráciu tvrdení je súčasťou hodnotenia v prílohách fotodokumentácia hodnotenej časti železničného uzla Bratislava.

Tab. 9 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – silný vietor

Rizikový klimatický jav	Silný vietor						
Základné charakteristiky javu	Orograficky pomerne zložitý pomery územia celej Bratislavy sa prejavujú špecifickými vlastnosťami klímy mesta a jeho okolia. Najmä blízkosť Malých Karpát výrazne ovplyvňuje cirkulačné pomery v oboch znížených častiach územia Bratislavy a tým aj ostatné klimatické charakteristiky. Na záveternej strane Malých Karpát dochádza ku zvýšeniu rýchlosti a nárazovosti vetra. V lokalite prevláda severozápadné prúdenie vzduchových hmôt s priemernou početnosťou výskytu 24,78 % (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015), priemerná rýchlosť vetra sa pohybuje od 3,4 – 4,0 m/s, ojedinále až 4,2 m/s. Bezvetrie sa vyskytuje len cca 46 dní v roku. Počet dní so silným vetrom (dni s vetrom nad 10 m/s) na území mesta varuje, pohybuje sa na úrovni od 17 – 19 dní po 32 – 38 dní. Maximálne nárazy vetra môžu dosahovať aj vyše 100 km/hod, typické sú najmä pri búrkach alebo prechodoch studených frontov.						
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	Silné nárazové vetry sa v území vyskytujú len sporadicky, avšak v posledných rokoch majú stúpajúcu tendenciu. Zaznamenané boli silné vetry s následkami vyvrátených stromov a poškodení majetku a budov (napr. 29.1.2007, 16.5.2010, 17.5.2014, 22.10.2014, 2.11.2014, 10.1.2015, 29.10.2018, 9.2.2020). Podľa evidencie ŽSR boli v sledovaných rokoch v dôsledku silných vetrov zaznamenané viaceré prerušenia žel. prevádzky, resp. poškodenia súvisiacej infraštruktúry spojené najmä s pádmi stromov do koľajiska alebo na trakčné vedenie, spomalením jazdných časov zníženou rýchlosťou vlakov v dôsledku silného nárazového vetra a prešmykovaním kolies pre popadané lístie na koľajach: • nárazový vietor, pád stromov do koľajiska, resp. na trakčné vedenie: 20.2.2010 ŽST Bratislava predmestie, 16.5.2010 Odbočka Vinohrady – ŽST Bratislava hl. st., 16.5.2014 ŽST Bratislava-Rača, 28.4.2015 ŽST Bratislava-Rača, 25.7.2015 ŽST Bratislava-Vajnory, 14.7.2016 ŽST Bratislava-Vajnory, 2.12.2016 ŽST Bratislava hl. st., 23.10.2018 ŽST Bratislava-Rača, 24.10.2018 ŽST Bratislava-Rača; • popadané konáre a lístie na koľaji: 1.3.2013 ŽST Bratislava-Vajnory, 17.10.2013 ŽST Bratislava-Vajnory, 28.4.2015 zast. Bratislava východ – ŽST Bratislava-Rača, 3.11.2016 Odbočka Močiar – ŽST Bratislava hl. st., 24.11.2018 ŽST Bratislava-Vajnory; • vetrom unášané predmety v koľajisku: 24.6.2013 ŽST Bratislava-Rača – zast. Bratislava-Vinohrady (ŽSR, 1999 – 2018).						
Relevantné dopady javu v predmetnom území	Lámanie vetiev alebo vyvracanie stromov a ich pády na trolejové vedenie a železničnú trať, pôsobenie dynamického tlaku vetra na pohybujúce sa koľajové vozidlá.						
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V budúcnosti sa neočakávajú výrazné zmeny v rýchlosti prúdenia a v smere vetra. Do roku 2100 sa očakáva mierny nárast rýchlostí vetra i počtu veterných dní. Predpokladá sa častejší výskyt silného vetra a víchric najmä zosilnením búrok v teplej časti roka. Neočakáva sa výrazný nárast priemernej rýchlosti vetra a v smere vetra.						
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Klimatický jav pôsobí na celú dotknutú železničnú infraštruktúru, keďže je plne vystavená poveternostným podmienkam. Najrizikovejšia je expozícia zariadení a objektov pri búrkach, kedy môže vietor v nárazoch dosahovať vyššie rýchlosti. Dotknutá časť uzla je vedená zastavaným územím mesta, je preto vplyvom mnohých prekážok zástavby vystavená prudkému prúdeniu vzduchových hmôt len minimálne. Vyššia je expozícia tých traťových úsekov, ktoré sú vedené mimo súvislej sídlovej zástavby. Možné obmedzenia alebo poškodenia môžu nastať pri výskyte vetra s rýchlosťou nad minimálnu dimenzovanú úroveň odolnosti dotknutých mostných objektov. Náchylnejšie na pôsobenie silných vetrov sú časti trate vedené na vysokých násypoch, resp. na mostných objektoch. Dynamický tlak vetra pôsobí na koľajové vozidlá najmä v úseku trate zo ŽST Bratislava hl. st. po ŽST Bratislava-Rača a zo ŽST Bratislava hl. st. po ŽST Bratislava-Vajnory. Z pohľadu pôsobenia silných vetrov sú rizikovými tiež časti trate, pozdĺž ktorých sa nachádza vzrastlá drevinová vegetácia, ktorá môže byť pôsobením vetrov poškodená a hrozí tak pád zlomených konárov alebo vyvrátených stromov na trakčné vedenie alebo iné súčasti železničnej infraštruktúry, príp. priamo na trať. <table border="1"> <tr> <th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr> <tr> <td>Frekvencie a intenzity javu majú v súčasnosti stúpajúcu tendenciu, hoci silné nárazové vetry sa vyskytujú sporadicky.</td><td>Vzhľadom na očakávaný nárast búrkovej činnosti a s ňou spojený nárast rýchlosti vetra možno v budúcnosti očakávať zvýšenie</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td></tr> </table>	Súčasnosť	Budúcnosť	Frekvencie a intenzity javu majú v súčasnosti stúpajúcu tendenciu, hoci silné nárazové vetry sa vyskytujú sporadicky.	Vzhľadom na očakávaný nárast búrkovej činnosti a s ňou spojený nárast rýchlosti vetra možno v budúcnosti očakávať zvýšenie	2	3
Súčasnosť	Budúcnosť						
Frekvencie a intenzity javu majú v súčasnosti stúpajúcu tendenciu, hoci silné nárazové vetry sa vyskytujú sporadicky.	Vzhľadom na očakávaný nárast búrkovej činnosti a s ňou spojený nárast rýchlosti vetra možno v budúcnosti očakávať zvýšenie						
2	3						

Rizikový klimatický jav	Silný vietor
	expozíciu stavby voči silnému vetru.

Tab. 10 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – silné dažde

Rizikový klimatický jav	Silné dažde
Základné charakteristiky javu	Priemerný ročný úhrn zrážok v záujmovom území sa pohybuje v rozmedzí 590 – 640 mm (1981 – 2010) s postupným poklesom úhrnov smerom k jeho východnému okraju. Zrážky sú v dotknutom území najvýdatnejšie v letných mesiacoch (jún – august), najnižšie úhrny zrážok sú v zimnom a skorom jarnom období (január – marec). Najviac zrážok spadne v letnom polroku (apríl – september) v priemere za posledných 10 rokov je to približne 331 mm. 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 % (Bratislava, 2020). Priemerný sezónny úhrn zrážok v hodnotenom území v jarnom období sa pohyboval okolo 135 – 150 mm, v letných mesiacoch okolo 190 – 200 mm, v jesenných mesiacoch okolo 150 – 165 mm a v zimných mesiacoch okolo 110 – 135 mm (1981 – 2010). Priemerné ročné maximá denných úhrnov dosahujú 37 – 40 mm (SHMÚ, 2015).
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	Nárast priemerných zrážkových úhrnov v riešenom území v posledných rokoch kopíruje celoslovenskú situáciu – častejšie sa vyskytujú náhle, intenzívne až príválové dažde striedajúce sa s obdobiami sucha. Zaznamenané boli viaceré extrémne dažde aj s následkami vzniku zosuvov, spadnutím stromov či zatopením plôch a priestorov. Silné príválové dažde sú v posledných rokoch evidované najmä v letných mesiacoch a mnohokrát sú spojené s búrkovými javmi (napr. udalosti z 30.7.2014, 2.8.2014, 22.10.2014, 15.8.2015, 1.3.2016, 4.6.2016, 22.7.2017, 9.8.2017, 19.9.2017, 30.11.2017, 18.5.2018, 6.6.2018, 23.8.2018, 1.9.2018, 28.7.2019, 16.6.2020, 29.7.2020, 17.8.2020, 30.8.2020). Podľa evidencie ŽSR boli na danom traťovom úseku zaznamenané len poruchy bežného prevádzkového charakteru, udalosti spojené s výskytom silných dažďov boli evidované sporadicky a sú primerané príslušným ročným obdobiam s minimálnym dopadom na žel. prevádzku. Len ojedinele bolo v nadväzujúcom úseku uzla evidované zaplavenie koľajiska v dôsledku silných dažďov (13.9.2014 Bratislava ÚNS, 14.9.2014 zast. Bratislava východ, 14.7.2016 ŽST Bratislava-Vajnory, 6.6.2018 ŽST Bratislava-Nové Mesto, 10.8.2018 ŽST Bratislava-Vajnory, 1.9.2018) (ŽSR, 1999 – 2018).
Relevantné dopady javu	korózia kovových častí žel. infraštruktúry, spomalenie odtoku vody z územia, zníženie stability železničných násypov a svahov
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V oblasti Bratislavy sa v budúcnosti predpokladá pokles úhrnov zrážok, ich nerovnomerný výskyt (častejší výskyt dlhších suchých období a zrážkovo výdatnejších krátkych daždivých období) a zmena v ich časovom rozmiestnení vrátane nárastu zrážok v zimnom období. Predpokladá sa nárast výskytu príválových dažďov, vyššie úhrny zrážok by počas intenzívnej búrkovej činnosti mohli prevyšovať 150 mm a v priemere raz za 50 rokov aj 400 mm. Pri predikcii pre regionálnu úroveň (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) sa v riešenej oblasti očakáva vzrast úhrnov zrážok k roku 2025 o 6 %, k roku 2050 o 7 % a k roku 2075 o 10 %, resp. mierny pokles ročných úhrnov zrážok na juhu kraja. Súčasne sa očakáva nárast podielu konvektívnych zrážok v teplom polroku na úkor dlhotrvajúcich frontálnych zrážok.
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Predmetný klimatický jav a jeho prejavy pôsobia nepriaznivo na celú infraštruktúru a rovnako aj na železničnú prevádzku exponovanú vonkajším poveternostným podmienkam. Najrizikovejšia je expozícia zariadení a objektov pri búrkach sprevádzaných silnými, intenzívnymi príválovými zrážkami. Prevádzkové obmedzenia technologických zariadení a prípadné poškodenia stavebných objektov môžu nastať pri výskyte zrážok nad min. dimenzovanie objektov odvodnenia. Zaplavenie telesa trate sa vzhľadom na jej niveletu nepredpokladá. V dôsledku vybudovania systému odvodnenia nie je ani predpoklad ohrozenia stability železničného spodku. Zvýšená expozícia projektu bude v úsekoch vedených v záreze (ŽST Bratislava hl. st. – zast. Bratislava-Vinohrady), kde potenciálne hrozí riziko splachov. Vo výsledku môže dôjsť k dočasnému zníženiu rýchlosti prejazdov. Exponované sú najmä tie časti trate, ktorých priechodnosť závisí od funkčnosti odvodňovacích systémov – objekty pod úrovňou terénu (podchody v staniciach a zastávkach, cestné podjazdy). Na tieto objekty sú počas silných dažďov kladené

Rizikový klimatický jav	Silné dažde						
	zvýšené nároky, hrozí ich zanášanie unášaným materiálom s následným znížením až úplným obmedzením ich funkčnosti. Pri intenzívnych zrážkach môže tiež dôjsť k vzniku zosuvov v dôsledku vodnej erózie. Najviac exponované konštrukcie sú výrazné násypové telesá a zárezové svahy. Pre zabezpečenie stability svahov sú do projektu zapracované potrebné opatrenia, ako napr. zahumusovanie svahov s výsevom trávneho semena, výstavba oporných a zárubných múrov, zabudovanie odvodňovacích drénov a pod. Oporné a zárubné múry sú navrhované na základe statických výpočtov opierajúcich sa o poznanie lokálneho geologického podložia a sú dimenzované na odolnosť voči geodynamickým procesom. V posledných rokoch počet výskytov silných príválových dažďov stúpa, do roku 2100 sa predpokladá ich častejší výskyt, preto riziko vzniku negatívnych následkov bude v porovnaní so súčasným stavom vyššie.						
	<table> <tr> <th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr> <tr> <td>Výskyt intenzívnych príválových dažďov nie je v súčasnosti častý.</td><td>Predpokladá sa častejší výskyt silných príválových dažďov, ktoré môžu mať mierny vplyv na stavbu.</td></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td></tr> </table>	Súčasnosť	Budúcnosť	Výskyt intenzívnych príválových dažďov nie je v súčasnosti častý.	Predpokladá sa častejší výskyt silných príválových dažďov, ktoré môžu mať mierny vplyv na stavbu.	1	2
Súčasnosť	Budúcnosť						
Výskyt intenzívnych príválových dažďov nie je v súčasnosti častý.	Predpokladá sa častejší výskyt silných príválových dažďov, ktoré môžu mať mierny vplyv na stavbu.						
1	2						

