ATELIER EKOLOGICKÝCH MODELŮ s.r.o.

TECHNOLOGIE NA ZPRACOVÁNÍ ZBYTKOVÝCH PLASTŮ VELKÉ PAVLOVICE

VYHODNOCENÍ VLIVŮ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ

KVĚTEN 2022

Technologie na zpracování zbytkových plastů Velké Pavlovice

Vyhodnocení vlivů na veřejné zdraví

ZADAL:

LI-VI Praha, spol. s r.o.
Jana Želivského 8,
130 00 Praha 3

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 10/2019

SPOLUPRÁCE:

Mgr. Jan Karel

Květen 2022

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 6

4. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL 7

4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek 7
4.1.1. Suspendované částice 7
4.1.2. Oxid dusičitý 10
4.1.3. Benzen 12
4.1.4. Benzo[a]pyren 12
4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika 13
4.2.1. Suspendované částice 15
4.2.2. Suspendované částice – vliv krátkodobých koncentrací 18
4.2.3. Oxid dusičitý 18
4.2.4. Benzen 20
4.2.5. Benzo[a]pyren 21
4.3. Nejistoty v hodnocení 21

5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL 23

5.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek 23
5.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika 27
5.3. Nejistoty v hodnocení 28

Z Á V Ě R 30

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 31

Ú V O D

Předložená studie se zabývá posouzením vlivů provozu záměru „Technologie na zpracování zbytkových plastů Velké Pavlovice“ na zdraví obyvatel žijících v dotčené lokalitě.

Záměr bude umístěn v rámci areálu HANTÁLY a.s., ve kterém je dnes provozována hala s třídící linkou, sběrný dvůr a recyklační linka stavebního odpadu.

Recyklační linka stavebního odpadu, která je tvořena drtičem, resp. třídičem stavebního odpadu a nakladačem, který materiál do drtiče nebo třídiče naváží, bude zrušena a nahrazena plánovaným záměrem. Tato skutečnost je v rozptylové studii zohledněna. Modelovými výpočty je provedeno vyhodnocení odstranění stávajícího provozu recyklační linky stavebního odpadu a umístění nového záměru.

Při posuzování možných vlivů na zdraví dotčené populace je nutno brát v úvahu obecně všechny faktory, které mohou mít dopad na lidské zdraví. Posuzovaný záměr nebude významným zdrojem elektromagnetického záření. V souvislosti s jeho realizací se nepředpokládá kontaminace zdrojů vod chemickými látkami ani patogenními organismy či jejich toxiny. Hlavními faktory, které mohou být realizací záměru významněji ovlivněny, budou tedy **hluk** a **znečištění ovzduší**.

Podkladovými materiály pro vyhodnocení vlivů záměru na veřejné zdraví jsou rozptylová studie, kterou zpracovala společnost ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o. [25] a hluková studie, kterou zpracovala společnost LI-VI PRAHA, spol. s r. o. [26].

V předkládaném hodnocení jsou uvažovány vlivy působící při běžném provozu – jeho výsledky není možno vztáhnout na případy zvláštních situací, 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 s využitím autorizačních návodů 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 [12] a odborné literatury [9]. 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 podmínky, za kterých se může projevit.
- **Určení vztahu dávky a účinku** – kvantitativně hodnotí vztah mezi úrovní expozice danému faktoru (látce 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, apod.
- **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 nutno 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, vyvolaných v souvislosti s realizací záměru, na zdraví obyvatel vychází ze zpracované rozptylové [25] a hlukové studie [26]. Tyto studie jsou tedy základním a jediným podkladem pro hodnocení expozice obyvatel.

V rozptylové studii a následně i v předkládaném hodnocení jsou posuzovány změny koncentrací oxidu dusičitého, benzenu, suspendovaných částic frakcí PM_{10} a $PM_{2,5}$ a benzo[a]pyrenu. Výběr látek tak respektuje doporučení autorizačního návodu SZÚ [12] pro hodnocení vlivů dopravy a hodnocené technologie. Výběr látek odpovídá charakteru provozu.

Podkladová rozptylová studie hodnotí celkovou míru znečištění ovzduší pomocí podkladových dat ČHMÚ a dále pak pomocí modelových výpočtů příspěvky zdrojů souvisejících s provozem záměru ve výchozím stavu a ve stavu se záměrem.

Vyhodnocení hlukové situace je pak provedeno pro jednotlivé výpočtové body reprezentující ovlivněnou obytnou zástavbu. Hodnocení bylo provedeno pro průmyslové (stacionární) zdroje hluku a pro automobilovou dopravu.

3. CHARAKTERISTIKA OBYTNÉ ZÁSTAVBY V OKOLÍ ZÁMĚRU

V nejbližším okolí hodnoceného záměru se nachází stávající obytné objekty (jedná se o domy v ulici Tovární). Jedná se o jednotlivé domy. Dále pak byla provedena kvantifikace účinků imisní a hlukové zátěže pro body reprezentující okraj zóny budoucí obytné zástavby.

V každé z následujících částí je pak specifikován odhad počtu obyvatel pro dané výpočtové body, pro které byla provedena kvantifikace účinků.

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. Jsou produkovány 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 zvířeném prachu v okolí silnic a průmyslových areálů lze obecně předpokládat nízké zastoupení jemných částic, podíl jednotlivých velikostních frakcí je však závislý na složení usazených částic, které byly zvířeny.
- 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 plynných látek) je tvořena převážně jemnými částicemi do 2,5 μm [3].

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 morbidity (nemocnosti).

Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala v roce 2021 nové Směrnice pro kvalitu ovzduší [4], které do značné míry nahrazují dosavadní směrnice, vydané v roce 2005 [3] . Expozice suspendovaným částicím podle WHO [4] zvyšuje riziko mortality na následující diagnózy:

- dlouhodobé koncentrace $PM_{2,5}$ – 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 $PM_{2,5}$ – 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}, nalezeno signifikantně zvýšené riziko mrtvice. Další poznatky ukazují na kauzální vztah expozice znečištění částicemi $PM_{2,5}$ a akutní infekce 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} [4]. V roce 2015 byly suspendované částice vyhodnoceny Mezinárodní agenturou WHO pro výzkum rakoviny IARC [6] jako prokázané lidské karcinogeny.

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

V posledních několika dekádách došlo v rozvinutých zemích k 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 $\mu g.m^{-3}$, 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 – 4,9 $\mu g.m^{-3}$, v případě PM_{10} pak 15,1 $\mu g.m^{-3}$. 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 [4] následující směrné hodnoty pro suspendované částice:

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

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

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

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) [5]. Jedná se o vztahy odvozené na základě analýzy výsledků mnoha epidemiologických studií a dat o zdravotních ukazatelích u populace zemí EU. Jednotlivé faktory koncentrace a účinku jsou formulovány prostřednictvím relativního rizika (RR), které vyjadřuje rozdíl v pravděpodobnosti výskytu daného účinku v populaci exponované určitou úrovní koncentrací znečišťující látky vůči populaci neexponované. Vztah mezi koncentrací a pravděpodobností výskytu účinku (rizikem) je lineární. Pro vlastní charakterizaci rizika exponované populace se pak používá výpočet metodou atributivní frakce, popsaný v kap. 4.2.

Doporučené vztahy jsou rozděleny do dvou 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 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). Tabulka 1. shrnuje 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 [5]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o 10 µg.m^{-3}
$PM_{2,5}$ roční průměr	úmrtnost u dospělých	> 30 let	A	1,062 (1,040 – 1,083)
PM_{10} roční průměr	kojenecká úmrtnost	0-1 rok	B	1,04 (1,02 – 1,07)
PM_{10} roční průměr	prevalence bronchitidy u dětí	6-12 let	B	1,08 (0,98 – 1,19)
PM_{10} roční průměr	incidence chronické bronchitidy u dospělých	> 18 let	B	1,117 (1,040 – 1,189)
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	všichni	A	1,0091 (1,0017 – 1,0166)
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	A	1,019 (0,9982 – 1,0402)
$PM_{2,5}$ roční průměr*	dny s omezenou aktivitou**	všichni	B	1,047 (1,042 – 1,053)
$PM_{2,5}$ roční průměr*	dny pracovní neschopnosti	20-65 let (zaměstnaní)	B	1,046 (1,039 – 1,053)
$PM_{2,5}$ denní průměr	příznaky astmatu u astmatických dětí	5-19 let	B	1,028 (1,006 – 1,051)

*) 2týdenní průměr přepočtený na roční průměr
**) nutno odečíst dny hospitalizace s kardiovaskulárními a respiračními chorobami a dny pracovní neschopnosti

4.1.2. Oxid dusičitý

Oxid dusičitý (NO_2) 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 se ve vzduchu postupně oxiduje na NO_2, v malé míře je emitován přímo NO_2.

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 s narůstající koncentrací NO_2 postupně navíc hypertrofují. To vede ke snížení odolnosti plicní tkáně vůči infekcím.

Expozice oxidu dusičitému podle WHO [4] zvyšuje riziko mortality na následující diagnózy:

- dlouhodobé koncentrace NO_2 – s vysokou jistotou u chronické obstrukční plicní nemoci, střední jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest a akutní infekce dolních cest dýchacích; včetně úmrtnosti dětí,
- krátkodobé (24-hodinové) koncentrace NO_2 – s vysokou jistotou u celkové mortality bez rozlišení příčin (vyjma úrazů) a rovněž u hospitalizací z důvodu astmatu.

V metaanalýze provedené WHO [4] byl nalezen vztah mezi dlouhodobou expozicí NO_2 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 $\mu g.m^{-3}$. Na základě výsledků této analýzy pak byla stanovena směrná hodnota ve výši 10 $\mu g.m^{-3}$.

Doposud platná směrná hodnota 40 $\mu g.m^{-3}$ dle [2] 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 $\mu g.m^{-3}$. Imisní limit platný v ČR je stanoven ve výši 40 $\mu g.m^{-3}$.

Co se týče krátkodobých expozic NO_2, pro hodinové koncentrace WHO uvádí, že zůstává v platnosti doporučení dle předchozí směrnice [2], která uvádí směrnou koncentraci ve výši 200 $\mu g.m^{-3}$. Pod touto úrovní nebyly prokázány žádné účinky krátkodobých expozic NO_2, většina studií pak poukazuje na vznik zdravotního efektu až při hodnotách nad 500 $\mu g.m^{-3}$. Naopak při vyšších koncentracích lze účinky považovat za prokázané. Česká legislativa stanovuje imisní limit pro hodinové koncentrace NO_2 na úrovni 200 $\mu g.m^{-3}$.

Aktuální směrnice [4] se pak podrobně věnuje problematice 24hodinových koncentrací NO_2, kde opět shledává dostatečně prokázaným vztah vůči 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 k vztahu mezi 24hodinovými a ročními hodnotami, a to ve výši 25 $\mu g.m^{-3}$.

