



STABILIZACE NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ NOVÝ DVŮR

VYHODNOCENÍ VLIVŮ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A HLUKOVÉ ZÁTĚŽE NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ

ČERVEN 2026

Stabilizace nebezpečných odpadů Nový dvůr

Vyhodnocení vlivů znečištění ovzduší a hlukové zátěže na veřejné zdraví

ZADAL:

Gresl-EIA s. r. o.
Pod Harfou 943/34
190 00 Praha 9 – Vysočany

ZPRACOVAL:

ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.
Roztylská 1860/1
148 00 Praha 4
e-mail: atem@atem.cz
tel.: 241 494 425

VYPRACOVAL:

Mgr. Robert Polák
držitel osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování
vlivů na veřejné zdraví MZd, poř. č. osvědčení 8/2024

SPOLUPRÁCE:

Mgr. Jan Karel
Mgr. Adam Dušek



Červen 2026

O B S A H

Ú V O D	4
1. METODIKA HODNOCENÍ	5
2. PODKLADY PRO HODNOCENÍ EXPOZICE.....	6
3. CHARAKTERISTIKA OBYTNÉ ZÁSTAVBY V OKOLÍ ZÁMĚRU	7
4. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL	8
4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek	8
4.1.1. Suspendované částice.....	8
4.1.2. Oxid dusičitý.....	12
4.1.3. Společné působení suspendovaných částic PM _{2,5} a NO ₂	14
4.1.4. Benzen	15
4.1.5. Benzo[a]pyren.....	16
4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika.....	17
4.2.1. Suspendované částice.....	21
4.2.2. Oxid dusičitý.....	24
4.2.3. Společné působení suspendovaných částic PM _{2,5} a oxidu dusičitého	25
4.2.4. Benzen	26
4.2.5. Benzo[a]pyren.....	27
4.3. Nejistoty v hodnocení.....	28
5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL	29
5.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek	29
5.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika.....	33
5.3. Nejistoty v hodnocení.....	35
Z Á V Ě R	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	39

Ú V O D

Cílem předložené studie je vyhodnocení vlivu záměru „Stabilizace nebezpečných odpadů Nový dvůr“ na veřejné zdraví z expozice chemickým látkám v ovzduší a hluku.

Provoz zařízení ke stabilizaci nebezpečných odpadů je plánován v areálu EPS biotechnology, s.r.o. v části Nový dvůr v Kunovicích ve Zlínském kraji. K provozu bude využita stávající hala, kdy příslušná technologie bude instalována převážně do vnitřních prostor haly bez potřeby významných stavebních zásahů.

V souladu s podkladovými studiemi bylo provedeno hodnocení pro výchozí stav bez záměru a pro stav uvedení záměru do provozu, a to pro imisní i hlukovou zátěž ve výpočtové oblasti.

Předkládané hodnocení uvažuje pouze vlivy působící při běžném provozu – jeho výsledky není možno vztáhnout na zvláštní situace, včetně havárií.

1. METODIKA HODNOCENÍ

Použitá metodika hodnocení vychází ze základních metodických postupů hodnocení zdravotních rizik (Health Risk Assessment) vypracovaných americkou Agenturou pro ochranu životního prostředí (US EPA) a využívá autorizační návody Státního zdravotního ústavu (dále jen SZÚ) k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám ve venkovním ovzduší AN 17/15 [2], k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku [25] a odbornou literaturu [4]. Postup hodnocení zdravotního rizika je sestaven ze čtyř navazujících kroků:

- **Identifikace nebezpečnosti** – jedná se o určení faktorů, které mají být hodnoceny, popis jejich vlastností se zaměřením na nebezpečnost pro člověka a určení podmínek, za kterých se tato nebezpečnost může projevit.
- **Určení vztahu dávky a účinku** – v tomto kroku se kvantitativně hodnotí vztah mezi úrovní expozice danému faktoru (látky v ovzduší) a mírou rizika.
- **Hodnocení expozice** – obsahuje kvalitativní vyjádření kontaktu hodnoceného faktoru s hranicemi organismu a kvantitativní vyjádření intenzity tohoto kontaktu. Cílem je získat informaci, jakými cestami, v jaké míře a v jakém množství je konkrétní populace vystavena působení hodnocené chemické látky či jiného faktoru (např. hluku).
- **Charakterizace rizika** – obsahem této etapy je vyjádření míry zdravotního rizika exponované populace na základě poznatků o nebezpečnosti působícího faktoru a odhadu konkrétní expoziční úrovně. Jedná se o kvalitativní a kvantitativní popis odhadnutého zdravotního rizika pro sledovanou populaci, tj. výčet všech možných zdravotních poškození u sledované populace a uvedení pravděpodobnosti jejich vzniku. Je nutné popsat všechny výchozí podmínky a fakta zahrnutá do postupu hodnocení rizik, jakož i všechna zjednodušení a nejistoty, které se zde promítají. Takto hodnocená rizika je vždy nutno považovat za potenciální, avšak dostatečně pravděpodobná pro populaci v zájmovém území.

V souladu s autorizačním návodem AN 17/15 je pak hodnocení členěno do následujících částí:

- podklady pro hodnocení expozice obyvatel, zahrnující též identifikaci hodnocených znečišťujících látek a podklady pro stanovení imisního pozadí,
- charakteristika obytné zástavby v okolí záměru,
- identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek,
- vyhodnocení expozice a charakterizace rizik,
- nejistoty v hodnocení,
- závěr.

2. PODKLADY PRO HODNOCENÍ EXPOZICE

Hodnocení vlivů imisní a hlukové zátěže, vyvolané v souvislosti s realizací záměru, na zdraví obyvatel vychází ze zpracované rozptylové studie [1] a hlukové studie [23]. Tyto studie jsou tedy základním a jediným podkladem pro hodnocení expozice obyvatel.

V rozptylové studii [1] a následně i v předkládaném hodnocení jsou posuzovány úrovně koncentrací těchto znečišťujících látek: suspendovaných částic frakcí PM_{10} a $PM_{2,5}$, oxidu dusičitého, benzenu a benzo[a]pyrenu. Výběr látek tak respektuje doporučení autorizačního návodu SZÚ [2] pro hodnocení vlivů dopravy.

Podkladová rozptylová studie hodnotí znečištění ovzduší pomocí modelových výpočtů a vyčísluje příspěvky dopravy k celkovým koncentracím znečišťujících látek. Pro posouzení celkové úrovně znečištění ovzduší bylo využito hodnocení pětiletých průměrů zpracované v rozptylové studii a také údaje ze stanic AIM.

V případě hlukové zátěže byly také hodnoceny příspěvky dopravy a stacionárních zdrojů k hlukové zátěži v jednotlivých výpočtových bodech, a to pro denní a noční dobu.

Pro kvantifikaci účinků imisní zátěže byl proveden odhad počtu zasažených obyvatel na základě údajů z katastru pro jednotlivé dotčené objekty.

3. CHARAKTERISTIKA OBYTNÉ ZÁSTAVBY V OKOLÍ ZÁMĚRU

Posuzovaný záměr se nachází ve výrobně skladovacím areálu v části Nový dvůr, katastrální území Kunovice u Uherského hradiště, v obci Kunovice, ve Zlínském kraji. Areál jako celek se rozkládá při silnici II/498 propojující město Kunovice se silnicí I/54 ve směru na Slovensko.

Nejbližší obytná zástavba je vzdálena více než 200 m jihovýchodním směrem a zahrnuje dvou až třípodlažní bytové domy v blízkosti silnice II/498 na adrese Nový dvůr, Kunovice. Souvislá obytná zástavba města Kunovice se nachází ve vzdálenosti více než 3 km severozápadním směrem. Obytná zástavba obce Hluk se nachází ve vzdálenosti více než 2 km jihovýchodním směrem.

Z údajů z katastru vyplývá, že v uvedených objektech přilehlých hodnocenému záměru je celkem 42 bytů. Na základě údajů o poměru počtu obyvatel k počtu bytů z provedeného sčítání lidu, domů a bytů v roce 2021 byl odhadnut celkový počet dotčených obyvatel v zasažených objektech na 120. Tento údaj byl použit pro kvantifikaci účinků imisní i hlukové zátěže.

Vyhodnocení vlivů imisní a hlukové zátěže je v obou podkladových studiích provedeno v těchto výpočtových bodech:

- 01 – Nový dvůr 1499
- 02 – Nový dvůr 1274
- 03 – Nový dvůr 1375
- 04 – Nový dvůr 1498
- 05 – Nový dvůr 1273
- 06 – Nový dvůr 1376

4. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL

4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek

4.1.1. Suspendované částice

Suspendované částice v ovzduší představují složitou směs organických a anorganických látek, jejíž složky mají rozmanité chemické a fyzikální vlastnosti. Vznikají jak ve venkovním, tak i ve vnitřním prostředí. Jsou tedy důležitým faktorem, který způsobuje zhoršení zdravotního stavu.

Suspendované částice mají různou velikost, hmotnost a složení. Obecně je možné konstatovat, že:

- při spalování pevných paliv bez odlučovačů převažují v emisích částice s aerodynamickým průměrem nad 10 μm , při spalování kapalných paliv je zastoupení těchto částic menší, avšak rovněž významné. S účinností odlučovače se zastoupení „hrubších frakcí“ výrazně snižuje, neboť tato zařízení odstraňují nejúčinněji právě velké částice prachu
- ve zviřeném prachu v okolí silnic a průmyslových areálů lze obecně předpokládat nízké zastoupení jemných částic, podíl jednotlivých velikostních frakcí je však závislý na složení původně usazených částic
- v emisích z výfuků motorových vozidel jednoznačně dominují jemné částice do 2,5 μm (podíl částic se pohybuje okolo 90 %), většina emitovaných částic je menších než 1 μm
- rovněž naprostá většina aerosolů vzniklých sekundárně v ovzduší (kondenzací plyných látek) je tvořena převážně jemnými částicemi do 2,5 μm [5]

Různé charakteristiky suspendovaných částic se mohou vztahovat k rozdílným vlivům na zdraví – záleží na velikosti, fyzikálních charakteristikách a chemickém složení. K obecnému (indikačnímu) hodnocení se proto používají epidemiologické ukazatele mortality (úmrtnosti) a morbidit (nemocnosti).

Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala v roce 2021 nové směrnice pro kvalitu ovzduší [6], které do značné míry nahrazují předešlé směrnice, vydané v roce 2005 [5]. Expozice suspendovaným částicím podle WHO [6] zvyšuje riziko úmrtnosti na následující onemocnění:

- dlouhodobé koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ – s vysokou jistotou u nemocí oběhové soustavy (zejména ischemické choroby srdeční) a rakoviny plic, se střední jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest,
- dlouhodobé koncentrace PM_{10} – s vysokou jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest a rakoviny plic a se střední jistotou u ischemické choroby srdeční,
- krátkodobé koncentrace PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ – s vysokou jistotou u kardiovaskulárních onemocnění a se střední jistotou u cerebrovaskulárních chorob a nezhoubných onemocnění dýchacích cest.

