

Petr Jančík - SkyLab
Studentská 1771, Ostrava - Poruba
tel.: +420 603 511 547; e-mail: petr.jancik@vsb.cz

VYBUDOVANIE TERMINÁLU LNG VO VEREJNOM PRÍSTAVE BRATISLAVA

Rozptylová štúdia

Ostrava, 17. 11. 2021



Objednávateľ: INTEGRA Group

Pobřežní 18/16,

186 00 Praha 8

Zhotoviteľ: doc. Ing. Petr Jančík, Ph.D.

Studentská 1771

708 00 Ostrava – Poruba

IČ: 73074098

Autorizovaná osoba na spracovanie rozptylových štúdií
podľa § 32 zákona č. 201/2012 Zb., č.j.: 173c/740/07/DK

Obsah

1	ÚVOD	4
2	VSTUPNÉ ÚDAJE	5
2.1	CHARAKTERISTIKA ZDROJOV	5
2.1.1	<i>Stavebné a prevádzkové charakteristiky zdrojov</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Emisná charakteristika a lokalizácia zdrojov.....</i>	<i>8</i>
2.2	VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALITY	22
2.3	KLIMATICKÉ A METEOROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ÚZEMIA	23
2.4	IMISNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALITY	25
3	METODIKA VÝPOČTU IMISIÍ.....	27
3.1	METÓDA, TYP MODELU	27
3.1.1	<i>Suttonova štatistická teória turbulentnej difúzie.....</i>	<i>27</i>
3.1.2	<i>SYMOS'97.....</i>	<i>29</i>
3.2	REFERENČNÉ BODY	30
3.3	LIMITNÉ HODNOTY	31
4	VÝSTUPNÉ ÚDAJE	32
4.1	VÝPOČÍTANÉ CHARAKTERISTIKY	32
4.2	KARTOGRAFICKÁ INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV	32
4.3	DISKUSIA VÝSLEDKOV	33
4.3.1	<i>Maximálne krátkodobé a priemerné ročné koncentrácie.....</i>	<i>33</i>
5	ZÁVER.....	36
6	POUŽITÁ LITERATÚRA	38
7	POUŽITÉ SKRATKY	40
8	MAPOVÉ PRÍLOHY	41

1 Úvod

Táto rozptylová štúdia sa vyhotovuje za účelom posúdenia vplyvu realizácie projektu „**Vybudovanie terminálu LNG vo verejnom prístave Bratislava**“ [1–3] na kvalitu ovzdušia [4]. Investorom projektu a prevádzkovateľom posudzovaných zdrojov je spoločnosť: **Verejné prístavy, a.s.**, so sídlom Prístavná 10, 821 09 Bratislava, Slovenská republika (IČO: 36 856 541).

Cieľom projektu je vybudovať terminál na výrobu a distribúciu skvapalneného zemného plynu (LNG) pre verejný prístav Bratislava. Zdroje znečisťovania ovzdušia budú predstavovať: stavebná činnosť počas výstavby terminálu a doprava s ňou spojená; po realizácii projektu potom lodná doprava využívajúca terminál a cestná doprava zaisťujúca jeho obsluhu. V prípade lodnej dopravy však v skutočnosti pôjde o úbytok produkovaných emisií, pretože sa uvažuje o čiastočnej zmene pohonu na LNG.

Posudzovaný terminál obsahuje najmä: výrobné zariadenie, skladovacie zariadenie, tankovacie a prečerpávacie zariadenie. Výrobné zariadenie vyrába LNG z potrubného zemného plynu. Výrobná kapacita je 24 t/deň. Na skladovanie LNG sú navrhnuté 4 vákuovo izolované ležaté cylindrické nádrže. Maximálna kapacita jednej nádrže je 1000 m³. Celková skladovacia kapacita je 4000 m³. Prekládka z tankerov (max. 3500 m³/8h) a bunkering lodí LNG a naftou sa predpokladá prostredníctvom plávajúceho prekládkového móla s vlastnou nádržou s kapacitou 350 m³ LNG. Naftu je nutné tankovať ako doplnkové palivo k LNG; lode s pohonom na LNG budú totiž vybavené duálnymi vznetrovými motormi so spotrebou cca 6% objemu nafty oproti spotrebovanému LNG.

Posúdenie vplyvu novej technológie na kvalitu okolitého ovzdušia sa vykonáva modelovaním rozptylu znečisťujúcich látok v ovzduší podľa metodiky „SYMOS'97“ [5]. Modelované sú koncentrácie suspendovaných častíc PM₁₀ a PM_{2,5} a oxidu dusičitého NO₂. Výsledkom modelovania sú maximálne krátkodobé a priemerné ročné koncentrácie pre imisnú situáciu po realizácii projektu v definovaných scenároch. Následne je vyhodnotený vplyv realizácie jednotlivých scenárov na kvalitu ovzdušia.

2 Vstupné údaje

2.1 Charakteristika zdrojov

Cieľom posudzovaného projektu „**Vybudovanie terminálu LNG vo verejnom prístave Bratislava**“ [1, 2] (ďalej tiež *Výstavba terminálu, Terminál*) je vybudovať terminál na výrobu a distribúciu LNG pre verejný prístav Bratislava. Z hľadiska znečisťovania ovzdušia bude realizácia projektu spojená s týmito zdrojmi znečisťovania ovzdušia:

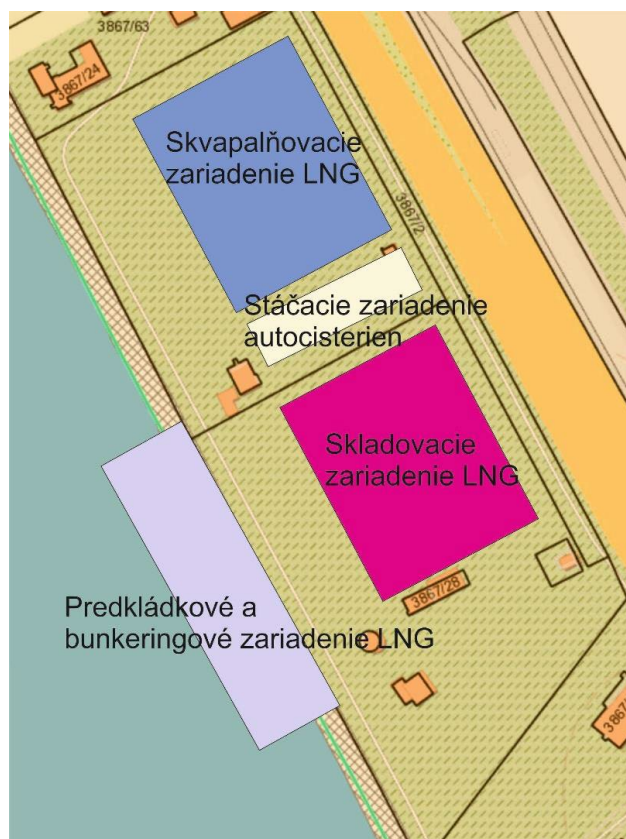
- Počas realizácie výstavby terminálu: Stavebná činnosť a zvýšená automobilová doprava.
- Po realizácii výstavby terminálu: Lodná a cestná doprava využívajúca terminál, resp. zaisťujúca jeho obsluhu.

2.1.1 Stavebné a prevádzkové charakteristiky zdrojov

Posudzovaný LNG terminál sa bude podľa technickej štúdie [1] skladať z troch hlavných častí:

- Zariadenia na výrobu LNG a na tankovanie cestných cisterien
- Zariadenia na skladovanie LNG
- Plávajúceho zariadenia na prekládku LNG a bunkering lodí

Obr. č. 1: Geografická a topografická situácia



Zdroj: Kadnár et al. [1]

Každá časť bude tvoriť samostatný objekt, prepojený s ostatnými časťami potrubnými a káblovými systémami. V prvej fáze na zásobovanie trhu by mala postačiť na skvapalňovanie jednotka na výrobu LNG s odhadovanou kapacitou cca. 24 ton LNG/denne. Neoddeliteľnou súčasťou LNG skvapalňovania je aj stáčacie zariadenie na tankovanie cestných cisterien na prepravu LNG.

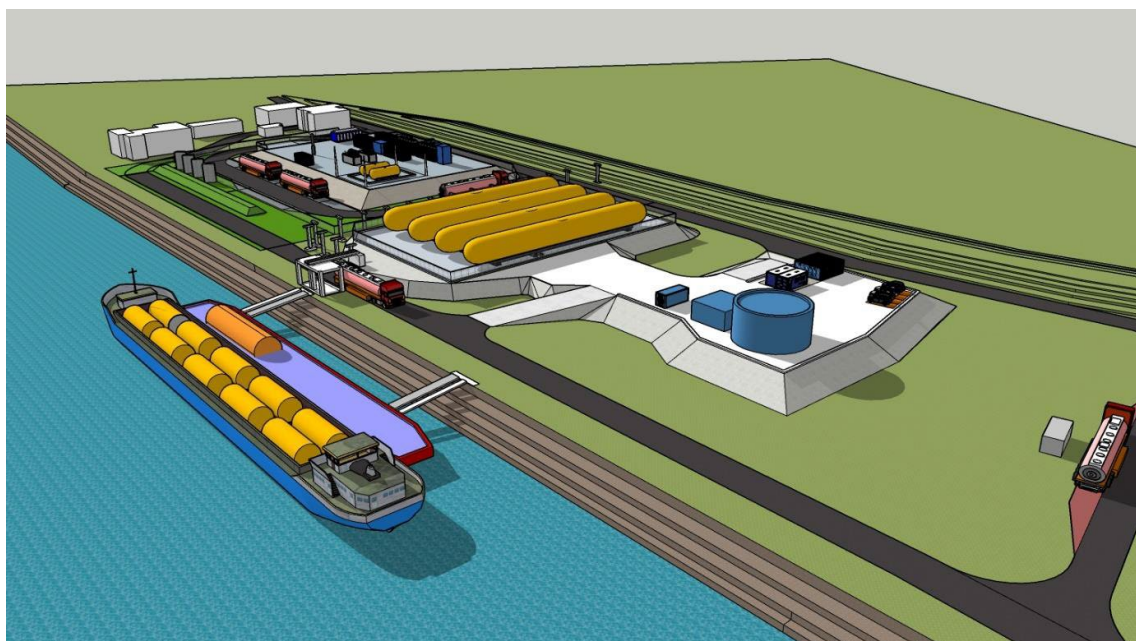
Zariadenie na výrobu LNG a tankovanie cestných cisterien

Technologické prevedenie zariadenia na výrobu LNG skvapalňovaním z potrubného plynu sa môže líšiť v závislosti od výrobcu. Každé riešenie má špecifické vlastnosti, investičnú a prevádzkovú náročnosť. Na účely rozptylovej štúdie je dostačujúce pracovať so základnými parametrami výrobného zariadenia. Konkrétne technologické riešenie bude závisieť od následného výberu dodávateľa technológie. Skvapalňovač tvorí jeden samostatný stavebný a technologický celok prepojený s ostatnými časťami potrubnými a káblovými systémami.

Zariadenie na skladovanie LNG

Objem LNG terminálu je uvažovaný na 4000 m³, čo predstavuje z pohľadu voľby typu technológie skladovania medznú hodnotu pre výber použitých technológií na základe ich rozdielnych parametrov (investičná náročnosť, prevádzková bezpečnosť, doba realizácie atď.). Predpokladá sa využitie vákuovo izolovaných cylindrických „Bullet“ nádrží. Sú uvažované **4 horizontálne tlakové dvojplášťové vákuovo izolované nádrže s kapacitou každej 1000 m³**. Situácia vid' Obr. č. 3. Odparený LNG (BOG) z hladiny skladovaného LNG je zachytený vonkajšou nádržou a je odvedený do skvapalňovacieho zariadenia, resp. na poľný horák alebo generátor. Do tohto prevádzkového súboru sú zahrnuté odstredivé výdajné čerpadlá s kapacitou LNG B.E.P. $Q = 106 \text{ m}^3/\text{h}$, min. $37 \text{ m}^3/\text{h}$; $P = 100 \text{ kW}$, tlak ako $\Delta P = 400,8 \text{ m}$. Kvapalný metán bude zo zásobníka čerpaný pomocou odstredivých čerpadiel, ktorým v prípade nutnosti na prekonanie zápornej sacej výšky bude vypomáhať vzduchový odparovač. Počas čerpania je v chode jedno čerpadlo. Čerpadlá sú umiestnené vedľa nádrží a LNG bude čerpaný cez vrch nádrže.

Obr. č. 2: Vizualizácia technického riešenia



Zdroj: Kadnár et al. [1]

Plávajúce zariadenia na prekládku LNG a bunkering lodí

Pre zaistenie prekládky LNG a bunkeringu lodí (tankovanie paliva, výmena prevádzkových náplní) je potrebné použiť samostatné prečerpávacie a bunkeringové mólo, ktoré bude schopné prečerpať tanker s kapacitou 3500 m³ LNG za jednu pracovnú smenu (8 h). Pre optimalizáciu výrobných nákladov bol ako platforma na konštrukciu móla použitý štandardný trup najpoužívanejšieho riečneho člna na Dunaji - Dunaj Európa IIb. Na móle bude umiestnená nádrž na LNG s objemom 350 m³ na tankovanie paliva LNG do riečnych lodí. Pre bunkering sa

bude používať aj nafta, pretože motory na pohon LNG lodí využívajú tzv. duálny palivový systém, kedy vznet vo valci zaistí nfta rovnako ako v dieselovom motore, a to v pomere 5-15 % z celkového objemu podľa typu a zaťaženia motora. Predpokladá sa vážený priemer 6% spotreby nafty.

2.1.2 Emisná charakteristika a lokalizácia zdrojov

Z hľadiska znečistenia ovzdušia bude realizácia projektu Výstavba LNG terminálu spojená s týmito zdrojmi znečistenia ovzdušia:

- Počas realizácie výstavby terminálu: Stavebné činnosti a automobilová doprava.
- Po výstavbe terminálu: Lodná a cestná doprava využívajúca terminál, resp. zabezpečenie jeho prevádzky.