Projekt HRAPIE [5] 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. 2. Faktory koncentrace – účinek – oxid dusičitý [5]

Imisní veličina	**Zdravotní účinek**	**Segment populace**	**Skupina**	**RR při zvýšení koncentrace o 10 $\mu g.m^{-3}$**
NO_2 roční průměr (nad 20 $\mu g.m^{-3}$)	úmrtnost u dospělých	> 30 let	B	1,055 (1,031 – 1,080)
NO_2 roční průměr	prevalence bronchitidy u astmatických dětí	5-14	B	1,21 (0,99 – 1,06)
NO_2 24hod průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	A	1,018 (1,0115 – 1,0245)

4.1.3. 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 %, u motorové nafty je podíl nevýznamný). Ovzduší je hlavním zdrojem expozice člověka benzenem. 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 účinky dráždivé a neurotoxické. 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 UCR = 6×10^{-6} $(\mu g.m^{-3})^{-1}$. 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 $\mu g.m^{-3}$
10^{-6} (1 v 1 000 000)	0,16 $\mu g.m^{-3}$

Imisní limit je stanoven ve výši 5 $\mu g.m^{-3}$, což odpovídá hodnotě karcinogenního rizika při celoživotní expozici na úrovni 3×10^{-5}.

4.1.4. 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 se považují za prokázané vlivy mutagenita a karcinogenita, přičemž benzo[a]pyren je jednou ze sloučenin, u kterých byla zjištěna nejsilnější karcinogenita.

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

Skupina PAH má obecně i nekarcinogenní účinky, a to oční i kožní dráždivost, toxické poškození ledvin a jater, hematotoxicita, imunosuprese, reprodukční toxicita a genotoxicita. Pro riziko nekarcinogenních účinků při inhalační expozici uvádí americká Agentura pro ochranu životního prostředí (US EPA) referenční koncentraci

RfC[24] ve výši 2 ng/m^3, odvozenou s použitím vysokého faktoru nejistoty ze studie vývojové toxicity u potkanů [7].

4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V podkladové rozptylové studii [25] jsou vypočteny celkové hodnoty imisní zátěže v obou výpočetních stavech. Pro jednotlivé výpočtové body byl přiřazen odhadovaný počet obyvatel, pro které byla provedena kvantifikace účinků znečištění ovzduší.

V následujícím textu je pak provedena kvantifikace očekávaných dopadů těchto změn na zdraví ovlivněné populace. V případě hodnocení vlivů expozice suspendovaným částicím a oxidu dusičitému na základě hodnot relativního rizika dle projektu HRAPIE [5] 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 [8]. Počet osob, dotčených daným účinkem, je pro látky s bezprahovým účinkem dán vztahem:

$$IMP = EXP \times AGF \times RGF \times BGR \times [1 + C \times (RR - 1)/10)],$$

kde

- IMP je četnost výskytu výsledného dopadu, vyjádřená v jednotkách dle podkladové tabulky RR (např. počet osob dotčených daným účinkem, počet případů bronchitidy, počet hospitalizací, počet dnů s omezenou aktivitou, dnů pracovní neschopnosti apod.)
- C je koncentrace znečišťující látky v µg.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 četnost výskytu výsledného dopadu v pozaďové (neexponované) populaci
- RR je relativní riziko při zvýšení koncentrace o 10 µg.m^{-3}

U prahového účinku (NO_2 – úmrtnost u dospělých) je výpočet obdobný s tím, že efekt je uvažován až od hodnoty 20 µg.m^{-3}. Dále, jak je z tabulek 1 a 2 patrné, v některých případech je vstupní hodnotou pro výpočet denní (tj. nikoli roční) průměr koncentrací. V těchto případech je v předložené studii počítáno s průměrnou roční koncentrací, která je z principu průměrem denních hodnot s tím, že tam, kde je to relevantní, je příslušná hodnota BGR sumarizována za celý rok. Stejně tak tam, kde je dle projektu HRAPIE uvažována 2týdenní hodnota přepočtená na roční průměr, je zde počítáno přímo s ročním průměrem. Hodnoty AGF a převážná většina hodnot BGR byly určeny na základě dat Českého statistického ústavu (ČSÚ), Ústavu

zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) a České zprávy sociálního zabezpečení (ČSSZ) pro Jihomoravský kraj, a to většinou jako průměr za roky 2017 – 2019. V některých případech bylo z praktických důvodů použito jiné průměrovací období (např. u kojenecké úmrtnosti byla z důvodu nízkých hodnot použita desetiletá řada, u hospitalizací byl kvůli nedostatku pozdějších dat použit průměr 2016 – 2018) [21, 22, 23, 24]. Chybějící hodnoty BGR (k bronchitidě) a hodnoty RGF byly převzaty z projektu HRAPIE [5].

Výchozí hodnoty pro kvantifikaci jednotlivých účinků vlivu imisní zátěže jsou uvedeny v následující tabulce. Hodnoty označené * byly převzaty z projektu HRAPIE [5], ostatní údaje jsou odvozeny z výše popsaných statistických dat pro Jihomoravský kraj.