Vliv dlouhodobých koncentrací suspendovaných částic na výskyt kardiovaskulárních chorob je obecně konzistentnější u frakce $PM_{2,5}$ než u PM_{10} . Podobně bylo u částic $PM_{2,5}$, ale nikoli u PM_{10} , prokázáno signifikantně zvýšené riziko mrtvice. Další poznatky ukazují na kauzální vztah mezi expozicí znečištěním částicemi $PM_{2,5}$ a akutní infekcí dolních cest dýchacích, chronické obstrukční plicní nemoci, diabetu II. typu a novorozenecké úmrtnosti z důvodu nízké porodní hmotnosti a předčasného porodu. Důkladně zkoumán byl také vztah mezi suspendovanými částicemi a výskytem rakoviny plic, přičemž bylo konstatováno, že riziko úmrtí na tento druh rakoviny bylo signifikantně spojeno se znečištěním částicemi $PM_{2,5}$ i PM_{10} [6]. V roce 2015 byly suspendované částice vyhodnoceny Mezinárodní agenturou WHO pro výzkum rakoviny (IARC) [7] jako prokázané lidské karcinogeny.

Pro krátkodobou expozici uvádí WHO vzestup celkové mortality o 0,65 % při zvýšení 24hodinové koncentrace $PM_{2,5}$ o $10 \mu g \cdot m^{-3}$. Pro chronickou expozici se uvádí nárůst mortality o 8 % při zvýšení průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ o $10 \mu g \cdot m^{-3}$; pro PM_{10} pak o 4 % při zvýšení průměrných ročních koncentrací PM_{10} o $10 \mu g \cdot m^{-3}$.

V posledních několika dekádách došlo v rozvinutých zemích ke snížení úrovně imisní zátěže suspendovanými částicemi, díky čemuž bylo možné podrobněji prozkoumat účinky na zdraví i při nižších úrovních jejich koncentrací. V případě průměrných ročních koncentrací částic $PM_{2,5}$ byla prokázána souvislost mezi expozicí a úmrtností i pod úrovní $10 \mu g \cdot m^{-3}$, a to až k velmi nízkým hodnotám expozice, navíc se u nižších hodnot expozice prokázal strmější (supralineární) růst rizika. Negativní vliv na zdraví byl pozorován již v nejnižších percentilech naměřených hodnot. Z tohoto důvodu WHO zvolila výchozí hladinu pro určení směrných hodnot na úrovni 5. percentilu hodnot naměřených dle použitých podkladových studií, který u $PM_{2,5}$ činí $4,2\text{--}4,9 \mu g \cdot m^{-3}$, v případě PM_{10} pak $15,1 \mu g \cdot m^{-3}$. Směrné hodnoty pro krátkodobé (24hodinové) koncentrace byly kromě údajů o prokázaných zdravotních účincích stanoveny též na základě vztahu mezi 24hodinovými koncentracemi a jejich ročními průměry.

Ve výsledku uvádí WHO [6] následující směrné hodnoty pro suspendované částice:

- částice $PM_{2,5}$ – $5 \mu g \cdot m^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a $15 \mu g \cdot m^{-3}$ pro 24hodinové koncentrace,
- částice PM_{10} – $15 \mu g \cdot m^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a $45 \mu g \cdot m^{-3}$ pro 24hodinové koncentrace.

WHO dále stanoví pro každou z výše uvedených veličin čtyři přechodné cíle, přičemž dříve platné směrné hodnoty dle [5] – tzn. 10, resp. $20 \mu g \cdot m^{-3}$ pro roční koncentrace $PM_{2,5}$ a PM_{10} a 25 a $50 \mu g \cdot m^{-3}$ pro 24hodinové hodnoty – aktuálně odpovídají 4. přechodnému cíli. Přechodné cíle jsou obecně stanoveny pro imisně více

zatížené lokality za účelem postupného dosažení konečných směrných hodnot v realistickém časovém horizontu.

Aktuálně platné imisní limity jsou v ČR stanoveny pro suspendované částice PM_{10} ve výši $40 \mu g \cdot m^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a $50 \mu g \cdot m^{-3}$ pro 24hodinové hodnoty (s tolerovaným počtem 35 překročení za rok). Pro částice $PM_{2,5}$ je aktuálně stanoven pouze limit pro průměrné roční koncentrace, a to ve výši $20 \mu g \cdot m^{-3}$.

Od roku 2030 by měly vstoupit v platnost nové imisní limity, které budou činit v případě suspendovaných částic PM_{10} u ročních koncentrací $20 \mu g \cdot m^{-3}$ a u denních koncentrací $45 \mu g \cdot m^{-3}$ (s tolerovaným počtem 18 překročení za rok). V případě suspendovaných částic $PM_{2,5}$ budou imisní limity činit u ročních koncentrací $10 \mu g \cdot m^{-3}$ a u denních koncentrací $25 \mu g \cdot m^{-3}$ (s tolerovaným počtem 18 překročení za rok).

V předkládaném hodnocení jsou pro kvantifikaci rizika z expozice suspendovaným částicím (a obdobně i oxidu dusičitému, viz dále) použity funkce koncentrace – účinek, publikované Světovou zdravotnickou organizací v rámci projektu *Health risks of air pollution in Europe: HRAPIE-2 project* (HRAPIE-2) [8] v roce 2025. Tento dokument tak aktualizuje dosavadní směrnice z roku 2013 [9].

Jedná se o vztahy odvozené na základě komplexních systematických přehledů a metaanalýz výsledků mnoha epidemiologických studií a dat o zdravotních ukazatelích pocházejících z globálních datových sad. Jednotlivé faktory koncentrace a účinku jsou formulovány prostřednictvím relativního rizika (RR). To v daném kontextu vyjadřuje změnu rizika výskytu určitého zdravotního účinku v populaci při specifickém nárůstu koncentrace znečišťující látky.

Vztah mezi koncentrací a rizikem je v rámci doporučených rozsahů expozice log-lineární. Pro vlastní charakterizaci rizika exponované populace se pak používá výpočet metodou atributivní frakce, popsany v kap. 4.2.

Vztahy jsou rozděleny do tří skupin:

- skupina A – k dispozici jsou dostatečné údaje pro spolehlivou kvantifikaci účinků,
- skupina B+ – údaje s vyšší mírou nejistoty ohledně přesnosti údajů použitých pro kvantifikaci účinků v porovnání se skupinou A,
- skupina B- – údaje, které pro potřeby hodnocení zdravotních rizik nelze doporučit, neboť síla důkazů je nedostatečná.

Pro zajištění co nejvyšší přesnosti výstupů byly do analýz zahrnuty vztahy ze skupiny A, tedy ty s dostatečnými údaji pro spolehlivou kvantifikaci účinků. Dále byly do analýz zahrnuty vztahy ze skupiny B+. V některých případech jsou dále kromě „základních“ výpočetních vztahů uvedeny i vztahy „alternativní“, použitelné v určitých situacích (např. není-li dostatek dat pro provedení výpočtu podle vztahu

předchozího). Tabulky 1 a 2 shrnují přehled hodnot relativního rizika použitých v této studii, jedná se ve všech případech o „základní“ hodnoty RR. Uveden je vždy interval spolehlivosti (v závorce) a střední hodnota relativního rizika.

Tab. 1. Faktory koncentrace – účinek – suspendované částice – vztahy skupiny A [8]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	RR při zvýšení koncentrace o 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$
PM _{2,5} roční průměr	přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	1,100 (1,060–1,130)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	1,130 (1,100–1,150)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – cerebrovaskulární nemoci	≥ 25 let	1,150 (1,100–1,190)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	1,140 (1,100–1,190)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	1,140 (1,080–1,200)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	1,140 (1,080–1,200)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – infekce dolních cest dýchacích	≥ 25 let	1,200 (1,100–1,330)
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plic	≥ 25 let	1,090 (1,050–1,140)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – dětské astma	0–18 let	1,340 (1,100–1,630)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 30 let	1,180 (1,130–1,230)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – ischemická choroba srdeční (infarkt myokardu)	≥ 30 let	1,130 (1,050–1,220)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – cévní mozková příhoda	≥ 30 let	1,160 (1,120–1,200)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – vysoký krevní tlak	≥ 30 let	1,170 (1,050–1,300)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plic	≥ 30 let	1,160 (1,100–1,230)
PM _{2,5} denní průměr**	přirozená úmrtnost dospělých*	celá populace	1,0068 (1,0059–1,0077)
PM _{2,5} denní průměr**	nemocnost – nemoci dýchací soustavy	celá populace	1,0090 (1,0026–1,0153)
PM ₁₀ roční průměr	přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	1,080 (1,050–1,110)
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	1,080 (1,040–1,120)
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	1,120 (1,080–1,170)
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plic	≥ 25 let	1,100 (1,050–1,150)

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

**) hodnoty založené na denních průměrech budou použity pouze pro stanovení efektu krátkodobých vlivů po dobu trvání stavebních prací.

Tab. 2. Faktory koncentrace – účinek – suspendované částice – vztahy skupiny B+ [8]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	RR při zvýšení koncentrace o 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	1,060 (1,020–1,090)
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	1,220 (1,030–1,440)
PM ₁₀ denní průměr*	dny zameškané školní docházky	5–14 let	1,0149 (1,0017–1,0283)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – diabetes 2. typu	0–18 let	1,100 (1,030–1,180)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – demence	≥ 19 let	1,170 (1,100–1,250)
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – poruchy autistického spektra	0–12 let	1,660 (1,230–2,250)

*) hodnoty založené na denních průměrech budou použity pouze pro stanovení efektu krátkodobých vlivů po dobu trvání stavebních prací.

4.1.2. Oxid dusičitý

Oxid dusičitý (NO₂) patří mezi nejčastěji sledované škodliviny při hodnocení vlivů spalovacích zdrojů (tj. zejména automobilové dopravy a vytápění budov) na kvalitu ovzduší a zdraví obyvatel. Ze zdrojů je emitován převážně oxid dusnatý (NO), který ve vzduchu postupně oxiduje na NO₂, pouze v malé míře se přímo uvolňuje samotný NO₂.

Při vstupu oxidu dusičitého do dýchacích cest je nejcitlivější oblastí průdušnice s průduškami a dále plicní sklípky (alveoly), kde dochází k náhradě alveolárního epitelu I. typu buňkami odolnějšími proti okysličování, které navíc s narůstající koncentrací NO₂ postupně hypertrofují. To vede ke snížení odolnosti plicní tkáně vůči infekcím.

Expozice oxidu dusičitému podle WHO [6] zvyšuje riziko úmrtnosti na následující onemocnění:

- dlouhodobé koncentrace NO₂ – s vysokou jistotou u chronické obstrukční plicní nemoci, se střední jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest a akutní infekce dolních cest dýchacích, včetně úmrtnosti dětí,
- krátkodobé (24hodinové) koncentrace NO₂ – s vysokou jistotou u celkové mortality bez rozlišení příčin (vyjma úrazů) a rovněž u hospitalizací z důvodu astmatu.