Tab. 11 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – vysoké teploty

Rizikový klimatický jav	Vysoké teploty
Základné charakteristiky javu	Východná časť železničného uzla Bratislava prechádza klimatickými okráskami T4 (teplý, suchý, s chladnou zimou) a T2 (teplý, suchý, s miernou zimou). Orograficky pomerne zložitá pomery územia Bratislavy sa prejavujú špecifickými vlastnosťami klímy mesta a jeho okolia (SHMÚ, 2015). Ročný priemer teploty vzduchu postupne narastá, v rokoch 1961 – 1990 (SHMÚ, 2015) sa pohyboval na úrovni 9,8 °C, v rokoch 1980 – 2018 vzrástol na úroveň 10,8 °C a za ostatné roky 2016 – 2020 dosiahol úroveň 11,8°C. Priestorové rozloženie teplôt na území mesta sa mení v závislosti od hustoty a typu zástavby. Najteplejším mesiacom bol v období rokov 1961 –2010 júl s priemernou teplotou 22,93 °C a najchladnejším mesiacom január s priemernou teplotou vzduchu 0,72 °C. V období rokov 2011 – 2020 bol najteplejším mesiacom júl, s priemernou teplotou vzduchu 22,63 °C a najchladnejším mesiacom január s priemernou teplotou vzduchu 0,66 °C. Podľa dlhodobých meraní za roky 1961 – 2010 dosiahli priemerne namerané teploty v Bratislave v letnej sezóne (apríl – september) 16 °C, resp. v letných mesiacoch (jún – august) 19,4 °C a v zimných mesiacoch (december – február) sa pohybovali na úrovni -0,8 °C až +0,5 °C. Za obdobie ostatných 10 rokov (ŠÚ SR, 2016 – 2020; SHMÚ, 2011 – 2020) sa teploty zvýšili, priemerná teplota sa v letnej sezóne pohybovala na úrovni 18,6 °C, v letných mesiacoch na úrovni 22 °C a v zimných mesiacoch dosiahla priemerne 1,9 °C. Priemerný počet letných dní v roku s dennou teplotou vzduchu nad 25 °C je 60 – 70 (1961 – 2010). Priemerný počet tropických dní s dennou teplotou vzduchu nad 30 °C dosahuje 14 – 18 (1961 – 2010). (SHMÚ, 2015). V ostatných rokoch výskyt letných a tropických dní narastá, v rokoch 2016 – 2020 bolo priemerne zaznamenaných spolu 97 letných dní ročne a 38 tropických dní ročne (ŠÚ SR, 2016 – 2020). Ročné trvanie slnečného svitu je 2 166 hodín, maximum slnečného svitu je v meste v júli a minimum v decembri (ŠÚ SR, 2016 – 2020).
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	V posledných rokoch bol v oblasti zaznamenaný častejší výskyt nadpriemerných teplôt vzduchu v letných mesiacoch, rovnako ako na územiach ostatných mestských prostredí Slovenska. Na území mesta Bratislava boli horúčavy s teplotou vzduchu 35 °C zaznamenané najmä počas letných mesiacov (najmä na prelome mesiacov júl a august), pričom boli nasledované často búrkami a krátkodobými silnými lejakmi a nárazovým vetrom. Podľa štatistických údajov ŽSR sa v letných obdobiach v riešenom území pohybuje teplota ovzdušia priemerne v rozmedzí 25 – 32°C, kedy je teplota koľajníc 35 – 42°C. Zaznamenané však boli aj horúce dni s teplotou vzduchu 36 – 38°C, kedy teplota koľajníc dosahovala hodnotu 48 – 52°C a na koľajach dochádzalo k smerovým závadám. Podľa evidencie ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) bolo v sledovaných rokoch zaznamenaných v nadväzujúcich úsekoch uzla zopár poškodení žel. infraštruktúry následkom vysokých teplôt v kombinácii s dynamikou jazdy dráhových vozidiel (vybočenie koľaje a ťažký chod výhybky). V evidencii ŽSR boli zaznamenané aj prípady, keď vplyvom vysokých teplôt došlo k požiaru suchého porastu pozdĺž železničnej trate (26.7.2013 odbočka Vinohrady – ŽST Bratislava-Rača, 20.7.2014 odbočka Vinohrady, 22.7.2015 ŽST Bratislava-Rača, 5.9.2015 odbočka Vinohrady – ŽST Bratislava hl. st., 22.6.2017 odbočka Vinohrady, 12.5.2018 ŽST Bratislava-Rača, 18.6.2018 ŽST Bratislava-Rača – zast. Bratislava-Vinohrady, 18.8.2018 ŽST

Rizikový klimatický jav	Vysoké teploty			
	Bratislava-Vajnory, 18.9.2018 odbočka Močiar). Tieto udalosti v značnej miere ovplyvňujú bezpečnosť železničnej prevádzky.			
Relevantné dopady javu	Zmeny kvalitatívnych vlastností niektorých materiálov – deformácie a vybočenia koľají, zvýšená rozťažnosť trakčného vedenia, poruchy technologických zariadení (zabezpečovacích a oznamovacích zariadení).			
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V zásade sa na území mesta očakáva nárast priemernej teploty vzduchu, rýchlejší nárast denných maxím a minim teplot, očakáva sa nárast počtu letných dní v teplom polroku a pokles počtu mrazových dní v chladnom polroku. Častejšie sa budú vyskytovať vlny horúčav (série tropických dní za sebou) a obdobia sucha budú častejšie a dlhšie trvajúce. V dotknutom regióne sa očakáva (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) rast priemernej teploty vzduchu k roku 2050 o 1,8 °C a k roku 2075 o 2,8 °C oproti obdobiu 1960 – 1990, resp. do roku 2100 o 2 – 4 °C oproti obdobiu 1951 – 1980. Očakáva sa nárast počtu letných dní v teplom polroku k roku 2050 o 25 dní a k roku 2075 o 38 dní a nárast počtu tropických dní k roku 2050 o 13 dní a k roku 2075 o 25 dní. Očakáva sa pokles výskytu chladných dní s nárastom teplôt vzduchu v chladnom období roka. Zachovaná zostane doterajšia medziročná a medzisezónna premenlivosť. Súčasne sa očakáva rýchlejší rast denných minim ako denných maxím teploty vzduchu, t. j. pokles priemernej dennej amplitúdy teplot vzduchu. Predikovaný je tiež častejší výskyt a dlhšie trvanie vln horúčav s dennými priemermi teplôt vzduchu nad 24 °C.			
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Klimatický jav pôsobí na železničnú infraštruktúru na celom riešenom území, keďže je vystavená poveternostným podmienkam. V menšej miere jav pôsobí na samotnú prevádzku na železničnej trati. Dotknutá časť uzla vedie prevažne husto zastavaným územím mesta, kde dochádza k zvýšenej akumulácii tepla v dôsledku vysokého podielu nepriepustných povrchov, povrchov s veľkou tepelnou kapacitou a vykurovacích objektov. K zvýšenej akumulácii tepla dochádza aj znížením výparov v dôsledku odvádzania vôd z povrchového odtoku do kanalizačných systémov. Pri extrémnych teplotách vzduchu stúpa aj teplota v koľajisku, následkom čoho sa deformujú koľajnice a menia sa vlastnosti trakčného vedenia. Na teplotné zmeny sú náchylné predovšetkým miesta narušenej stability koľaje po vykonaných opravných prácach. Projekt uvažuje s výstavbou nového žel. spodku aj zvršku, pre ktoré je riziko poškodení v počiatočných rokoch fungovania projektu nízke. Pôsobením vysokých teplôt môže dôjsť k zmenám rozťažnosti TV, resp. k zmenám parametrov zostavy TV a kolísaniu el. prúdu. Exponovaným je celý hodnotený úsek uzla, keďže ide o elektrifikovanú trať v celom úseku. Vplyvom pôsobenia vysokých teplôt sa predlžuje vegetačné obdobie, čo o. i. podnecuje rast a šírenie rastlín pozdĺž trate vrátane burín a inváznych druhov. Následkom sú zvýšené nároky na údržbu v okolí trate i na samotnom železničnom násype. Vyššia intenzita šírenia náletových drevín na strmých svahoch tiež môže vyvolať narušenie ich štruktúry a zvýšiť riziko ich deformácií. Nakoľko sa projekt nachádza v teplej klimatickej oblasti s častým výskytom horúcich a tropických teplôt, kde sa očakáva nárast priemerných aj maximálnych teplôt vzduchu, miera expozície žel. trate vysokými teplotami v budúcnosti je vyhodnotená ako stredne významná. K zmierneniu nepriaznivých vplyvov pôsobenia vysokých teplôt prispieva návrh zariadenia bezstykových koľají s vyššou odolnosťou a podvalov s vyššou stabilitou podľa aktuálnych predpisov a noriem. Expozícia technologických zariadení, ktoré sú súčasťou prevádzky železničnej trate, je minimálna až žiadna, nakoľko tieto sú štandardne osadené vo vnútorných priestoroch vybavených klimatizačnými zariadeniami, ktoré zabezpečujú, aby nedošlo k prekročeniu najvyššej pracovnej teploty, na ktorú sú zariadenia konštruované.			
	Súčasnosť		Budúcnosť	
	Výskyt extrémnych teplôt v riešenom území je priemerný až nadpriemerný.	2	Frekvencie vzniku extrémnych teplôt majú stúpajúcu tendenciu. Vzhľadom na to bude expozícia stavby narastať.	3

Tab. 12 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – snehové javy

Rizikový klimatický jav	Snehové javy
Základné charakteristiky javu	Snehové zrážky sa v záujmovom území vyskytujú v priemere 37 dní v roku (SHMÚ, 2015), obdobím snehu sú mesiace november až marec, súvislá snehová pokrývka sa vyskytuje v priemere 17 – 22 dní (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015).

Rizikový klimatický jav	Snehové javy
	Priemerný počet sezónnych dní v roku so snežením je 40 a priemerný počet dní so snehovou pokrývkou je 31 – 45 s nárastom smerom k Malým Karpatom (1981 – 2010). Priemer sezónnych maxim výšky snehovej pokrývky dosahuje 20 - 26 cm (1981 – 2010) (SHMÚ, 2015). V území sa z dlhodobého hľadiska (1961 – 2010) vyskytovalo priemerne 86 – 92 mrazových dní s denným minimom teploty vzduchu nižším ako 0 °C a približne 24 – 30 ľadových dní s denným maximom teploty vzduchu 0 °C a menej (SHMÚ, 2015). Podľa záznamov posledných rokov (2016 – 2020) bolo v území evidovaných priemerne 73 mrazových dní a 11 ľadových dní (ŠÚ SR, 2016 – 2020; SHMÚ, 2011 – 2020).
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	V predchádzajúcich rokoch neboli na území mesta zaznamenané časté výrazné studené extrémy. Vzhľadom na nížinný charakter územia, nízke množstvo snehových zrážok a absenciu strmých svahov nie je vysoká pravdepodobnosť vzniku lavín a zosuvov v dôsledku topenia snehu. Veľmi chladné zimné obdobie zaznamenal SHMÚ na území mesta v rokoch 1961, 1986 a 1996, s výraznými snehovými kalamiťami v rokoch 1956, 1963, 1967, 1987. Historicky najvyššiu snehovú pokrývku na území Bratislavy evidoval v roku 1981 (výška súvislej snehovej pokrývky na Kolibe 53 cm). V posledných rokoch boli významnejšie problémy spojené s výskytom snehu zaznamenané len ojedinele, napr. 30.12.2005, 14.3.2006, 29.1.2007, 21.1.2010, 17.1.2013, 23.2.2013, 30.1.2015, 9.2.2015, 30.11.2017, 7.2.-9.2.2018, 5.1.2019, 25.1.2019, 3.12.2019, 29.1.2020, 3.12.2020. Boli evidované najmä neupravené cestné komunikácie a snehové jazyky na cestách mimo zastavaného územia mesta. V dôsledku snehových javov boli v evidencii ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) zaznamenané predovšetkým zanášanie výhybiek snehom a spomalenie jazdných časov hustým snežením, ojedinele boli evidované tvorba závejov a snehové kalamiťy: • snehové kalamiťy: 18.1.2013 ŽST Bratislava-Nové Mesto; • sneh vo výhybkách: 27.1.2015 ŽST Bratislava Rača, 5.1.2016 ŽST Bratislava-Vajnory, 10.11.2016 ŽST Bratislava hl. st., 6.1.2017 ŽST Bratislava-hl. st., 14.1.2017 ŽST Bratislava hl. st., 16.2.2018 ŽST Bratislava hl. st., 20.12.2018 ŽST Bratislava predmestie; • husté sneženie: 23.12.2012 odbočka Vinohrady, 13.2.2013 zast. Bratislava východ, 25.11.2010 ŽST Bratislava hl. st., 7.12.2012 ŽST Bratislava hl. st., 29.12.2017 ŽST Bratislava hl. st., 28.12.2017 ŽST Bratislava-Rača, 7.2.2018 ŽST Bratislava hl. st., 20.2.2018 ŽST Bratislava-Vajnory.
Relevantné dopady javu	zasneženie výhybiek, návaly snehu na trakčnom vedení, pády stromov a konárov na trakčné vedenie alebo na trať pod váhou snehu, spomalenie jazdných časov znížením dohľadnosti hustým snežením, výpadky el. energie
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V budúcnosti sa očakávajú zmeny v množstvách snehovej pokrývky v dôsledku nadchádzajúceho otepľovania. Na území mesta Bratislava sa očakáva nepravidelný výskyt snehovej pokrývky, nárast množstva zrážok v zimnom období, pokles množstva a maximálnych výšok snehovej pokrývky, zníženie počtu mrazových dní a tiež nepredvídateľný výskyt snehových javov s častejším výskytom epizodických snehových kalamiť. Zmena snehových pomerov sa prejaví v zmene počte dní so snehovou pokrývkou a tiež zmenou celkovej výšky snehovej pokrývky. Nižšia snehová pokrývka a častejšie oteplenia sa prejavia častým úplným roztopením snehovej pokrývky počas zimy, t. j. vodné zásoby zo snehu sa dostanú do odtoku už v priebehu zimy.
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Klimatický jav pôsobí na dotknutú žel. infraštruktúru vystavenú poveternostným podmienkam na celom území, taktiež pôsobí aj na prevádzku železničnej dopravy. Pre prítomnosť vzrastlých stromov pozdĺž dotknutých traťových úsekov je rizikom pád konárov alebo stromov na trať po neúmernom zaťažení snehom. Početnosť zaznamenaných významných udalostí na žel. trati spojených s výskytom snehových kalamiť v riešenom území je minimálna. Výdatné snehové zrážky nepredstavujú riziko pre žel. prevádzku, kladú však zvýšené nároky na údržbu železničnej infraštruktúry. Nakoľko ide o nížinné územie v prevažne zastavanej oblasti, v území sa nevyskytujú lavíny alebo zosuvy následkom topenia snehu. Keďže sa očakáva pokles snehovej pokrývky vplyvom nárastu priemerných teplôt, nie je predpoklad zhoršenia expozície žel. tratí a prevádzky na nich voči tomuto klimatickému faktoru v porovnaní so súčasným stavom. Aj napriek očakávaným častejším epizodickým snehovými kalamiťami vzhľadom na výškové vedenie trate na väčšine úseku nie je predpoklad významnej expozície. Prípadné obmedzenia sú štandardne zvládnuteľné bežnými prevádzkovými úkonmi.