Tab. 3. Vstupní údaje pro kvantifikaci účinků znečištění ovzduší [5, 8, 21-24]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	AGF (%)	RGF (%)	BGR	jednotka
$PM_{2,5}$ roční průměr	úmrtnost u dospělých	> 30 let	69,4		0,0137	případy
PM_{10} roční průměr	kojenecká úmrtnost	0-1 rok	1,0		0,0023	případy
PM_{10} roční průměr	prevalence bronchitidy u dětí	6-12 let	7,5		0,1860*	případy
PM_{10} roční průměr	incidence chronické bronchitidy u dospělých	> 18 let	81,9		0,0039*	případy
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	všichni	100,0		0,0280	případy
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	100,0		0,0134	případy
$PM_{2,5}$ roční průměr	dny s omezenou aktivitou	všichni	100,0		19*	dny
$PM_{2,5}$ roční průměr	dny pracovní neschopnosti	zaměst-naní	50,2		14,9	dny
$PM_{2,5}$ denní průměr	příznaky astmatu u astmatických dětí	5-19 let	14,6	3,5*	62,05*	dny s příznaky
NO_2 roční průměr	úmrtnost u dospělých	> 30 let	69,4		0,0137	případy
NO_2 roční průměr	prevalence bronchitických symptomů u astmatických dětí	5-14	10,3	5,1*	0,299*	dny s příznaky
NO_2 24hod průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	100,00		0,0134	případy

*) dle projektu HRAPIE [5]

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.

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 [4] směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace PM_{10} ve výši 15 $\mu g.m^{-3}$ a částic $PM_{2,5}$ ve výši 5 $\mu g.m^{-3}$.

Jak vyplývá z hodnocení výchozí imisní situace, lze v prostoru stávající obytné zástavby ve výchozím stavu očekávat průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM_{10} cca 22,3 – 22,7 $\mu g.m^{-3}$, v oblasti zóny pro budoucí obytnou zástavbu pak do 24,3 $\mu g.m^{-3}$. V případě suspendovaných částic $PM_{2,5}$ lze očekávat ve stávající obytné zástavbě koncentrace cca 16,8 – 16,9 $\mu g.m^{-3}$, v oblasti zóny pro budoucí zástavbu pak do 17,4 $\mu g.m^{-3}$. Hodnoty imisní zátěže částicemi PM_{10} v zájmovém území odpovídají třetímu postupnému cíli a hodnoty imisní zátěže částicemi $PM_{2,5}$ odpovídají druhému postupnému cíli.

Vlivem záměru dojde v celé výpočtové oblasti ke snížení imisní zátěže suspendovanými částicemi obou frakcí. Nejvyšší pokles koncentrací PM_{10} byl vypočten v prostoru stávající zástavby do 0,306 $\mu g.m^{-3}$, v budoucí obytné zóně pak do 1,919 $\mu g.m^{-3}$. V případě suspendovaných částic $PM_{2,5}$ byl nejvyšší pokles vypočten ve stávající zástavbě do 0,093 $\mu g.m^{-3}$ a v prostoru budoucí zástavby do 0,591 $\mu g.m^{-3}$.

V tabulkách 4 a 5 je pak uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků, definovaných projektem HRAPIE [5] (viz tab. 1.), na základě výpočetního postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Hodnocení je provedeno samostatně pro nejbližší stávající obytnou zástavbu a pro výhledovou obytnou zónu. Tabulka ukazuje jak celkovou hodnotu daného jevu v dotčené populaci, tak samostatně příspěvek zvýšené imisní zátěže. Pro kvantifikaci účinků bylo uvažováno s počtem 10 obyvatel ne jeden výpočtový bod.

Tab. 4. Vyhodnocení míry zdravotního rizika v zájmovém území – stávající zástavba

Suspendované částice PM_{10}				
Výpočetní stav		**Bez záměru**	**Se záměrem**	**Rozdíl**
Kojenecká úmrtnost (do 1 roku)	Celková hodnota	0,000782	0,000781	-0,000001
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,000065	0,000064	
Prevalence bronchitidy u dětí 6-12 let	Celková hodnota	0,490381	0,489657	-0,000724
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,075071	0,074347	
Incidence chron. bronchitidy u dospělých (> 18 let)	Celková hodnota	0,120632	0,120389	-0,000243
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,025222	0,024979	
Suspendované částice $PM_{2,5}$				
Výpočetní stav		**Bez záměru**	**Se záměrem**	**Rozdíl**
Úmrtnost u dospělých > 30 let (počet osob)	Celková hodnota	0,307681	0,307567	-0,000114
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,029158	0,029044	
Hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	Celková hodnota	0,797864	0,797817	-0,000047
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,012074	0,012027	
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	0,393572	0,393524	-0,000048
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,012234	0,012186	
Dny s omezenou aktivitou	Celková hodnota	388,0626	387,9476	-0,1150
	Z toho příspěvek imisní zátěže	29,4197	29,3047	
Dny pracovní neschopnosti	Celková hodnota	216,5399	216,4789	-0,0610
	Z toho příspěvek imisní zátěže	15,6067	15,5457	
Příznaky astmatu u astmatických dětí	Celková hodnota	9,9439	9,9421	-0,0018
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,4489	0,4471	

Tab. 5. Vyhodnocení míry zdravotního rizika v zájmovém území – budoucí obytná zóna

Suspendované částice PM_{10}				
Výpočetní stav		**Bez záměru**	**Se záměrem**	**Rozdíl**
Kojenecká úmrtnost (do 1 roku)	Celková hodnota	0,000784	0,000781	-0,000003
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,000067	0,000064	
Prevalence bronchitidy u dětí 6-12 let	Celková hodnota	0,493465	0,489594	-0,003871
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,078155	0,074284	
Incidence chron. bronchitidy u dospělých (> 18 let)	Celková hodnota	0,121669	0,120368	-0,001301
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,026259	0,024958	
Suspendované částice $PM_{2,5}$				
Výpočetní stav		**Bez záměru**	**Se záměrem**	**Rozdíl**
Úmrtnost u dospělých > 30 let (počet osob)	Celková hodnota	0,308175	0,307560	-0,000615
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,029652	0,029037	
Hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	Celková hodnota	0,798069	0,797815	-0,000254
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,012278	0,012024	
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	0,393779	0,393521	-0,000258
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,012442	0,012183	
Dny s omezenou aktivitou	Celková hodnota	388,5609	387,9407	-0,6202
	Z toho příspěvek imisní zátěže	29,9180	29,2978	
Dny pracovní neschopnosti	Celková hodnota	216,8042	216,4752	-0,3290
	Z toho příspěvek imisní zátěže	15,8710	15,5420	
Příznaky astmatu u astmatických dětí	Celková hodnota	9,9515	9,9420	-0,0095
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,4565	0,4470	