V metaanalýze provedené WHO [6] byl prokázán vztah mezi dlouhodobou expozicí NO₂ a celkovou mortalitou (vyjma úrazů) i mortalitou podle různých příčin, a to již od nejnižších hodnot, přičemž u nižších koncentrací byly indikovány náznaky strmějšího růstu rizika. Obdobně jako v případě suspendovaných částic, byla proto stanovena výchozí hladina pro určení směrné hodnoty na úrovni 5. percentilu hodnot

naměřených dle použitých podkladových studií, jejichž průměr činí $8,8 \mu\text{g.m}^{-3}$. Na základě výsledků této analýzy pak byla stanovena směrná hodnota ve výši $10 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Dříve platná směrná hodnota $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ dle [5] se stala prvním přechodným cílem a k překlenutí rozdílu mezi touto a směrnou hodnotou byly stanoveny ještě další dva cílové mezikroky na úrovních 30 a $20 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Co se týče krátkodobých expozic NO_2 , pro hodinové koncentrace WHO uvádí, že zůstává v platnosti doporučení dle předchozí směrnice [5], která stanovuje směrnou koncentraci ve výši $200 \mu\text{g.m}^{-3}$. Pod touto úrovní nebyly prokázány žádné účinky krátkodobých expozic NO_2 , většina studií pak poukazuje na vznik zdravotního efektu až při hodnotách nad $500 \mu\text{g.m}^{-3}$. Naopak při vyšších koncentracích lze účinky považovat za prokázané.

Aktuální směrnice [6] se pak podrobně věnuje problematice 24hodinových koncentrací NO_2 , kde opět shledává dostatečně prokázaným vztah k celkové mortalitě i při velmi nízkých hodnotách expozice. Směrná hodnota pro 24hodinové koncentrace NO_2 pak byla obdobně jako v případě suspendovaných částic odvozena s přihlédnutím ke vztahu mezi 24hodinovými a ročními hodnotami, a to ve výši $25 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Aktuálně platné imisní limity jsou v ČR stanoveny ve výši $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro hodinové koncentrace (s tolerovaným počtem 18 překročení za rok).

Od roku 2030 by měly vstoupit v platnost nové imisní limity, které budou činit u ročních koncentrací $20 \mu\text{g.m}^{-3}$, u denních koncentrací $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ (s tolerovaným počtem 18 překročení za rok) a u hodinových koncentrací $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ (s tolerovaným počtem 3 překročení za rok).

Projekt HRAPIE-2 [8] dále uvádí následující hodnoty relativního rizika pro jednotlivé účinky dlouhodobé expozice NO_2 . Charakteristika hodnot a použitého zdroje dat je uvedena v předchozí kapitole.

Tab. 3. Faktory koncentrace – účinek – oxid dusičitý [8]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o $10 \mu\text{g.m}^{-3}$
NO_2 roční průměr	přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	A	1,050 (1,030–1,070)
NO_2 roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	A	1,050 (1,030–1,070)
NO_2 roční průměr	úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	A	1,040 (1,020–1,060)

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o 10 µg.m ⁻³
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – infekce dolních cest dýchacích	≥ 25 let	A	1,080 (1,040–1,120)
NO ₂ roční průměr	nemocnost – dětské astma	0–18 let	A	1,100 (1,050–1,180)
NO ₂ roční průměr	nemocnost – astma u dospělých	≥ 19 let	A	1,100 (1,010–1,210)
NO ₂ roční průměr	nemocnost – infekce dolních cest dýchacích u dětí	0–12 let	A	1,090 (1,030–1,160)
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	B+	1,05 (1,0300–1,0800)
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	B+	1,05 (1,0300–1,0800)
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plice	≥ 25 let	B+	1,07 (1,04–1,10)
NO ₂ denní průměr**	přirozená úmrtnost dospělých*	celá populace	A	1,0046 (1,0036–1,0057)
NO ₂ denní průměr**	nemocnost – nemoci dýchací soustavy	celá populace	A	1,0057 (1,0033–1,0082)

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

**) hodnoty založené na denních průměrech budou použity pouze pro stanovení efektu krátkodobých vlivů po dobu trvání stavebních prací.

4.1.3. Společné působení suspendovaných částic PM_{2,5} a NO₂

Pro vyhodnocení vlivu výstavby a provozu záměru na zdraví obyvatel je nezbytné posoudit společného působení částic PM_{2,5} a NO₂. V reálném prostředí, zejména v lokalitách zasažených automobilovou dopravou a emisemi ze spalovacích procesů, nejsou totiž obyvatelé vystaveni jednotlivým polutantům izolovaně.

Kvantifikace tohoto kombinovaného efektu představuje v procesu hodnocení zdravotních rizik zásadní krok. Jelikož částice PM_{2,5} a NO₂ do značné míry sdílejí emisní zdroje (např. výfukové plyny), jejich imisní koncentrace v ovzduší velmi silně korelují.

Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách, NO₂ působí v dýchacích cestách jako silný oxidant, což vede ke snížení odolnosti plicní tkáně vůči infekcím. Do oslabené dýchací soustavy následně snáze a ve větším množství pronikají právě částice PM_{2,5}. Tento stav vede k vyšší mortalitě, a to zejména v důsledku respiračních onemocnění [10].

Pro zajištění metodické správnosti je dle zprávy projektu HRAPIE-2 [8] nutné, aby byly v rámci hodnocení dodržovány následující zásady:

- Aby se zabránilo dvojitému sčítání efektů silně korelujících polutantů, je nutné, aby při výpočtu celkových dopadů na zdraví nebyly jednotlivé hodnoty vztahující se k $\text{PM}_{2,5}$ a k NO_2 jednoduše sčítány.
- Zdravotní dopady $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 je nutné prezentovat odděleně.
- Pro stanovení kumulativní hodnoty je nezbytné využít upravené hodnoty RR, které reflektují korelaci obou látek.

Upravené hodnoty RR pro výpočet kombinovaného efektu $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 uvádí následující tabulka. Při zvýšení koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ o $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a NO_2 o $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyjde odhadovaný kombinovaný dopad na zdraví zhruba o 30,3 % nižší oproti součtu jednorázových modelů.

Tab. 4. Kombinovaný účinek $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 – upravené hodnoty RR [8]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	RR	Při zvýšení koncentrace o
$\text{PM}_{2,5}$ roční průměr	přírozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	1,0304	$5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
NO_2 roční průměr	přírozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	1,0762	$20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

4.1.4. Benzen

Benzen se do ovzduší dostává v emisích z automobilové dopravy jednak jako produkt spalování a jednak jako součást nespálených podílů paliva (v automobilovém benzínu se vyskytuje v množství cca 0,5–2,0 %, u motorové nafty je podíl nevýznamný). Ovzduší je hlavním zdrojem expozice člověka benzenu. Je však nutno počítat s výraznými individuálními rozdíly vlivem kouření, které může znamenat několikanásobné zvýšení expozice.

Ve vysokých koncentracích (které se však nevyskytují ve vnějším ovzduší) má benzen akutní dráždivé a neurotoxické účinky. V nízkých dávkách (které se mohou v ovzduší vyskytovat) pak při dlouhodobém působení utlumuje tvorbu krvinek a předpokládá se i jeho vliv na iniciaci leukémie. Z tohoto důvodu řadí US EPA i IARC benzen mezi prokázané lidské karcinogeny. Světová zdravotnická organizace uvádí pro benzen hodnotu jednotkového rakovinového rizika $\text{UCR} = 6 \times 10^{-6} (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$. Jednoduchou extrapolací pak lze stanovit míru karcinogenního rizika v závislosti na koncentraci této látky ve volném ovzduší:

Pravděpodobnost výskytu leukémie	Koncentrace
10^{-5} (1 v 100 000)	$1,6 \mu\text{g.m}^{-3}$
10^{-6} (1 v 1 000 000)	$0,16 \mu\text{g.m}^{-3}$

Aktuálně platný imisní limit je v ČR stanoven pro průměrné roční koncentrace ve výši $5 \mu\text{g.m}^{-3}$, což odpovídá hodnotě karcinogenního rizika při celoživotní expozici na úrovni 3×10^{-5} . Od roku 2030 by měly vstoupit v platnost nové imisní limity, přičemž limit pro benzen bude činit $3,4 \mu\text{g.m}^{-3}$, což odpovídá hodnotě karcinogenního rizika při celoživotní expozici na úrovni $2,04 \times 10^{-5}$.

4.1.5. Benzo[a]pyren

Skupina polyaromatických uhlovodíků (PAH) zahrnuje několik set sloučenin, které vznikají zejména při nedokonalém spalování organického materiálu. Hlavními účinky na zdraví lidí jsou mutagenita a karcinogenita, naopak systémově toxické účinky jsou pravděpodobně malé (testováno na zvířatech). U řady PAH s vyšším bodem varu je mutagenní a karcinogenní působení považováno za prokázané, přičemž benzo[a]pyren je jednou ze sloučenin, u kterých byla zjištěna nejsilnější karcinogenita.

Benzo[a]pyren je podle IARC řazen do skupiny 1 jako prokázaný lidský karcinogen. Vzhledem k jeho karcinogenitě nelze stanovit žádnou bezpečnou hranici. WHO [5] stanovuje směrnou hodnotu jednotkového karcinogenního rizika pro B[a]P ve výši $8,7 \times 10^{-2} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$.

Skupina PAH má obecně i nekarcinogenní účinky, způsobuje podráždění očí a kůže, toxické poškození ledvin a jater, hematotoxicitu, imunosupresi, reprodukční toxicitu a genotoxicitu. Pro riziko nekarcinogenních účinků při inhalační expozici uvádí US EPA referenční koncentraci RfC^{24} ve výši 2 ng.m^{-3} , odvozenou s použitím vysokého faktoru nejistoty ze studie vývojové toxicity u potkanů [22].

Aktuálně platný imisní limit je v ČR stanoven pro průměrné roční koncentrace ve výši 1 ng.m^{-3} , což odpovídá hodnotě karcinogenního rizika při celoživotní expozici na úrovni $8,7 \times 10^{-5}$. Od roku 2030 by měly vstoupit v platnost nové imisní limity, přičemž v případě benzo[a]pyrenu bude hodnota imisního limitu zachována na stejné úrovni.

4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V podkladové rozptylové studii [1] jsou vypočteny hodnoty příspěvku posuzovaných zdrojů k celkové imisní zátěži. Na základě vektorové vrstvy zástavby a údajů z katastru nemovitostí byl jednotlivým pásmům imisní zátěže přiřazen odpovídající počet obyvatel.