Emisie počas výstavby terminálu

Počas výstavby samotného terminálu sa predpokladajú dva typy zdrojov znečistenia ovzdušia (pozri Obrázok č. 3):

- A. **Stavebná činnosť** - je reprezentovaná plošným zdrojom s plochou asi 1 650 m², ktorý bude vytvárať prach. Počas výstavby ide o takú fázu realizácie zemných prác, počas ktorej dochádza k najväčšiemu prenosu zemných častíc a s tým spojených emisií PM₁₀ a PM_{2,5}. S ohľadom na vzdialenosť obytnej zástavby, približne 700 m nemá zmysel hodnotiť iné znečisťujúce látky emitované zo staveniska. Išlo by o niekoľko stavebných strojov, ktorých emisie motorov budú úplne zatienené stovkou ťažkých nákladných vozidiel denne, ktoré sa vyhodnocujú samostatne. Vypočítaný je teda najvyšší 24-hodinový príspevok k koncentrácii PM₁₀, ktorý reprezentujú podmienky so suchým letným počasím, a priemerný ročný príspevok PM₁₀ a PM_{2,5}. Koncentrácie iných látok z tohto zdroja sa nemôžu v záujmových oblastiach výrazne zvýšiť pri navrhnutom umiestnení zámeru. **Sledované sú teda emisie PM₁₀ a PM_{2,5}.**
- B. **Transport materiálu** - predstavuje líniový zdroj, automobilovú dopravu (ťažké nákladné vozidlá – TNV), ktorá bude produkovať spaľovacie aj nespäľovacie emisie. Vypočítané sú emisie PM₁₀, PM_{2,5} a NO_x. BaP, benzén. Ďalšie znečisťujúce látky budú málo významné, nemožno ich porovnávať so súčasným stavom imisií, a preto sa nevyhodnocujú. Predpokladaná kapacita prepravovaného materiálu je vo výške 45 000 m³, t. j. 6000 jázd TNV. Objem korby TNV sa predpokladá 10-20 m³. Priemerne

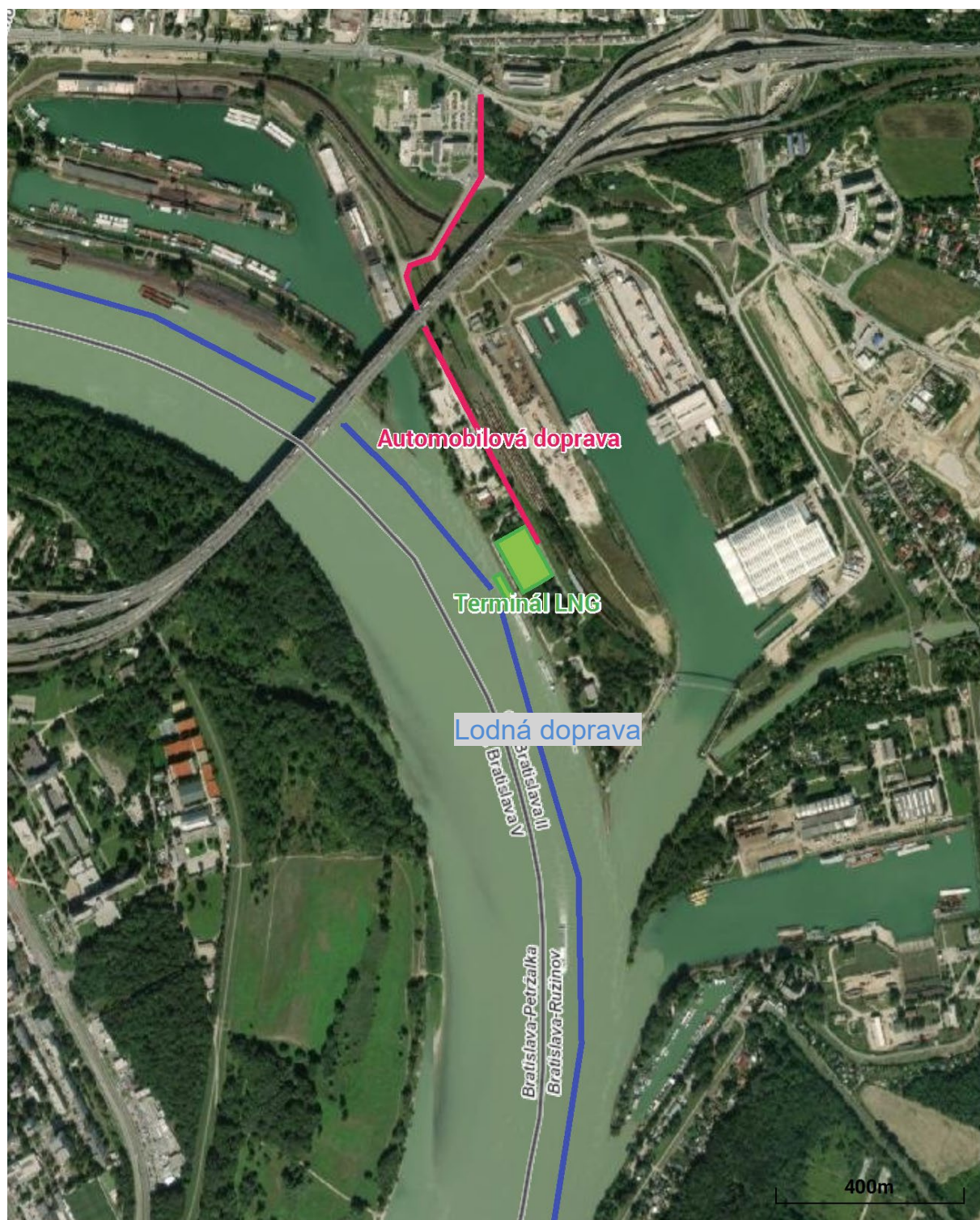
sa bude počítať s 13 m³. Počet obrátov TNV je teda 6000 TNV za obdobie stavby. Emisie TNV (spaľovacie aj nespäľovacie) sa vypočítali podľa **MEFA 13** [6]. Pokiaľ ide o pravdepodobnosť kontaminácie služobnej cesty manipulovaným materiálom, a tým aj očakávanú zvýšenú prašnosť, cesta sa považovala za nespevnenú na výpočet emisií a preto sa uvažuje s významnou resuspenziou TZL.

Obr. č. 3: Umiestnenie zdrojov znečisťovania ovzdušia počas výstavby terminálu



Zdroj: Mapový klient ZBGIS

Obr. č. 4: Umiestnenie zdrojov znečisťovania ovzdušia po realizácii výstavby terminálu



Zdroj: Mapový klient ZBGIS

Emisie pri stavebnej činnosti

A. Stavebná činnosť – maximálne denné emisie znečisťujúcich látok do ovzdušia

Emisie zo stavebnej činnosti boli vypočítané podľa **Metodiky na určenie produkcie emisií znečisťujúcich látok zo stavebnej činnosti** [7], ktorá vychádza zo Súboru emisných faktorov AP-42 (AP-42: Compilation of Air Emissions Factors) Agentúry Spojených štátov pre ochranu životného prostredia konkrétne kapitoly 13: Ostatné zdroje (Chapter 13: Miscellaneous Sources) [8], kapitola 13.2.2 – 13.2.4 [9 –11]. Ide o činnosti obvyklé na stavbách, kde sa očakávajú emisie tuhých znečisťujúcich látok (TZL), t. j. narušenie konštrukcií a povrchov, výkopy pôdy, nakladanie, vykladanie a ukladanie materiálov, vyrovnávanie, zhutnenie, spevňovanie povrchu a resuspenzia v dôsledku premávky stavebných strojov a nákladných vozidiel.

Vzhľadom na aktuálne extrémne dopravné zaťaženie na mieste na dopravnom uzle "Prístavný most" bude hlavným problémom realizácie možný krátkodobý vplyv na znečistenie ovzdušia za nepriaznivých meteorologických podmienok, t. j. počasia bez zrážok a pri stabilnom zvrstvení atmosféry. Očakáva sa, že tento vplyv bude významnejší ako vplyv na priemerné ročné koncentrácie monitorovaných znečisťujúcich látok v predmetnej lokalite. Preto je pravdepodobné, že maximálne priemerné denné koncentrácie pri najvyššom stavebnom nasadení budú rozhodujúce.

Stavebné činnosti z tohto zdroja budú rôznorodé a budú zahŕňať najmä: odstraňovanie kríkov a stromov, odstraňovanie pôdy, demoláciu starých budov a zariadení lokality s možným využitím mobilnej drviacej linky, násyp povodňového telesa, základy nádrží, ciest a spevnených plôch a ďalšie.

V období výstavby bude rozhodujúce premiestňovanie pôdy a stavba základového telesa. Čiastočne pôjde o odstránenie a odvoz pôdy po odstránení zelene. Ide o kontaminované pôdy v objeme 15 000 t, teda cca 9 400 m³ ktoré budú odobraté na ex situ sanáciu (45 dní). Hlavná časť prác sa však bude odohrávať pri násype základového telesa po dobu 45 dní. Zároveň sa očakáva premiestnenie približne 19 000 m³ materiálu. Preto s cieľom posúdiť maximálne koncentrácie imisíí z projektu je posúdenie sústredené na toto najintenzívnejšie obdobie, kedy sa očakáva najvyššia záťaž na ovzdušie.

Pri výpočte emisií sa vychádza z vyššie uvedenej metodiky a predpokladá sa "zmes" typických stavebných prác, ktoré sa môžu súčasne vyskytnúť za 24 hodín. Tieto práce a ich posúdenie emisií vychádzajú z tabuľky č.1.

Tab. č. 1: Emisné faktory pro jednotlivé stavebné činnosti

Činnost	Emisní faktor pro PM ₁₀	Podíl PM _{2,5} /PM ₁₀	Jednotka
Demolice			
Rozrušování konstrukcí hydraulickými nůžkami	2,52	0,1	kg.h ⁻¹ reálné práce stroje
Rozrušování povrchu sbíjecím kladivem	0,56	0,1	kg.h ⁻¹ reálné práce stroje
Frézování, broušení	3,6	0,1	kg.h ⁻¹ reálné práce stroje
Zemní práce a terénní úpravy			
Výkopy jemnozrnných zemin – ad 1	0,2	0,15	g/t vytěženého materiálu
Výkopy jemnozrnných zemin – ad 2	0,04	0,15	g/t vytěženého materiálu
Nakládka materiálu	$0,00056 \times (U_s/2,2)^{1,3} / (M/2)^{1,4}$	0,15	kg/t naloženého materiálu
Vykládka materiálu	$0,00056 \times (U_s/2,2)^{1,3} / (M/2)^{1,4}$	0,15	kg/t vyloženého materiálu
Shoz materiálu	$0,0029 \times (d)^{0,7} / (M)^{0,3} \times 0,75$ tedy $0,0022 \times (d)^{0,7} / (M)^{0,3}$	0,15	kg/m ³ materiálu
Buldozerování	$0,34 \times (s)^{1,5} / M^{1,4}$	0,15	kg/hod/stroj
Vyrovnávání povrchu pomocí grejdru	0,085	0,15	kg/vozokm
Vyrovnávání povrchu pomocí rypadla	0,00395	0,15	kg/t transportovaného materiálu
Zpevňování povrchu frézou a pojivy	$(U_s/2,2)^{1,3}$	0,15	kg/vozokm
Zhutňování povrchu vibrační deskou a pčhem	$0,1 \times (s)^{1,5} / M^{1,4}$	0,15	kg/hod/stroj
Vyrovnávání povrchu skrejprem	2,8	0,15	kg/vozokm
Nakládání/vykládání skrejpru	0,0015	0,15	kg/m ³ materiálu
Vrty	0,31	0,15	kg/vrt
Pojezdy vozidel a strojů			
Pojezd po zpevněných plochách	$0,62 \times sL^{0,91} \times W^{1,02} \times 1,1023$ tedy $0,68 \times sL^{0,91} \times W_t^{1,02}$	0,242	g/vozokm
Pojezd po nezpevněných plochách	$1,5 \times (s/12)^{0,9} \times (W_t \times 1,1023/3)^{0,45}$ $\times (S/30) \times 0,2819$	0,1	kg/vozokm

a) výkop zeminy s vlhkostí do 12 %, b) výkop zeminy vlhčí než 12 %

Zdroj: Technologická agentúra České republiky [7]

Emisie z plošného zdroja – výstavby sa počítajú podľa emisných faktorov uvedených v tabuľke 2. Uvedená tabuľka platí pre jednotkový zdroj – stavbu s manipuláciou s 800 tonami materiálu denne.

Tab. č. 2: Emisné faktory PM₁₀ pre zemné práce a terénne úpravy na stavbe

Činnosť	Emisní faktor	Jednotky	Vstupy	Dosazení	Jednotky	Celkové emisie [kg za deň]
Výkopy jemnozrných zemin s vlhkosťou do 12 %	0,2	g/t	Hmotnosť materiálu	400	t	0,08
Výkopy jemnozrných zemin vlhčí než 12 %	0,04	g/t	Hmotnosť materiálu	400	t	0,02
Nakládka materiálu	$0,00056 \times (U_w/2,2)^{1,3}/(M/2)_{1,4}$	kg/t	Průměrná rychlost větru	4	m/s	0,08
			Vlhkost materiálu	12	%	
			Hmotnost materiálu	800	t	
Vykládka materiálu	$0,00056 \times (U_w/2,2)^{1,3}/(M/2)_{1,4}$	kg/t	Průměrná rychlost větru	4	m/s	0,08
			Vlhkost materiálu	12	%	
			Hmotnost materiálu	800	t	
Shoz materiálu	$0,0022 \times (d)^{0,7}/(M)^{0,3}$	kg/m ³	výška pádu	3	m	0,45
			Vlhkost materiálu	12	%	
			Objem materiálu	200	m ³	
Buldozerování	$0,34 \times (s)^{1,5} / M^{1,4}$	kg/hod/stroj	Počet strojů	1	kus	1,7
			Pracovní doba stroje	6	hod	
			Podíl jemných částic	9	%	
			Vlhkost materiálu	12	%	
Vyrovnávání povrchu pomocí grejdru	0,085	kg/vozokm	Počet strojů	1	kus	0,08
			Ujetá dráha	0,98	km	
Vyrovnávání povrchu pomocí rypadla	0,00395	kg/t	Hmotnost materiálu	800 / 10 = 80	t	0,32
Zpevňování povrchu frézou a pojivý	$(U_w/2,2)^{1,3}$	kg/vozokm	Průměrná rychlost větru	4	m/s	2,13
			Ujetá dráha	0,98	km	
Zhutňování povrchu vibrační deskou a pěchem	$0,1 \times (s)^{1,5} / M^{1,4}$	kg/hod/stroj	Počet strojů	1	kus	0,5
			Pracovní doba stroje	6	hod	
			Podíl jemných částic	9	%	
			Vlhkost materiálu	12	%	
Vyrovnávání povrchu skrejprem	2,8	kg/vozokm	Počet strojů	1	kus	2,74
			Ujetá dráha	0,98	km	
Nakládání/vykládání skrejpru	0,0015	kg/m ³	Objem materiálu	470,6	m ³	0,71
Vrty	0,31	kg/vrt	Počet vrtů	5	ks	1,55

Celkové stanovené denné emisie PM₁₀ sú teda podľa uvedenej tabuľky 10,52 kg/deň.

Zdroj: Technologická agentúra Českej republiky [7]

V prípade posudzovaného projektu ide o predpoklad manipulácie s $18\,984\text{ m}^3$ za 45 dní, t. j. 422 m^3 za deň v čase špičky. Očakávaná priemerná objemová hustota spracovaného materiálu je $1,6\text{ t/m}^3$. Výsledná **denná hmotnosť spracovaného materiálu** na posudzovanom stavenisku je preto 675 t. Koeficient konverzie z jednotkového zdroja je **0,844**.

Výsledné **emisie PM_{10} z manipulácie s materiálom na stavbe sú teda $8,88\text{ kg/deň}$** . Podiel $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ je u uvažovaných prác 0,15 [10]. Výsledné **emisie $\text{PM}_{2,5}$ sú teda $1,33\text{ kg/deň}$** .

B. Stavebná činnosť - Priemerné ročné emisie znečisťujúcich látok do ovzdušia

Vzhľadom na približne ročnú dĺžku výstavby sa hodnotia aj priemerné ročné koncentrácie počas výstavby. Tu sa počítajú všetky aktivity plánované počas výstavby. V prípade uvedeného staveniska ide najmä o:

- skrávkou a odvoz kontaminovanej zeminy ($15\,000\text{ t}$),
- zariadenie staveniska, demolácie a odvoz starých stavieb (uvedené emisné faktory s uvažovaním rozrušovania stavieb budú porovnateľné i s prípadným využitím drviacej linky vybavenej najlepšimi dostupnými technikami),
- výstavba základového telesa (dovoz a manipulácia $18\,868\text{ m}^3 = 30\,189\text{ t}$),
- ostatná výstavba (dovoz $4403\text{ m}^3 = \text{cca } 7900\text{ t}$ štrku a $1876\text{ m}^3 = 4300\text{ t}$ betónu),
- oceľové konštrukcie potrubia a mostov (dovoz 1857 t) a
- strojné a ďalšie zariadenie (dovoz $\text{cca } 4500\text{ m}^3$).