Jak vyplývá z uvedených tabulek, vlivem záměru je možné očekávat v případě expozice suspendovaným částicím frakce PM_{10} i $PM_{2,5}$ pokles zdravotního rizika (vyjádřeno jako kojenecká úmrtnost se jedná o snížení počtu případů v řádu miliontin případu v hodnocené populaci a vyjádřeno jako úmrtnost u dospělých v řádu desetitisícin nového případu na celou dotčenou populaci).

I další hodnocené ukazatele jsou pod statistickou hranicí jednoho nového případu, včetně dnů s omezenou aktivitou a dnů s pracovní neschopností, kde byl vypočten pokles v řádu desetin dnů. Jedná se však o stanovení účinků na základě vztahů zařazených projektem HRAPIE do skupiny B, tzn. o vztahy s vyšší nejistotou výpočtu.

Provoz záměru tedy způsobí snížení míry zdravotního rizika, byť se jedná o hodnoty statisticky nižší, než 1 nový případ.

4.2.2. Suspendované částice – vliv krátkodobých koncentrací

Vliv na obyvatele žijící v nejbližších domech je nutno očekávat také během epizod výskytu zvýšených denních koncentrací suspendovaných částic PM_{10}. Hodnocení krátkodobých koncentrací vychází ze starší metodiky WHO [3], která už je víceméně překonaná projektem HRAPIE, tudíž by je v principu ani nebylo nutné uvádět. Nicméně vzhledem k poměrně vysokým hodnotám IH_d (zejména ve výchozím stavu) považujeme za vhodné je zmínit. Uvažovanými příznaky jsou lehčí dýchací obtíže typu kašle.

Dle výsledků modelových výpočtů je možné očekávat nejvyšší denní koncentrace v prostoru stávající obytné zástavby až cca 9,9 $\mu g.m^{-3}$, na hranici zóny pro budoucí obytnou zástavbu pak až cca 29,8 $\mu g.m^{-3}$. Této vyšší hodnotě odpovídá zvýšení relativního rizika výskytu kašle ve výši 1,0909 – 1,1061 (tj. 1 případ na cca 47 – 55 obyvatel). Ve stavu se záměrem byl vypočten nejvyšší příspěvek záměru v obytné zástavbě ve výši 0,16 $\mu g.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá zvýšení relativního rizika výskytu kašle ve výši 1,0005 – 1,0006 (tj. 1 případ na cca 8 778 – 10 246 obyvatel).

Jak je tedy zřejmé, zatímco ve výchozím stavu nelze zcela vyloučit možné ojedinělé riziko výskytu kašle v dotčené populaci, v případě stavu se záměrem je pravděpodobnost výskytu kašle několik řádů pod hranicí jednoho případu.

4.2.3. Oxid dusičitý

Z **chronických účinků** NO_2 jsou nejčastěji popisovány strukturální plicní změny a zvýšení vnímavosti vůči bakteriím a virovým infekcím.

Pro **chronickou expozici** uvádí WHO [4] směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého ve výši 10 $\mu g.m^{-3}$.

Jak vyplývá z hodnocení výchozí imisní situace, lze v prostoru obytné zástavby ve výchozím stavu očekávat průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého cca 12,8 – 12,9 $\mu g.m^{-3}$, v oblasti zóny pro budoucí obytnou zástavbu pak do 13,0 $\mu g.m^{-3}$. Hodnoty imisní zátěže oxidem dusičitým v zájmovém území odpovídají třetímu postupnému cíli.

Vlivem záměru dojde v celé výpočtové oblasti ke snížení imisní zátěže oxidem dusičitým. Nejvyšší pokles koncentrací byl vypočten v prostoru stávající zástavby do 0,071 $\mu g.m^{-3}$, v budoucí obytné zóně pak do 0,167 $\mu g.m^{-3}$.

V tabulkách 6 a 7 je pak uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků, definovaných projektem HRAPIE [5] (viz tab. 2.), na základě výpočetního postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Hodnocení je provedeno samostatně pro nejbližší stávající obytnou zástavbu a pro výhledovou obytnou zónu. Tabulka ukazuje jak

celkovou hodnotu daného jevu v dotčené populaci, tak samostatně příspěvek zvýšené imisní zátěže. Pro kvantifikaci účinků bylo uvažováno s počtem 10 obyvatel ne jeden výpočtový bod.