V následujícím textu jsou pak kvantifikovány očekávané dopady této imisní zátěže na zdraví ovlivněné populace. V případě hodnocení vlivů expozice suspendovaným časticím a oxidu dusičitému na základě hodnot relativního rizika dle projektu HRAPIE-2 [8] je vyhodnocení v souladu s AN 17/15 [2] provedeno metodou výpočtu atributivní frakce, jejímž výstupem je počet osob dotčených příslušným účinkem u exponované populace. Popis výpočtu uvádí např. metodika COŽP UK pro vyhodnocení celospolečenských dopadů znečištěného ovzduší [3] či publikace B. Ostra [11], která vznikla v rámci WHO. Počet osob dotčených daným účinkem je pro látky s bezprahovým účinkem dán vztahem:

$$IMP = EXP \times AGF \times RGF \times BGR \times [1 - (1/RR)^C],$$

kde

- IMP je očekávaný (atributivní) počet případů v důsledku znečištění ovzduší za dané časové období (např. počet osob zemřelých kvůli působení určité koncentrace znečištění, počet případů bronchitidy, počet hospitalizací apod.),
- C je koncentrace znečišťující látky v $\mu\text{g.m}^{-3}$,
- EXP je exponovaná populace (počet osob),
- AGF je podíl věkové skupiny, které se účinek týká, v rámci celé populace,
- RGF je podíl případné rizikové skupiny, které se účinek týká (je-li uvažována), jako jsou např. astmatici, v rámci příslušné věkové skupiny obyvatel,
- BGR je míra výskytu výsledného dopadu v populaci (úmrtnost či incidence onemocnění) na jednoho jedince,
- RR je relativní riziko při zvýšení koncentrace o $1 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Dále, jak je z tabulek 5 a 6 patrné, v některých případech je vstupní hodnotou pro výpočet denní (tj. nikoli roční) průměr koncentrací. Výpočet IMP v těchto případech je upřesněn v kapitole 4.3. Hodnoty AGF a BGR byly vypočteny na základě dat Českého statistického úřadu (ČSÚ), Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS) a Ministerstva zdravotnictví ČR, a to jako průměr za roky 2020–2024 [12, 13, 14, 15, 16]. S ohledem na omezenou dostupnost dat, nezbytné metodologické kompromisy a specifika modelu byl postup výpočtu v následujících případech upraven:

- V případě zhoubného novotvaru průdušky a plíce byla pro výpočet využita data pouze za období 2020–2023.
- Data ÚZIS ČR neumožňovala členění informací o výskytu různých typů diabetu v dětské populaci. Vzhledem k tomu, že diabetes 2. typu představuje u dětí pouze jednotky procent z nových případů diabetu mellitu, byl celkový počet těchto případů vynásoben koeficientem 0,05 [17, 18].
- Data o incidenci demence byla dostupná pouze pro obyvatelstvo ve věku 50 a více let, hodnoty RR v projektu HRAPIE-2 [8] však byly stanoveny na základě působení na populaci ve věku 19 a více let. Výskyt případů demence před 50. rokem věku je však zcela marginální [19]. Obdržená data byla proto vztažena k populaci ve věku 19 a více let.
- Jako vstupní hodnoty pro výpočet ukazatele dnů zameškané školní docházky byly využity údaje organizace PAQ Research o zameškaných hodinách na žáka za roky 2017–2023 v jednotlivých krajích Česka [20]. Získané hodnoty byly následně převedeny na dny na základě údajů o týdenní hodinové dotaci z Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání MŠMT [21].
- Při hodnocení CHOPN a vysokého krevního tlaku byl po konzultaci s ÚZIS ČR aplikován zúžený výběr diagnóz dle kódu MKN-10 (J44 a I10) namísto širšího intervalu doporučeného metodikou HRAPIE-2 [8] (J41–J44 a I10–I11). Tento přístup odráží oficiální definice stanovené ÚZIS ČR a odbornými lékařskými společnostmi pro vykazování dat v české klinické praxi. Dochází tak ke snížení rizika ovlivnění výsledků, ke kterému by mohlo vést použití nerelevantních dat.
- Na základě konzultace s ÚZIS ČR nebyl ukazatel poruch autistického spektra u dětí do vyhodnocení zdravotních rizik zahrnut. Důvodem je nekonzistence v primárním vykazování incidence této diagnózy v rámci zdravotnického systému ČR. Tento ukazatel navíc spadá do kategorie B+, která je charakteristická vyšší mírou nejistoty ohledně přesnosti údajů použitých pro kvantifikaci účinků v porovnání se skupinou A. Zahrnutí zmíněných dat by mohlo vést k výraznému zkreslení výsledků.

Výchozí hodnoty pro kvantifikaci jednotlivých účinků vlivu imisní zátěže jsou uvedeny v následující tabulce. Údaje jsou odvozeny z výše popsanych statistických dat pro Zlínský kraj.

Tab. 5. Vstupní údaje pro kvantifikaci účinků znečištění ovzduší – PM [8, 12–16]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	AGF (%)	BGR
PM _{2,5} roční průměr	přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	A	75.2	0.0141
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	A	75.2	0.0059
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – cerebrovaskulární nemoci	≥ 25 let	A	75.2	0.0009
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	A	75.2	0.0025
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	A	75.2	0.0010
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	A	75.2	0.0003
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – infekce dolních cest dýchacích	≥ 25 let	A	75.2	0.0005
PM _{2,5} roční průměr	úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plice	≥ 25 let	A	75.2	0.0005
PM ₁₀ roční průměr	přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	A	75.2	0.0141
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	A	75.2	0.0059
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	A	75.2	0.0010
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plice	≥ 25 let	A	75.2	0.0005
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	B+	75.2	0.0025
PM ₁₀ roční průměr	úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	B+	75.2	0.0003
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – dětské astma	0–18 let	A	19.2	0.0096
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 30 let	A	70.0	0.0024
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – ischemická choroba srdeční (infarkt myokardu)	≥ 30 let	A	70.0	0.0016
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – cévní mozková příhoda	≥ 30 let	A	70.0	0.0034
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – vysoký krevní tlak	≥ 30 let	A	70.0	0.0196
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plice	≥ 30 let	A	70.0	0.0006
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – diabetes 2. typu	0–18 let	B+	19.2	0.00004
PM _{2,5} roční průměr	nemocnost – demence	≥ 19 let	B+	80.8	0.0048
PM _{2,5} denní průměr	přirozená úmrtnost dospělých*	celá	A	100,0	0,0103
PM _{2,5} denní průměr	nemocnost – nemoci oběhové soustavy	celá	A	100,0	0,0223
PM ₁₀ denní průměr	dny zameškané školní docházky	5–14 let	B+	10,7	16,8110

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

Tab. 6. Vstupní údaje pro kvantifikaci účinků znečištění ovzduší – NO₂ [8, 12–16]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	AGF (%)	BGR
NO ₂ roční průměr	přírozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	A	75.2	0.0141
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	A	75.2	0.0010
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	A	75.2	0.0003
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – infekce dolních cest dýchacích	≥ 25 let	A	75.2	0.0005
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	B+	75.2	0.0059
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	B+	75.2	0.0025
NO ₂ roční průměr	úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plice	≥ 25 let	B+	75.2	0.0005
NO ₂ roční průměr	nemocnost – dětské astma	0–18 let	A	19.2	0.0096
NO ₂ roční průměr	nemocnost – astma u dospělých	≥ 19 let	A	80.8	0.0053
NO ₂ roční průměr	nemocnost – infekce dolních cest dýchacích u dětí	0–12 let	A	13.1	0.0358
NO ₂ denní průměr	přírozená úmrtnost dospělých*	celá	A	100,0	0,0103
NO ₂ denní průměr	nemocnost – nemoci dýchací soustavy	celá	A	100,0	0,0133

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

V případě benzenu a benzo[a]pyrenu je vyhodnocení provedeno obdobně s tím rozdílem, že hodnoty AGF, RGF a BGR jsou rovny jedné (efekt se týká vždy celé dotčené populace) a výsledný dopad je kvantifikován ve formě počtu obyvatel na 1 nový případ vzniku daného účinku.

Následující tabulka uvádí rozpětí hodnoty pětiletých průměrů koncentrací dle podkladů ČHMÚ v prostoru záměru.

Tab. 7. Imisní pozadí na základě pětiletých průměrů dle podkladů ČHMÚ (2020–2024)

	IH _r PM ₁₀	IH _r PM _{2,5}	IH _r NO ₂	IH _r BZN	IH _r B[a]P
	μg.m ⁻³				ng.m ⁻³
5 letý průměr	17,8	12,3	7,7	0,9	0,4

IH_r: průměrné roční koncentrace

Tabulka 8 pak ukazuje výsledky výpočtů příspěvku automobilové dopravy k celkové imisní zátěži pro jednotlivé znečišťující látky.

Tab. 8. Imisní pozadí na základě pětiletých průměrů dle podkladů ČHMÚ (2020–2024)

		Bod 01	Bod 02	Bod 03	Bod 04	Bod 05	Bod 06
IH_r PM_{2,5}	Bez záměru	0,281	0,402	0,395	0,325	0,501	0,494
	Se záměrem	0,292	0,418	0,411	0,338	0,520	0,513
IH_r PM₁₀	Bez záměru	1,100	1,590	1,560	1,280	1,980	1,950
	Se záměrem	1,150	1,650	1,620	1,330	2,050	2,020
IH_r NO₂	Bez záměru	0,034	0,046	0,045	0,038	0,057	0,055
	Se záměrem	0,035	0,048	0,047	0,040	0,058	0,057
IH_r benzen	Bez záměru	0,0029	0,0041	0,0040	0,0033	0,0051	0,0049
	Se záměrem	0,0029	0,0042	0,0041	0,0034	0,0052	0,0050
IH_r B[a]P	Bez záměru	0,0061	0,0087	0,0085	0,0071	0,0108	0,0104
	Se záměrem	0,0063	0,0090	0,0088	0,0073	0,0111	0,0108
IH_k NO₂	Bez záměru	1,940	2,350	2,330	2,090	2,720	2,680
	Se záměrem	2,010	2,420	2,400	2,160	2,800	2,760
IH_d PM₁₀	Bez záměru	12,73	16,02	15,79	13,92	19,01	18,46
	Se záměrem	13,23	16,61	16,37	14,46	19,70	19,13

4.2.1. Suspendované částice

Výskyt zvýšených koncentrací suspendovaných částic v ovzduší je obecně spojován s výskytem respiračních chorob, rakoviny plic, kardiovaskulárních chorob a u frakce PM_{2,5} také mrtvice.

Pro chronickou expozici uvádí WHO [6] směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace PM_{2,5} ve výši 5 µg.m⁻³ a částic PM₁₀ ve výši 15 µg.m⁻³.

Jak je patrné z hodnocení celkové imisní situace, ve výpočtové oblasti se koncentrace suspendovaných částic PM_{2,5} i PM₁₀ pohybují nad hranicí směrné hodnoty WHO. Celkové koncentrace částic PM_{2,5} dosahují třetího postupného cíle, koncentrace částic PM₁₀ dosahují čtvrtého postupného cíle.