Emisie z povrchového zdroja stavby pre priemerné ročné koncentrácie sa zohľadňujú z nasledujúcich činností, ktoré na seba postupne navzájom nadväzujú:

- Skrávka kontaminovanej pôdy ($15\,000\text{ t}$) – 45 dní; za deň teda $333,3\text{ t}$. Z uvedenej tabuľky vzorového zdroja (800 t/den) vychádza teda pre prepočet koeficient 0,42. **Denné emisie PM_{10} sú $4,42\text{ kg}$, celkové emisie $198,9\text{ kg}$** . Koeficient pre prepočet $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ je 0,15. **Celkové emisie $\text{PM}_{2,5}$ sú $29,8\text{ kg}$** .
- Demolácie a zariadenie staveniska – 30 dní; odhad demolačnej činnosti je 0,1 celkového času (približne $2,4\text{ h/deň}$). Z priemerného emisného faktoru uvedeného v tabuľke 1 ($2,24\text{ kg/hodina}$) vychádzajú celkové **denné emisie PM_{10} $5,376\text{ kg/deň}$, celkové emisie za 30 dní $161,28\text{ kg}$** . Pomer $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ pre túto činnosť je 0,1. **Emisie $\text{PM}_{2,5}$ sú celkovo $16,13\text{ kg}$** .

- Násyp telesa ($18\,868\text{ m}^3 = 30\,189\text{ t}$) – 45 dní; za deň 671 t. Z tabuľky vzorového zdroja (800 t/deň) vychádza pre prepočet koeficient 0,84. **Denné emisie PM_{10} sú 8,88 kg, celkové emisie 399,6 kg.** Koeficient pre prepočet $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ je 0,15. **Celkové emisie $\text{PM}_{2,5}$ sú 59,9 kg.**
- Ostatné časti stavby (základy, pilóty, výstužný veniec atď.) – emisie PM budú vznikať len počas manipulácie so suchým štrkom ($4403\text{ m}^3 = \text{približne } 7900\text{ t}$) – 45 dní; za deň 175,6 t. Z tabuľky vzorového zdroja (800t/deň) vychádza pre prepočet koeficient 0,22. Z činností uvedených v tabuľke sa neberie do úvahy s vŕtaním a spevňovaním povrchu frézou a spojivami. Berie sa do úvahy iba vykládka – ukladanie štrku, manipulácia s ním pomocou stavebných strojov a zhuťňovanie. Emisie PM_{10} z týchto činností pre modelovú stavbu v tabuľke sú 6,84 kg/deň. Po prepočte na posudzovanú stavbu **vychádzajú denné emisie PM_{10} 1,5 kg. Celkové emisie PM_{10} sú 67,7 kg.** Koeficient pre prepočet $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ je 0,15. **Celkové emisie $\text{PM}_{2,5}$ sú 10,16 kg.**

C. Transport materiálu - emisie z líniového zdroja, príjazdové cesty

Priemerné ročné koncentrácie sa budú uvažovať z celkového prepraveného materiálu na stavbu pomocou obrátov TNV za dobu stavby (cca 1 rok). Celkový objem materiálov dovezených na stavbu podľa [1] je cca $30\,000\text{ m}^3$. Objem odvozu kontaminovanej zeminy je podľa informácie zadávateľa cca $9\,400\text{ m}^3$. Nie je zrejmé, či bude možné využiť TNV odvážajúcu kontaminovanú zeminu na dovoz materiálu pre stavbu násypu. Počíta sa preto s tým, že celkom bude nutné doviezť/odviezť cca $45\,000\text{ m}^3$ materiálu. Objem korby TNV sa predpokladá $10\text{--}20\text{ m}^3$. Priemerne sa bude počítat s 13 m^3 . Počet obrátov TNV je teda 6000 TNV za obdobie stavby. Podľa harmonogramu stavby bude doba trvania 396 dní s maximálnym pohybom vozidiel v rámci 90 dní. Na účely stanovenia priemerných ročných koncentrácií sa bude počítat s rezervou s ročnou prevádzkou 6000 TNV za rok po príjazdovej komunikácii.

Emisie po realizácii výstavby terminálu

Po výstavbe terminálu, teda v čase prevádzky terminálu, sa predpokladajú dva typy zdrojov znečistenia ovzdušia:

- Automobilová doprava** – reprezentovaná líniovým zdrojom, ktorý bude produkovať spaľovacie aj nespäľovacie emisie. Vypočítané emisie PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a NO_x . Očakáva sa, že

prejde 12 TNV a 10 osobných vozidiel denne po spevnenej komunikácii. Emisie (spaľovacie aj nespaľovacie) sa vypočítali podľa NORMY MEFA 13 [6].

B. Lodná doprava – reprezentovaná líniovým zdrojom, ktorá bude produkovať emisie zo spaľovania. Na výpočet imisií sa zohľadňujú PM_{10} , $PM_{2,5}$ a NO_x , ako aj pre iné zdroje. V prípade iných znečisťujúcich látok emitovaných zo spaľovacích motorov je možné posúdiť emisie. Ich vplyv na okolité ovzdušie bude ak sa projekt zrealizuje v každom prípade nižší ako v súčasnosti.

Hodnotenie zmeny vplyvu lodnej dopravy na ovzdušie po realizácii projektu je založené na emisných faktoroch podľa STAGE a [12].

Počet lodí, ktoré sa plavili po Dunaji v záujmovom území v roku 2018 v oboch smeroch, vychádza zo štatistík na vodnom diele Gabčíkovo [2]:

počet osobných lodí **8448**,

počet nákladných lodí za rok **4914**.

Pro výpočet emisií sú použité aj ďalšie údaje, uvedené v Štúdii realizovateľnosti [2]:

Podľa [2] je priemerná spotreba paliva u lodnej prepravy na Dunaji je takáto:

osobné lode na naftu **19,96 kg/km,**

nákladné lode na naftu **31,37 kg/km,**

osobné lode na LNG **20,88 kg/km,**

nákladné lode na LNG **32,81 kg/km.**

Na porovnanie súčasnej situácie s predpokladanou prevádzkou lodí v termináli v budúcnosti nie sú dostatočné údaje o zložení a emisiách lodí v súčasnosti prevádzkovaných lodí. Ide o rozmanitý park z hľadiska ich uvedenia do prevádzky a modernizácie. V súčasnosti len malá časť lodí (niekoľko percent) spĺňa požiadavky emisnej normy STAGE V. pre lodnú dopravu. Predpokladá sa, že v budúcnosti budú fungovať alebo budú poháňané LNG iba lode, ktoré spĺňajú túto normu. To je základ pre posúdenie imisií v prípade realizácie terminálu.

Pre modelovanie imisií sa výpočet vykonáva pre rovnaké znečisťujúce látky ako u ostatných zdrojov, pričom sa porovnávajú 2 stavy:

- **Variant bez realizácie terminálu.** Aj keď sa výstavba terminálu nerealizuje, predpokladá sa prevádzka časti lodí poháňaných LNG, ktorá bude tankovať v iných krajinách

(7%). Ostatné lode budú spĺňať emisnú normu STAGE V.

- **Variant s realizáciou terminálu.** Predpokladá sa rovnaký počet lodí ako v možnosti 1. Očakáva sa, že bude v prevádzke približne 27 % lodí s LNG.

1. Variant bez realizácie Terminálu - výpočet emisií pre lodnú dopravu:

Posudzuje takú situáciu, keď približne 7 % lodí v záujmovej oblasti bude jazdiť s pohonom LNG napriek nerealizácii plánu a zvyšok bude spĺňať emisnú normu STAGE V.

Rozdelenie lodí podľa palív:

nafta (93%)

počet osobných lodí ... **7856**

počet nákladných lodí: ... **4570**

LNG (7%)

počet osobných lodí ... **591**

počet nákladných lodí ... **344**

Emisné faktory pre lodné motory sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tab. č. 3: Emisné faktory pre emisie z lodných motorov

ZL	PM	NO _x	SO _x	CO	Benzén	B[a]P
palivo	[kg/t]	[kg/t]	[kg/t]	[kg/t]	[kg/t]	[kg/t]
nafta	0,18	21,43	0,32	70,785	0,155	0,0007
NG	0,0069	8,84	0	4,24	0,015	0,000005

Údaje emisných faktorov platia pre 1t spotrebovaného paliva. Podľa [6], [12] a [13].

Pre výpočet emisií z líniového zdroja sú použité v rámci záujmovej oblasti emisie:

Emisie na / 1km líniového zdroja: $E \text{ [kg/km]} = ME \text{ [kg/t]} * S[t] * P[n]$

ME ... merné emisie, S ... spotreba, P ... počet lodí

Výsledné emisie líniového zdroja - lodnej dopravy :

NO_x = 6641,4 kg/km; PM₁₀ = PM_{2,5} = 54,2 kg/km

Dĺžka hodnoteného úseku:

l = 7,5 km

Celkové emisie v rámci hodnotenej lokality:

$$\text{NO}_{x,\text{celk}} = 6641,4 \times 7,5 = 49810,5 \text{ kg} ; \text{PM}_{10,\text{celk}} = \text{PM}_{2,5,\text{cel.}} = 54,2 \times 7,5 = 406,5 \text{ kg}$$

2. Variant s realizáciou Terminálu - výpočet emisií pre lodnú dopravu:

Posudzuje sa stav v budúcnosti, kedy po realizácii zámeru cca 27% lodnej dopravy bude v záujmovej oblasti jazdiť s pohonom na LNG.

Rozdelenie lodí podľa paliva:

nafta (73%)

počet osobných lodí ... **6166**

počet nákladných lodí: ... **3587**

LNG (27%)

počet osobných lodí ... **2281**

počet nákladných lodí ... **1327**

Výsledné merné emisie líniového zdroja – lodnej dopravy:

$$\text{NO}_x = 5854,9 \text{ kg/km}; \text{PM}_{10} = \text{PM}_{2,5} = 43,0 \text{ kg/km}$$

Dĺžka úseku v rámci hodnotenej lokality:

$$l = 7,5 \text{ km}$$

Celkové emisie v rámci hodnotenej lokality:

$$\text{NO}_{x,\text{celk}} = 5854,9 \times 7,5 = 43911,75 \text{ kg} ; \text{PM}_{10,\text{celk}} = \text{PM}_{2,5,\text{cel.}} = 322,5 \text{ kg}$$

Porovnanie celkových emisií u oboch variantov:

Lodné motory poháňané zemným plynom (NG) emitujú do ovzdušia menej znečisťujúcich látok všetkého druhu ako dieselové motory všetkých variantov. Emisie zo súčasných lodných motorov sa pri posudzovaní emisií nezohľadňujú, ale na posúdenie vplyvov zámeru je vhodnejšie použiť na porovnanie najlepšie dostupné techniky na v budúcnosti, keď sa projekt bude plne využívať aj na pohon lodí NG. Preto sa porovnáva situácia, keď všetky lodné motory budú spĺňať aktuálne platné emisné normy pre mobilné zdroje okrem cestnej dopravy (STAGE V), so situáciou, keď časť lodí bude jazdiť na NG vďaka realizácii plánu.

V súčasnosti neexistuje žiadna právna norma, ktorá by konkrétne obmedzovala emisie z motorov NG, takže musia spĺňať normy pre ostatné motory. V skutočnosti sú však emisie z motorov NG nižšie ako táto norma, a z toho je nutné pri porovnaní vychádzať. Základné

porovnanie emisií sa vykonáva pre tie znečisťujúce látky, pre ktoré posudzujeme vplyv na kvalitu ovzdušia (**NO_x**, **PM**).

V prípade **oxidov dusíka (NO_x)** je zníženie emisií z NG v porovnaní s naftou v zásade najmenšie. Oxidy dusíka sa vytvárajú počas spaľovania oxidáciou dusíka z paliva a zo spaľovacieho vzduchu. Dusík nie je prítomný v NG, a preto sa v prípade metánu, ktorý je jeho hlavnou zložkou, eliminuje oxidácia palivového dusíka. Z tohto dôvodu je pri správne navrhnutých motoroch NG jednoduchšie udržiavať oxidy dusíka na nižšej úrovni v porovnaní s dieselovými motormi. Emisie dusíka závisia hlavne od teplôt spaľovania a výrobca môže optimalizovať výkon a spotrebu pri zachovaní konštantnej hodnoty emisií NO_x. Pomer medzi špecifickými emisiami NO_x pre dieselové motory NG a STAGE V je uvedený cca 0,9 až rádovo. Podľa [12] sú oxidy dusíka v emisiách väčšiny vznetrových lodných motorov, ktoré sú poháňané NG, približne 0,4-krát menšie ako v dieselových motoroch. Táto hodnota sa zvažuje pri výpočte emisií a imisií.

Pre **PM** je rozdiel veľmi významný. Pre naftové vznetrové motory je to významná a nebezpečná znečisťujúca látka. Hlavnou zložkou častíc je nespálený uhlík a vzhľadom na ich tvar a veľkosť sa k nemu dobre viažu nebezpečné uhl'ovodíky, ako je benzén a benzo[a]pyrén. V moderných dieselových motoroch sú to hlavne veľmi malé častice (PM₁). V vznetrových motoroch na NG častice prakticky nevznikajú. Čiastočne sa uvoľňujú z vstrekovania naftového benzínu a mazacieho oleja. Pomer tuhých častíc v emisiách medzi NG a naftou ako palivami v dieselových motoroch je od 0,4 do rádoých rozdielov v rozsahu v závislosti od typu motora. Zo zdrojov [13] a [12] vyplýva viac ako rádoý rozdiel. Predpokladá sa, že všetky častice sú PM_{2,5}.

Ďalšie možné znečisťujúce látky z dopravy - **SO_x**, **CO**, **B[a]P**, **Benzén**. Hoci sa tieto látky neposudzujú v rámci imisií na účely rozptylovej štúdie, je možné sa vyjadriť sa k ich emisiám v oboch prípadoch:

SO_x je v súčasnosti vďaka prísny limitom palív málo významným príspevkom k imisným limitom pre SO₂, a preto nie je kritickou znečisťujúcou látkou pre ovzdušie na Slovensku. Môže však byť prekursorom pre tvorbu pevných zlúčenín síry, a teda jemných suspendovaných častíc, ktoré sa na niektorých miestach vyskytujú v koncentráciách nad imisnými limitmi. V každom prípade po realizácii zámeru dôjde k podstatnému zníženiu emisií SO_x z lodí o niekoľko rádo. Emisie z motorov NG sú takmer 0.

CO - Z automobilovej dopravy môže byť v niektorých prípadoch s veľkou koncentráciou cestnej dopravy záujmovou látkou, ale vo všeobecnosti táto ZL látka nie je problematická z

hľadiska limitov. Napriek tomu je možné porovnať emisie u oboch variantov. V prípade spaľovacích motorov sú tieto emisie o dve rády vyššie ako v prípade motorov poháňaných NG. Proces spaľovania v NG je oveľa jednoduchšie ovládateľný ako v dieselových motoroch vďaka dobrému miešaniu plynného paliva so spaľovacím vzduchom a jednoduchému chemickému zloženiu paliva. Emisie CO sú preto v prípade NG minimálne o dva rády nižšie ako v prípade nafty. Hoci vplyv emisií CO na širšie životné prostredie je z hľadiska kvality ovzdušia zanedbateľný, pozitívny vplyv na ovzdušie môže byť prevažne lokálny - priamo na palube lode. To môže byť obzvlášť dôležité u osobnej dopravy.

B[a]P, Benzén - Tu je dôležitá väzba na častice v emisiách, najmä jemné častice (PM₁).

V oboch prípadoch sa tieto látky vytvárajú štiepením vyšších uhľovodíkov počas nedokonalého spaľovania. U oboch je teda významný vzťah medzi nimi a emisiami CO ako produktu nedokonalého spaľovania. Pre ich emisie u oboch variantov platia rovnaké premisy ako u CO. Emisie oboch látok sú o 2 až 3 rády nižšie pre motory NG ako pre čisto naftové motory.

Celkové porovnanie emisií za obdobie očakávanej prevádzky terminálneho plánu je založené na celkovej spotrebe oboch palív pre celú riečnu dopravu na Dunaji. Vychádza sa z celkových spotrieb oboch palív za obdobie potenciálnej prevádzky zámeru (2025-2044) pre oba varianty. Variant 1 – nerealizácia zámeru, variant 2 - realizácia [2].

Celková spotreba palív:

Variant 1, nafta ... 170979 t,
 LNG ... 41953 t.