Tab. 6. Vyhodnocení změn zdravotního rizika v oblastech s nárůstem imisní zátěže oxidu dusičitého – stávající zástavba

Oxid dusičitý				
Výpočetní stav		**Bez záměru**	**Se záměrem**	**Rozdíl**
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	0,390169	0,390134	-0,000035
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,008831	0,008796	
Úmrtnost u dospělých > 30 let	Celková hodnota	0,278523	0,278523	0,000000
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,000000	0,000000	
Prevalence bronchitidy u dětí 5-14	Celková hodnota	0,060079	0,060028	-0,000051
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,012779	0,012728	

Tab. 7. Vyhodnocení změn zdravotního rizika v oblastech s nárůstem imisní zátěže oxidu dusičitého – budoucí obytná zóna

Oxid dusičitý				
Výpočetní stav		**Bez záměru**	**Se záměrem**	**Rozdíl**
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	0,390225	0,390135	-0,000090
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,008887	0,008797	
Úmrtnost u dospělých > 30 let	Celková hodnota	0,278523	0,278523	0,000000
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,000000	0,000000	
Prevalence bronchitidy u dětí 5-14	Celková hodnota	0,060160	0,060030	-0,000130
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,012860	0,012730	

Jak vyplývá z uvedených tabulek, vlivem záměru je možné očekávat v případě expozice oxidu dusičitému pokles zdravotního rizika, a to v případě hospitalizace s respiračními chorobami a prevalence bronchitidy u dětí, a to v řádu desetitisícin nového případu v dotčené populaci. V případě úmrtnosti u dospělých není třeba vzhledem k nízkým celkovým hodnotám očekávat zvýšené riziko vlivem imisní zátěže ani ve výchozím stavu, ani ve stavu se záměrem.

Provoz záměru tedy způsobí snížení míry zdravotního rizika, byť se jedná o hodnoty statisticky nižší, než 1 nový případ.

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 $\mu g.m^{-3}$.

Jak vyplývá z výsledků rozptylové studie, nejvyšší hodnoty ve výchozím stavu lze očekávat pod hranicí 80 $\mu g.m^{-3}$, ve stavu se záměrem okolo 55 $\mu g.m^{-3}$. Není tedy třeba očekávat v celém zájmovém území koncentrace nad hranicí směrné hodnoty v žádném z hodnocených stavů.

4.2.4. Benzen

Benzen je prokázaný humánní karcinogen. V rámci tohoto vyhodnocení byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO ve výši 6×10^{-6} $(\mu g.m^{-3})^{-1}$. Tato hodnota znamená, že koncentrace benzenu 1 $\mu g.m^{-3}$ 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 respektuje s tím, že pro účely ochrany zdraví obyvatel musela být přijata určitá dlouhodobá (roční) limitní hodnota, která by vlastně vyjádřila ještě 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 vyplývá z hodnocení výchozí imisní situace, lze v prostoru obytné zástavby ve výchozím stavu očekávat průměrné roční koncentrace benzenu cca 1,0 $\mu g.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá míra karcinogenního rizika $6{,}0 \times 10^{-6}$. Jedná se tedy o hodnoty na hranici přijatelné míry rizika.

Příspěvek hodnoceného záměru ve výchozím stavu v prostoru současné i budoucí zástavby byl vypočten nejvýše do 0,003 $\mu g.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá změna míry zdravotního rizika ve výši $1{,}8 \times 10^{-8}$ (1 případ na více než 55,5 milionu obyvatel). Ve stavu se záměrem byl ve všech částech zástavby vypočten příspěvek pod hranicí 0,001 $\mu g.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá změna míry zdravotního rizika ve výši $6{,}0 \times 10^{-9}$ (1 případ na více než 166 milionů obyvatel). Vzhledem k počtu dotčených obyvatel (v řádu desítek) lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou zcela nevýznamné, vlivem záměru se však předpokládá snížení míry zdravotního rizika.

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 × 10^{-5} $(ng.m^{-3})^{-1}$. 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 vyplývá z hodnocení výchozí imisní situace, lze v prostoru obytné zástavby ve výchozím stavu očekávat průměrné roční koncentrace cca 0,7 $ng.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá míra karcinogenního rizika 60,9 × 10^{-6}. To již odpovídá hodnotám nad hranicí přijatelného rizika. Úroveň přijatelného rizika v řádu 10^{-6} by byla dosažena již při koncentraci na úrovni 0,1 $ng.m^{-3}$ nebo nižší, což je hodnota překročená na všech měřicích stanicích v ČR.

Příspěvek hodnoceného záměru ve výchozím stavu v prostoru současné i budoucí zástavby byl vypočten nejvýše do 0,0006 $ng.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá změna míry zdravotního rizika ve výši 5,22 × 10^{-8} (1 případ na více než 19 milionů obyvatel). Ve stavu se záměrem byl v zástavbě vypočten příspěvek nejvýše 0,0003 $ng.m^{-3}$. Této hodnotě odpovídá změna míry zdravotního rizika ve výši 2,61 × 10^{-8} (1 případ na více než 38 milionů obyvatel). Vzhledem k počtu dotčených obyvatel (v řádu desítek) lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou zcela nevýznamné, vlivem záměru se však předpokládá snížení míry zdravotního rizika.

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
- skladba vozového parku, zejména ve vztahu k využívání alternativních paliv a z toho související nejistota ve výpočtu množství a skladby emisí
- vliv celospolečensky významných událostí na celkové vzorce přepravy osob a materiálu (pandemická či politická situace)
- vliv zdrojů znečišťování ovzduší, pro které v současné době není ustálena metodika hodnocení
- 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. Zejména v případě účinků, zařazených v rámci projektu HRAPIE do skupiny B, je nutno brát v úvahu skutečnost, že s kvantifikací rizika je spojena vyšší míra nejistoty. Obdobně je tomu i v případě stanovení jednotkového rizika u karcinogenních polutantů (benzen, benzo[a]pyren).
- 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.