Rizikový klimatický jav	Snehové javy			
	Súčasnosť		Budúcnosť	
	Ide o oblasť s minimálnym trvaním snehovej pokrývky a minimálnymi frekvenciami vzniku extrémnych snehových prejavov.	1	Vzhľadom na to že sa očakáva pokles výskytu a intenzity snehovej pokrývky v riešenom území, nenastane zvýšenie expozície infraštruktúrnej stavby týmto javom.	1

Tab. 13 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – námrazové javy

Rizikový klimatický jav	Námrazové javy
Základné charakteristiky javu	Za posledných desať rokov (2011 – 2020) na klimatologickej stanici Bratislava-letisko bola zaznamenaná priemerná ročná teplota vzduchu 11,8 °C (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015; SHMÚ, 2011 – 2020), pričom teploty vzduchu sa menia v závislosti od hustoty a typu zástavby. Najchladnejším mesiacom je január s priemernou teplotou vzduchu 0,66 °C, priemerná teplota v zimných mesiacoch sa v území pohybuje okolo -0,1 až -0,3 °C (1961 – 2010) (SHMÚ, 2015). Priemerný počet mrazových dní (s denným minimom nižším ako 0 °C) ročne je 86 – 92 a priemerný počet ľadových dní (s denným maximom 0 °C a menej) v roku je 24 – 30 (1961 – 2010) (SHMÚ, 2015). Podľa záznamov z posledných rokov (2016 – 2020) bolo v území evidovaných priemerne 73 mrazových dní a 11 ľadových dní (ŠÚ SR, 2016 – 2020). Pôdy premrzajú priemerne do hĺbky 50 až 70 cm, v miernych zimách pôdy nezamrzajú vôbec.
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	Tvorba námrazových javov (námraza, ľadovka, poľadovica) v zimnom období sa viaže prevažne na skoré ranné hodiny. V posledných rokoch vznik námrazových javov podmieňuje aj čoraz častejšie krátke otepľovanie počas chladných období. Extrémne nízke teploty sa na území mesta vyskytujú ojedinele. Mrazové dni boli najčastejšie evidované počas januára a februára. Podľa evidencie ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) bolo v sledovanom období zaznamenaných viacero udalostí spojených s námrazovými javmi, predovšetkým ľad vo výhybkách, primrznutie výhybiek, preklzavanie kolies koľajových vozidiel, zamrznutie niektorých prvkov infraštruktúry vrátane TV a výskyt poľadovice na nástupiskách: • zamrznutá výhybka, ľad vo výhybkách: 20.1.2013 ŽST Bratislava hl. st., 12.-13.2.2013, zast. Bratislava východ, 14.-15.2.2013 ŽST Bratislava-Rača, 20.1.2016 ŽST Bratislava hl. st., 5.1.2017 ŽST Bratislava hl. st., 18.12.2017 ŽST Bratislava hl. st., 25.2.2018 ŽST Bratislava hl. st., 18.1.2018 ŽST Bratislava hl. st., 25.2.2018 ŽST Bratislava hl. st., 26.2.2018 ŽST Bratislava-Rača, 1.12.2018 ŽST Bratislava hl. st.; • preklzavanie kolies: 24.11.2018 ŽST Bratislava-Vajnory; • zamrznuté hydranty: 7.1.2017 ŽST Bratislava hl. st. odstavné koľajisko; • zamrznuté TV: 23.12.2012 ŽST Bratislava-Rača - ŽST Bratislava hl. st.; • poľadovica na nástupištiach: 2.2.2014 ŽST Bratislava-Nové Mesto.
Relevantné dopady javu	Vznik poľadovice a námrazy na trakčnom vedení, ľad vo výhybkách, poškodenia žel. infraštruktúry, obmedzenia žel. prevádzky v dôsledku kolísania napätia na trolejovom vedení.
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V dotknutej oblasti sa očakáva (Bratislava, 2014; Karpatský rozvojový inštitút, 2016) nárast priemernej teploty vzduchu k roku 2025 o 0,8 °C, k roku 2050 o 1,8 °C a k roku 2075 o 2,8 °C oproti obdobiu 1961 – 1990, resp. do roku 2100 o 2 – 4 °C oproti obdobiu 1951 – 1980. Ďalej sa očakáva pokles počtu mrazových dní v chladnom polroku k roku 2025 o 10 dní, k 2050 o 25 dní a k roku 2075 o 40 dní. Očakáva sa tiež pokles výskytu chladných dní s nárastom teplôt vzduchu v chladnom období roka. Pri predpokladanom raste teplôt vzduchu a miernom raste úhrnov zrážok najmä v zimnom období sa predpokladá častejší výskyt oteplenia v zimných mesiacoch spojeného s odmäkom a následne častejší výskyt námrazových javov (ľadovky, poľadovice, námrazy).
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Klimatický jav pôsobí na dotknutú železničnú infraštruktúru vystavenú poveternostným podmienkam na celom hodnotenom území, rovnako tak na prevádzku železničnej dopravy. Exponovanými úsekmi železničnej trate z pohľadu vzniku námrazových javov sú úseky vedené nad úrovňou terénu na vysokých násypoch, úseky na mostných objektoch, príp. úseky vedené v blízkosti vodných tokov. Na týchto úsekoch sú zvýšené nároky na údržbu železničnej infraštruktúry v prípade nárastu výskytu poľadovice. Rizikom je tiež vznik námrazy na trolejovom vedení.

Rizikový klimatický jav	Námrazové javy								
	Pre zmiernenie rizika pôsobenia námrazy na žel. infraštruktúru sa v rámci modernizácie trate uvažuje s vybudovaním vrstvy proti premŕzaniu žel. spodku a inštaláciou el. ohrevu výhybiek. Pre prípadné nepriaznivé dôsledky námrazy pre žel. prevádzku sú spracované príslušné predpisy ŽSR na zvládnutie vzniknutých situácií (Op 17 Železničná prevádzka v zimných podmienkach).								
	<table> <tr> <th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr> <tr> <td>V riešenom území je početnosť tvorby námrazy nízka.</td><td>1</td></tr> <tr> <td></td><td> <table> <tr> <td>Predpokladá sa nárast expozície stavby voči námrazovým javom v najbližších rokoch, keďže vznik poľadovice môže narastať v dôsledku nárastu úhrnov zrážok v zimnom období a opakujúcim sa odmákom. Z dlhodobého hľadiska sa však výraznejšia expozícia stavby mrazom vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní nepredpokladá.</td><td>1</td></tr> </table> </td></tr> </table>	Súčasnosť	Budúcnosť	V riešenom území je početnosť tvorby námrazy nízka.	1		<table> <tr> <td>Predpokladá sa nárast expozície stavby voči námrazovým javom v najbližších rokoch, keďže vznik poľadovice môže narastať v dôsledku nárastu úhrnov zrážok v zimnom období a opakujúcim sa odmákom. Z dlhodobého hľadiska sa však výraznejšia expozícia stavby mrazom vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní nepredpokladá.</td><td>1</td></tr> </table>	Predpokladá sa nárast expozície stavby voči námrazovým javom v najbližších rokoch, keďže vznik poľadovice môže narastať v dôsledku nárastu úhrnov zrážok v zimnom období a opakujúcim sa odmákom. Z dlhodobého hľadiska sa však výraznejšia expozícia stavby mrazom vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní nepredpokladá.	1
Súčasnosť	Budúcnosť								
V riešenom území je početnosť tvorby námrazy nízka.	1								
	<table> <tr> <td>Predpokladá sa nárast expozície stavby voči námrazovým javom v najbližších rokoch, keďže vznik poľadovice môže narastať v dôsledku nárastu úhrnov zrážok v zimnom období a opakujúcim sa odmákom. Z dlhodobého hľadiska sa však výraznejšia expozícia stavby mrazom vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní nepredpokladá.</td><td>1</td></tr> </table>	Predpokladá sa nárast expozície stavby voči námrazovým javom v najbližších rokoch, keďže vznik poľadovice môže narastať v dôsledku nárastu úhrnov zrážok v zimnom období a opakujúcim sa odmákom. Z dlhodobého hľadiska sa však výraznejšia expozícia stavby mrazom vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní nepredpokladá.	1						
Predpokladá sa nárast expozície stavby voči námrazovým javom v najbližších rokoch, keďže vznik poľadovice môže narastať v dôsledku nárastu úhrnov zrážok v zimnom období a opakujúcim sa odmákom. Z dlhodobého hľadiska sa však výraznejšia expozícia stavby mrazom vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní nepredpokladá.	1								

Tab. 14 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – búrkové javy

Rizikový klimatický jav	Búrkové javy
Základné charakteristiky javu	Búrka je súborom elektrických, optických a akustických javov vznikajúcich medzi oblakmi navzájom alebo medzi oblakmi a zemou. Búrky sú sprevádzané silnými dažďami a silnými vetrami. Pri búrkach je možný aj prechodný vzostup vodných hladín na malých tokoch a taktiež môže dôjsť k stekaniu vody zo svahov, rovnako tak častejšie dochádza k nárazovým vetrom. Ročný chod zrážok v území je veľmi premenlivý, maximum zrážkových úhrnov pripadá na letné mesiace jún – august, v letných mesiacoch bývajú búrkové prejavy častejšie. Priemerne sa v území vyskytuje cca 11 dní s búrkou, pričom výskyt búrok v posledných rokoch má stúpajúcu tendenciu (SHMÚ, 2015).
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	V riešenom území sa búrky vyskytujú čoraz častejšie, sprevádzané bývajú silnými dažďami a silným vetrom, sporadicky aj krupobitím. V Bratislave boli v poslednom období zaznamenané viaceré intenzívne búrky, významné dopady mali napr. búrkové javy zo 17.5.2014, 30.7.2014, 15.8.2015, 5.6.2016, 5.7.2017, 22.7.2017, 10.-11.8.2017, 5.-6.7.2018, 31.7.2014, 8.5.2018, 21.7.2018, 29.7.2018, 17.8.2018, 1.9.2018, 28.7.2019, 16.6.2020, 29.7.2020, 30.8.2020 spojené s intenzívnymi dažďovými prehánkami, krupobitím alebo privalovými dažďami. Podľa evidencie ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) boli v sledovaných rokoch v dôsledku búrok sprevádzaných silnými dažďami a vetrami zaznamenané viaceré poškodenia žel. infraštruktúry s častým následkom prerušenia žel. prevádzky, predovšetkým pády konárov a stromov na trať, poruchy technologických zariadení (zabezpečovacích zariadení) a výpadky napájania z verejnej siete. Zaznamenané boli tiež požiar trakčnej stanice spôsobený guľovým bleskom, podmytie koľaje a zatopenie priestorov pri trati: • pád konárov a stromov na TV: 14.7.2016 ŽST Bratislava-Vajnory; • napäťová výluka TV: 30.7.2014 ŽST Bratislava-Vajnory, 10.8.2017 ŽST Bratislava hl. st.; • podmytie koľaje po búrke: 14.9.2014, ŽST Bratislava východ, 6.6.2018 ŽST Bratislava hl. st. – ŽST Bratislava-Nové Mesto; • zatopenie priestorov: 22.5.2012 ŽST Bratislava hl. st., 27.6.2015 ŽST Bratislava hl. st., 6.6.2018 ŽST Bratislava-Nové Mesto; • výpadok napájania: 1.9.2018 Odbočka Močiar – ŽST Bratislava-Vajnory; • zatekanie do reléovej miestnosti, do informačnej kancelárie 22.5.2012 a 28.5.2012 ŽST Bratislava-hl. st.; • poškodenie TV (prepálenie nosného lana, poškodenie izolátora trakčnej podpory): 6.7.2010 ŽST Bratislava hl. st., 15.6.2015 ŽST Bratislava-Rača, 10.8.2018 ŽST Bratislava-Vajnory.
Relevantné dopady javu	Vysokonapäťové výboje (poškodenia oznamovacej a zabezpečovacej techniky), náhle a prudké privalové dažde, nárazové pôsobenie silného vetra (vyvracanie stromov a lámanie vetiev), obmedzenia prevádzky v dôsledku výpadkov el. energie (obmedzenie funkčnosti technologických zariadení).