Variant 2, nafta ... 103596 t,
 LNG ... 125860 t.

Emisie sa vypočítajú z emisných faktorov (Tab. 3) a z uvedených spotrieb palív. Výsledky sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. č. 4: Emisie z lodných motorov pre oba varianty

ZL	PM	NO _x	SO _x	CO	Benzén	B[a]P
variant	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
1	31,07	4034,94	54,71	12280,6	27,13	0,12
2	19,52	3332,77	33,15	7866,72	17,95	0,07
úspora	11,55	702,26	21,56	4413,89	9,19	0,05

Emisie sú vypočítané pre oba varianty. Vychádza sa z emisných faktorov podľa Tab. č. 3 a z predpokladaných spotrieb paliva pre oba varianty z [2].

Uvedená tabuľka jasne ukazuje významnú úsporu znečisťujúcich látok za približne 20 rokov prevádzky. Je približne porovnateľná napríklad so znížením emisií z významného zdroja energie (500 MW) za posledných 10 rokov.

2.2 Všeobecná charakteristika lokality

Posudzovaný zámer je uvažovaný na juhu Slovenskej republiky, v Bratislavskom kraji, v meste Bratislava, katastrálne územie: Nivy na parcelách: 3867/62; 3867/1. WGS84: 48.132261° N 17.145775°E. Geografická a topografická situácia sú zrejmé z nasledujúceho Obr. č. 5.

Obr. č. 5: Geografická a topografická situácia

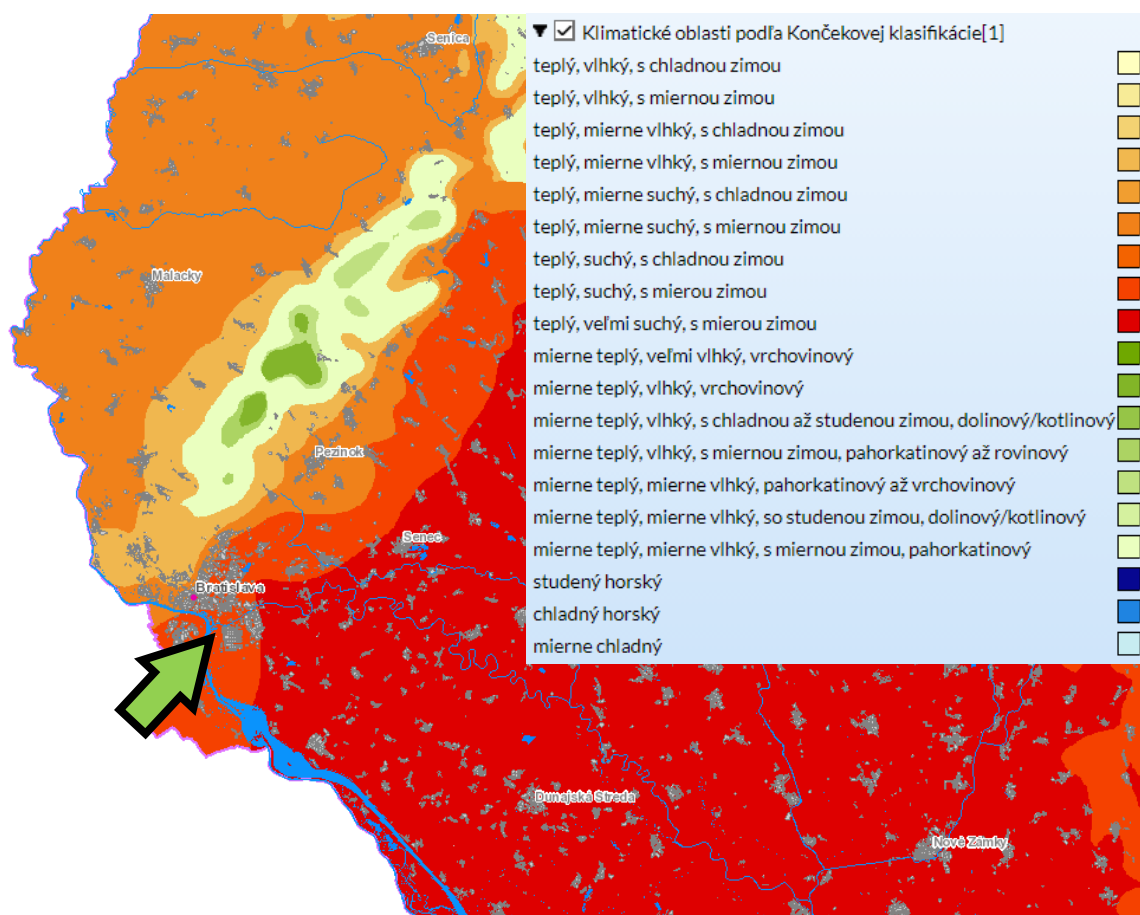


Zdroj: Mapový klient ZBGIS

2.3 Klimatické a meteorologické charakteristiky územia

Podľa Klimatického atlasu Slovenska [14] spadá posudzovaná lokalita do teplej, suchej oblasti s miernou zimou (pozri Obr. č. 8). Rozdelenie územia podľa podnebia v atlase [14] je založené na Končekovej klasifikácii. Ten vytvoril jednotlivé oblasti na podklade Končekovho vlhového indexu (indexu zavlaženia I_z), počtu letných dní a júlovej izotermie $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Takto vymedzil tri klimatické oblasti, päť podoblastí a 19 okrskov. Okrsky sú vyčlenené na základe priemerného trvania slnečného svitu vo vegetačnom období, priemernej januárovej teploty a zaradenia podľa nadmorskej výšky do nížin, pahorkatín, vrchovín alebo horských polôh. Teplá oblasť je ohraničená izolíniou 50 letných dní s dennými maximami $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a izolíniou priemerného začiatku zberu ozimnej raže 15. júla. Suchá podoblasť je charakterizovaná $I_z < -20$.

Obr. č. 6: Klimatická charakteristika lokality



Zdroj: Klimatický atlas Slovenska [14]

Pri modelovaní modelom, ktorý bol použitý v tejto štúdii, sa pracuje s meteorologickými dátami štatisticky spracovanými pre určité obdobie. Dáta sú reprezentované maticou hodnôt, ktoré sú percentuálnym výskytom určitého generalizovaného typu počasia v danom období. Počasie je zaradené do určitej kategórie podľa kombinácie triedy teplotnej stability ovzdušia

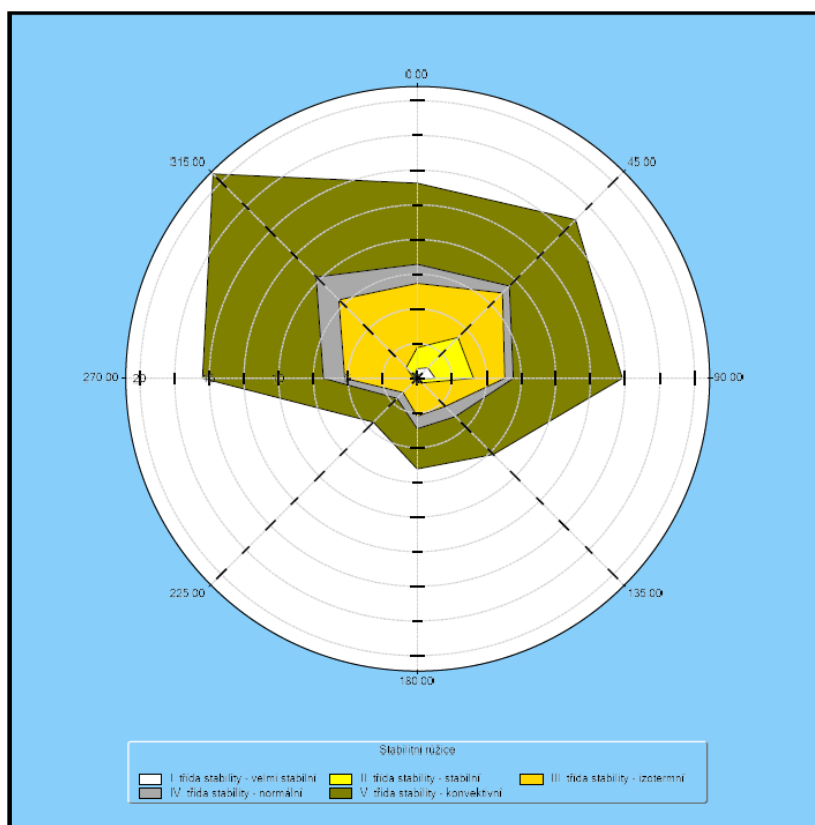
(reprezentovanej priemerným teplotným gradientom γ) a rýchlosti vetra. Používajú sa triedy podľa Bubníka a Koldovského.

Celá sada takto upravených dát sa nazýva **stabilitná veterná ružica**. Graficky možno frekvenciu počasia v jednotlivých kategóriách znázorniť ako lúčový graf, v ktorom je na jednotlivých osách (napr. ôsmich smerov) vynesená frekvencia výskytu jednotlivých kategórií počasia [%]. Na modelovanie zdrojov znečisťovania ovzdušia v posudzovanej lokalite bola použitá stabilitná veterná ružica uvedená v Tab. č. 5 a Obr. č. 7.

Tab. č. 5: Použitá stabilitná veterná ružica pre posudzovanú lokalitu

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Bezvetrie	Súčet [%]
I. tr. v=1.7m/s	0,673	1,064	1,297	0,065	0,05	0,027	0	0,271	0	3,45
II. tr. v=1.7m/s	1,527	3,079	2,651	0,332	0,226	0,063	0,266	0,826	0	8,97
II. tr. v=5m/s	0,01	0	0,113	0,081	0,044	0,009	0	0,013	0	0,27
III. tr. v=1.7m/s	4,017	4,273	1,974	1,547	1,898	1,052	3,57	5,384	0	23,72
III. tr. v=5m/s	0,593	0,261	0,282	0,834	0,512	0,288	1,357	1,498	0	5,63
III. tr. v=11m/s	0	0	0	0,008	0,003	0	0,03	0	0	0,04
IV. tr. v=1.7m/s	0,954	0,578	0,564	0,356	0,561	0,423	0,974	1,717	0	6,13
IV. tr. v=5m/s	0,442	0,131	0,056	0,527	0,297	0,189	0,531	0,594	0	2,77
IV. tr. v=11m/s	0	0,019	0	0,146	0,036	0,009	0,03	0	0	0,24
V. tr. v=1.7m/s	3,033	2,426	4,739	1,466	1,375	1,475	4,426	5,733	0	24,67
V. tr. v=5m/s	2,8	4,31	3,1	2,398	1,54	0,935	4,278	4,764	0	24,13
Súčet [%]	14,049	16,141	14,776	7,76	6,542	4,47	15,462	20,8	0	100

Obr. č. 7: Grafické znázornenie stabilitej veternej ružice pre posudzovanú lokalitu



2.4 Imisná charakteristika lokality

Základným podkladom pre vyhodnotenie súčasného imisného zaťaženia hodnotenej lokality sú výsledky imisného monitoringu. Podľa zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší (zákon o ovzduší) [4] je rozhodujúcim faktorom meranie koncentrácií znečisťujúcich látok na monitorovacích staniciach v sieti Národnej monitorovacej kvality ovzdušia (NMSKO). Stanice prevádzkované v meste Bratislava sú uvedené v tabuľke 6. (Okrem siete NMSKO sú merania k dispozícii aj v Bratislave na viacerých staniciach prevádzkovaných rafinériou Slovnaft, ktoré však neboli zahrnuté do hodnotenia.)

Tab. č. 6: Charakteristika staníc NMSKO na území Bratislavy [15]

	Súradnice		Nadmorská výška	Typ oblasti	Typ stanice
Bratislava, Kamenné nám.	N 48°08'41"	E 17°06'49"	139 m	mestská	pozaďová
Bratislava, Trnavské Mýto	N 48°09'30"	E 17°07'44"	136 m	mestská	dopravná
Bratislava, Mamateyova	N 48°07'29"	E 17°07'31"	138 m	mestská	pozaďová
Bratislava, Jeséniova	N 48°10'05"	E 17°06'22"	287 m	predmestská	pozaďová

Na základe zákona o ovzduší sa hodnotí kvalita ovzdušia hodnotená s ohľadom na limitné hodnoty koncentrácií znečisťujúcich látok, tzv. limitné hodnoty (pozri 0). V rámci štúdie sa vyhodnocujú suspendované častice PM₁₀, PM_{2,5} a NO₂, preto sa poskytujú ich namerané koncentrácie.

Podľa meraní SHMÚ [15, 16] PM₁₀ ani PM_{2,5} v posledných rokoch neprekročili limitné hodnoty. V prípade NO₂ bola na bratislavskej dopravnej stanici Trnavské Mýto prekročená ročná limitná hodnota. Pozri tabuľku 7 - tabuľku 9.

Tab. č. 7: Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀ a PM_{2,5} (µg.m⁻³) namerané v Bratislave v rokoch 2015-2019 [15]

AIM	PM ₁₀					PM _{2,5}				
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
Bratislava, Kamenné nám.	24		19	26	22			11	19	15
Bratislava, Trnavské Mýto	32	29	25	29	24					18
Bratislava, Jeséniova	23	20	20	24	19	16	13	14	16	12
Bratislava, Mamateyova		21	23	26	21	22	15	15	17	13

Tab. č. 8: Počty prekročenia dennej limitnej hodnoty PM₁₀ zaznamenané v Bratislave v rokoch 2015-2019 [15]

AIM	2015	2016	2017	2018	2019
Bratislava, Kamenné nám.	15	16		19	8
Bratislava, Trnavské Mýto	40	23	24	19	11
Bratislava, Jeséniova	12	9	25	20	9

Bratislava, Mamateyova	7	25	21	9
------------------------	---	----	----	---

Pozn.: Limitná hodnota - 35 prekročení priemernej dennej koncentrácie $50 \mu\text{g.m}^{-3}$.

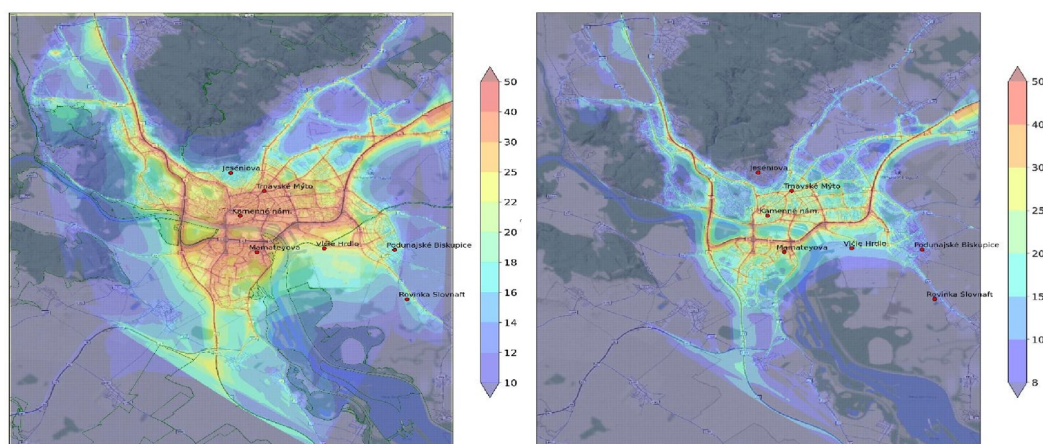
Tab. č. 9: Priemerné ročné koncentrácie NO_2 ($\mu\text{g.m}^{-3}$) namerané v Bratislave v rokoch 2015-2019 [15]

AIM	2015	2016	2017	2018	2019
Bratislava, Trnavské Mýto	49	41	39	41	37
Bratislava, Jeséniova	17	13	14	12	10
Bratislava, Mamateyova	26	22	24	22	21

Priemerné ročné a denné koncentrácie PM_{10} v posledných rokoch podľa SHMÚ klesli, rovnako ako ročné koncentrácie $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 . Koncentrácie PM aj NO_2 sú vyššie v chladnom období. Podľa SHMÚ sú najvyššie hodnoty koncentrácií PM_{10} a NO_2 zvyčajne zaznamenané v januári a februári. Chladný január 2017 bol v tomto ohľade najvýraznejší [15].