V tabulkách 9 a 10 je uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků definovaných projektem HRAPIE-2 [8] (viz tab. 1 a 2) a vypočtených na základě postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Při interpretaci výsledků je třeba mít na paměti, že hodnoty pro jednotlivé stavy představují pouze samotný vliv imisní zátěže, nikoli celkový výskyt daného zdravotního účinku.

Tab. 9. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži suspendovanými částicemi PM_{2,5}

Zdravotní účinek	Segment populace	Výchozí stav	Stav se záměrem	Rozdíl
přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	0,145106	0,145267	0,000161
úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	0,076927	0,077011	0,000084
úmrtnost dospělých – cerebrovaskulární nemoci	≥ 25 let	0,013437	0,013452	0,000015
úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	0,034391	0,034428	0,000037
úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	0,013250	0,013264	0,000014
úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	0,004127	0,004131	0,000004
úmrtnost dospělých – infekce dolních cest dýchacích	≥ 25 let	0,009605	0,009615	0,000010
úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plicí	≥ 25 let	0,004216	0,004221	0,000005
nemocnost – dětské astma	0–18 let	0,068348	0,068415	0,000067
nemocnost – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 30 let	0,037653	0,037693	0,000040
nemocnost – ischemická choroba srdeční (infarkt myokardu)	≥ 30 let	0,019734	0,019756	0,000022
nemocnost – cévní mozková příhoda	≥ 30 let	0,049158	0,049211	0,000053
nemocnost – vysoký krevní tlak	≥ 30 let	0,297463	0,297781	0,000318
nemocnost – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plicí	≥ 30 let	0,009216	0,009226	0,000010
nemocnost – diabetes 2. typu	0–18 let	0,000098	0,000099	0,000000
nemocnost – demence	≥ 19 let	0,084360	0,084450	0,000090

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

Tab. 10. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži suspendovanými částicemi PM₁₀

Zdravotní účinek	Segment populace	Výchozí stav	Stav se záměrem	Rozdíl
přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	0,176045	0,176543	0,000498
úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	0,074006	0,074215	0,000210
úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	0,017014	0,017060	0,000046
úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plic	≥ 25 let	0,006847	0,006866	0,000019
úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	0,023911	0,023980	0,000069
úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	0,008596	0,008618	0,000022

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

Jak vyplývá z výše uvedených tabulek, vlivem hodnoceného záměru je možné očekávat v případě expozice suspendovaným částicím frakce PM_{2,5} i PM₁₀ mírný nárůst zdravotního rizika.

Vlivem expozice imisní zátěži suspendovanými částicemi PM_{2,5} byl vypočten nárůst přirozené úmrtnosti dospělých i nárůst jednotlivých kategorií nemocnosti v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci. Vlivem expozice imisní zátěži suspendovanými částicemi PM₁₀ byl vypočten nárůst přirozené úmrtnosti také v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci. Nejvyšší nárůst imisní zátěže suspendovanými částicemi PM_{2,5} v prostoru obytné zástavby byl vypočten do 0,019 µg.m⁻³, nejvyšší nárůst imisní zátěže suspendovanými částicemi PM₁₀ byl vypočten do 0,07 µg.m⁻³. I v záměrem nejvíce dotčené obytné zástavbě byl zaznamenán nárůst míry přirozené úmrtnosti a jednotlivých kategorií nemocnosti několik řádů pod jedním případem v dotčené populaci.

Hodnocený záměr tedy i v nárůstem nejvíce dotčené obytné zástavbě způsobí změny zdravotního rizika nevýznamné ve smyslu ohrožení zdraví, které budou převáženy jinými faktory, jako je životní styl (např. kouření) nebo expozice dalším zdrojem znečišťování.

4.2.2. Oxid dusičitý

Z chronických účinků NO_2 jsou nejčastěji popisovány strukturální plicní změny a zvýšení citlivosti vůči bakteriálním a virovým infekcím.

Pro chronickou expozici uvádí WHO [6] směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého ve výši $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Jak je patrné z hodnocení celkové imisní situace, jsou ve výpočtové oblasti koncentrace pod hranicí směrné hodnoty WHO.

V tabulce 11 je pak uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků definovaných projektem HRAPIE-2 [8] (viz tab. 3) a vypočtených na základě postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Při interpretaci výsledků je třeba mít na paměti, že hodnoty pro jednotlivé stavy představují pouze samotný vliv imisní zátěže, nikoli celkový výskyt daného zdravotního účinku.

Tab. 11. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži NO_2

Zdravotní účinek	Segment populace	Výchozí stav	Stav se záměrem	Rozdíl
přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	0,047242	0,047254	0,000012
úmrtnost dospělých – nemoci dýchací soustavy (bez novotvarů)	≥ 25 let	0,003208	0,003209	0,000001
úmrtnost dospělých – chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN)	≥ 25 let	0,000806	0,000806	0,000000
úmrtnost dospělých – infekce dolních cest dýchacích	≥ 25 let	0,002691	0,002692	0,000001
úmrtnost dospělých – nemoci oběhové soustavy	≥ 25 let	0,019860	0,019865	0,000005
úmrtnost dospělých – ischemická choroba srdeční	≥ 25 let	0,008327	0,008329	0,000002
úmrtnost dospělých – zhoubný novotvar průdušky (bronchu) a plic	≥ 25 let	0,002078	0,002079	0,000001
nemocnost – dětské astma	0–18 let	0,015680	0,015683	0,000004
nemocnost – astma u dospělých	≥ 19 let	0,036722	0,036731	0,000009
nemocnost – infekce dolních cest dýchacích u dětí	0–12 let	0,036390	0,036399	0,000009

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

Jak vyplývá z výše uvedené tabulky, vlivem hodnoceného záměru je možné očekávat v případě expozice oxidu dusičitému mírný nárůst zdravotního rizika.

Vlivem expozice imisní zátěži oxidem dusičitým byl vypočten nárůst přirozené úmrtnosti dospělých v řádu stotisícin nového případu a nárůst jednotlivých kategorií nemocnosti v řádu miliontin případu v celé dotčené populaci. Nejvyšší nárůst imisní zátěže oxidem dusičitým v prostoru obytné zástavby byl vypočten $0,002 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

I v záměrem nejvíce dotčené obytné zástavbě byl zaznamenán nárůst míry přirozené úmrtnosti a jednotlivých kategorií nemocnosti několik řádů pod jedním případem v dotčené populaci.

Hodnocený záměr tedy i v obytné zástavbě nejvíce dotčené nárůstem způsobí změny zdravotního rizika nevýznamné ve smyslu ohrožení zdraví, které budou převáženy jinými faktory nebo expozicí dalším zdrojům znečišťování.

Pro vyhodnocení akutní expozice NO_2 je možné za bezpečnou mez, pod níž nedochází ke vzniku zdravotního rizika, použít směrnou hodnotu stanovenou WHO pro hodinové koncentrace ve výši $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Jak vyplývá z výsledků rozptylové studie, není třeba očekávat v celém zájmovém území koncentrace nad hranici směrné hodnoty, ani ve stavu se záměrem. V žádné části zájmového území tak není třeba očekávat výskyt zdravotních účinků v důsledku akutní expozice oxidu dusičitému.

4.2.3. Společné působení suspendovaných částic $\text{PM}_{2,5}$ a oxidu dusičitého

Jak bylo již uvedeno v kapitole 4.1.3, částice $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 do značné míry sdílejí emisní zdroje a lidé nejsou jejich působení vystaveni izolovaně. Pro zajištění metodické správnosti výpočtu je proto nutné, aby byly v rámci stanovení kumulativního efektu využity upravené hodnoty RR, které reflektují korelaci obou látek, a omezují tak riziko dvojího sčítání jejich dopadů. To by nastalo v případě prostého součtu výsledků jednorázkových modelů.

Hodnota RR pro kombinované působení $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 je do značné míry závislá na koncentraci těchto látek v ovzduší, což vyjadřuje následující vztah:

$$\text{RR}_{\text{komb}} = (\text{RR}_{\text{PM}_{2,5}}^{\text{C}_{\text{PM}_{2,5}}}) \times (\text{RR}_{\text{NO}_2}^{\text{C}_{\text{NO}_2}})$$

kde

- RR_{komb} je relativní riziko pro kombinaci působení $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 při koncentraci C,
- $\text{RR}_{\text{PM}_{2,5}}$ je upravená hodnota RR pro $\text{PM}_{2,5}$ reflektující kombinaci působení $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 při zvýšení koncentrace o $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,
- RR_{NO_2} je upravená hodnota RR pro NO_2 reflektující kombinaci působení $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 při zvýšení koncentrace o $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,
- C je koncentrace příslušné znečišťující látky v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Tabulka 12 obsahuje kvantifikaci výskytu zdravotního účinku definovaného projektem HRAPIE-2 [8] (viz tab. 4) a vypočteného na základě postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Při interpretaci výsledků je třeba mít na paměti, že hodnoty pro jednotlivé stavy představují pouze samotný vliv imisní zátěže, nikoli celkový výskyt daného zdravotního účinku.

Tab. 12. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem společného působení PM_{2,5} a NO₂

Zdravotní účinek	Segment populace	Výchozí stav	Stav se záměrem	Rozdíl
přirozená úmrtnost dospělých*	≥ 25 let	0,126330	0,126441	0,000111

*) jedná se o veškerou úmrtnost kromě té na vnější příčiny, dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-10) jde tedy o příčiny smrti s kódy A00–R99.

Jak vyplývá z uvedené tabulky, v obou časových horizontech byl vypočten nárůst přirozené úmrtnosti v řádu tisíců případů v celé dotčené populaci.

4.2.4. Benzen

Benzen je prokázaný lidský karcinogen. V rámci tohoto vyhodnocení byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO ve výši $6 \times 10^{-6} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$. Tato hodnota znamená, že koncentrace benzenu $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ zvyšuje (při celoživotní expozici – po dobu 70 let) riziko incidence leukémie o 6 případů na 1 milion osob. Neexistuje tedy bezpečná mez. Evropská a česká legislativa tyto skutečnosti respektují, přičemž pro účely ochrany zdraví obyvatel byla přijata dlouhodobá (roční) limitní hodnota, která představuje přijatelnou (referenční) mez karcinogenního rizika. Dle dostupných podkladů a v souladu s informacemi Státního zdravotního ústavu je doporučeno uvažovat nejvyšší přijatelné hodnoty v řádu 10^{-6} .

Jak je patrné z hodnocení celkové imisní situace, činí průměrné roční koncentrace ve výpočtové oblasti $0,9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Tomu odpovídá míra karcinogenního rizika $5,4 \times 10^{-6}$. Jedná se tedy o hodnoty na hranici přijatelné míry rizika.

Tabulka 13 ukazuje nárůst počtu případů výskytu leukémie vlivem chronické expozice benzenu v celé dotčené populaci.