Rizikový klimatický jav	Búrkové javy				
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V budúcnosti sa očakáva častejší výskyt a zosilnenie búrok v teplej časti roka spojené s častejším výskytom silného vetra a víchric a nárastov intenzívnych (prívalových) zrážok spojených s bleskami a krupobitím. Nepredpokladá sa významná zmena počtu dní s búrkou (Bratislava, 2014; Karpatský rozvojový inštitút, 2016), avšak vzhľadom na nárast vodnej pary v ovzduší sa predpokladajú výraznejšie sprievodné javy – vyššie úhrny intenzívnych lejakov a silnejšie pôsobenie vetra.				
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Búrkové javy sú sprevádzané intenzívnymi dažďami, silnými vetrami, elektrickými výbojmi, príp. krupobitím. Všetky uvedené javy nepriaznivo vplyvajú na žel. infraštruktúru priamo vystavenú ich pôsobeniu s častými vplyvmi na žel. dopravu. Silný vietor a silný dážď, sprevádzajúce pôsobenie búrok, sú bližšie riešené samostatne. Z pohľadu pôsobenia elektrických výbojov je exponovaným najmä technologické vybavenie trate (oznamovacie a zabezpečovacie zariadenia), resp. trakčné vedenie. Búrkové javy sprevádzané intenzívnymi dažďami a silnými vetrami budú pôsobiť v nasledujúcich rokoch častejšie a budú ovplyvňovať predovšetkým prevádzku žel. dopravy zhoršením podmienok prepravy s následkom zníženia prepravnej rýchlosti, resp. obmedzeniami prevádzky v dôsledku prípadných výpadkov el. energie.				
	<table> <tr> <th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr> <tr> <td>Frekvencia a intenzita búrkových javov sa posledné roky zvyšuje.</td><td>V budúcnosti sa očakáva nárast frekvencie búrkových javov s vyššími intenzitami nárazov vetra a zrážkovej činnosti.</td></tr> </table>	Súčasnosť	Budúcnosť	Frekvencia a intenzita búrkových javov sa posledné roky zvyšuje.	V budúcnosti sa očakáva nárast frekvencie búrkových javov s vyššími intenzitami nárazov vetra a zrážkovej činnosti.
Súčasnosť	Budúcnosť				
Frekvencia a intenzita búrkových javov sa posledné roky zvyšuje.	V budúcnosti sa očakáva nárast frekvencie búrkových javov s vyššími intenzitami nárazov vetra a zrážkovej činnosti.				

Tab. 15 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – povodne

Rizikový klimatický jav	Povodne
Základné charakteristiky javu	Povodeň je prírodný jav, počas ktorého dôjde k zaplaveniu územia popri vodných tokoch. Povodne sú spôsobené stúpnutím vodnej hladiny nad úroveň brehov vodného toku, resp. vyliatím vody z brehov. Sú dôsledkom pôsobenia iných klimatických javov – silných dažďov, resp. topenia snehu. Mieru nebezpečenstva pre územie charakterizuje stupeň povodňovej aktivity. Dotknuté traťové úseky východnej časti železničného uzla Bratislava križujú vodné toky Račiansky potok, Gaštanový kanál a bezmenný vodný tok. Najbližším veľkým vodným tokom je rieka Dunaj. Bratislava patrí k oblastiam s potenciálne nízkym povodňovým rizikom, keďže rieka Dunaj je zaradená do skupiny málo zraniteľných vodných tokov z hľadiska celkovej vodnosti. Všeobecne sa v povodí Dunaja vyskytujú zimné povodne (vyvolané ľadovými úkazmi), jaré povodne (vyvolané topením snehu) a letné povodne (vyvolané intenzívnymi až prívalovými dažďami). Na rieke Dunaj boli v minulosti zaznamenané viaceré povodňové aktivity. Bratislava bola v rokoch 2002 – 2010 zabezpečená protipovodňovými ochrannými líniami (MŽP SR, 2018), riziko povodní sa viaže len na malé územie južného okraja mesta. Väčšina dotknutého územia spadá do juhozápadného okraja čiastkového povodia Váhu. V dotknutej oblasti nebol identifikovaný vodný tok ani oblasť s potenciálne významným povodňovým rizikom (MŽP SR, 2018). Najbližšie identifikované povodňové riziko je na toku Račiansky potok pri prietoku Q_{100} a Q_{1000}, predpokladané záplavové čiary sa však dotknutého úseku trate nedotýkajú. Pre čiastkové povodie Dunaja bol spracovaný Plán manažmentu povodňového rizika (MŽP SR, 2015), ktorý nebol v druhom plánovacom období podľa Rámcovej smernice o vodách aktualizovaný, nakoľko tu nebola identifikovaná existencia významného povodňového rizika. Spoľahlivú ochranu pred povodňami na území mesta vytvárajú VD Gabčíkovo a objekty systému protipovodňovej ochrany intravilánu. Na základe údajov z Predbežného hodnotenia povodňového rizika (MŽP SR, 2018) nepatrí dotknutá časť územia spadajúca do tohto povodia ku geografickým oblastiam s významným potenciálnym povodňovým rizikom.
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	Povodňové aktivity boli zaznamenané na rieke Dunaj, historicky najväčšími povodňami boli udalosti z 15.7.1954 (hladina dosiahla výšku 984 cm a prietok 10 400 m ³ /s), 16.6.1965 (hladina dosiahla výšku 917 cm, prethla sa hrádza pri Patinciach, Kolárovo a Číčove), 5.-6.8.1991 (v BA rieka kulminovala na stav 864 cm a prietok 9 370 m ³ /s), júl 1997 (v dôsledku výdatných zrážok na území Rakúska, Slovenska a Rumunska), august 2002 (tretia najväčšia povodňová vlna od r. 1877 s hladinou na 991 cm a prietokom 1 370 m ³ /s), marec – apríl 2006 (vyliatie Dunaja z koryta na území BA, hladiny cez 800 cm), august 2006 (736 cm, max. 7 224 m ³ /s), september 2007 (dôsledok zrážkovej činnosti, rozvodnenie toku a jeho vyliatie na Tyršovom nábreží a v Devíne), 6.-8.8.2008 (vyliatie toku v MČ Devín a Devínska

Rizikový klimatický jav	Povodne				
	Nová Ves, v Štúrove a Komárne), 4.-5.6.2010 (vyliatie toku v lokalite pod Starý mostom a pri divadle Aréna) a z 30.5-6.6.2013 (hladina dosiahla 1032 cm na území BA). Podľa evidencie ŽSR neboli v rokoch 1999 – 2019 zaznamenané problémy na žel. trati v riešenom úseku, vyvolané v dôsledku povodňovej aktivity vodných tokov. V nadväzujúcom traťovom úseku uzla BA bolo evidované zaplavenie koľaje s vylúčením dopravy v úseku BA – Pálenisko (ŽSR, 1999 – 2018).				
Relevantné dopady javu	Podmáčanie podložia a zníženie stability zemného telesa, zanesenie odvodňovacích systémov.				
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	Očakáva sa pokles vodnosti tokov, ale zároveň častejší výskyt prívalových dažďov, ktoré môžu prispieť ku krátkodobému a nárazovému zvýšeniu vodnosti tokov s následným vznikom bleskových lokálnych povodní a záplav. Riziko vzniku povodní v letnom a jesennom období bude nižšie v dôsledku dlhotrvajúcich období sucha. K častejšiemu vzniku povodňových situácií v zimnom období prispeje nárast teploty vzduchu, pokles počtu mrazových dní a výskyt tzv. zimného oteplenia s následným topením napadnutého snehu. V dôsledku častejšieho výskytu zrážkovo výdatnejších období sa očakáva (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) pokles dlhodobých priemerných mesačných prietokov od februára (marca) do novembra (decembra), s najvýraznejšími poklesmi v mesiacoch máj až júl (v niektorých povodiach sa v horizonte roku 2075 očakáva pokles o 70 %). Možný je nárast zimného a jarného odtoku o 30 – 60 % v dôsledku nárastu zrážok a teplôt a naopak pokles letného a jesenného odtoku od 30 do 40 % v dôsledku dlhotrvajúcich období sucha.				
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Dotknuté územie sa nenachádza v oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom. Dotknutá časť železničného uzla Bratislava nie je vedená v blízkosti vodných tokov s evidovaným významným povodňovým rizikom s možným dopadom na železničné teleso. Dotknuté vodné toky sú miestneho významu s malými prietokmi, v miestach križovania s traťou sú upravené, Gaštanový kanál je zatrubnený. Potenciálne riziko vzniku povodne na Račianskom potoku, ktorý trať križuje v úseku ŽST Bratislava hl. st. – zast. Bratislava-Vinohrady, by podľa dostupných modelovaní nemalo vyvolať ani pri významných povodňových vlnách zatopenie železničnej trate. V prípade vyliatia vody z koryta toku sa nepredpokladá zníženie stability žel. násypu, možným rizikom je zanesenie blízkych odvodňovacích systémov.				
	<table><tr><th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr><tr><td>Frekvencia vzniku povodní je v riešenom území minimálna, expozícia stavby týmto javom je vzhľadom na výškové vedenie trate a jej technické prevedenie minimálna.</td><td>Aj napriek prípadnému zvýšenému riziku vzniku povodňových situácií v dôsledku nárastu intenzívnych zrážok a topenia snehu počas zimného obdobia bude vzhľadom na niveletu trate a absenciu prítomnosti tokov s potenciálnym povodňovým rizikom expozícia stavby týmto javom minimálna.</td></tr></table>	Súčasnosť	Budúcnosť	Frekvencia vzniku povodní je v riešenom území minimálna, expozícia stavby týmto javom je vzhľadom na výškové vedenie trate a jej technické prevedenie minimálna.	Aj napriek prípadnému zvýšenému riziku vzniku povodňových situácií v dôsledku nárastu intenzívnych zrážok a topenia snehu počas zimného obdobia bude vzhľadom na niveletu trate a absenciu prítomnosti tokov s potenciálnym povodňovým rizikom expozícia stavby týmto javom minimálna.
	Súčasnosť	Budúcnosť			
Frekvencia vzniku povodní je v riešenom území minimálna, expozícia stavby týmto javom je vzhľadom na výškové vedenie trate a jej technické prevedenie minimálna.	Aj napriek prípadnému zvýšenému riziku vzniku povodňových situácií v dôsledku nárastu intenzívnych zrážok a topenia snehu počas zimného obdobia bude vzhľadom na niveletu trate a absenciu prítomnosti tokov s potenciálnym povodňovým rizikom expozícia stavby týmto javom minimálna.				
<table><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	1			
1	1				

Tab. 16 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – zosuvy

Rizikový klimatický jav	Zosuvy
Základné charakteristiky javu	Železničná trať prechádzajúca celkom Podunajská rovina je tvorená holocénnymi nivnými a pleistocénnymi fluvialnými sedimentmi (štrky, piesky, piesčité štrky, hlinité a piesčito – hlinité sedimenty), naplaveniny Dunaja vytvárajú mohutný náplavový kužeľ. V podhorí Malých Karpát prevládajú neogénne štrky a piesky a pri štátnej hranici s Rakúskom a s Maďarskom prevládajú pleistocénne fluvialné štrkopieskové terasy, spraše a sprašové hliny. Geologický základ väčšej časti územia Bratislavy tvoria doliny a terasy formované sedimentáciou štrkovo – piesčitých frakcií pokrytých hliníťmi sedimentmi prítokmi Dunaja. Bohaté zastúpenie majú aj antropogénne navážky súvisiace predovšetkým so stavebnou činnosťou. Časť železničnej trate prechádza pod úpäťm pohoria Malé Karpaty. Ide o jadrové pohorie s kryštallickým jadrom, sedimentárnym obalom a sériou príkrovov, kde sa pomerne hojne vytvárajú krasové javy v podobe jaskýň, priepastí, vyvieraciek a pod. V zmysle regionálneho geologického členenia (Vass et al., 1988) je severná časť dotknutého územia budovaná horninami Pezinských Karpát zóny Malé Karpaty a južná časť východne od hlavnej stanice horninami gabčíkovej panvy zóny Podunajskej panvy.

Rizikový klimatický jav	Zosuvy				
	Z geodynamických javov sa v území môžu vyskytovať najmä plošné zvetrávanie, svahové pohyby, erózia, tektonické pohyby a zemetrasenia. Svahové deformácie boli na území Bratislavy dokumentované ojedinele, len ako odvaly na bratislavskej hradnej skale a v skalných zárezoch Devínskej cesty. Podľa registra svahových deformácií (ŠGÚDŠ, 2021) je dotknuté územie relatívne stabilné. Sú tu evidované svahové pohyby v blízkosti ŽST Bratislava hl. st., kde železničná trať prechádza cez územie svahových deformácií so stredným až vysokým stupňom náchylnosti k aktivizácii svahových pohybov. Evidované sú tu zosuvy Kalvária a Vinohrady, ktoré sú však zastabilizované.				
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) evidovali v riešenej oblasti zosuvy pôdy, svahov násypov a zárezov len mimoriadne, konkrétne: - posun pôdy na koľaji v ŽST Bratislava hl. st. odstavné koľajisko (16.5.2010), - zosuv pôdy a kamenia pod prestavnú tyč výhybky v ŽST Bratislava hl. st. (29.9.2012).				
Relevantné dopady javu	narušenie stability zemného telesa				
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	Vzhľadom na očakávaný vývoj klimatických charakteristík na Slovensku, ktorý sleduje nárast intenzívnych dažďov a častejší výskyt neočakávaných hustých snehových zrážok, možno pri nepriaznivom horninovom podloží a svahoch s nestabilným geologickým podloží alebo s vyššími sklonmi očakávať častejší výskyt zosuvov. V riešenom území sa však uvedený jav nepredpokladá vzhľadom na pomernú stabilitu oblastí, absenciu svahových deformácií a dlhodobú územnú konsolidáciu železničného násypu.				
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Klimatický jav pôsobí na žel. infraštruktúru predovšetkým v oblastiach, kde sa vyskytujú svahy s vyšším sklonom, v územiach s nestabilným horninovým zložením, resp. v oblastiach, kde sú evidované aktívne zosuvy. Na základe verejne dostupných údajov sú v riešenom území evidované dva aktívne zosuvy: vo svahu Kalvárie južne od Pražskej (cca 80 m od trate) a v lokalite Vinohrady (cca 200 m od trate). Nakoľko je vysoký predpoklad stabilizácie oboch zosuvov (prvý zosuv je stabilizovaný zárubným múrom, v lokalite druhého zosuvu bola vybudovaná nová zástavba radových rodinných domov, preto bola pravdepodobne vykonaná jeho sanácia) a vzhľadom na vzdialenosť týchto lokalít od trate je miera pravdepodobnosti ovplyvnenia projektu ich prípadnými pohybmi minimálna. Vznikom lokálnych zosuvov vyvolaných vodnou alebo veternou eróziou sú exponované predovšetkým časti trate vedené na vysokých násypoch, resp. v úsekoch so strmými svahmi a priekopami. Expozícia žel. trate vznikom lokálnych zosuvov bude minimalizovaná navrhovanými stabilizačnými opatreniami – opornými a zárubnými múrmi. Bližšie bude lokálne horninové zloženie vrátane stability územia preverené v ďalších stupňoch projektu realizáciou inžiniersko-geologického prieskumu. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V súčasnosti je miera pravdepodobnosti ovplyvnenia projektu žiadna až minimálna.</td><td>V budúcnosti sa v území prirodzené svahové deformácie neočakávajú.</td></tr> </tbody> </table>	Súčasnosť	Budúcnosť	V súčasnosti je miera pravdepodobnosti ovplyvnenia projektu žiadna až minimálna.	V budúcnosti sa v území prirodzené svahové deformácie neočakávajú.
Súčasnosť	Budúcnosť				
V súčasnosti je miera pravdepodobnosti ovplyvnenia projektu žiadna až minimálna.	V budúcnosti sa v území prirodzené svahové deformácie neočakávajú.				