Podľa záverov štúdie SHMÚ [15] sú najväčším problémom Bratislavy emisie z cestnej dopravy. Tie spôsobujú, že nameraná priemerná ročná koncentrácia NO_2 sa pohybuje okolo limitnej hodnoty v závislosti od klimatických charakteristík roka. Okrem toho emisie oxidov dusíka z dopravy v lete reagujú prechavými uhl'ovodíkmi a vytvárajú takzvaný fotochemický smog. Spôsobujú vysoké koncentrácie prízemného ozónu na okraji Bratislavy. Výsledky modelovania priemerných ročných koncentrácií PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 vykonané v rámci rozptylovej štúdie [15] ďalej ukazujú, že aj v Bratislave sú miesta, kde je imisná situácia horšia ako namerané hodnoty na bratislavskej stanici Trnavské Mýto. Pozri obr. 10. Zníženie emisií z dopravy by preto malo byť jednou z hlavných priorít ochrany ovzdušia v meste.

Obr. č. 8: Rozloženie priemerných ročných koncentrácií NO_2 ($\mu\text{g.m}^{-3}$) – celkových (vľavo), z cestnej dopravy (vpravo) (Zdroj: SHMÚ [15])



3 Metodika výpočtu imisií

3.1 Metóda, typ modelu

Vo väčšine krajín je v súčasnej dobe rozptýl znečisťujúcich látok v prízemnej vrstve atmosféry modelovaný pomocou difúzných modelov založených na aplikácii Suttonovej štatistickej teórie turbulentnej difúzie. Táto teória je základom väčšiny používaných rozptylových modelov, ktoré sú často modifikáciou základnej Suttonovej funkcie. **Na Suttonovej teórii difúzie je tiež založená referenčná metodika SYMOS'97, ktorá bola použitá v tejto rozptylovej štúdii.**

3.1.1 Suttonova štatistická teória turbulentnej difúzie

Štatistická teória turbulentnej difúzie bola vytvorená Suttonom na základe Taylorovej štatistickej korelačnej teórie turbulencie a riešenia klasickej rovnice difúzie.

Suttonova rovnica pre výpočet koncentrácie plyných látok v ľubovoľnom mieste v okolí plynulého vyvýšeného bodového zdroja je:

$$K(x, y, z) = \frac{Q_m}{\pi C_y C_z u^{2-n}} e^{-\left(\frac{y^2}{x C_y^2 x^{2-n}}\right)} \left[e^{-\left(\frac{(z-h)^2}{C_z^2 x^{2-n}}\right)} + e^{-\left(\frac{(z+h)^2}{C_z^2 x^{2-n}}\right)} \right]$$

Odvodenie parametrov C_y a C_z bolo vykonané v tvare:

$$C_z = \left[\frac{4}{(1-n)(2-n)} \left(\frac{N}{u} \right)^n \left(\frac{w'^2}{u^2} \right)^{1-n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Kde C_z je vertikálny difúzny parameter,

Analogicky pro zložku y :

$$C_y = \left[\frac{4}{(1-n)(2-n)} \left(\frac{N}{u} \right)^n \left(\frac{u'^2}{u^2} \right)^{1-n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

V týchto vzorčkách je

n	...	meteorologický exponent (bezrozmerný),
N	...	Suttonova makroviskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],
u', w'	...	odchýlky od priemerných zložiek rýchlostí prúdenia v smere osi y a z [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

Meteorologický exponent je definovaný z profilu rýchlostí vetra:

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{\frac{n}{2-n}}$$

Kde u a u_1 , sú rýchlosti vetra vo výškach z a z_1 . Exponent n nadobúda hodnoty v intervale $<0;1>$ v závislosti od stability ovzdušia (0 – vysoko labilný, 1 – veľmi stabilný).

Suttonova makroviskozita:

$$N = u' \cdot z_0$$

Kde z_0 je dĺžka drsnosti, tj. teoretická výška nad terénom, ktorá má geometrický význam hladiny, kde sa priemerná rýchlosť u' stáva nulovou [m].

Tretia rýchlosť u^* [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] možno stanoviť:

$$u_* = \sqrt{u'w'}$$

Pre $z = 0$:

$$K(x, y) = \frac{2Q_m}{\pi C_y C_z u x^{2-n}} \exp \left[-\frac{1}{x^{2-n}} \left(\frac{y^2}{C_y^2} + \frac{h^2}{C_z^2} \right) \right]$$

kde	x, y	...	súradnice receptora [m],
	K	...	koncentrácia ZL v bode o súradniciach $x, y, (z)$ [$\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$],
	Q_m	...	emisie ZL zo zdroja [$\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$],
	h	...	výška bodového zdroja [m],
	u	...	rýchlosť vetra v mieste zdroja [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

3.1.2 SYMOS'97

SYMOS'97 bol vydaný v roku 1998 ako odporúčaná metodika MŽP ČR vo Vestníku Ministerstva životného prostredia. Zároveň bola táto metodika spracovaná ako softvér pre počítače triedy PC s operačným systémom Windows NT, DOS/Windows 95, 98 aj pre počítače triedy pracovných staníc s operačným systémom UNIX. Program dodáva firma Idea Envi, s.r.o. Metodika je určená predovšetkým na vypracovanie rozptylových štúdií, ako podkladov na hodnotenie kvality ovzdušia.

SYMOS'97 je **tzv. dlhodobý model**. To znamená, že vstupné meteorologické údaje, tj rýchlosť vetra a stabilita ovzdušia, vstupujú do modelu po štatistickom spracovaní skutočných meteorologických pozorovaní a roztriedení počasia do tried, ktoré sú dané určitým rozsahom rýchlostí vetra a priemerného vertikálneho teplotného gradientu v zmiešavacej vrstve. Výsledok je možné znázorniť grafmi frekvencie výskytu uvedených tried počasia – tzv. stabilitnými veternými ružicami.

Modelovanie tzv. **priemerných dlhodobých koncentrácií** sa potom vykonáva tak, že výpočtová funkcia sa počíta pre „každý“ smer vetra (obvykle vo všetkých smeroch po jednom až troch stupňoch) a výsledku je priradená taká váha, aká je frekvencia výskytu použitej kombinácie tried počasia v danom smere. Výsledok je teda závislý od priemerného výskytu určitého počasia za modelované obdobie. Pokiaľ sú známe priemerné emisie zdrojov za rovnaké obdobie, je možné správne vyhodnotiť priemerné koncentrácie za obdobia, pre ktoré sú štatisticky spracované meteorologické dáta. V štúdií boli použité priemerné ročné údaje o zdrojoch a ročné priemery meteorologických údajov. Výsledkom teda boli vyhodnotené **priemerné ročné koncentrácie** modelovaných znečisťujúcich látok.

Podľa použitej metodiky je však možné vyhodnocovať aj tzv. **maximálne krátkodobé koncentrácie**. Tieto koncentrácie sa vyhodnocujú tak, že sa vypočítajú hodnoty imisií pri „všetkých“ rýchlostiach vetra od 1,5 do 15 m/s v intervaloch daných metodikou, vo „všetkých“ smeroch (podľa metodiky 360 smerov po 1 stupni). **Výsledkom sú potom teoretické maximá, vypočítané na všetkých receptoroch, zo všetkých uvedených kombinácií meteorologických parametrov, bez ohľadu na to, či sa v sledovanej oblasti za sledovaný časový interval vôbec vyskytli, a bez ohľadu na časový priebeh emisií zo zdrojov.** Výsledky sú teda okrem emisií ovplyvnené iba geometriou zdrojov a terénu.

Metodika je určená predovšetkým na vypracovanie rozptylových štúdií, ako podkladov na hodnotenie kvality ovzdušia. Metodika nie je použiteľná na výpočet znečistenia ovzdušia vo

vzdialenosti nad 100 km od zdrojov a vo vnútri mestskej zástavby, pod úrovňou striech budov (napr. na križovatkách alebo v kaňonoch ulíc). Toto obmedzenie sme zohľadnili v grafických výstupoch, kde je znázornená zástavba tak, aby prekryvala grafické informácie o koncentráciách znečisťujúcich látok. Základné rovnice modelu tiež nemožno použiť na výpočet znečistenia pod inverznou vrstvou, v zložitom teréne a pri bezvetří.

Pri posudzovaní výsledkov modelovania je nutné vziať do úvahy všetky uvedené obmedzenia použitého modelu. To znamená, že výsledné rozloženie prízemných koncentrácií všetkých znečisťujúcich látok je štatistické, s významným zjednodušením pôsobiacich faktorov (najmä meteorologických podmienok a priestorových okrajových podmienok). Výsledky modelovania sú preto orientačné a sú vhodné najmä na porovnanie pôsobenia jednotlivých druhov zdrojov v rôznych obdobiach. Lokálne sa môžu v skutočnosti vyskytnúť aj výrazne vyššie koncentrácie znečisťujúcich látok, najmä v zložitom teréne (hlbšie, úzke údolia) a v hustej zástavbe.

3.2 Referenčné body

Referenčné body sú miesta, pre ktoré sa vyčísluje modelová funkcia, a v ktorých sa potom vyhodnocujú výsledné koncentrácie. Poloha použitých referenčných bodov je daná pravidelnou štvorcovou sieťou s krokom 50 m, pokrývajúcou záujmovú oblasť. Vertikálne sú všetky uvedené body umiestnené vo výške 1,5 m nad zemským povrchom. Zoznam všetkých referenčných bodov s ich súradnicami je k dispozícii v digitálnej podobe u autora

Záujmová oblasť, v ktorej bolo vykonané modelovanie, je definovaná obdĺžnikom o stranách 5x8 km v ktorého obvode sú umiestnené posudzované zdroje. Pozri nasledujúcu mapku.

3.3 Limitné hodnoty

Limitné hodnoty najvyššej prípustnej úrovne znečistenia ovzdušia sú definované v súlade s európskou legislatívou vo Vyhláške č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia [17]. Limitné hodnoty pre posudzované znečisťujúce látky sú uvedené v nasledujúcej Tab. č. 10.

Tab. č.10: Imisné limity pre záujmové znečisťujúce látky

Znečisťujúca látka	Doba priemerovanie	Imisný limit [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Účel vyhlásenia
PM ₁₀	24 hodín	50 (35x)	Ochrana zdravia ľudí
	1 kalendárny rok	40	
PM _{2,5}	1 kalendárny rok	20	
NO ₂	1 hodina	200 (18x)	
	1 kalendárny rok	40	

V zátvorke je uvedený maximálny počet prekročení uvedeného limitu za rok.

4 Výstupné údaje

4.1 Vypočítané charakteristiky

Pre posudzované zdroje znečisťovania ovzdušia boli vykonané výpočty maximálnych krátkodobých a priemerných ročných koncentrácií PM_{10} , $PM_{2,5}$ a NO_2 .

4.2 Kartografická interpretácia výsledkov

Výsledkom každého variantu výpočtu je databázový súbor vo formáte *.dbf.

S využitím technológie GIS boli z uvedených výsledkov vytvorené bodové vrstvy vo formáte ESRI Shapefile. Z týchto bodových vrstiev boli vytvorené rastrové súbory vo formáte ESRI GRID s veľkosťou bunky 10 m, ktoré pokrývajú spojito celé záujmové územie. Hodnota každej bunky gridu zodpovedá koncentrácii v danom mieste. Na ich vytvorenie bola použitá po častiach lineárnej interpolácie. Rozloženie prízemných koncentrácií sledovanej znečisťujúcej látky je vyobrazené pomocou skokovej legendy. Výsledky modelovania sú uvedené v mapových prílohách.

4.3 Diskusia výsledkov

4.3.1 Maximálne krátkodobé a priemerné ročné koncentrácie

Modelované boli koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a NO₂. To sú polutanty, u ktorých sa očakával najvýznamnejší vplyv posudzovaného zámeru na imisnú situáciu pri všetkých posudzovaných variantoch. Modelované boli 3 varianty:

1. **Maximálna koncentrácia pri stavbe.** Výsledkom sú priemerné 24h koncentrácie uvedených látok. Ako zdroj sa berie do úvahy denný prejazd TNV po príjazdovej komunikácii pri maximálnej intenzite stavebných prác (stavba základového telesa) a zároveň maximálna intenzita stavebných prác v oblasti stavby pri uvedenej činnosti.
2. **Priemerné ročné koncentrácie pri stavbe.** Vzhľadom na to, že stavba prebieha v priebehu celého 1 roka (presne 396 dní), sú zároveň vypočítané priemerné ročné koncentrácie z oboch zdrojov, teda z dopravy materiálov a zo všetkých relevantných stavebných prác, ktoré na seba nadväzujú. Pre zjednodušenie sa počíta, že emisie z týchto prác (za dobu 396 dní) budú realizované za rok. Skutočné imisie teda môžu byť aj mierne nižšie (niekoľko percent). Ide o zjednodušenie v smere vyššej bezpečnosti, ktoré umožňuje porovnanie s imisnými limitmi priemerných ročných koncentrácií u sledovaných znečisťujúcich látok.
3. **Priemerné ročné koncentrácie po dokončení stavby.** Ide o bežnú prevádzku zámeru v budúcnosti. Do úvahy sa berú dva hlavné líniové zdroje znečisťovania - lodná doprava a cestná preprava CNG. Pritom cestná preprava pri prevádzke rádovo desiatok TNV a desiatok VV je málo významný zdroj. Najmä v porovnaní s lodnou dopravou. Pri lodnej doprave dôjde vplyvom realizácie zámeru k zníženiu imisií v porovnaní so stavom, keby zámer nebol realizovaný. Viac lodí bude poháňaných LNG a motory s týmto palivom vykazujú nižšie emisie znečisťujúcich látok do ovzdušia. Ďalšie prevádzkové zdroje (vykurovanie a ďalšie) nie sú špecifikované a budú mať zanedbateľný miestny vplyv iba v oblasti prístavu a preto nie sú predmetom posudzovania.

Súčasná situácia – pozadie

Súčasný stav imisií je popísaný v kapitole 2.4. Z modelov, ktoré vykonal SHMÚ v r. 2018 a z výsledkov AIM vyplýva, že u všetkých sledovaných látok sa v celej záujmovej oblasti pohybujú

väčšinou koncentrácie pod limitmi. ($PM_{10} = 26 - 36 \mu g.m^{-3}$, $PM_{2,5} = 18 - 25 \mu g.m^{-3}$ a $NO_2 = 25 - 40 \mu g.m^{-3}$). Miestne, na frekventovanej križovatke na severnom konci Prístavného mosta dosahujú limity $PM_{2,5}$ a NO_2 . Najnižšie koncentrácie sledovaných látok sa vyskytujú okolo rieky v oblasti plánovanej stavby. Hlavnou príčinou znečistenia v tejto oblasti je automobilová doprava.

Výsledky modelovania.

Modelovanie situácie ad 1) počas výstavby terminálu ukázalo možnosť nárastu 24h koncentrácií PM_{10} v blízkosti stavby na hodnoty blížiac sa limitom. Ide ale o priemyselnú oblasť mimo zástavby. V obytnej zástavbe sa môžu prírastky koncentrácií PM_{10} podľa modelu blížiť hodnotám okolo $20 \mu g.m^{-3}$. Kritické miesto bude v blízkosti študentského Domova Ekonóm pri výjazde od prístavu na ulici Prístavná. Podľa výsledkov modelu môžu byť v uvedenej lokalite maximálne hodnoty koncentrácií PM_{10} vplyvom stavby zámeru cca do $20 - 25 \mu g.m^{-3}$. Maximálne 24h koncentrácie PM_{10} v tejto lokalite nie sú známe. Priemerné ročné koncentrácie tu dosahujú cca $25 - 30 \mu g.m^{-3}$. Celkom aj s predpokladaným pozadím sa teda podľa výsledkov modelu môžu maximálne 24h koncentrácie PM_{10} blížiť dennému limitu. Ide však o extrémne koncentrácie v prípade, že sa uvažuje nespevnený povrch komunikácií vplyvom ich prípadného nedostatočného čistenia od vozidiel zo stavby. V skutočnosti sa v tejto vzdialenosti od stavby už nedá tento vplyv očakávať a maximálne koncentrácie PM_{10} v tejto lokalite budú podstatne nižšie.