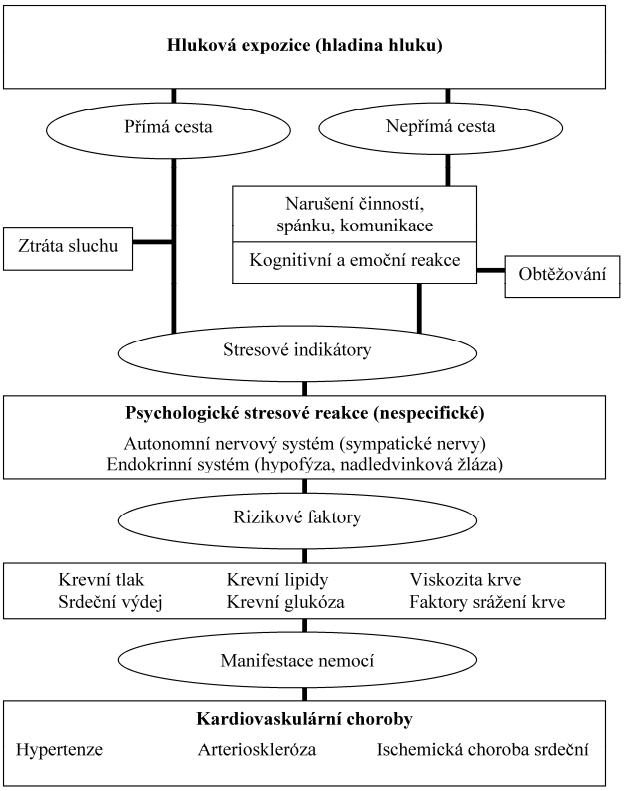
5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL

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 a 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 [11] v řetězci „hluková expozice – fyziologická (stresová) reakce organismu – biologická odezva a vznik onemocnění“ ukazuje obrázek 3.

Obr. 3. Schéma účinků hluku



(zdroj: Babisch 2002 in [11])

Za dostatečně prokázané závažné účinky hluku jsou podle aktuální směrnice WHO [18] 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, podrážděností 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 nejtišší 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 mechanizmem je zde stresová reakce organismu, kdy zvukový signál je 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, porucha 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 a 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 výsledek 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, vlivy na těhotenství a vývoj plodu a na mentální zdraví [18].

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 [18] 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 a železniční dopravy v řešeném území byly použity postupy, stanovené autorizačním návodem SZÚ [12] a vycházející z Annex III Směrnice komise (EU) 2020/367. Hodnocení je provedeno pro následující účinky hluku ze silniční dopravy:

- 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:

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

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

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 (ICHS) 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 ICHS podle rovnic:

$RR_{ICHS,\ silnice} = 1{,}007733Ldvn-53$ ... pro $L_{dvn} > 53$ dB

$RR_{ICHS,\ silnice} = 1$ ... pro $L_{dvn} \leq 53$ dB

kde:

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

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

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

kde:

p_j = podíl populace v daném segmentu

RR_j = relativní riziko vzniku ICHS v rámci daného segmentu populace

I = incidence ICHS v neovlivněné populaci, uvažována je hodnota 9,275 na 1000 osob a rok dle autorizačního návodu [12]

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 [16], 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 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 a stacionární zdroje) samostatně.

5.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky hlukové studie pro okolní zástavbu a jednotlivé výpočtové stavy. Hodnocení bylo provedeno pro:

- výchozí stav: stacionární průmyslové zdroje v denní dobu
- stav se záměrem: stacionární průmyslové zdroje a doprava v denní dobu a v části výpočtových bodů i pro stacionární průmyslové zdroje v noční dobu

Tabulka 8 uvádí hodnoty hlukové zátěže pro okolní obytnou zástavbu, a to stávající i pro body reprezentující zónu pro budoucí obytné bydlení.

Tab. 8. Hodnoty hlukové zátěže z průmyslových zdrojů a dopravy

Výpočtový bod	Výška (m)	Výchozí stav	Stav se záměrem		
		Průmysl	Průmysl		Doprava
		Denní doba	Denní doba	Noční doba	Denní doba
1	6,5	54,3	27,8	16,1	31,3
2	6,5	58,4	35,4	12,4	39,2
3	6,5	51,5	27,7		36,4
4	3,0	45,2	30,8		28,9
	6,0	49,9	30,8		31,2
5	3,0	41,5	18,4		25,2
	6,0	42,0	19,5		27,5
6	3,0	43,0	19,6	1,8	26,4
7	3,0	43,2	27,6	1,9	27,1

Na základě výsledků hlukové studie byly kvantifikovány podíly obyvatel v pásmech hodnot nad hranicí doporučených expozičních hodnot, míra obtěžování hlukem, rušení spánku a nárůst výskytu ISCHS. Výpočet je sice zatížen poměrně významnou nejistotou, neboť nezohledňuje různou neprůzvučnost obvodového pláště budov, výskyt osob v místě bydliště a odlišnou vnímavost jedinců vůči hluku, přesto jej lze považovat za dostačující k vyhodnocení vlivu záměru.

Pro kvantifikaci účinků hluku bylo uvažováno s počtem obyvatel na úrovni 10 pro jednotlivé výpočtové body na okraji zóny pro budoucí bydlení a 5 obyvatel pro jednotlivé objekty stávající zástavby. Celkový počet dotčených obyvatel se tak pohybuje na úrovni 50.

Z orientačního vyhodnocení hluku ze stacionárních zdrojů ve **výchozím stavu** vyplývá, že podíl obtěžovaných obyvatel se pro body 1 až 4 pohybuje v rozmezí 8,0 – 14,5 %. V bodech 5 až 7 nebyly zaznamenány hodnoty hlukové zátěže indikující silné obtěžování.