Tab. 17 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – sucho a požiare

Rizikový klimatický jav	Sucho
Základné charakteristiky javu	Sucho závisí od spadnutých zrážok, evapotranspirácie, pôdnych charakteristík a využiteľnej vodnej kapacity územia. Ročný chod zrážok v území je premenlivý, úhrny zrážok klesajú smerom na západ dotknutého územia. Maximum zrážkových úhrnov pripadá na letné mesiace (cca 180 - 200 mm) a naopak, minimum na zimné mesiace (cca 100 - 130 mm), len v letnom polroku v území spadne okolo 335 mm. Priemerný ročný úhrn zrážok v dotknutom území dosahuje okolo 590 - 600 mm (SHMÚ, 2015). Priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie za obdobie rokov 1961 – 2010 dosahuje 700 – 735 mm, pričom hodnoty tohto ukazovateľa v ročnom priemere kolíšu (SHMÚ, 2015). Priemerná relatívna vlhkosť vzduchu v riešenom území dosahuje 68,6 % (ŠÚ SR, 2016 – 2020; 2010 – 2015).
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	V riešenom území boli zaznamenané viaceré významné obdobia sucha, najmä v lokalitách vzdialenejších vodným tokom a plochám. Séria dlhotrvajúcich tropických dní bez atmosférických zrážok bola zaznamenaná v roku 1981, v období decembra 2016 – júla 2017, augusta – septembra 2017 a augusta 2018, v rámci ktorých tiež

Rizikový klimatický jav	Sucho				
	výrazne klesla hladina Dunaja. Obdobie sucha sa v posledných rokoch vyskytuje čoraz častejšie. Podľa evidencie ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) boli v spojení so suchom zaznamenávané prevažne požiare suchého trávneho porastu pri trati, príp. v koľajisku: - požiar suchého trávneho porastu: 26.7.2013 odbočka Vinohrady – ŽST Bratislava-Rača, 20.7.2014 odbočka Vinohrady, 22.7.2015 ŽST Bratislava-Rača, 5.9.2015 odbočka Vinohrady – Bratislava hl. st., 22.6.2017 odbočka Vinohrady, 12.5.2018 ŽST Bratislava-Rača, 18.6.2018 ŽST Bratislava-Rača – zast. Bratislava-Vinohrady, 18.8.2018 ŽST Bratislava-Vajnory, 18.9.2018 odbočka Močiar; - požiar podvalov: 8.8.2017 ŽST Bratislava hl. st. koľajisko Dvor.				
Relevantné dopady javu	Požiare porastov pozdĺž trate, poškodenie železničnej infraštruktúry vrátane trolejového vedenia.				
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	Do roku 2100 (Karpatský rozvojový inštitút, 2016) sa očakáva sa rast priemerných ročných teplôt vzduchu a v letnom polroku nárast počtu letných dní (k roku 2025 o 13 dní, k roku 2050 o 25 dní a k roku 2075 o 38 dní) a nárast počtu tropických dní (k roku 2025 o 6 dní, k roku 2050 o 13 dní a k roku 2075 o 25 dní). Predpokladaný je tiež pokles úhrnov zrážok v letných mesiacoch a veľká variabilita ročných a sezónnych hodnôt potenciálnej evapotranspirácie a jej celkový rast. Dôsledkom je častejší a dlhšie trvajúci výskyt suchých období. Častejšie sa budú vyskytovať vlny horúčav (série tropických dní za sebou). Predpokladaný nárast intenzívnych konvektívnych zrážok v teplom polroku neprispieje k zavlaženiu pôdy, keďže väčšina týchto zrážok odtečie z územia krátko po spadnutí. Uvedené faktory vyvolávajú mierne vyššie riziko vzniku požiarov suchej vegetácie v blízkosti stavby v dôsledku častejších a dlhšie trvajúcich období sucha.				
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Klimatický jav pôsobí na dotknutú žel. infraštruktúru na celom riešenom území vystavenú vonkajším poveternostným podmienkam. Náchylné sú najmä všetky pozemné prvky žel. infraštruktúry vrátane trolejového vedenia nachádzajúce sa v oblastiach s výskytom súvislých porastov vegetácie pozdĺž trate. V budúcnosti sa očakáva častejší a dlhšie trvajúci výskyt období sucha, t. j. vyššie bude aj riziko vzniku požiarov suchej vegetácie v blízkosti stavby. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Súčasnosť</th><th>Budúcnosť</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jav sa sporadicky vyskytuje v letných mesiacoch.</td><td>Vzhľadom na očakávaný nárast období sucha v riešenom území bude expozícia stavby požiarom vyššia.</td></tr> </tbody> </table>	Súčasnosť	Budúcnosť	Jav sa sporadicky vyskytuje v letných mesiacoch.	Vzhľadom na očakávaný nárast období sucha v riešenom území bude expozícia stavby požiarom vyššia.
Súčasnosť	Budúcnosť				
Jav sa sporadicky vyskytuje v letných mesiacoch.	Vzhľadom na očakávaný nárast období sucha v riešenom území bude expozícia stavby požiarom vyššia.				

Tab. 18 Posúdenie expozície projektu na riziká spojené so zmenou klímy – hmly

Rizikový klimatický jav	Hmly
Základné charakteristiky javu	Hmla je atmosférický aerosól pozostávajúci z veľmi malých kvapôčok vody, prípadne ľadu, znižuje viditeľnosť pri zemi. Vzniká pri poklese teploty vzduchu pod rosný bod (ochladzovaním vzduchu od aktívneho povrchu alebo jeho presunom nad chladnejší povrch) a to najmä v jesenných a zimných mesiacoch. Ročný chod oblačnosti je charakterizovaný maximom v decembri, čo súvisí s častým výskytom hmly. Priemerná oblačnosť dosahuje 60 %, jasných dní býva priemerne 26 za rok a zamračených 126 dní (ŠÚ SR, 2016 – 2020) Hmly sú v riešenom území typické najmä pre zimné, príp. jesenné obdobie, k ich tvorbe dochádza prevažne v noci a k ich rozrušovaniu v ranných hodinách. Priemerne sa v území vyskytuje 35 dní s hmlou do roka (1961 – 1990), ide o oblasť so zníženým výskytom hmly (SHMÚ, 2015).
Doterajšie frekvencie a intenzity javu	Najčastejšie bol výskyt hmly v riešenom území zaznamenaný počas zimných mesiacov. Podľa evidencie ŽSR (ŽSR, 1999 – 2018) boli v dotknutom úseku zaevidované spomalenia jazdných časov spojené s výskytom hustej hmly: 20.12.2012 zast. Bratislava-Vinohrady, 22.12.2018 ŽST Bratislava-Nové Mesto.
Relevantné dopady javu	Zníženie dohľadnosti.
Očakávaný vývoj frekvencie a intenzity javu	V budúcnosti sa na SR nepredpokladajú výrazné zmeny v tvorbe a výskyte hmli.
Stanovenie miery expozície železničnej infraštruktúry a železničnej prevádzky	Častý výskyt hmly ovplyvňuje predovšetkým prevádzku žel. dopravy v území, vplyv na železničnú infraštruktúru nie je identifikovaný. Keďže sa výrazné zmeny tohto klimatického ukazovateľa nepredpokladajú, nízka miera pravdepodobnosti ovplyvnenia žel. prevádzky v súčasnosti sa budúcim vývojom klimatických charakteristík nezmení.

Rizikový klimatický jav	Hmly		
	Súčasnosť		Budúcnosť
	Miera expozície stavby voči tomuto faktoru je nízka.	1	Vzhľadom na to že sa nepredpokladá výrazná zmena tohto klimatického javu, nízka miera expozície žel. prevádzky sa nezmení.

Na základe vykonanej analýzy expozície a vývoja hodnotených rizikových klimatických javov možno konštatovať, že **bola identifikovaná významná budúca expozícia žel. infraštruktúry na klimatické javy silný vietor, vysoké teploty a búrkové javy**. Pre klimatické faktory silné dažde a sucho a požiare bola stanovená mierna expozícia železničnej infraštruktúry, keďže tieto faktory nie sú ojedinelým úkazom v riešenom území a v budúcnosti sa očakáva nárast ich početnosti a pravdepodobne aj zintenzívnenie ich prejavov. Expozícia projektu klimatickými javmi snehové javy, námrazové javy, povodne, zosuvy a hmly je v súčasnosti nízka a neočakáva sa ani jej budúci nárast.

Plynulosť a bezpečnosť železničnej prevádzky na trati je exponovaná predovšetkým pôsobením silného vetra a búrkových javov, keďže uvedené faktory môžu pri neštandardných hodnotách spôsobiť neprejazdnosť trate alebo vyvolať poruchy a poškodenia infraštruktúrneho zázemia dočasne obmedzujúce prevádzku na trati.

4.3 Posúdenie zraniteľnosti projektu

Zraniteľnosť projektu modernizácie železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD na dopady zmeny klímy bola vyhodnotená s využitím hodnôt citlivosti projektu na jednotlivé klimatické riziká (kap. 4.1) a hodnôt pravdepodobnosti ovplyvnenia projektu zohľadnenými klimatickými javmi (kap. 4.2). Vzájomná komparácia získaných hodnôt je vyobrazená v tabuľkách nižšie (Tab. 19 a 20). Zohľadnené boli technický návrh projektu, doterajší vývoj hodnotených klimatických charakteristík v riešenom území, zaznamenaný typ a frekvencia vyvolaných porúch železničnej infraštruktúry a prognózy vývoja klímy na území Bratislavy v nasledujúcich rokoch. Výsledkom tohto porovnania je identifikácia klimatických faktorov, ktoré sú pre hodnotený projekt najrizikovejšie z hľadiska stavebno-technického riešenia a z hľadiska dopravno-prevádzkového riešenia.

Tab. 19 Matica zraniteľnosti železničnej infraštruktúry (stavebno-technické riešenie)

		Expozícia		
		Nízka	Stredná	Vysoká
Citlivosť	Nízka	Snehové javy, Povodne, Zosuvy, Hmly	Sucho	
	Stredná	Námrazové javy	Silné dažde	Vysoké teploty
	Vysoká			Silný vietor Búrkové javy

Vysvetlivky

	vysoká zraniteľnosť - klimatický jav môže mať významný vplyv na projekt a súvisiace procesy
	stredná zraniteľnosť - klimatický jav môže mať mierny vplyv na projekt a súvisiace procesy
	nízka zraniteľnosť - klimatický jav nemá žiadny vplyv na projekt a súvisiace procesy

Tab. 20 Matica zraniteľnosti pre žel. prevádzku (dopravno-prevádzkové riešenie)

		Expozícia		
		Nízka	Stredná	Vysoká
Citlivosť	Nízka	Snehové javy, Námrazové javy, Povodne, Zosuvy, Hmly	Silné dažde, Sucho	Vysoké teploty
	Stredná			Silný vietor Búrkové javy
	Vysoká			

Vysvetlivky

	vysoká zraniteľnosť - klimatický jav môže mať významný vplyv na projekt a súvisiace procesy
	stredná zraniteľnosť - klimatický jav môže mať mierny vplyv na projekt a súvisiace procesy
	nízka zraniteľnosť - klimatický jav nemá žiadny vplyv na projekt a súvisiace procesy

Zraniteľné sú všetky systémy, súbory a zariadenia projektu exponované vonkajším poveternostným podmienkam. Ich zraniteľnosť je spojená s prekročením min. hodnôt dimenzovanej odolnosti na konkrétne klimatické javy, kedy dôjde k poškodeniu dotknutých objektov, prvkov alebo zariadení. Prevádzková zraniteľnosť stavby priamo súvisí s jej konštrukčnou zraniteľnosťou, keďže poškodenie prvkov, zariadení a objektov železničnej infraštruktúry môže následne vyvolať prevádzkové a bezpečnostné obmedzenia. Vyššia zraniteľnosť stavebných objektov a prevádzkových súborov stavby je v prípade kombinácie rizikových klimatických javov, napr. pri súčasnom pôsobení silných vetrov a snehových javov, silných vetrov a námrazových javov a pod.