Tab. 13. Míra zvýšení zdravotního rizika z expozice benzenu (zvýšení počtu případů výskytu leukémie v dotčené populaci)

Zdravotní účinek	Výchozí stav	Stav se záměrem	Rozdíl
Incidence leukémie	0,00065081	0,00065088	0,00000007

Vlivem hodnoceného záměru dojde k velmi mírnému zvýšení míry zdravotního rizika z chronické expozice benzenu. Nárůst počtu případů výskytu leukémie se pohybuje v řádu stamiliontin nového případu v celé dotčené populaci.

Nejvyšší nárůst v prostoru obytné zástavby byl vypočten do $0,0001 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Uvedené hodnotě odpovídá nárůst rizika výskytu zdravotních účinků z chronické

expozice benzenu nejvýše $6,0 \times 10^{-10}$ (1 případ na více než 1,66 miliardy obyvatel). Vzhledem k počtu nejvyšším nárůstem zasažených obyvatel lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou zcela nevýznamné.

4.2.5. Benzo[a]pyren

Pro vyhodnocení rizika z expozice B[a]P byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO pro celoživotní expozici ve výši $8,7 \times 10^{-5} (\text{ng.m}^{-3})^{-1}$. Tato hodnota znamená, že koncentrace benzo[a]pyrenu v 1 ng.m^{-3} zvyšuje (při celoživotní expozici – po dobu 70 let) riziko výskytu rakoviny o 8,7 případů na 100 tisíc osob. Nejvyšší přijatelné riziko je opět uvažováno v řádu 10^{-6} .

Jak je patrné z hodnocení celkové imisní situace, činí průměrné roční koncentrace ve výpočtové oblasti $0,4 \text{ ng.m}^{-3}$. Tomu odpovídá míra karcinogenního rizika $34,8 \times 10^{-6}$. Tyto hodnoty se již nacházejí nad hranicí přijatelného rizika. Úroveň přijatelného rizika v řádu 10^{-6} by byla dosažena při koncentraci na úrovni $0,1 \text{ ng.m}^{-3}$ nebo nižší, což je však limit, který je překročen na všech měřicích stanicích v ČR.

Tabulka 14 ukazuje nárůst počtu případů výskytu rakoviny vlivem chronické expozice benzo[a]pyrenu v celé dotčené populaci.

Tab. 14. Míra zvýšení zdravotního rizika z expozice benzo[a]pyrenu (zvýšení počtu případů výskytu rakoviny v dotčené populaci)

Zdravotní účinek	Výchozí stav	Stav se záměrem	Rozdíl
Incidence rakoviny	0,00426280	0,00426563	0,00000283

Vlivem hodnoceného záměru dojde k velmi mírnému zvýšení míry zdravotního rizika v důsledku chronické expozice benzo[a]pyrenu. Nárůst počtu případů rakoviny se pohybuje v řádech stomiliontin nového případu v celé dotčené populaci.

Nejvyšší nárůst v prostoru obytné zástavby byl vypočten do $0,0001 \text{ ng.m}^{-3}$. Uvedené hodnotě odpovídá nárůst rizika výskytu zdravotních účinků z chronické expozice benzo[a]pyrenu nejvýše $3,48 \times 10^{-8}$ (1 případ na více než 28,7 milionu obyvatel). Vzhledem k počtu nejvyšším nárůstem zasažených obyvatel lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou zcela nevýznamné.

4.3. Nejistoty v hodnocení

Při interpretaci výsledků hodnocení vlivů na obyvatelstvo je nutno zohlednit nejistoty, kterými je vzhledem k současnému stavu poznání hodnocení zatíženo. Jedná se o nejistoty v následujících oblastech:

- prognóza dopravní zátěže pro období provozu záměru na území Zlínského kraje,
- prognóza spotřeby a skladby paliv na stacionárních zdrojích, a to včetně lokálního vytápění,
- umístění nových technologických zdrojů emisí v území, případně rušení stávajících zdrojů nad rámec předpokladů územního plánování a změny technologií na významných stacionárních zdrojích,
- skladba vozového parku, zejména ve vztahu k využívání alternativních paliv a s tím související nejistota ve výpočtu množství a skladby emisí,
- vliv celospolečensky významných událostí na celkové vzorce přepravy osob a materiálu v zájmovém území (pandemická či politická situace),
- vliv zdrojů znečišťování ovzduší, pro které v současné době není ustálena metodika hodnocení,
- vliv dopravně-organizačních opatření k regulaci dopravy (mimo opatření již zahrnutá v dopravním modelu),
- stanovení koncentrací pomocí emisně-imisního modelování,
- expoziční scénář pro obyvatelstvo žijící v okolí, pohyb obyvatel mimo bydliště a jejich výskyt ve vnějším prostředí,
- ovlivnění individuálního rizika profesionální expozicí, životním stylem (zejména kouřením) a migrací,
- dostupné informace o vztahu mezi úrovní koncentrací znečišťujících látek a jejich zdravotními účinky, přičemž zejména v případě účinků karcinogenních polutantů (benzen, benzo[a]pyren) je nutno brát v úvahu, že s kvantifikací rizika je spojena vyšší míra nejistoty,
- stanovení referenčních koncentrací a směrných hodnot pro znečišťující látky.

Přes uvedené nejistoty lze údaje považovat za dostatečně spolehlivé ve vztahu k závěrům o vlivu na celkovou míru zdravotního rizika.

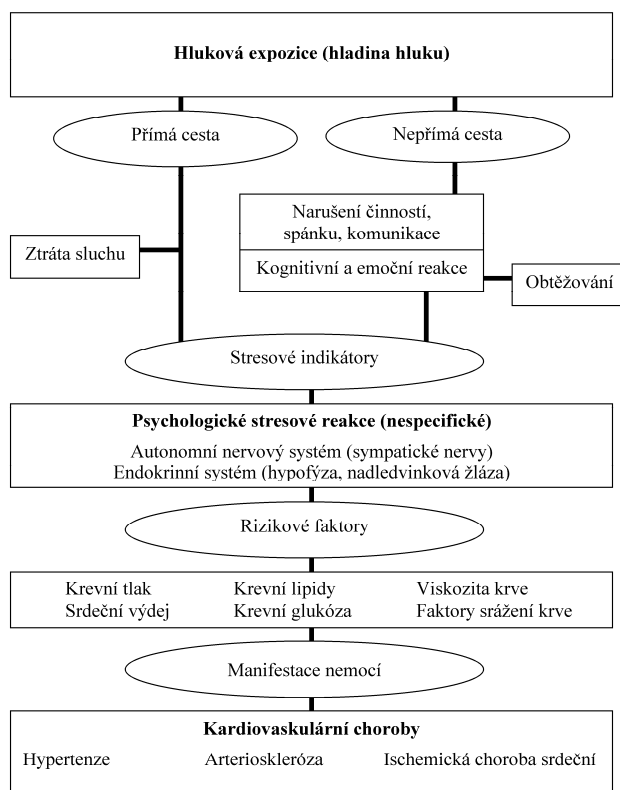
5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL

5.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek

Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví jsou obecně definovány jako morfologické nebo funkční změny organismu, které vedou ke zhoršení jeho funkcí, ke snížení kompenzační kapacity vůči stresu nebo zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům prostředí. Účinky hluku na lidské zdraví je možné s určitým zjednodušením rozdělit na účinky specifické, projevující se poruchami činnosti sluchového aparátu, a na účinky nespecifické (mimosluchové), kdy dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu.

Při běžné expozici hluku z dopravy se projevují zejména systémové (nespecifické) účinky, u nichž dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu, často se na nich podílí stresová reakce, ovlivnění spánku a vyšších nervových funkcí. Chronický stres způsobený hlukem může přispět ke spuštění nebo urychlení průběhu u chorob s multifaktoriálními příčinami. Zjednodušené příčinné schéma působení hluku na zdraví dle [24] v řetězci „hluková expozice – fyziologická (stresová) reakce organismu – biologická odezva a vznik onemocnění“ ukazuje obrázek 2.

Obr. 2. Schéma účinků hluku



zdroj: Babisch 2002 in [24]

Za dostatečně prokázané závažné účinky hluku jsou podle aktuální směrnice WHO [31] považovány obtěžování, rušení spánku, kardiovaskulární onemocnění, zhoršení kognitivních funkcí a poškození sluchového aparátu. V následujícím přehledu je uvedena stručná charakteristika těchto účinků dle SZÚ [32]:

- **Obtěžování hlukem** je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž. Jako obtěžování je označován psychický stav vznikající při mimovolném vnímání vlivů, ke kterým má jedinec zamítavý postoj a na které reaguje pocity odporu, podrážděnosti a v některých případech až psychosomatickými poruchami; pro zjednodušení se jako obtěžování označují i ostatní negativní emoce v souvislosti s hlukem (zlost, nespokojenost, úzkost, rozrušenost). Obtěžování je významně ovlivněno individuálními vlastnostmi příjemce; z hlediska jednotlivce je tak považováno za faktor s bezprahovým působením, což znamená, že citlivou osobu mohou obtěžovat i nejtíší zvuky.
- **Nepříznivé ovlivnění spánku** vlivem hluku se prokazatelně projevuje změnami fyziologických reakcí (změny tepové frekvence, známky probuzení na EEG, změny v trvání stádií spánku, zvýšená pohyblivost ve spánku, obtížné usínání, probouzení, zkrácení spánkového času), dostatečné důkazy existují rovněž pro subjektivně vnímanou poruchu spánku, environmentální nespavost a zvýšené užívání léků na spaní. Zdravotní následky rušení spánku nočním hlukem zahrnují změny v hladinách stresových hormonů, kardiovaskulární onemocnění, psychické poruchy, obezitu, zkrácení očekávané délky života, zvýšený výskyt pracovních úrazů a psychologicko-sociální důsledky (ospalost a únava, rozmrzelost, snížená výkonnost, zhoršení poznávacích schopností, narušení sociálních kontaktů).
- **Ovlivnění kardiovaskulárního systému** působením hluku bylo prokázáno v řadě epidemiologických studií. Uznávaným mechanismem je zde stresová reakce organismu, kdy je zvukový signál podvědomě hodnocen jako alarmující a dochází ke stresové reakci spojené s aktivací autonomního nervového systému a s uvolněním stresových hormonů, což vede k přechodnému zvýšení krevního tlaku, tepu a vasokonstrikci. Po dlouhodobé expozici se pak u citlivých jedinců mohou vyvinout trvalé účinky, jako je hypertenze a ischemická choroba srdeční. Dalšími možnými mechanismy působení hluku na kardiovaskulární systém jsou úbytek hořčíku (který je následkem opakovaných nervových vzruchů vyplavován z organismu) nebo dlouhodobý nedostatek spánku a jeho důsledky. Podle aktuálních dat WHO se za prokázané považuje zvýšení rizika ischemické choroby srdeční vlivem hluku ze silniční dopravy, naopak v případě dříve popisovaného rizika hypertenze je nyní kvalita důkazů považována za nízkou, v případě mrtvice jsou výsledky rozporuplné.
- **Zhoršení kognitivních schopností** vlivem hluku zahrnuje poruchy porozumění řeči, poruchy pozornosti a snížení kapacity pracovní paměti. Důsledkem je zhoršení výkonnosti, zhoršení výsledků při plnění úkolů, chyby při práci, popřípadě vznik nehod a úrazů. Hluk také může závažným způsobem narušit komunikaci řečí, popřípadě překrývat jiné informačně důležité signály. Zhoršení komunikace řečí má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu pracovní výkonnosti a pocitům nespokojenosti. Při terénních

výzkumech byl potvrzen vztah mezi hlukem z letecké dopravy a zhoršením schopnosti čtení, porozumění řeči a výkonnosti v testech u školních dětí. V případě hluku ze silniční a železniční dopravy jsou výsledky nekonzistentní a kvalita důkazů je nedostatečná.