Ve **stavu se záměrem** nebyly zaznamenány hodnoty hlukové zátěže indikující silné obtěžování nebo silné rušení při spánku v žádném z výpočtových bodů. Stejně tak v případě hluku z dopravy nebyly zaznamenány hodnoty nad hranicí směrných hodnot WHO a ani hodnoty indikující silné obtěžování či zvýšený výskyt ICHS.

Jak tedy vyplývá z provedeného hodnocení, není třeba v zástavbě ve výpočtové oblasti očekávat hlukovou zátěž z hodnoceného záměru způsobující nárůst míry obtěžování ani nárůst výskytu ICHS.

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
- vliv celospolečensky významných událostí na celkové vzorce přepravy osob a materiálu (pandemická či politická situace)
- 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

Předložená studie se zabývala posouzením vlivů provozu záměru „Technologie na zpracování zbytkových plastů Velké Pavlovice“ na zdraví obyvatel žijících v dotčené lokalitě.

Znečištění ovzduší

V rámci hodnocení vlivů imisní zátěže na zdraví obyvatel byly sledovány imisní hodnoty pro oxid dusičitý, benzen, suspendované částice frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ a benzo[a]pyren. Z výše uvedených znečišťujících látek je nutno očekávat ve výpočtové oblasti zvýšené riziko z chronické expozice částicím PM_{10}, $PM_{2,5}$, oxidu dusičitému a benzo[a]pyrenu. Obdobná situace je však typická pro většinu sídel na území ČR. V případě krátkodobých koncentrací NO_2 není třeba v žádné části zástavby očekávat hodnoty nad hranicí směrné hodnoty WHO, u benzenu lze ve výchozím stavu očekávat imisní zátěž na hranici přijatelné míry rizika.

Vlivem záměru lze očekávat snížení míry zdravotního rizika. U všech hodnocených ukazatelů bylo vypočteno snížení počtu případů, i když se jedná o změny pod hranicí jednoho nového případu daného účinku.

Hluková zátěž

Jak vyplývá z orientačního vyhodnocení hluku ze stacionárních zdrojů ve výchozím stavu (bez záměru) vyplývá, že podíl obtěžovaných obyvatel se pro část výpočtových bodů pohybuje v rozmezí 8,0 – 14,5 %. V části výpočtových bodů nebyly zaznamenány hodnoty hlukové zátěže indikující silné obtěžování.

Ve stavu se záměrem nebyly zaznamenány hodnoty hlukové zátěže indikující silné obtěžování nebo silné rušení při spánku v žádném z výpočtových bodů. Stejně tak v případě hluku z dopravy nebyly zaznamenány hodnoty nad hranicí směrných hodnot WHO a ani hodnoty indikující silné obtěžování či zvýšený výskyt ICHS.

Jak tedy vyplývá z provedeného hodnocení, není třeba v zástavbě ve výpočtové oblasti očekávat hlukovou zátěž z hodnoceného záměru způsobující nárůst míry obtěžování ani nárůst výskytu ICHS.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] SZÚ: Autorizační návod AN 15/04 verze 5: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ, Praha, 2020

[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] WHO: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005, WHO, 2006

[4] WHO: WHO global air quality guidelines. Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva, WHO, 2021

[5] 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

[6] WHO-IARC: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109, Outdoor air pollution, 2015

[7] US EPA: Integrated Risk Information System, Toxicological Review of Benzo(a)pyrene, 2017

[8] 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 znečišťujícím látkám. TA ČR, COŽP UK, Praha 2016

[9] Provazník K., Cikrt M., Komárek L. a kol: Manuál prevence v lékařské praxi VIII., Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ, Praha, 2000

[10] US EPA: Integrated Risk Information System (IRIS). http://www.epa.gov/IRIS/

[11] WHO: Night noise Guidelines for Europe 2009, (http://www.euro.who.int/pubrequest)

[12] SZÚ: Autorizační návod AN 15/04 verze 5: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ, Praha, 2020.

[13] Miedema, H. M. E.: Noise & Health: How Does Noise Affect Us?, The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Enginering, The Hague, 2001

[14] European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects: Position Paper on Dose-Effects Relationships for Night Time Noise, 2004

[15] European Commission: Position paper on dose–response relationships between transportation noise and annoyance. Office for Official Publicationso ft the European Communities, Luxembourg, 2002

[16] European Environment Agency: Good practice guide on noise exposures and potential health effects. Copenhagen. 2010

[17] Babisch W.: Road traffic noise and cardiovascular risk. Noise Health 2008; 10:27-33

[18] WHO: Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Kodań, 2018. http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-forthe-european-region-2018

[19] SZÚ: Zdravotní účinky hluku. http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku

[20] Vandasová, Z., Fialová, A.: Vztahy mezi hlukovými ukazateli Ldvn a Ldn. http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/vztahy-mezi-hlukovymi-ukazateli-ldvn-a-ldn

[21] ČSÚ: Veřejná databáze – Počet obyvatel, Pohlaví a věk (jednoletky), 2010 – 2019

[22] ČSÚ: Zemřelí podle seznamu příčin smrti, pohlaví a věku v ČR, krajích a okresech (2010 – 2019)

[23] ÚZIS: Hospitalizovaní v nemocnicích ČR (2016–2018)

[24] ČSSZ: Nemocenská statistika

[25] ATEM, Ateliér ekologických modelů, s. r. o.: Technologie na zpracování zbytkových plastů Velké Pavlovice. Rozptylová studie. Praha, 2022.

[26] LI-VI PRAHA, spol. s r. o.: Technologie na zpracování zbytkových plastů Velké Pavlovice. Akustická studie. Praha, 2022.