Zo stavebno-konštrukčného hľadiska vykazuje projekt modernizácie železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD najväčšiu zraniteľnosť voči pôsobeniu silných vetrov, búrkových javov, silných dažďov a vysokých teplôt. Z hľadiska pôsobenia silných vetrov spočíva zraniteľnosť projektu predovšetkým v možnom poškodení žel. infraštruktúry pádom polámaných konárov a kmeňov stromov či už priamo do koľajiska alebo na súvisiace objekty. Pri búrkových javoch spojených so sprievodnými silnými dažďami a vetrami spočíva zraniteľnosť trate v ohrození funkčnosti technologických zariadení, poškodení oznamovacej a zabezpečovacej techniky vysokonapäťovými výbojmi, poškodení železničných prvkov pádom konárov a stromov a poškodení železničného násypu podmytím alebo eróziou pôdy, resp. v extrémnom prípade zavalení železničnej trate v úseku hlbokých zárezov. Zraniteľnosť žel. infraštruktúry na pôsobenie silných dažďov spočíva v možnej korózii kovových častí žel. infraštruktúry, v spomalení odtoku vody z územia zahltením alebo zanesením odvodňovacích systémov a v znížení stability železničných násypov a svahov. Zraniteľnosť projektu voči pôsobeniu vysokých teplôt spočíva predovšetkým v zmenách kvalitatívnych vlastností niektorých materiálov (deformácie koľají, zvýšená rozťažnosť TV) a vo vyvolaných poruchách technologických zariadení. Uvedené javy môžu spôsobiť vážnejšie poškodenia prvkov železničnej infraštruktúry, ktoré je potrebné odstrániť s využitím doplnkovej energie a dodatkových nákladov v porovnaní so štandardnými prevádzkovými postupmi ŽSR.

Strednú mieru zraniteľnosti vykazuje žel. infraštruktúra projektu pre pôsobenie klimatických javov námrazové javy a sucho. Zraniteľnosť projektu voči pôsobeniu námrazových javov spočíva najmä v zraniteľnosti trakčného vedenia pri vytvorení silnej námrazy na trolejovom drôte a v riziku namrznutia výhybiek. Zraniteľnosť infraštruktúry voči pôsobeniu sucha spočíva v riziku vzniku požiarov porastov nachádzajúcich sa pozdĺž trate. Pri uvedených javoch sa však vzhľadom na dimenzie návrhu projektu a minimálnu mieru ich možného výskytu vážne poškodenie prevádzkových súborov alebo stavebných objektov nepredpokladá.

Železničná prevádzka na dotknutom úseku železničného uzla vykazuje vysokú mieru zraniteľnosti pre klimatické javy silný vietor a búrkové javy, ktorých následkom je najmä obmedzenie plynulosti železničnej prepravy (spomalenie jazdných časov) a obmedzenie prejazdnosti železničnej trate spojené až s výlukou dopravy. Vyvolané poškodenia železničnej trate a súvisiaceho technologického a technického zázemia budú vyžadovať nadštandardné vstupy a náklady na ich odstránenie. Stredná miera zraniteľnosti projektu z dopravného hľadiska bola identifikovaná pre klimatické javy vysoké teploty, silné dažde a sucho, keďže vyvolané poškodenia môžu spôsobiť obmedzenie až dočasné zastavenie železničnej dopravy v zasiahnutom traťovom úseku a pravdepodobne budú vyžadovať dodatočné vstupy na ich odstránenie nad rámec bežných prevádzkových postupov.

4.4 Posúdenie miery rizika

Pre rizikové klimatické javy, u ktorých bola stanovená stredná alebo vysoká zraniteľnosť, bola posúdená miera rizika vzniku nepriaznivej situácie a závažnosť jej dopadu na projekt modernizácie východnej časti železničného uzla Bratislava. Miera rizika bola určená na základe pravdepodobnosti, že daná udalosť nastane, a veľkosti (závažnosti) jej potenciálneho dopadu (Tab. 21 a 22). Zároveň boli identifikované časti uzla alebo objekty rizikové z hľadiska vzniku nepriaznivej situácie.

Podkladom pre vykonanie rizikovej analýzy boli údaje o navrhovanom technickom riešení projektu (REMING CONSULT a. s., 2021) a údaje zozbierané v predošlých dvoch krokoch posúdenia – predovšetkým informácie o prejavoch zmeny klímy na železničnej infraštruktúre a doterajších prejavoch klimatických charakteristík a ich pravdepodobnom vývoji. Identifikácia rizikových úsekov železničnej trate, resp. dotknutých stavebných objektov, bola riešená v spolupráci s odborníkmi z príslušných technických oblastí.

Tab. 21 Hodnotiaca škála pravdepodobnosti výskytu javu

Miera pravdepodobnosti vzniku rizika		Popis
1	vzácná	Vysoko nepravdepodobné, že k výskytu javu dôjde (5 % pravdepodobnosť výskytu).
2	nepravdepodobná	Nepravdepodobná udalosť (20 % pravdepodobnosť výskytu).
3	mierna	K výskytu javu došlo v podobnom území (50 % pravdepodobnosť výskytu).
4	pravdepodobná	Výskyt javu je pravdepodobný (80 % pravdepodobnosť výskytu).
5	takmer istá	Výskyt javu je veľmi pravdepodobný (95 % pravdepodobnosť výskytu).

Tab. 22 Hodnotiaca škála závažnosti dôsledkov javu

Miera závažnosti dôsledkov rizika		Popis
1	zanedbateľná	Žiadny vplyv, resp. vplyv je absorbovaný cez normálnu činnosť.
2	malá	Nežiaduca udalosť sa dá absorbovať cez kontinuitu činnosti, resp. štandardné riešenie v rámci technického návrhu alebo žel. prevádzky.
3	mierna	Závažná udalosť, ktorá na nápravu vyžaduje dodatočné opatrenia, resp. úpravu technického riešenia alebo krízové riadenie žel. prevádzky.
4	závažná	Kritická udalosť, ktorá na nápravu vyžaduje mimoriadne opatrenia, resp. zásadné zmeny technického riešenia alebo mimoriadne krízové riadenie žel. prevádzky.
5	katastrofická	Katastrofa s potenciálom zastavenia činnosti alebo kolapsu systému, ktoré vyvolá zničenie technickej stavby alebo trvalé uzatvorenie prevádzky.

Nasledujúca tabuľka identifikovaných rizík projektu (Tab. 23) definuje pre každý rizikový klimatický jav potenciálne riziká negatívnych prejavov na infraštruktúru posudzovanej stavby. Pre každé z identifikovaných rizík je vyhodnotená pravdepodobnosť jeho vzniku a závažnosť jeho dôsledku.

Tab. 23 Identifikácia a posúdenie rizík projektu

Rizikový klimatický jav	Miera rizika		Riziko	Popis
	P	D		
Silný vietor	4	3	- Riziko predstavujú najmä pády zlomených konárov a stromov na trať, na trakčné vedenie a technologické zázemie, príp. dlhodobé výpadky el. energie. - Rizikom je aj pôsobenie dynamického tlaku vetra na pohybujúce sa koľajové vozidlá. - V prípade extrémnej udalosti je rizikom poškodenie objektov pôsobením silného vetra nad normové hodnoty. - Očakáva sa častejší výskyt silného vetra najmä v spojení s búrkovými javmi. - Obnova prevádzky štandardne možná do niekoľkých hodín.	Zvýšené riziko poškodenia žel. infraštruktúry je najmä: - na úsekoch s blízkou vzrastlou drevinovou vegetáciou, - na úseku vedenom v záreze (v traťovom úseku ŽST Bratislava hl. st. – zast. Bratislava-Vinohrady, žkm 2,0 – 3,0 , a 3,0 – 3,5.). Zvýšené riziko obmedzenia žel. prevádzky vplyvom dynamického pôsobenia vetra na koľajové vozidlá je najmä: - na úsekoch vedených na vysokých násypoch a mostných objektoch: najmä úsek trate od zast. Bratislava-Vinohrady po ŽST Bratislava-Rača v žkm 3,9 – 6,5; žel. a cestné mosty v úseku ŽST Bratislava hl. st. – ŽST Bratislava-Rača; žel. a cestné mosty v úseku ŽST Bratislava hl. st. – ŽST Bratislava-Vajnory; železničné a cestné mosty v úseku odb. Vinohrady, odb. Močiar – ŽST Bratislava-Nové Mesto; žel. mosty v úseku ŽST Bratislava-Nové Mesto – ŽST Bratislava hl. st.
Silné dažde	3	2	- Rizikom sú najmä korózia kovových častí žel infraštruktúry vrátane stĺpov trakčného vedenia, podmyvanie žel. trate, zníženie stability žel. násypu a blízkyh svahov, vznik lokálnych svahových deformácií, zaťaženie odvodňovacích systémov. - Očakáva sa vyššia frekvencia a intenzita krátkodobých intenzívnych zrážok. - Obnova prevádzky štandardne možná do niekoľkých hodín.	Zvýšené riziko poškodenia žel. infraštruktúry a obmedzenia žel. prevádzky je najmä na úsekoch vedených na povrchu terénu (predovšetkým úsek trate ŽST Bratislava hl. st. – ŽST Bratislava-Vajnory v žkm 56,000 – 63,000; ŽST Bratislava-Vajnory v žkm 63,000 – 65,5000), na úsekoch vedených pod úrovňou terénu v zárezoch alebo odrezoch (najmä úsek trate ŽST Bratislava hl. st. – ŽST Bratislava-Vinohrady, žkm 1,624 – 3,500) a na úsekoch vedených na výrazných násypoch (predovšetkým úsek trate zast. Bratislava-Vinohrady - ŽST Bratislava-Rača v žkm 3,500 - 6,500). Silné dažde môžu vyvolať tiež krátkodobé zvýšené zaťaženie odvodňovacích systémov, pričom hrozí ich zanášanie unášaným materiálom s následným znížením až úplným obmedzením ich funkčnosti.
Vysoké teploty	4	2	- Rizikom sú predovšetkým zmeny vlastností prvkov železničnej infraštruktúry vyvolávajúce deformácie a vybočenia koľají, zmeny vlastností TV a poruchy obmedzujúce funkčnosť technologických zariadení. - Rizikom je tiež možnosť narušenia štruktúry strmých svahov a vznik erózie v dôsledku vyššej intenzity šírenia náletových drevín. - Očakáva sa zvýšenie priemernej teploty vzduchu, nárast počtu horúcich a tropických dní a častejšie a dlhšie trvajúce vlny horúčav.	Riziko pôsobenia tohto klimatického javu je predovšetkým v bodovom ovplyvnení žel. infraštruktúry s možnými dopadmi na plynulosť železničnej prevádzky. Voči pôsobeniu tohto javu je zraniteľný samotný žel. zvršok – pri teplotách vzduchu stúpa teplota v koľajisku, čoho následkom býva deformácia koľajníc alebo zmena ich polohy. Nakoľko projekt uvažuje s kompletnou rekonštrukciou železničného zvršku aj spodku a so zriadením bezстыkových koľají s vyššou odolnosťou a podvalov s vyššou stabilitou podľa aktuálnych noriem a predpisov, jeho zraniteľnosť voči pôsobeniu vysokých teplôt bude v počiatočných rokoch prevádzky nižšia. Zvýšené riziko je v miestach narušenej stability koľaje po vykonaných opravách, zraniteľnými sú tiež trakčné vedenie a niektoré prvky oznamovacích a zabezpečovacích zariadení.

Rizikový klimatický jav	Miera rizika		Riziko	Popis
	P	D		
				Pôsobenie vysokých teplôt tiež podnecuje rast a šírenie rastlín pozdĺž trate, čím sa zvyšujú nároky na údržbu železničného násypu aj bezprostredného okolia trate.
Námrazové javy	3	2	- Riziko spočíva najmä vo vzniku poriadovce a námrazy na trakčnom vedení, v usádzaní ľadu vo výhybkách, v poškodení železničnej infraštruktúry a v obmedzení železničnej prevádzky v dôsledku kolísania napätia na trolejovom vedení. - V krátkodobom horizonte sa očakáva nárast výskytu javu avšak v dlhodobom horizonte sa vzhľadom na očakávaný nárast teplôt vzduchu a pokles počtu chladných a mrazových dní výraznejšia expozícia nepredpokladá.	Rizikovými úsekmi z pohľadu vzniku námrazových javov sú traťové úseky vedené nad úrovňou terénu na vysokých násypoch, na mostných objektoch, príp. úseky vedené v blízkosti vodných tokov. Pre zmiernenie rizika pôsobenia námrazy bude v rámci rekonštrukcie trate vybudovaná vrstva proti premŕzaniu železničnej spodku a bude zabezpečená inštalácia el. ohrevu výhybiek. Pre prípadné nepriaznivé dôsledky námrazy pre železničnú prevádzku sú spracované príslušné predpisy ŽSR na zvládnutie vzniknutých situácií (Op 17 Železničná prevádzka v zimných podmienkach).
Búrkové javy	4	3	- Riziko predstavujú predovšetkým poškodenia železničnej infraštruktúry a obmedzenia železničnej prevádzky v dôsledku pôsobenia elektrických výbojov, nárazového vetra a prudkých prívalových dažďov. Následkami sú predovšetkým výpadky el. energie, poškodenia technolog. zariadení, pády konárov a stromov na trať, resp. na trakčné vedenie, zníženie stability železničného násypu a príľahlých svahov, zaťaženie odvodňovacích systémov. - Očakáva sa zosilnenie búrok v teplej časti roka s častejším výskytom silného vetra a prívalových dažďov.	Búrkové javy pôsobia na celú dotknutú časť železničného uzla plne vystavenú poveternostným podmienkam. Zvýšené riziko pôsobenia negatívnych dopadov je kombináciou sprievodných silných vetrov a silných dažďov hlavne v úsekoch, pozdĺž ktorých sa nachádza vzrastlá zeleň a v hlbokom záreze v traťovom úseku ŽST Bratislava hl. st. – zast. Bratislava-Vinohrady v žkm 1,624 – 2,500.
Sucho	3	2	- Riziko spočíva v poškodení železničnej infraštruktúry v dôsledku vzniku požiarov suchých porastov pozdĺž trate. - Očakáva sa nárast priemernej teploty vzduchu a častejšia a dlhšie trvajúci výskyt suchých období.	Riziko vzniku požiarov je vyššie v úsekoch železničnej trate, pozdĺž ktorých sa nachádzajú súvislé porasty vegetácie. Hasičskú reakciu je možné operatívne zabezpečiť.