- **Poškození sluchového aparátu** v zásadě zahrnuje dva mechanismy. Extrémně vysoké hladiny akustického tlaku mohou vyvolat akustické trauma, jehož podstatou je poranění bubínku, sluchových kůstek nebo blanitého labyrintu a následkem je pak trvalé poškození sluchu. Při dlouhodobém až celoživotním působení hluku na sluchový aparát dochází k poškození sluchu, jehož podstatou jsou zprvu přechodné, posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Tyto poruchy se zpočátku projevují dočasným zvýšením sluchového prahu, při dalším působení hluku dochází po určité latenci k trvalému poškození sluchu. Poškození sluchu je dostatečně prokázáno u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny akustického tlaku a trvání let expozice, existuje však i u hluku v mimopracovním prostředí, např. v souvislosti s hlukem z volnočasových aktivit. Ztráta sluchu je pak obvykle výsledkem kombinované expozice hluku z různých zdrojů, tj. z pracovního a životního prostředí a z volnočasových aktivit.

Za účinky s nižší kvalitou důkazů (či s nejistou existencí vztahu k hlukové expozici) jsou považovány zvýšení rizika vzniku diabetu, obezity, vliv na těhotenství a vývoj plodu a na mentální zdraví [31].

Působení hluku je považováno za bezprahové (tj. nelze stanovit bezpečnou mez, pod níž se již účinek nevyskytuje), v praxi se však pracuje s určitými mezními hodnotami, nad nimiž je závislost účinku na hlukové expozici považována za významnou. WHO [31] uvádí následující doporučené expoziční hodnoty pro hluk ze silniční dopravy:

- průměrná hodnota, vyjádřená hlukovým ukazatelem den-večer-noc (L_{dvn}) – 53 dB
- noční hluk (L_n) – 45 dB

Pro kvantitativní vyhodnocení vlivů hluku ze silniční dopravy v řešeném území byly použity postupy stanovené autorizačním návodem SZÚ [25] a vycházející z Annex III Směrnice komise (EU) 2020/367. Hodnocení je provedeno pro následující účinky hluku:

- vysoké obtěžování
- vysoké rušení spánku
- ischemickou chorobu srdeční (ICHS)

Pro vysoké obtěžování a vysoké rušení spánku je stanoveno tzv. absolutní riziko, které je vyjádřeno jako podíl osob s daným účinkem v rámci celkového počtu exponovaných obyvatel v daném výpočtovém bodě či pásmu hlukové zátěže. Výpočtové rovnice jsou následující:

$$AR_{\text{HA, silnice}} = (78,927 - 3,1162 \times L_{\text{dvn}} + 0,0342 \times L_{\text{dvn}}^2) / 100$$

$$AR_{HSD, silnice} = (19,4321 - 0,9336 \times L_n + 0,0126 \times L_n^2) / 100$$

kde:

$AR_{HA, silnice}$ = absolutní riziko pro vysoké obtěžování hlukem ze silniční dopravy

$AR_{HSD, silnice}$ = absolutní riziko pro vysoké rušení spánku hlukem ze silniční dopravy

L_{dvn} = hlukový ukazatel den-večer-noc

L_n = hluk v noční době

Riziko vzniku ischemické choroby srdeční (ICHHS) ve vztahu k hluku se kvantitativně vyjadřuje jako relativní riziko vztahující riziko v populaci exponované hluku k riziku v populaci hluku neexponované. Pro kvantifikaci je pak použit postup, založený na určení tzv. populační atributivní frakce, která se může skládat z exponovaných i neexponovaných osob, popřípadě mohou být exponované osoby vystaveny rizikovému faktoru v různé míře. Jednotlivým segmentům populace (vyjádřeným jako podíl z celkového počtu obyvatel řešeného území) je přiřazena expozice hluku ze silniční dopravy (L_{dvn}). Následně je pro každý segment určeno relativní riziko vzniku ICHHS podle rovnic:

$$RR_{ICHHS, silnice} = 1,007733L_{dvn} - 53 \dots \text{pro } L_{dvn} > 53 \text{ dB}$$

$$RR_{ICHHS, silnice} = 1 \dots \text{pro } L_{dvn} \leq 53 \text{ dB}$$

kde:

$RR_{ICHHS, silnice}$ = relativní riziko vzniku ICHHS v populaci exponované hluku o dané L_{dvn}

Současne je pro každý segment populace určen podíl obyvatel v rámci řešeného území. Absolutní roční počet případů ICHHS, odhadovaný jako následek hluku ze silniční dopravy v řešeném území, je pak určen podle vzorce:

$$N = \sum_j (p_j \times (RR_j - 1)) / (\sum_j (p_j \times (RR_j - 1)) + 1) \times I \times P$$

kde:

p_j = podíl populace v daném segmentu

RR_j = relativní riziko vzniku ICHHS v rámci daného segmentu populace

I = incidence ICHHS v neovlivněné populaci, uvažována je hodnota 9,275 na 1000 osob a rok dle autorizačního návodu [25]

P = počet obyvatel v řešeném území

Pro hluk ze stacionárních zdrojů toho typu, které se v území vyskytují, WHO doporučené expoziční hodnoty nestanoví.

Pro orientační vyhodnocení obtěžujících a rušivých účinků stacionárních zdrojů byl použit postup dle [29], založený na přepočtu hluku z různých zdrojů na ekvivalentní hladinu hluku ze silniční dopravy:

$$L_{r,i} = L_i + 3$$

kde:

L_i = hladina hluku ze stacionárních zdrojů

$L_{r,i}$ = odvozená hladina hluku ze silniční dopravy

Následně je postupováno podle rovnic pro silné obtěžování a silné rušení při spánku pro silniční dopravu. Jedná se o vyhodnocení skutečně orientační, neboť nelze mluvit o zdravotních účincích, ale o obtěžujících.

V rámci metodiky hodnocení zdravotních rizik v současnosti neexistuje nástroj pro hodnocení kombinovaného (synergického) působení hluku ze zdrojů různé kategorie, hodnocení je tak provedeno pro jednotlivé kategorie zdrojů (silniční doprava, železniční doprava a stacionární zdroje) samostatně.

5.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

Tabulka 15 uvádí vypočtené hodnoty hlukové zátěže ze silniční dopravy, a to pro denní a noční dobu, v nulové a aktivní variantě dle hlukové studie [23]. Provoz záměru se v noční době nepředpokládá, hluk v noční době je tak v obou variantách totožný.

Tab. 15. Hodnoty hlukové zátěže [dB] – silniční doprava

Výpočtový bod	Podlaží	Denní doba		Noční doba	
		Nulová varianta	Aktivní varianta	Nulová varianta	Aktivní varianta
01	1	39,0	39,2	34,1	34,1
	2	39,5	39,6	34,5	34,5
	3	41,0	41,2	36,1	36,1
02	1	43,1	43,3	38,2	38,2
	2	43,9	44,0	38,9	38,9
03	1	39,3	39,5	34,4	34,4
	2	41,9	42,0	36,9	36,9
04	1	45,4	45,6	40,5	40,5
	2	47,5	47,6	42,5	42,5
	3	49,3	49,5	44,4	44,4
05	1	53,3	53,5	48,4	48,4
	2	54,8	55,0	49,9	49,9
06	1	53,2	53,4	48,3	48,3
	2	54,7	54,9	49,8	49,8

Tabulka 16 uvádí vypočtené hodnoty hlukové zátěže ze stacionárních zdrojů v denní době dle hlukové studie [23].

Tab. 16. Hodnoty hlukové zátěže [dB] – stacionární zdroje

Výpočtový bod	Podlaží	Denní doba
01	1	34,7
	2	34,5
	3	35,1
02	1	27,5
	2	28,1
03	1	24,3
	2	25,9
04	1	21,0
	2	21,7
	3	24,9
05	1	22,4
	2	22,7
06	1	20,7
	2	19,7

Na základě výše uvedených výsledků akustické studie byl kvantifikován podíl obyvatel v pásmech hlukové zátěže nad hranicí doporučených expozičních hodnot, míra obtěžování hlukem, rušení spánku a míra výskytu ICHS z hlukové zátěže ze silniční dopravy. Výpočet je sice zatížen poměrně významnou nejistotou, neboť nezohledňuje různou neprůzvučnost obvodového pláště budov, skutečnou přítomnost osob v místě bydliště a odlišnou vnímavost jedinců vůči hluku, přesto jej lze považovat za dostačující k vyhodnocení vlivu automobilové dopravy ve výpočtové oblasti.

Tab. 17. Podíl obyvatel nad úrovní doporučených expozičních hodnot dle směrnic WHO pro silniční dopravu

	Nulová varianta	Aktivní varianta	Změna
Průměrný hluk den-večer-noc (%)	28,6	28,6	0,0
Noční hluk (%)	28,6	28,6	0,0

Tab. 18. Celkové hodnoty míry silného obtěžování, silného rušení při spánku a výskyt ICHS, silniční doprava (pro celkový počet dotčených obyvatel 120)

	Nulová varianta	Aktivní varianta	Změna
Silné obtěžování	8	8	0
Silné rušení spánku	2	2	0
Výskyt ICHS	0,0100	0,0103	0,0003

Jak vyplývá z provedeného hodnocení, bude v okolní zástavbě již ve stavu bez záměru podíl obyvatel v pásmech nad směrnou hodnotou dle WHO pro průměrný hluk

den-večer-noc a pro noční hluk činit 28,6 %. Vlivem záměru nedojde k žádné změně.

Počet silně obtěžovaných i silně při spánku rušených obyvatel ze silniční dopravy v okolní stávající zástavbě ve výchozím stavu se bude pohybovat v řádu jednotek. Vlivem záměru nebylo u silného obtěžování, ani v případě rušení při spánku vypočteno zvýšení o jeden nebo více případů.

U míry kardiovaskulárního rizika byl ve výchozím stavu vypočten výskyt ICHS na úrovni jedné setiny případu v celé dotčené populaci. Vlivem záměru bylo vypočteno zvýšení cca 0,0003 případu (zvýšení výskytu o jeden případ za cca 3 358 let). Jedná se tedy o změnu zcela zanedbatelnou.