U NO_2 sa v obývaných oblastiach vrátane študentského Domova Ekonóm jedná o jednotky $\mu g.m^{-3}$ a nepredpokladá sa teda prekročenie limitu.

Modelovanie situácie ad 2) pri stavbe ukazuje najvyšší nárast koncentrácií PM_{10} (do $1 \mu g.m^{-3}$) v obývaných oblastiach na južnom brehu Dunaja. V blízkosti študentského Domova Ekonóm pri výjazde od prístavu na ulici Prístavná je možné podľa výsledku modelu očakávať podobný alebo menší prírastok priemerných ročných koncentrácií. Vplyv dopravy materiálu je pri PM_{10} úplne zatienený vplyvom samotnej stavby. Podobne to platí pre $PM_{2,5}$, kde sú predpokladané vplyvy v obytnej zástavbe rádovo v prvých desatinách $\mu g.m^{-3}$.

Modelovanie situácie ad 3) po postavení a pri prevádzke terminálu ukazuje celkovo kladný vplyv stavby na kvalitu ovzdušia. Pri koncentráciách NO_2 je v celom okolí Dunaja viditeľný rádovo väčší úbytok koncentrácií v obytných oblastiach (rádovo desatina $\mu g.m^{-3}$), než prírastok okolo obslužnej komunikácie vo vnútri prístavu (prvé stotiny $\mu g.m^{-3}$). U ostatných znečisťujúcich látok je to podobné – úbytok v rozsiahlych obývaných oblastiach oproti prírastku v malej oblasti v okolí príjazdovej komunikácie v priemyselnej zóne.

Modelované zdroje a všetky výsledky modelovania sú znázornené v podobe mapových kompozícií.

5 Záver

Cieľom tejto štúdie bolo posúdiť vplyv realizácie **projektu „Vybudovanie terminálu LNG vo verejnom prístave Bratislava“** [1, 2] na kvalitu ovzdušia [4]. Bol posúdený vplyv samotnej realizácie stavby, kedy bude kvalita ovzdušia ovplyvňovaná stavebnou činnosťou a automobilovou dopravou s ňou spojenou, a cieľového stavu po realizácii projektu, kedy bude kvalita ovzdušia ovplyvňovaná lodnou, resp. cestnou, dopravou spojenou s prevádzkou terminálu.

Vplyv realizácie výstavby terminálu na kvalitu ovzdušia bol vykonaný modelovaním prostredníctvom metodiky „SYMOS'97“. Boli modelované priemerné ročné a maximálne krátkodobé koncentrácie PM_{10} , $PM_{2,5}$ a NO_2 .

Modelovanie imisnej situácie pri samotnej výstavbe terminálu ukázalo, že najvyššie priemerné ročné koncentrácie sa v prípade všetkých posudzovaných znečisťujúcich látok budú vyskytovať v smeroch prevládajúceho vetra, teda na severovýchod a tiež na čiastočne juhozápad od zdroja, kde zasahujú do obývaných oblastí. Aj tak sa ale nepredpokladá prekročenie imisných limitov pri priemerných ročných koncentráciách, a to s dostatočnou rezervou. Pri maximálnych koncentráciách pri nepriaznivých rozptylových podmienkach a pri suchom počasi sa po dobu cca 1 mesiaca v priebehu stavby predpokladá priblíženie k denným limitom PM_{10} . Tomu sa dá účinne zabrániť dôsledným dodržaním opatrení na zníženie prašnosti pri kritických etapách stavby - odstránenie kontaminovanej pôdy, demolácie a násyp základového násypu. zvlhčovaním materiálov a mokrým čistením komunikácií.

V prípade uvedenia stavby do prevádzky sa ukazuje pozitívny vplyv na kvalitu ovzdušia u všetkých hodnotených látok. Navyše sa dá predpokladať pozitívny vplyv pri lodnej doprave na imisie B[a]P, ktorý bude úmerný zníženiu emisií $PM_{2,5}$. Benzo[a]pyrén je naviazaný práve na týchto uhlíkových časticiach.

Z analýzy výsledkov modelovania vyplynulo, že realizácia projektu v priebehu stavby negatívne ovplyvní počas niekoľkých mesiacov najmä blízke neobývané okolie. V prípade správnych postupov pre zníženie prašnosti na stavbe nedôjde k prekročeniu imisných limitov.

V priebehu ďalších rokov prevádzky zámer naopak pozitívne ovplyvní imisnú situáciu v ďalekom okolí vrátane obývaných oblastí. Malý prírastok koncentrácií všetkých sledovaných znečisťujúcich látok v blízkosti študentského Domova Ekonóm vplyvom zvýšenia dopravy o 12 nákladných a 10 osobných vozidiel denne bude nepatrný - rádovo

tisíciny $\mu\text{g.m}^{-3}$ pri PM až stotiny $\mu\text{g.m}^{-3}$ pri NOx. V pomere k vplyvom dopravy z komunikácie Prístavná a najmä z Prístavného mosta bude prírastok v tejto lokalite nesledovateľný.

6 Použitá literatúra

- [1] KADNÁR ET AL. *Štúdia realizovateľnosti: Vybudovanie terminálu LNG vo verejnom prístave Bratislava: Časť 1: – Technická štúdia*. Bratislava: Danube LNG, EZHZ. 2020.
- [2] KADNÁR, Róbert. *Štúdia realizovateľnosti: Vybudovanie terminálu LNG vo verejnom prístave Bratislava: Časť 3: – CBA*. Bratislava: Danube LNG, EZHZ. 2020.
- [3] INTEGRA CONSULTING S.R.O., ORGANIZAČNÁ ZLOŽKA SLOVENSKO. *Vybudovanie terminálu LNG vo verejnom prístave Bratislava: Zámer*. B.m.: Integra Consulting s.r.o., organizačná zložka Slovensko. březen 2021
- [4] NÁRODNÁ RADA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. Zákon 137/2010 Z. z. z 3. marca 2010 o ovzduší. *Sbírka zákonů Slovenskej republiky* [online]. 2010, **2010**(57), 910–1006. ISSN 1335-2857. Dostupné z: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2010/137/>
- [5] BUBNÍK, Jiří, Josef KEDER, Jan MACOUN a Jan MAŇÁK. *SYMOS '97: Systém modelování stacionárních zdrojů: Metodická příručka [in Czech]* [online]. B.m.: Český hydrometeorologický ústav / Czech Hydrometeorological Institute. 2014. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/autorizace/\\$FILE/000-1Metodicka_priruckaSYMOS97-20190708.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/autorizace/$FILE/000-1Metodicka_priruckaSYMOS97-20190708.pdf). 63 s.
- [6] ATEM - ATELIÉR EKOLOGICKÝCH MODELŮ, S. R. O. *MEFA 13* [online]. Praha / Prague: ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o., 2013. Dostupné z: <https://www.atem.cz/mefa.php>
- [7] TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČESKÉ REPUBLIKY. *Metodika pro stanovení produkce emisí znečišťujících látek ze stavební činnosti* [online]. B.m.: Technologická agentura České republiky. b. d. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjCsJulx7D0AhXRlosKHT7wC8MQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.mzp.cz%2F%2FC1257458002F0DC7%2Fcz%2Fzdroje_znecistovani_ovzdusi%2F%24FILE%2FOOO-Priloha_modelovy_vypocet_EF-20200601.pdf&usq=AOvVaw0_Qi1VVc-OchFTlvxrbw3e
- [8] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *AP 42, Fifth Edition, Volume 1 Chapter 13: Miscellaneous Sources* [online]. B.m.: United States Environmental Protection Agency. 2021. Dostupné z: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-fifth-edition-volume-i-chapter-13-miscellaneous-0>
- [9] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *AP 42, Fifth Edition, Volume 1 Chapter 13: Miscellaneous Sources: 13.2.2 Unpaved Roads* [online]. B.m.: United States Environmental Protection Agency. 2006. Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.2_unpaved_roads.pdf
- [10] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *AP 42, Fifth Edition, Volume 1 Chapter 13: Miscellaneous Sources: 13.2.3 Heavy Construction Operations* [online]. B.m.: United States Environmental Protection Agency. 2010. Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.3_heavy_construction_operations.pdf
- [11] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *AP 42, Fifth Edition, Volume 1 Chapter 13: Miscellaneous Sources: 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles* [online]. B.m.: United States Environmental Protection Agency. 2010. Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/13.2.4_aggregate_handling_and_storage_piles.pdf
- [12] TRNKA, Michal, Katarina KILIANOVA, Michal DORCIK, Roman ONDREJKA, Ladislav CHYBA, Pavol KAJANEK, Jaroslava MLICHOVA a Lubomir PALCAK. *LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube: Sub-activity 1.4 Impact Analysis: Safety, ecology & socio-economic aspects: Deliverable 1.4.1 Study on the impact of LNG as fuel and cargo for inland navigation on safety, ecology and socioeconomic aspects* [online]. B.m.: Výskumný ústav dopravný, a. s. 18. prosinec 2014. Dostupné z: http://lngmasterplan.eu/images/D_141_LNG_as_fuel_and_cargo_

- [13] EUROPEAN COUNCIL. *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/1628 ze dne 14. září 2016 o požadavcích na mezní hodnoty emisí plyných a tuhých znečišťujících látek a schválení typu spalovacích motorů v nesilničních mobilních strojích, o změně nařízení (EU) č. 1024/2012 a (EU) č. 167/2013 a o změně a zrušení směrnice 97/68/ES* [online]. 6. říjen 2016 [vid. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1628&from=RO>
- [14] BOCHNÍČEK, Oliver. *Klimatický atlas Slovenska: Climate atlas of Slovakia* [online] [online]. 1. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2015. ISBN 978-80-88907-91-6. Dostupné z: <http://klimat.shmu.sk/kas/>
- [15] KREMLER, M. 2020: *SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SLOVENSKEJ REPUBLIKE* [online]. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, Úsek Kvalita ovzdušia. 2021. Dostupné z: https://www.shmu.sk/File/oko/rocnky/2020_Sprava_o_KO_v_SR_v2.pdf
- [16] KRAJČOVIČOVÁ, Jana, Juraj BEŇO, Jana MATEJOVIČOVÁ, Dušan ŠTEFÁNIK a Vladimír NEMČEK. *Štúdia kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava* [online]. B.m.: Slovenský hydrometeorologický ústav. 2020. Dostupné z: https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Studia_BA_2020.pdf
- [17] NÁRODNÁ RADA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia. *Sbírka zákonů Slovenskej republiky* [online]. 2016, **2016**. ISSN 1335-2857. Dostupné z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2016-244>

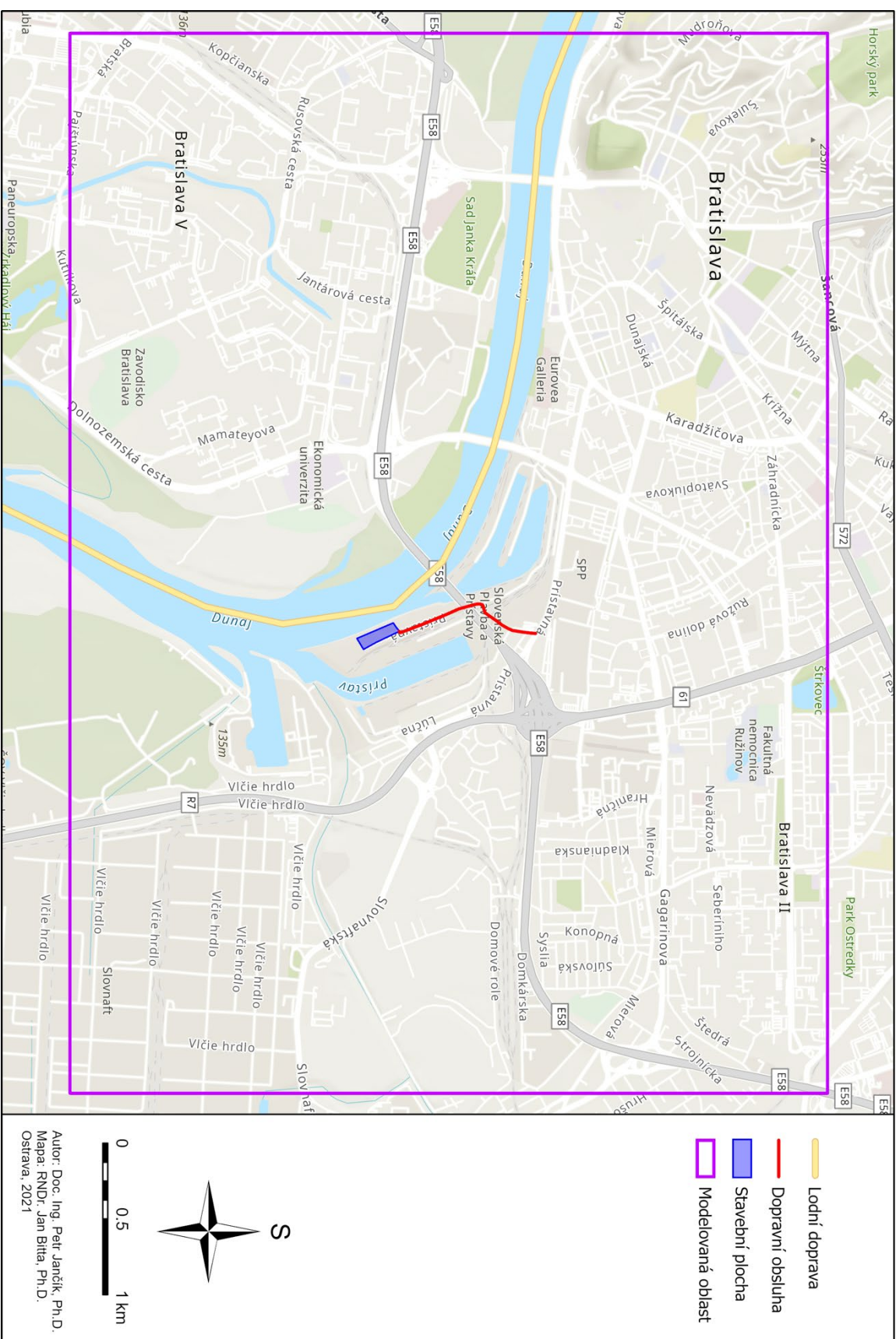
7 Použité skratky

AIM	...	Automatizovaný imisný monitoring
LNG	...	Skvapalnený zemný plyn
NMSKO	...	Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia
NO ₂	...	Oxid dusičitý
NO _x	...	Oxidy dusíka
PM ₁₀	...	Suspendované častice frakcie PM ₁₀
PM _{2,5}	...	Suspendované častice frakcie PM _{2,5}
SHMÚ	...	Slovenský hydrometeorologický ústav
TNV	...	Ťažké nákladné vozidlo
TZL	...	Tuhé znečisťujúce látky
ZL	...	Znečisťujúca látka