Výsledná miera identifikovaného rizika (Tab. 24) bola určená komparáciou získaných hodnôt.

Tab. 24 Matica rizík projektu

		Závažnosť dôsledku klimatického javu				
		zanedbateľný	malý	mierny	závažný	katastrofický
Pravdepodobnosť	vzácná					
	nepravdepodobná					
	mierna		Silné dažde Námrazové javy Sucho			
	pravdepodobná		Vysoké teploty	Silné vetry Búrkové javy		
	takmer istá					

Vysvetlivky

	nízke riziko – prijateľné (nevýznamné) riziko, kde nie je nevyhnutné realizovať dodatočné opatrenia
	stredné riziko – mierne riziko, ktoré je možné eliminovať realizáciou vhodných opatrení
	veľké riziko – závažné riziko, ktoré je možné prijatými opatreniami zmierniť na prijateľnú úroveň



extrémne riziko – kritické riziko, ktoré môže spôsobiť významné poškodenie projektu a vyžaduje jeho zmenu

Vykonaná analýza identifikovala riziká plynúce z pôsobenia vybraných klimatických javov a stanovila viaceré úseky/objekty železničnej trate, ktoré boli v súčasnom štádiu poznania označené ako rizikové z pohľadu negatívneho pôsobenia niektorých klimatických javov. **Na základe výsledkov analýzy so zohľadnením princípu preventívnej opatrnosti bolo predbežne stanovené veľké riziko vzniku a pôsobenia pre klimatické javy silné vetry, búrkové javy a vysoké teploty a stredné riziko pre faktory námrazové javy, silné dažde a sucho.** Tieto klimatické javy môžu priamo poškodiť prvky železničnej infraštruktúry alebo nepriaznivo ovplyvniť železničnú prevádzku na dotknutom traťovom úseku. Všetky identifikované obmedzenia sú však dočasného charakteru a je ich možné odstrániť zapracovaním vhodných adaptačných opatrení do technického návrhu alebo jeho úpravou, resp. štandardnými procesmi alebo krízovým riadením železničnej prevádzky.

Pre ostatné zvažované klimatické javy (snehové javy, povodne, zosuvy a hmly) nebolo identifikované špecifické riziko pôsobenia na projekt. Ich potenciálne prejavy a dôsledky si budú vyžadovať len krátkodobé prevádzkové obmedzenia, resp. obmedzenia počas výkonu bežnej údržby, príp. expozícia stavby ich pôsobeniu sa nepredpokladá.

5. Návrh adaptačných opatrení

V rámci uvažovaných modernizačných prác budú zohľadnené viaceré štandardné opatrenia, ktoré prispievajú k zvýšeniu odolnosti projektu voči pôsobeniu rizikových klimatických javov. Ide predovšetkým o komplexnú obnovu železničného zvršku a spodku, zriadenie odvodnenia železničného spodku, preverenie dostatočnosti stability existujúcich mostných objektov a sanáciu ich nevyhovujúceho stavu, podloženie návrhov nových stavebných objektov statickým výpočtom, odstránenie náletovej vegetácie v miestach bezprostredne nadväzujúcich na koľajisko, výmenu elektrického ohrevu výhybiek a i.

Riziko pôsobenia silných vetrov na železničnú infraštruktúru je eliminované návrhmi stavebných konštrukcií opierajúcimi sa o statické prepočty a rešpektujúcimi zaťaženie vetrom. V budúcnosti sa však očakáva nárast výskytu silných nárazových vetrov, často ako sprievodných javov narastajúcej búrkovej činnosti, a takmer pozdĺž celého hodnoteného úseku sa vyskytuje vzrastlá drevinová vegetácia, čo predstavuje riziko zavalenia železničnej dopravnej cesty a poškodenia železničnej infraštruktúry pádmi zlomených konárov alebo vyvrátených stromov na trať a súvisiace objekty. Štandardne aplikovaným opatrením býva odstránenie drevín nachádzajúcich sa v blízkosti trate, resp. na strmých zárezových svahoch. Keďže sa však daný traťový úsek nachádza v intraviláne intenzívne urbanizovaného priestoru, neodporúčame zrealizovať plošný výrub drevín, nakoľko dreviny majú vysokú estetickú, krajinotvornú, hygienickú a klimatickú funkciu a v neposlednom rade aj izolačnú funkciu samotnej železničnej trate. Benefity, ktoré dotknutý zelený koridor pre krajinu mesta predstavuje, prevyšujú riziko vyplývajúce z prítomnosti vzrastlých stromov pozdĺž trate. Na zmiernenie rizika pádu konárov a stromov na trať odporúčame preto vykonávať pravidelnú údržbu vzrastlých drevín nachádzajúcich sa v blízkosti trate, resp. v neprístupných alebo ťažko prístupných miestach zvážiť inštaláciu dynamických bariér.

Pre klimatické javy snehové javy, povodne, zosuvy a hmly nie sú navrhované žiadne adaptačné opatrenia technického charakteru nad rámec štandardného rozsahu projektu, nakoľko nebolo identifikované zvýšené riziko ich pôsobenia.

V tabuľke nižšie (Tab. 25) sú sumarizované doplňujúce požiadavky a navrhované opatrenia pre klimatické javy silné vetry, búrkové javy, vysoké teploty, námrazové javy a sucho, ktoré boli vyhodnotené ako javy s vysokým, resp. stredným rizikom pôsobenia na projekt. Odporúčania boli vypracované na podklade odborných skúseností spracovateľov a konzultantov z radov projektantov príslušných technických oblastí. Navrhované doplňujúce požiadavky sa týkajú detailnejšieho preverenia aktuálneho stavu vybraných traťových úsekov, resp. vybraných zložiek životného prostredia z hľadiska lepšieho vyhodnotenia odolnosti projektu voči pôsobeniu rizikových klimatických javov. Navrhované adaptačné opatrenia sú zamerané na zmiernenie pôsobenia možných rizikových faktorov na projekt, a preto ich odporúčame zapracovať do technického návrhu projektu v ďalšom stupni jeho projektovej prípravy. Zároveň je opätovne zvážená miera pravdepodobnosti vzniku rizikovej udalosti a závažnosť jej dôsledkov po rešpektovaní navrhovaných opatrení.

Tab. 25 Navrhované adaptačné opatrenia

Rizikový klimatický jav	Potrebné doplňujúce informácie Navrhované adaptačné opatrenia	Miera rizika	
		P	D
Silné vetry	• Zabezpečiť spracovanie stavebnotechnických posúdení jestvujúcich mostných objektov vrátane statických zaťažovacích skúšok pre poznanie ich aktuálneho stavu a návrh ich rekonštrukcie prispôbiť požiadavkám na zabezpečenie dostatočnej stability a odolnosti mostov. • Návrh konštrukcií jestvujúcich i navrhovaných mostných objektov podložiť statickým výpočtom podľa aktuálnych technických noriem. • V neprístupných a ťažko prístupných miestach alebo v miestach strmých svahov odporúčame v prípade vysokého rizika ohrozenia železničnej prevádzky pádmí konárov alebo stromov na trať zvážiť vypracovanie posudku na zrealizovanie dynamickej bariéry. • V prípade návrhov mostných objektov situovaných vysoko nad terénom, kde budú inštalované protihlukové steny, odporúčame pri návrhu nosnej konštrukcie zvážiť aj zaťaženie pôsobiace z boku. • Počas prevádzky zabezpečiť pravidelnú údržbu vzrastlých stromov nachádzajúcich sa v bezprostrednej blízkosti žel. trate v zmysle predpisu Op18 Kontrola vegetácie v obvode dráhy ŽSR. • V zmysle platných bezpečnostných a prevádzkových predpisov prevádzkovateľa v prípade potreby pri výskyte silného vetra znižovať rýchlosti vlakov tak, aby neboli vyvolané rezonancie trakčného vedenia, a tiež aby nehrozilo odvanutie trakčného vedenia v postihnutom úseku trate.	3	2
Silné dažde	• Návrhy odvodnenia základných stavebných konštrukcií doložiť hydrotechnickými výpočtami. • Pri návrhoch odvodnenia zemnej pláne a železničného telesa odporúčame zvážiť zväčšenie priemeru odkanalizovania trate a následné úpravy nadväzujúcich objektov (kanalizácia, retenčné nádrže, vsaky, ORL,...). • V staniciach a na zastávkach klásť dôraz na dostatočnosť prietokových kapacít navrhovaných systémov odvádzania vôd z povrchového odtoku. • Odporúčame prehodnotiť návrhy odvodnenia cestných mostov (podjazdov) a podchodov pre peších pre zvládnutie objemov vyšších návrhových intenzít dažďa nad normové hodnoty. V prípade potreby zvážiť zväčšenie prietokových kapacít čerpadiel, zväčšenie kapacít vsakov, príp. úpravu prevádzkovej kapacity ORL a pod.	2	1

Rizikový klimatický jav	Potrebné doplňujúce informácie Navrhované adaptačné opatrenia	Miera rizika	
		P	D
	• V prípade potreby na vybraných úsekoch na kanalizačné vpuste umiestniť ochranné prvky pre zníženie rizika ich upchatia. • Počas prevádzky žel. trate zabezpečiť pravidelnú údržbu kanalizačných systémov.		
Vysoké teploty	• Preveriť odolnosť mostných objektov z hľadiska ich zaťaženia účinkami teploty v zmysle platných noriem. • Technologické miestnosti, v ktorých budú umiestňované elektrické oznamovacie a zabezpečovacie zariadenia vybaviť klimatizačnými jednotkami, aby nedošlo k prekročeniu najvyššej pracovnej teploty, na ktorú sú konštruované. • Pri osádzaní bezstykovej koľaje postupovať podľa odporúčaných postupov. • V prípade potreby pri vysokých teplotách vykonávať prehliadky trate, príp. v kritických miestach inštalovať zariadenia na meranie teploty koľajníc, resp. koľajové dilatačné zariadenia.	2	2
Búrkové javy	• Opatrenia navrhované pre javy silné vetry a silné dažde platia i v prípade tohto javu. • Zabezpečiť ochranu elektrických zariadení proti atmosférickým vplyvom inštaláciou bleskozvodov a prepäťových ochrán. • Zaisťiť bezpečnosť prevádzky záložnými zdrojmi el. energie pre prípad krátkodobých výpadkov el. energie.	3	2
Námrazové javy	• Zabezpečiť vykonávanie pravidelných kontrol a údržby v zimnom období. • Pripraviť prevádzkový postup pri riziku námrazy. • Zabezpečiť rýchlu a dostatočnú dostupnosť techniky na odstraňovanie námrazy a ľadovky pri jave mimoriadnej intenzity. • V prípade výskytu kritickej udalosti (zhoršenia skutočného pôsobenia javu voči predpokladom) dodatočne zvážiť zabezpečenie odmravovania trolejového drôtu elektrickým prúdom.	2	1
Sucho	• V zmysle platných bezpečnostných a prevádzkových predpisov prevádzkovateľa v prípade výskytu požiaru zabezpečiť okamžitá reakcia hasičských jednotiek. • Počas prevádzky zabezpečiť pravidelnú údržbu vzrastlých stromov nachádzajúcich sa v bezprostrednej blízkosti žel. trate v zmysle predpisu Op18 Kontrola vegetácie v obvode dráhy ŽSR.	1	1
Iné opatrenia	• Vo vybraných lokalitách a objektoch inštalovať informačné systémy s napojením na dispečing pre zabezpečenie včasnej reakcie a vyššej bezpečnosti prevádzky. • V ďalšom stupni vývoja projektu zabezpečiť spracovanie IG prieskumu a hydrogeologického prieskumu pre preverenie stability podložia. V prípade nepriaznivej inžinierskogeologickej a hydrogeologickej stavby zabezpečiť vhodné zakladanie objektov. • Pri návrhu sklonu svahov násypov alebo zárezov v maximálnej miere používať preverené, normové hodnoty sklonov. • Pri budovaní nových cestných násypov zvážiť únosnosť podložia podľa výsledkov IG prieskumu. V prípade výskytu neúnosných zemín v podloží zabezpečiť výmenu podložia z kvalitného nenamfzavého a priepustného materiálu. V prípade potreby pre elimináciu nežiaducich účinkov nerovnomerného sadania v podloží násypov doplniť výrobu z geosyntetických materiálov.	-	

Po zvážení opatrení na zmiernenie identifikovaných klimatických rizík klesá miera rizika pôsobenia rizikových klimatických javov na projekt. Prijaté opatrenia umožnia zníženie pravdepodobnosti vzniku negatívnych dopadov, umožňujú včasnú identifikáciu a reakciu na vzniknutú situáciu a znižujú intenzitu dopadu javu na železničnú infraštruktúru a dopravu na trati.

Tabuľka nižšie (Tab. 26) uvádza aktualizovanú maticu rizík po zapracovaní navrhovaných adaptačných opatrení do návrhu projektu modernizácie uzla Bratislava vo vetve VÝCHOD.

Tab. 26 Výsledná matica rizík projektu po zapracovaní navrhovaných opatrení

		Závažnosť dôsledku klimatického javu				
		zanedbateľný	malý	mierny	závažný	katastrofický
Pravdepodobnosť	vzácná	Sucho				
	nepravdepodobná	Silné dažde Námrazové javy	Vysoké teploty			
	mierna		Silné vetry Búrkové javy			
	pravdepodobná					
	takmer istá					

Vysvetlivky

	nízke riziko – prijateľné (nevýznamné) riziko, kde nie je nevyhnutné realizovať dodatočné opatrenia
	stredné riziko – mierne riziko, ktoré je možné eliminovať realizáciou vhodných opatrení
	veľké riziko – závažné riziko, ktoré je možné prijatými opatreniami zmierniť na prijateľnú úroveň
	extrémne riziko – kritické riziko, ktoré môže spôsobiť významné poškodenie projektu a vyžaduje jeho zmenu

Pre všetky hodnotené riziká a rizikové klimatické javy však aj v prípade aplikácie adaptačných opatrení existujú určité zostatkové riziká, ktoré nie je možné úplne eliminovať. Tieto riziká sú spojené najmä s extrémnym pôsobením hodnotených rizikových klimatických javov nad rámec predikovaných hodnôt.