Celkově tedy lze konstatovat, že vlivem záměru dojde k velmi mírnému nárůstu míry zdravotního rizika. V případě výskytu ICHS je změna několik řádů pod hranicí rozlišitelnosti.

Z orientačního hodnocení vlivu stacionárních zdrojů pak vyplývá, že vypočtené hladiny hluku z jejich provozu nezpůsobí žádný nárůst případů silného obtěžování a silného rušení při spánku v dotčené populaci.

5.3. Nejistoty v hodnocení

Při interpretaci výsledků hodnocení vlivů na obyvatelstvo je nutno zohlednit nejistoty, kterými je vzhledem k současnému stavu poznání hodnocení zatíženo. Jedná se o nejistoty v následujících oblastech:

- stanovení intenzit automobilové dopravy pro období po uvedení záměru do provozu
- vliv celospolečensky významných událostí na celkové vzorce přepravy osob a materiálu v rámci města (pandemická či politická situace)
- vliv dopravně-organizačních opatření k regulaci dopravy
- expoziční scénář pro obyvatelstvo žijící v okolí, pohyb obyvatel mimo bydliště a jejich výskyt ve vnějším prostředí
- rozdílná vzduchová neprůzvučnost obvodového pláště budov
- ovlivnění individuálního rizika zejména rozdílným stupněm vnímavosti a citlivosti exponovaných osob
- dostupné informace o vztahu mezi hlukovou expozicí a jejími zdravotními účinky. Zejména v případě kardiovaskulárních onemocnění je nutno upozornit, že použité kvantitativní vztahy nejsou zatím jednoznačně prokázány a jsou použity v rámci předběžné opatrnosti.

Přes uvedené nejistoty lze údaje o zdravotních rizicích považovat za dostatečně spolehlivé ve vztahu k celkovým závěrům o vlivu řešeného záměru na celkovou míru zdravotního rizika.

Z Á V Ě R

Cílem předložené studie bylo vyhodnocení vlivu záměru „Stabilizace nebezpečných odpadů Nový dvůr“ na veřejné zdraví z expozice chemickým látkám v ovzduší a hluku.

Provoz zařízení ke stabilizaci nebezpečných odpadů je plánován v areálu EPS biotechnology, s.r.o. v části Nový dvůr v Kunovicích ve Zlínském kraji. K provozu bude využita stávající hala, kdy příslušná technologie bude instalována převážně do vnitřních prostor haly bez potřeby významných stavebních zásahů.

Znečištění ovzduší

V rámci hodnocení vlivů imisní zátěže na zdraví obyvatel byly sledovány imisní hodnoty pro suspendované částice frakce $PM_{2,5}$ a PM_{10} , oxid dusičitý, oxid uhelnatý, benzen a benzo[a]pyren.

Z výše uvedených znečišťujících látek je nutno očekávat v celé výpočtové oblasti ve výchozím stavu zvýšené riziko z chronické expozice částicím $PM_{2,5}$, PM_{10} a benzo[a]pyrenu. Obdobná situace je však typická pro většinu sídel na území ČR. Dlouhodobé i krátkodobé koncentrace oxidu dusičitého se budou v celé výpočtové oblasti pohybovat pod hranicí směrných hodnot WHO [6]. U benzenu lze očekávat imisní zátěž na hranici přijatelné míry rizika.

V rámci vyhodnocení dlouhodobé expozice lze vlivem záměru očekávat mírné zvýšení míry zdravotního rizika. V případě suspendovaných částic byl vypočten nárůst zdravotního účinku přirozené úmrtnosti dospělých nejvýše v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci. V případě koncentrací oxidu dusičitého byl vypočten nárůst zdravotního účinku přirozené úmrtnosti dospělých nejvýše v řádu stotisícin nového případu v celé dotčené populaci. Z vyhodnocení společného působení suspendovaných částic $PM_{2,5}$ a NO_2 vyplývá, že zvýšení přirozené úmrtnosti se pohybuje v řádu tisícín nového případu. Krátkodobé koncentrace oxidu dusičitého i s vlivem záměru nepřekročí směrné hodnoty WHO. V případě průměrných ročních koncentrací benzenu a benzo[a]pyrenu nebyly vlivem záměru zaznamenány změny významné ve smyslu ohrožení zdraví. Nárůst zdravotního rizika se pohybuje několik řádů pod hranicí nového případu leukémie či rakoviny.

Celkově lze konstatovat, že vlivem záměru dojde ke změnám v míře zdravotního rizika, které se znatelně nijak neprojeví.

Hluková zátěž

Počet silně obtěžovaných i silně při spánku rušených obyvatel ze silniční dopravy v okolní stávající zástavbě ve výchozím stavu se bude pohybovat v řádu jednotek. Vlivem záměru nebylo u silného obtěžování, ani v případě rušení při spánku vypočteno zvýšení o jeden nebo více případů.

U míry kardiovaskulárního rizika byl ve výchozím stavu vypočten výskyt ICHS na úrovni jedné setiny případu v celé dotčené populaci. Vlivem záměru bylo vypočteno zvýšení cca 0,0003 případu (zvýšení výskytu o jeden případ za cca 3 358 let). Jedná se tedy o změnu zcela zanedbatelnou.

Celkově tedy lze konstatovat, že vlivem záměru dojde k velmi mírnému nárůstu míry zdravotního rizika. V případě výskytu ICHS je změna několik řádů pod hranicí rozlišitelnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Gresl-EIA s.r.o.: Stabilizace nebezpečných odpadů Nový dvůr. Rozptylová studie. Praha, 2026
- [2] Havel B., Kazmarová H.: Autorizační návod AN 17/15: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám ve venkovním ovzduší, SZÚ, 2015.
- [3] Melichar, J., Máca, V. a kol.: Výpočetní metodika pro vyhodnocení celospolečenských dopadů znečištěného ovzduší modelem integrovaného hodnocení. Projekt TA02021165 Integrované hodnocení rizik a dopadů na materiály, ekosystémy a zdravotní stav populace v důsledku expozice atmosférickým znečišťujícími látkami. TA ČR, COŽP UK, Praha 2016.
- [4] Provazník K., Cikrt M., Komárek L. a kol: Manuál prevence v lékařské praxi VIII., Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ, Praha, 2000
- [5] WHO: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005, WHO, 2006.
- [6] WHO: WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva, WHO, 2021.
- [7] WHO-IARC: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109, Outdoor air pollution, 2015.
- [8] WHO: Health risks of air pollution in Europe: HRAPIE-2 project: updated guidance on concentration-response functions for health risk assessment of air pollution in the WHO European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2025.
- [9] WHO: Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO – Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2013.
- [10] Mainka, A., Žák, M.: Synergistic or Antagonistic Health Effects of Long- and Short-Term Exposure to Ambient NO₂ and PM_{2.5}: A Review. International Journal of Environmental Research and Public Health 19, 14079, 2022.
- [11] Ostro, B.: Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva, World Health Organization, 2004 (WHO Environmental Burden of Disease Series, No. 5).
- [12] ČSÚ 2025: Demografická ročenka krajů – za období 2015–2024. <https://csu.gov.cz/produkty/demograficka-rocenka-kraju-9lhzzsboxm>.
- [13] ČSÚ 2025: Zemřelí podle seznamu příčin smrti, pohlaví a věku v ČR, krajích a okresech - za období 2015–2024. <https://csu.gov.cz/produkty/zemreli-podle-seznamu-pricin-smrti-pohlavi-a-veku-v-cr-krajich-a-okresech-9cq4mzige>.

- [14] ČSÚ 2025: Věkové složení obyvatelstva - data za rok 2024. Archiv: data za rok 2023, 2022, 2021 a 2020. <https://csu.gov.cz/produkty/vekove-slozeni-obyvatelstva-jx7mf54ulx>.
- [15] ÚZIS ČR 2026: Datová analýza: Prevalence a incidence vybraných onemocnění. Data NZIS (NRHZS a LPZ) za období 2010–2024. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR.
- [16] NZIS 2026: Národní zdravotnický informační portál. Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. <https://www.nzip.cz/>.
- [17] Šumník Z., Konečná P., Venháčová P., Neumann D., Škvor J., Pomahačová R., Strnadel, J., Průhová, Š., Petruželková, L., Vosáhlo, J., Kocourková, K., Pavlíková, M. & Cinek, O. 2022. Kompenzace diabetu 1. typu u českých dětí se dlouhodobě zlepšuje: data z národního registru ČENDA (2013-2020). Česko-slovenská Pediatrie. 77(2): s. 64–71. <http://doi.org/10.55095/CSPediatric2022/008>.
- [18] Šumník, Z., Venháčová, J., Škvor, J., Pomahačová, R., Konečná, P., Neumann, D., Vosáhlo, J., Strnadel, J., Čížek, J., Obermannová, B., Petruželková, L., Průhová, Š., Pavlíková, M., Cinek, O. 2020. Five years of improving diabetes control in Czech children after the establishment of the population-based childhood diabetes register ČENDA. Pediatric Diabetes, 21(1), s. 77–87. <https://doi.org/10.1111/pedi.12929>.
- [19] GDB 2019 Dementia Forecasting Collaborators. 2022. Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. The Lancet Public Health, 7(2), s. 105–125. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00249-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00249-8).
- [20] DataPAQ: Prohlížečka regionálních dat. 2026. Zameškané hodiny na žáka (2017/18 až 2022/23) po krajích. PAQ Research. https://datapaq.cz/?g=kraj&v1=zameskane_hodiny_na_zaka&v1p=2015-2021&v1t=hodnoty&v2=zameskane_hodiny_na_zaka&v2p=2017-2023&v2t=hodnoty.
- [21] MŠMT 2023: Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky. https://edu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/07/RVP_ZV_2023_cista_verze.pdf.
- [22] US EPA: Integrated Risk Information System, Toxicological Review of Benzo(a)pyrene, 2017.
- [23] Gresl-EIA s.r.o.: Stabilizace nebezpečných odpadů Nový dvůr. Hluková studie. Praha, 2026
- [24] WHO: Night noise Guidelines for Europe 2009. <http://www.euro.who.int/pubrequest>
- [25] SZÚ: Autorizační návod AN 15/04 verze 5: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ, Praha, 2020
- [26] Miedema, H. M. E.: Noise & Health: How Does Noise Affect Us?, The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, 2001
- [27] European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects: Position Paper on Dose-Effects Relationships for Night Time Noise, 2004

- [28] European Commission: Position paper on dose–response relationships between transportation noise and annoyance. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2002
- [29] European Environment Agency: Good practice guide on noise exposures and potential health effects. Copenhagen. 2010
- [30] Babisch W.: Road traffic noise and cardiovascular risk. Noise Health 2008; 10:27-33
- [31] WHO: Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, København, 2018. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- [32] SZÚ: Zdravotní účinky hluku. <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>