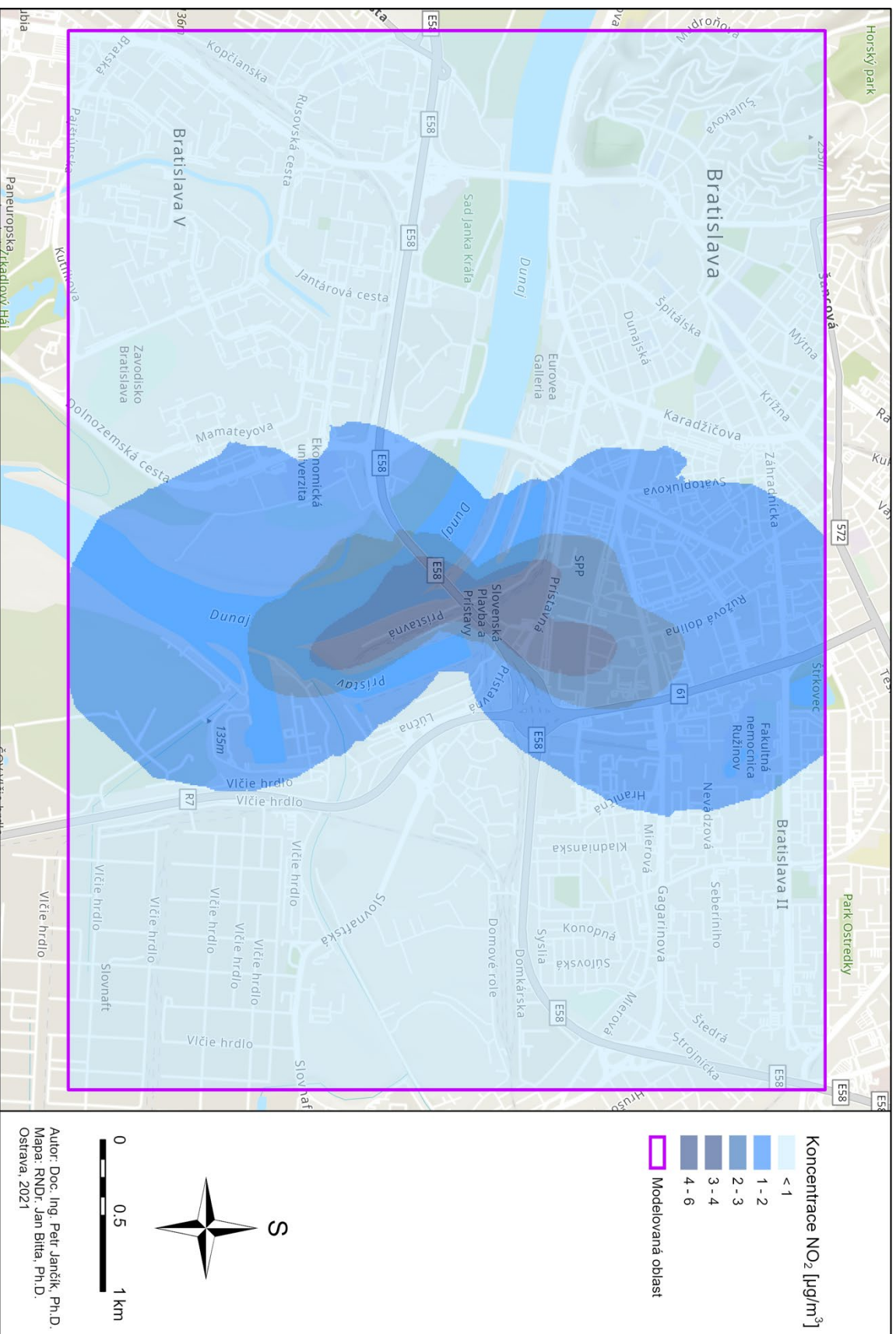
8 Mapové prílohy

1. Zdroje znečisťovania ovzdušia
2. Prírastok maximálnych 24 - hodinových koncentrácií NO_2 vplyvom stavebných prác
3. Prírastok maximálnych 24 - hodinových koncentrácií PM_{10} vplyvom stavebných prác
4. Prírastok maximálnych 24 - hodinových koncentrácií $\text{PM}_{2,5}$ vplyvom stavebných prác
5. Prírastok priemerných ročných koncentrácií NO_2 vplyvom stavebných prác
6. Prírastok priemerných ročných koncentrácií PM_{10} vplyvom stavebných prác
7. Prírastok priemerných ročných koncentrácií $\text{PM}_{2,5}$ vplyvom stavebných prác
8. Zmena priemerných ročných koncentrácií NO_2 po dokončení zámeru
9. Zmena priemerných ročných koncentrácií PM_{10} po dokončení zámeru
10. Zmena priemerných ročných koncentrácií $\text{PM}_{2,5}$ po dokončení zámeru

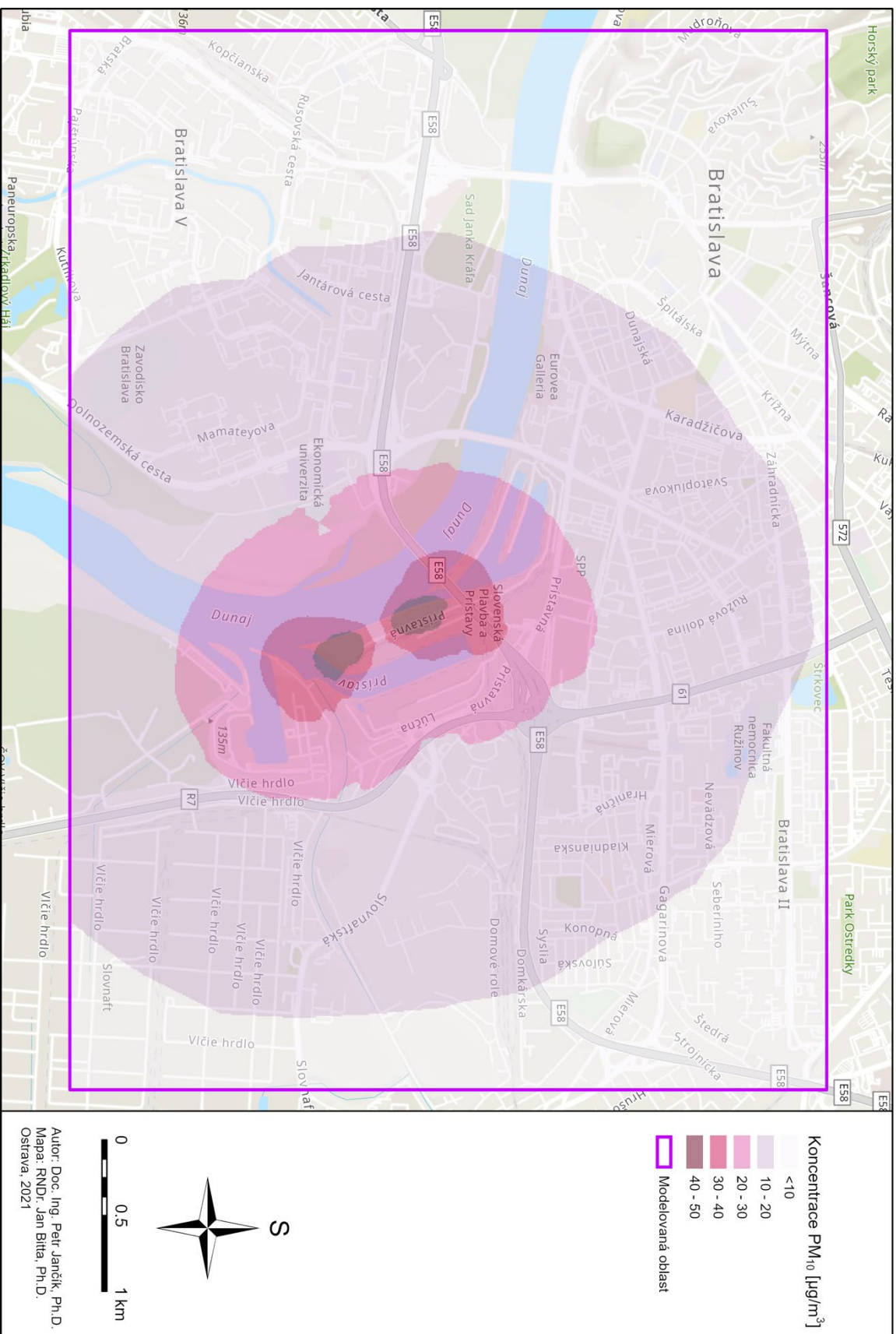
ZDROJE ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ



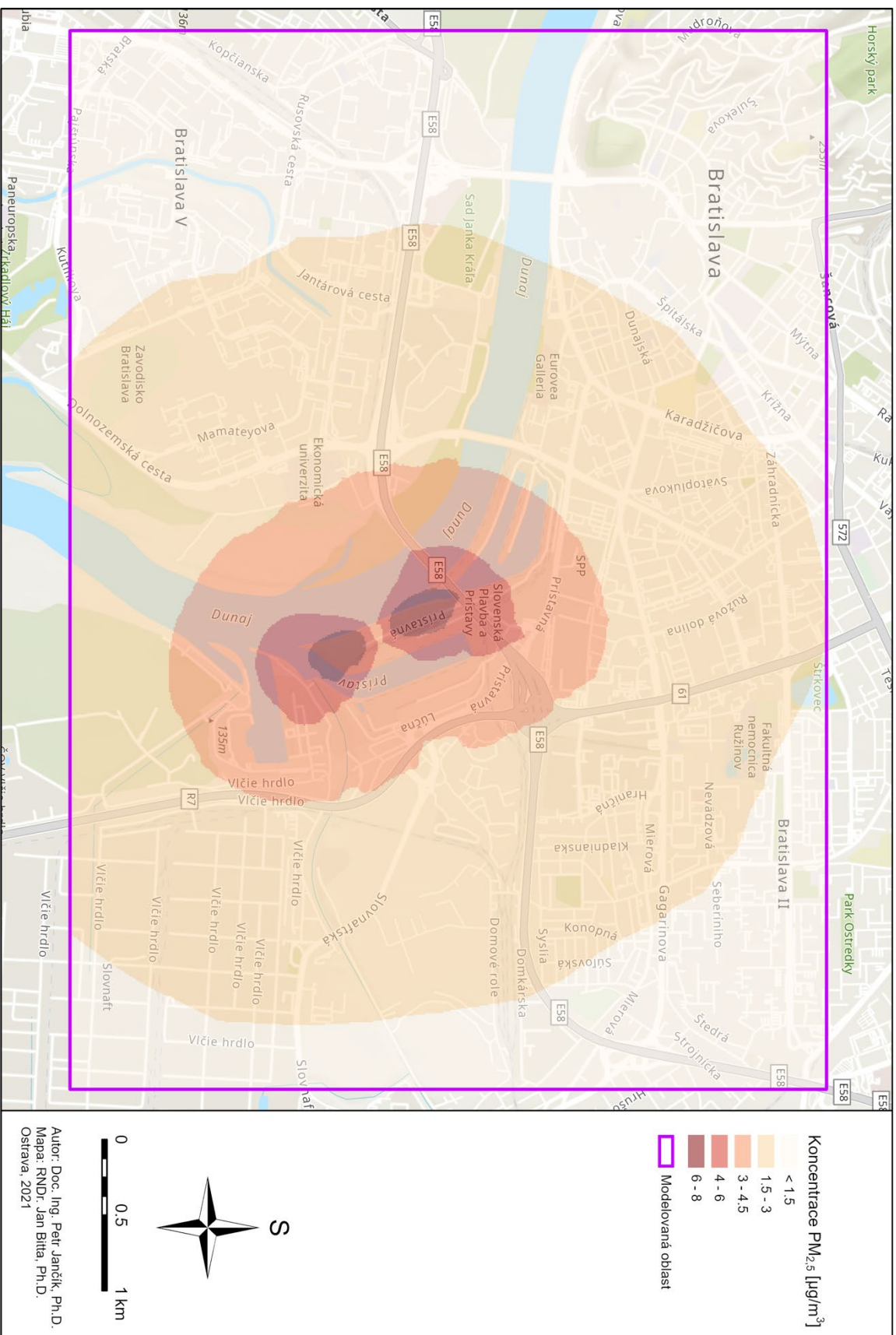
PŘÍRŮSTEK MAXIMÁLNÍCH 24-HODINOVÝCH KONCENTRACÍ NO₂ VLIVEM STAVEBNÍCH PRACÍ



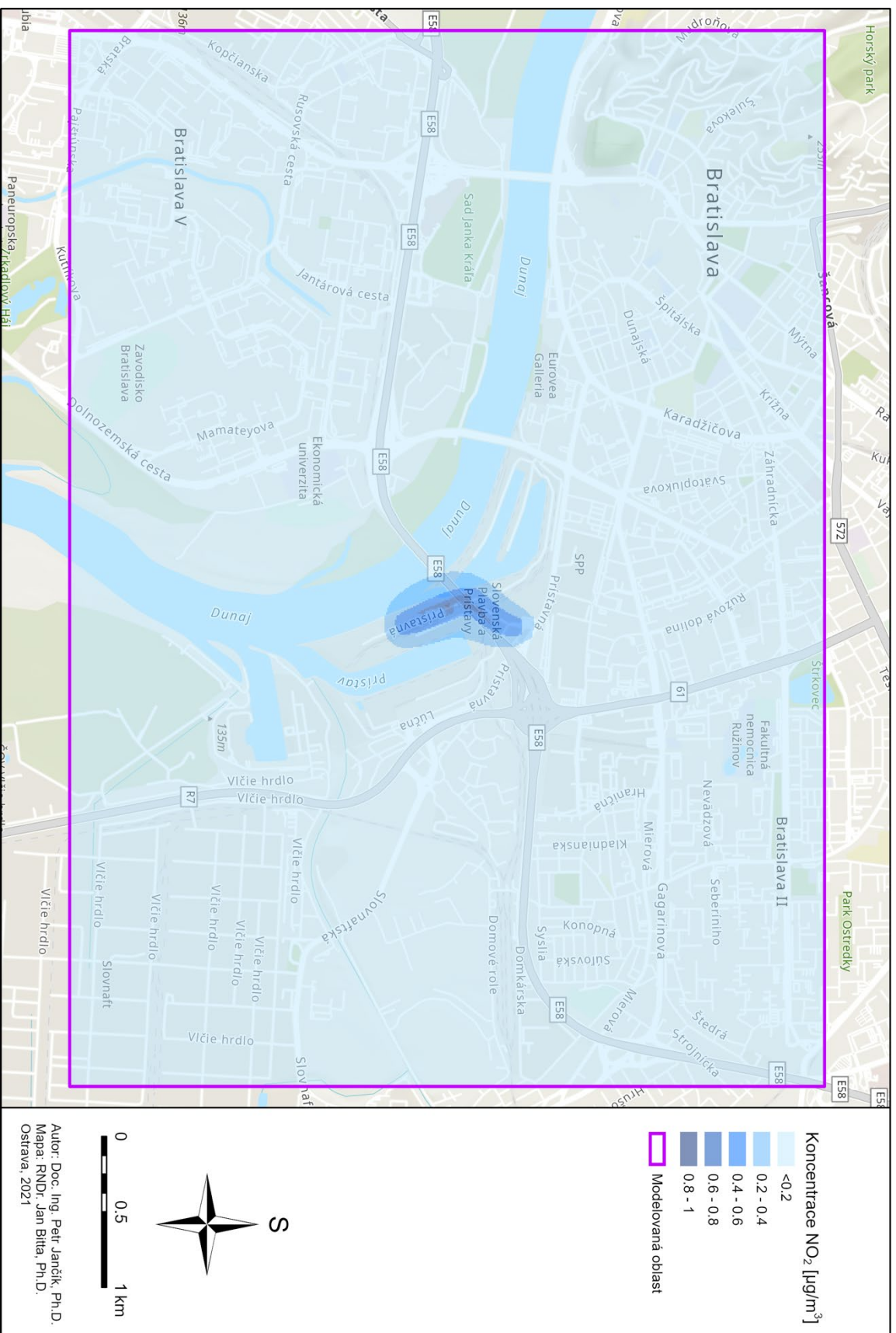
PŘÍRŮSTEK MAXIMÁLNÍCH 24-HODINOVÝCH KONCENTRACÍ PM_{10} VLIVEM STAVEBNÍCH PRACÍ



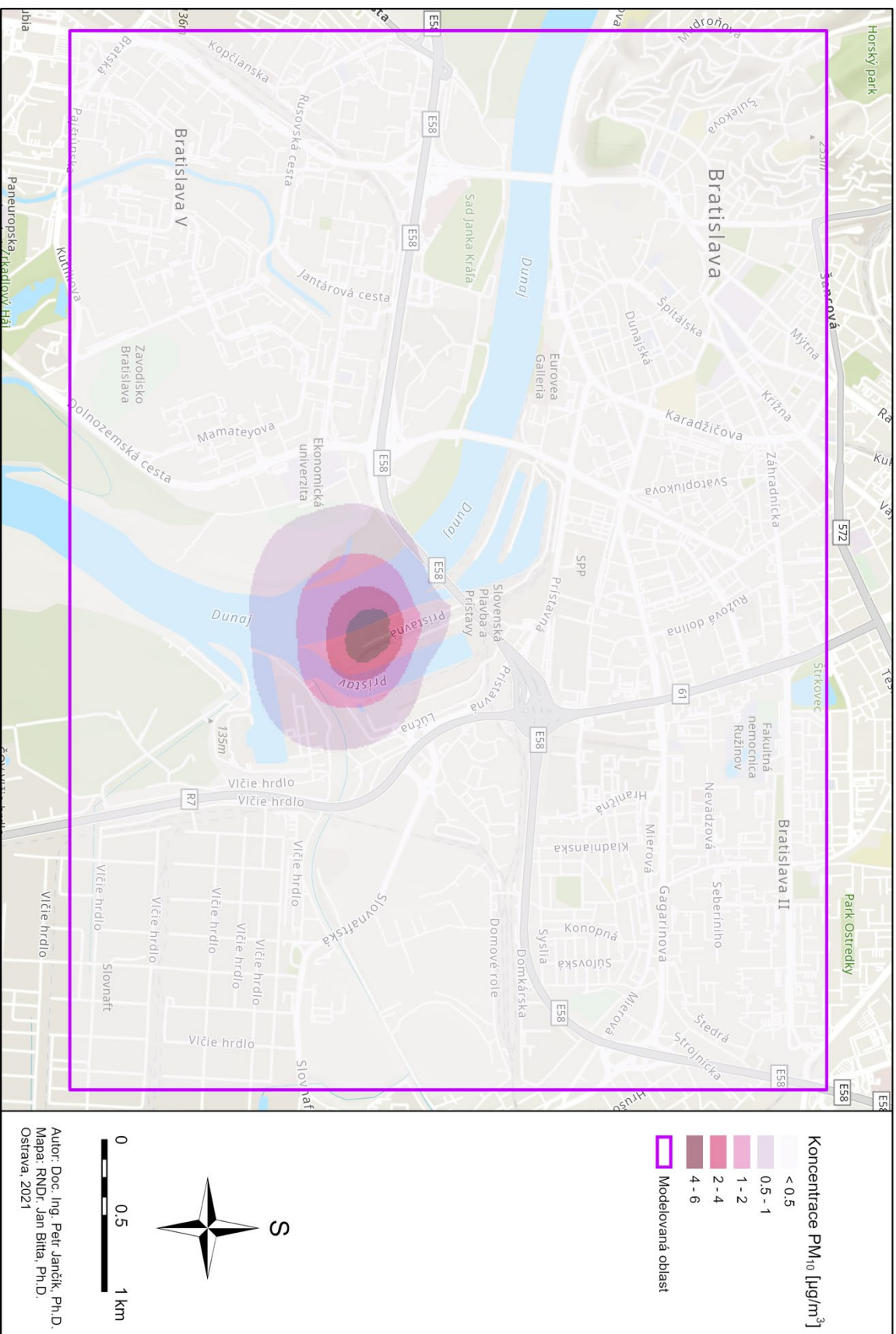
PŘÍRŮSTEK MAXIMÁLNÍCH 24-HODINOVÝCH KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ VLIVEM STAVEBNÍCH PRACÍ



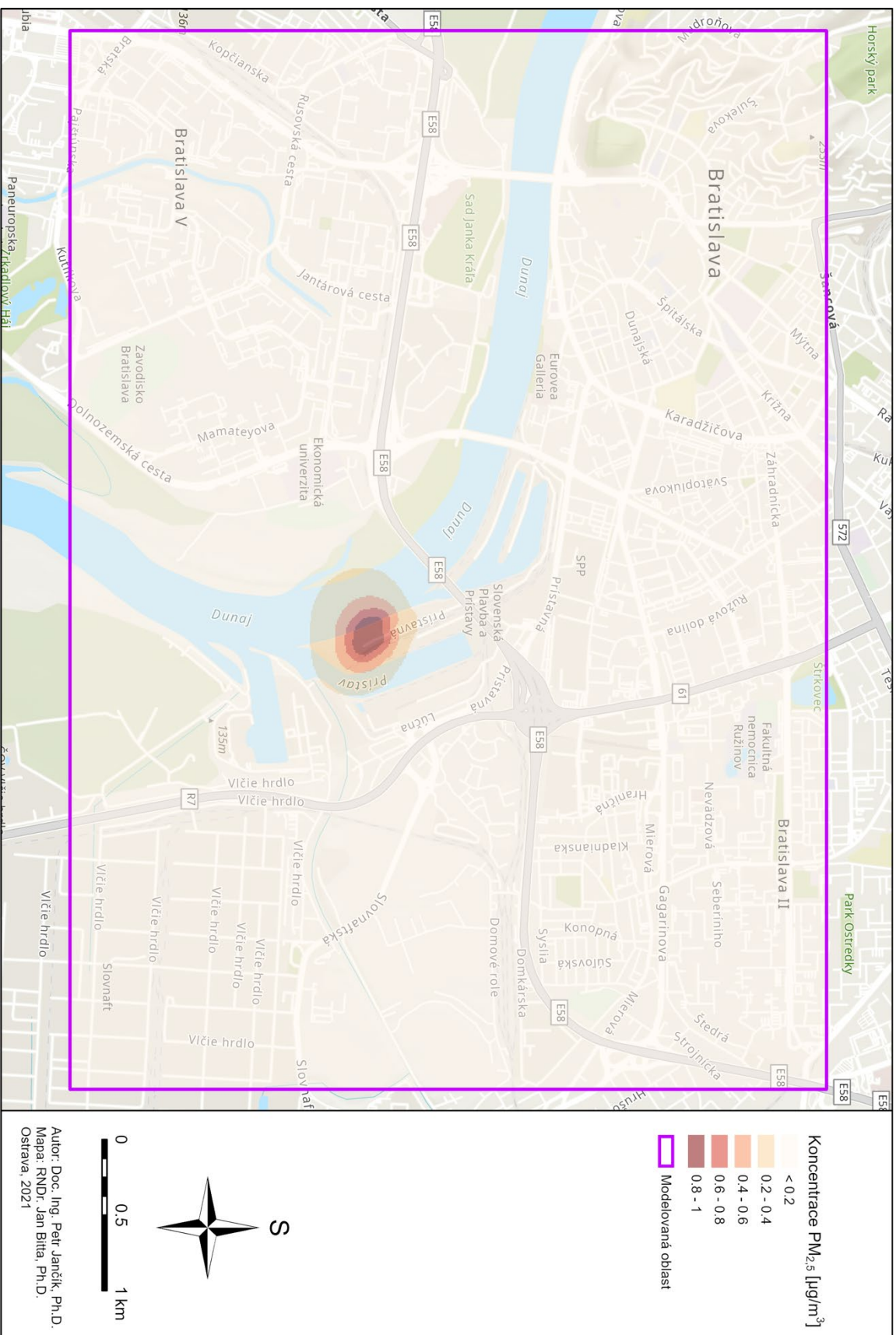
PŘÍRŮSTEK PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH KONCENTRACÍ NO₂ VLIVEM STAVEBNÍCH PRACÍ



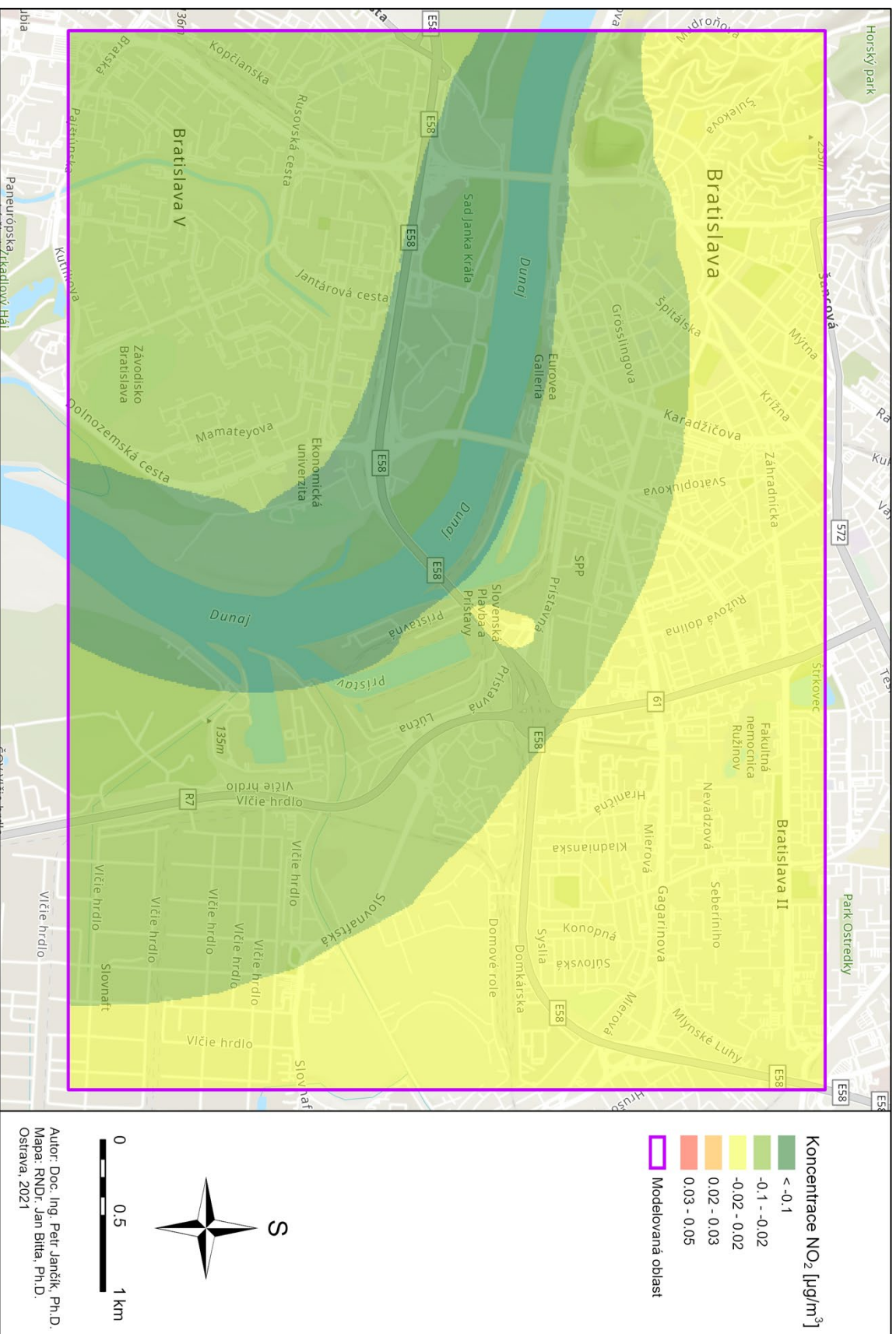
PŘÍRŮSTEK PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH KONCENTRACÍ PM_{10} VLIVEM STAVEBNÍCH PRACÍ



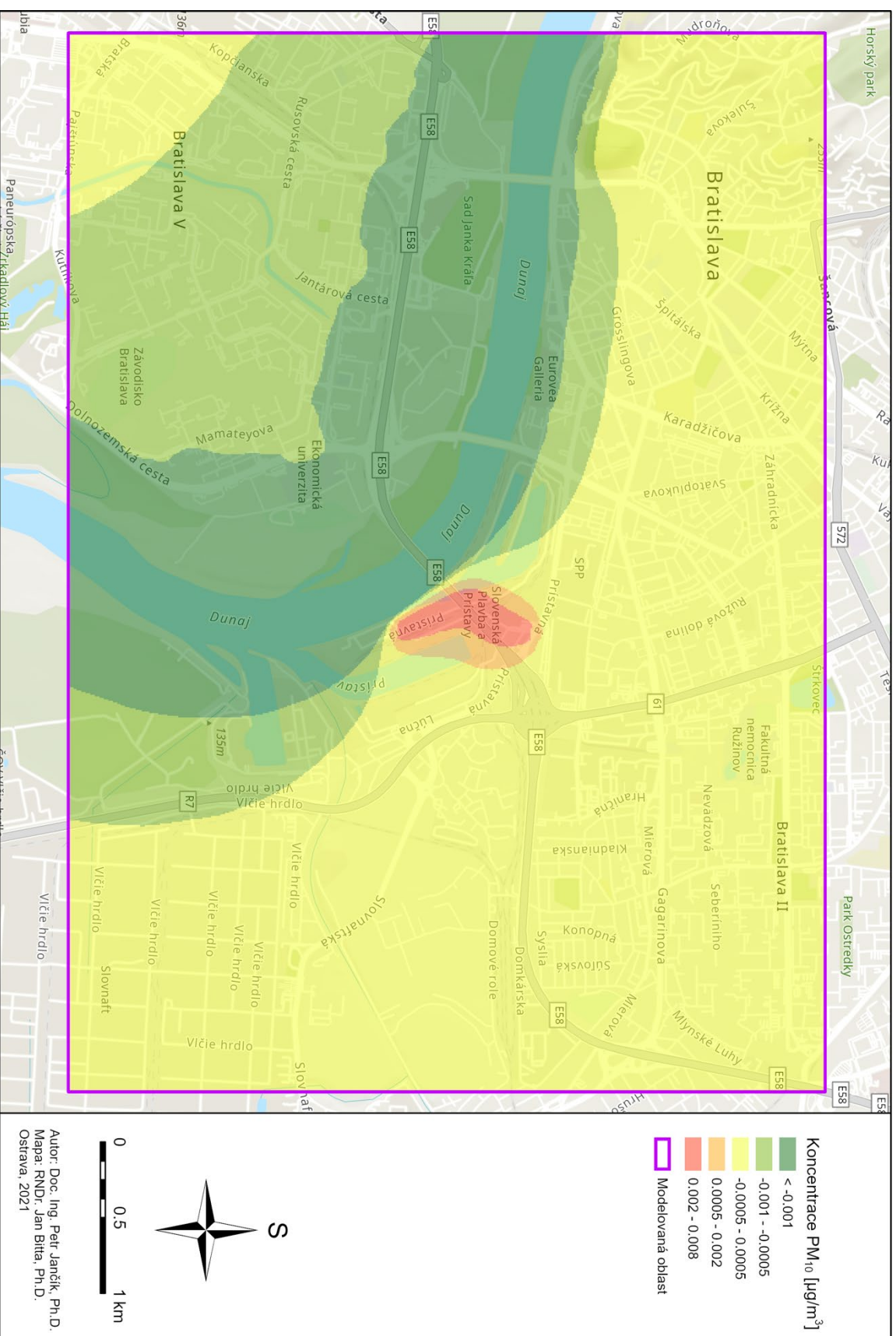
PŘÍRŮSTEK PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ VLIVEM STAVEBNÍCH PRACÍ



ZMĚNA PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH KONCENTRACÍ NO₂ PO DOKONČENÍ PROJEKTU



ZMĚNA PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH KONCENTRACÍ PM₁₀ PO DOKONČENÍ PROJEKTU



ZMĚNA PRŮMĚRNÝCH ROČNÍCH KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ PO DOKONČENÍ PROJEKTU