6. Záver

Predmetom klimatického posúdenia je posúdenie rizík projektu „ŽSR, Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD“ v súvislosti s dopadmi zmeny klímy. Posúdenie bolo vypracované v zmysle pokynov **Metodickej príručky posudzovania dopadov zmeny klímy na veľké projekty v sektore doprava** (VÚD, 2018) odporúčanej MDV SR pre plánované a pripravované projekty dopravnej infraštruktúry v SR.

Účelom projektu je komplexná modernizácia východnej časti železničného uzla Bratislava pre skvalitnenie súčasných technických parametrov trate s cieľom vyriešenia nedostatočnej kapacity infraštruktúry železničnej prevádzky, zvýšenia maximálnej traťovej rýchlosti, zvýšenia bezpečnosti železničnej dopravy, uvedenia zastaraných a opotrebovaných konštrukčných častí a technického vybavenia železničnej siete ŽSR do normového stavu a zaistenia interoperability železničného systému v súlade s európskou a národnou legislatívou.

Posúdenie bolo vykonané v predprojektovom štádiu uvažovaných modernizačných prác vo forme generalizovaného posúdenia na podklade technického návrhu vychádzajúceho zo štúdie realizovateľnosti (ŽSR, dopravný uzol Bratislava – štúdia realizovateľnosti, 2019), resp. návrhu rozsahu navrhovanej činnosti v zmysle spracovaného zámeru pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie (Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD, Zámer, 2021). Zvážená bola citlivosť projektu na pôsobenie rizikových klimatických javov, expozícia projektu ich pôsobeniu a tiež jeho celková zraniteľnosť. Identifikované boli potenciálne riziká, ktoré môžu spôsobiť zmeny alebo poškodenia stavebno-technického riešenia projektu a vyvolať obmedzenia železničnej prevádzky na dotknutých traťových úsekoch. Záverom boli stanovené viaceré doplňujúce požiadavky a odporúčania pre ďalšiu prípravu projektu, resp. opatrenia, ktoré je možné do návrhu projektu zapracovať.

Vykonaným posúdením neboli pri zohľadnení opatrení zapracovaných do technického návrhu projektu identifikované žiadne extrémne alebo vysoko rizikové klimatické javy. Ako stredne rizikové boli vyhodnotené klimatické javy silný vietor a búrkové javy. Vzhľadom na narastajúcu frekvenciu výskytu uvedených javov a intenzitu ich pôsobenia boli zvážené potenciálne riziká poškodenia železničnej infraštruktúry v dôsledku ich pôsobenia (pádmi konárov a stromov na trať, priamymi zásahmi elektrickými výbojmi, výpadkami napájania elektrických zariadení, zaťaženie odvodňovacích systémov a pod.) a tiež prevádzkové obmedzenia (zníženie rýchlosti prejazdov, dopravné výluky), ktoré sa môžu vyskytnúť nad rámec bežných udalostí. Navrhovanými adaptačnými opatreniami je možné ich negatívne dôsledky minimalizovať, nie je ich však možné úplne eliminovať, nakoľko pôsobia na celú infraštruktúru vystavenú poveternostným podmienkam a nie je vylúčené ich extrémne pôsobenie mimo predikovaných hodnôt.

V princípe však treba konštatovať, že **realizáciou modernizačných prác dotknutých traťových úsekov dôjde k zlepšeniu ich súčasného technického stavu, t. j. k zvýšeniu ich stability a odolnosti aj voči pôsobeniu prípadných nepriaznivých udalostí vrátane rizikových klimatických javov.**

Vzhľadom na dlhodobé územné zastabilizovanie trate v riešenom území, stavebno-technický rámec návrhu projektu a prijaté opatrenia sa významné riziko vplyvom zmeny klímy vyvolávajúce závažné poškodenie železničnej infraštruktúry alebo trvalé znemožnenie železničnej dopravy v predmetných traťových úsekoch v súčasnom štádiu poznania nepredpokladá.

7. Neurčitosti hodnotenia

Predložené klimatické posúdenie sa opiera predovšetkým o dostupné dáta a podklady, ktoré sú uvedené pri jednotlivých krokoch posúdenia v dotknutých kapitolách. Využitá vedomostná báza bola rozšírená o konzultácie s odborníkmi z príslušných odborov a organizácií. Hodnotiace analýzy vychádzajú zo skúseností správcu železničnej infraštruktúry a odborných názorov a skúseností projektantov železničných stavieb z príslušných technických oblastí.

Očakávaný vývoj klimatických charakteristík vychádzal predovšetkým z modelových scenárov pre Slovenskú republiku (Stratégiu adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy, 2018 a Národnej správe SR o zmene klímy, 2017), pre dotknutý región (Katalóg adaptačných opatrení miest a obcí Bratislavského samosprávneho kraja na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy, 2016) a pre mesto Bratislava (Stratégia adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy, 2014).

V prípadnom ďalšom stupni klimatického posúdenia odporúčame doplniť údajovú bázu o ďalšie prieskumy bližšie charakterizujúce dotknuté územie, predovšetkým odporúčame zvážiť výsledky stavebno-technického prieskumu mostných objektov, inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu, geotechnického prieskumu a i. Posúdenie by malo byť spracované na podklade projektovej dokumentácie.

Vykonané hodnotenie je možné považovať za dostatočné a výpovedné pre aktuálny stupeň prípravy projektu. Identifikované stavebno-technické a prevádzkové riziká projektu vrátane odporúčaní pre ďalší stupeň hodnotenia je možné využiť ako východisko pre detailný návrh technického riešenia stavby v ďalšom stupni jej prípravy.

8. Využitie zdroje

Bratislava, 2014. Stratégia adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy.

Bratislava, 2017. Akčný plán adaptácie na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy na území hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy na roky 2017 – 2020.

Bratislava, 2020. Atlas hodnotenia zraniteľnosti a rizík nepriaznivých dôsledkov zmeny klímy na území hlavného mesta SR Bratislavy.

EC DG Climate Action, 2009. Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient.

EC DG Climate Action, 2016. Climate Change and Major Projects

EC JRC, 2012. Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures.

EC, 2013. Usmernenie pre integráciu klimatických zmien a biodiverzity do posudzovania vplyvov na životné prostredie.

EEA Report, 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016.

EEA, 2014. Adaption of transport to climate change in Europe. Challenges and options across transport modes and stakeholders.

JASPERS Guidance Note, 2017. The Basics of Climate Change Adaptation Vulnerability and Risk Assessment.

KAMBUROW, 2011. Climate Change Adaptation at European Railway Infrastructure Companies. Berlín: IZT.

Karpatský rozvojový inštitút, 2016. Katalóg adaptačných opatrení miest a obcí Bratislavského samosprávneho kraja na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy.

LAPIN, M., MELO, M., 2004. Methods of climate change scenarios projection in Slovakia and selected results. Journal of Hydrology and Hydromechanics.

MARKOVIČ, L., PECHO, J., 2020a. Globálna teplota môže už do roku 2024 prekročiť hodnotu oteplenia +1,5 °C. Bratislava: SHMÚ.

MARKOVIČ, L., PECHO, J., 2020b. Rok 2019 bol globálne druhý najteplejší v histórii. Bratislava: SHMÚ.

MIŇDAŠ a kol., 2011. Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch. Zvolen: EFRA.

MŽP SR, 2014. Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy. Bratislava: MŽP SR.

MŽP SR, 2015. Plán manažmentu povodňového rizika čiastkového povodia Dunaja. Bratislava: MŽP SR.

MŽP SR, 2017. The Seventh National Communication of the Slovak Republic on Climate Change. Bratislava: MŽP SR.

MŽP SR, 2018. Predbežné hodnotenie povodňového rizika v čiastkovom povodí Dunaja – aktualizácia 2018. Bratislava: MŽP SR.

MŽP SR, 2018. Predbežné hodnotenie povodňového rizika v čiastkovom povodí Váhu – aktualizácia 2018. Bratislava: MŽP SR

MŽP SR, 2018. Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy – aktualizácia. Bratislava: MŽP SR

PECHO, J., MARKOVIČ, L., 2019. Globálna klíma v rokoch 2015 – 2019: Klimatická zmena sa zrýchľuje. Bratislava: SHMÚ.

REMING CONSULT a. s., 2019. ŽSR, dopravný uzol Bratislava – štúdia realizovateľnosti.

REMING CONSULT a. s., 2021. Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva VÝCHOD – zámer pre posúdenie vplyvov na životné prostredie.

SAŽP, 2017. Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2018. Bratislava: MŽP SR, SAŽP.

SHMÚ, 2011 – 2020. Agrometeorologické a fenologické informácie.

SHMÚ, 2015. Klimatický atlas Slovenska.

ŠGÚDŠ, 2021. Register svahových deformácií.

ŠÚ SR, 2010 – 2015. Štatistická ročenka hlavného mesta SR Bratislavy. Bratislava: ŠÚ SR.

ŠÚ SR, 2016 – 2020. Štatistická ročenka hlavného mesta SR Bratislavy. Bratislava: ŠÚ SR.

VASS et al., 1988. Regionálne geologické členenie. Bratislava: ŠGÚDŠ.

VÚD, 2018. Metodická príručka posudzovania dopadov zmeny klímy na veľké projekty v sektore doprava. Bratislava: MDV SR.

VYSKUPOVÁ, M., 2017. Prečo je pri príprave stavieb dôležité zohľadňovať zmenu klímy. Inžinierske stavby 04/2017.

VYSKUPOVÁ, M., 2019. Posudzovanie projektov z hľadiska dopadov zmeny klímy. Fórum koľajovej dopravy.

WMO, UNEP, Global Carbon Project, IPCC, GFCS, 2019. United in Science. High-level synthesis report of latest climate science information convened by the Science Advisory Group of the UN Climate Action Summit 2019.

ŽSR, 1999 – 2018. Prehľady o situácii na sieti ŽSR, Mimoriadne udalosti a poruchy na trati. Hlásenia mimoriadnych udalostí. Bratislava: GR ŽSR.

Prílohy

Fotodokumentácia z miestneho šetrenia z 05-06/2021 dopĺňajúca hodnotenie v kap. 4.2.

Obr. 1. Železničná trať vedená na mostnom objekte v žkm 58,596



Obr. 2. Železničná trať vedená na mostnom objekte v žkm 58,636



Obr. 3. Železničná trať vedená na mostnom objekte v žkm 4,970



Obr. 4. Železničná trať vedená na mostnom objekte v žkm 3,699



Obr. 5. Železničná trať vedená na mostnom objekte „Modrý most“ v žkm 3,998



Obr. 6. Železničná trať vedená na mostnom objekte



Obr. 7. Železničná trať vedená na mostnom objekte



Obr. 8. Porasty nelesnej drevinovej vegetácie pozdĺž koridoru trate



Obr. 9. Porasty nelesnej drevinovej vegetácie pozdĺž koridoru trate v žkm 0,672



Obr. 10. Porasty nelesnej drevinovej vegetácie pozdĺž koridoru trate v žkm 2,254



Obr. 11. Porasty nelesnej drevinovej vegetácie pozdĺž koridoru trate v žkm 2,432



Obr. 12. Porasty nelesnej drevinovej vegetácie pozdĺž koridoru trate



Obr. 13. ŽST Bratislava-Vajnory



Obr. 14. ŽST Bratislava-Vajnory



Obr. 15. Odbočka Močiar



Obr. 16. ŽST Bratislava predmestie



Obr. 17. ŽST Bratislava predmestie



Obr. 18. ŽST Bratislava-Rača



Obr. 19. Okolie ŽST Bratislava-Rača



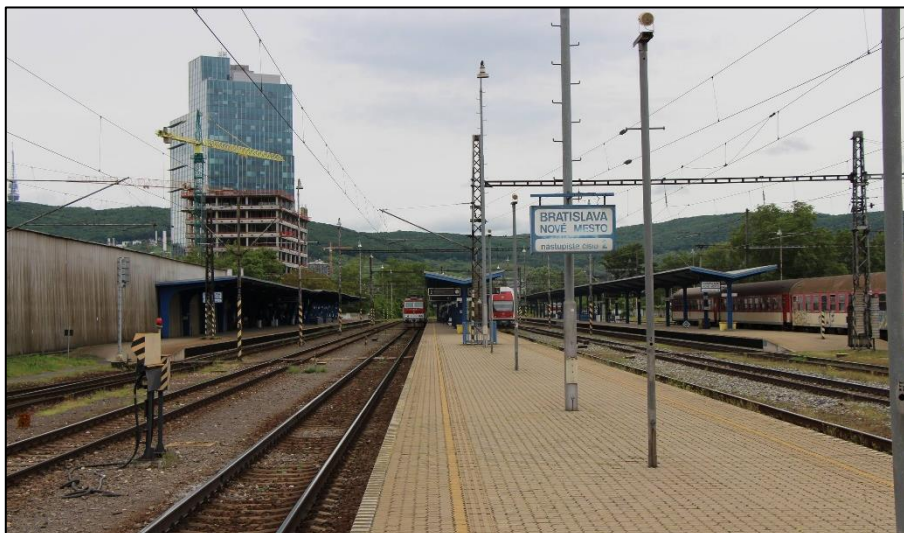
Obr. 20. Odbočka Vinohrady



Obr. 21. ŽST Bratislava-Nové Mesto



Obr. 22. ŽST Bratislava-Nové Mesto



Obr. 23. Zast. Bratislava-Vinohrady



Obr. 24. Zast. Bratislava-Vinohrady



Obr. 25. Zast. Bratislava-Vinohrady

