



Geologie, ekologie, těžební servis
Sídlo: Perucká 11a, 120 00 Praha 2
Tel.: 233 370 741, e-mail: get@get.cz

HODNOCENÍ VLIVŮ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ

NÁZEV ZÁMĚRU

RECYKLACE A REKULTIVACE V PÍSKOVNĚ BRATČICE

OZNAMOVATEL

Heidelberg Materials CZ, a.s.
Mokrá 359, 664 04 Mokrá-Horákov

ZPRACOVATEL: ING. MONIKA ZEMANCOVÁ

DATUM VYDÁNÍ: BŘEZEN 2026

GET s. r. o. - služby v oblasti průzkumu, těžby a zpracování nerostných surovin, hydrogeologie, ekologie a měřické práce

Perucká 11a
Praha 2, 120 00
☎ 233 370 741
Mobil: 724 368 935
E-mail : zemancova@get.cz
Internet: www.get.cz

HODNOCENÍ VLIVŮ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ VE VZTAHU K POSUZOVANÉMU ZÁMĚRU

Recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice

Vypracovala: **Ing. Monika Zemancová**
Držitelka osvědčení odborné způsobilosti pro posuzování vlivů na veřejné zdraví rozhodnutím Ministerstva zdravotnictví č. j. HEM-300-1.6.05/19411 ze dne 21. 6. 2005, prodlouženo rozhodnutím č. j. 6592-OVZ-32.1-26.1.10 ze dne 17. 2. 2010, rozhodnutím č. j. MZDR33894/2015-2/OVZ ze dne 19. 6. 2015, rozhodnutím č. j. MZDR 1292/2020-2/OVZ ze dne 13. 1. 2020 a rozhodnutím č. j. MZDR 5035/2025-2/OVZ ze dne 26. 2. 2025 (pořadové číslo osvědčení 3/2025).

Bez písemného souhlasu zpracovatele nesmí být tento dokument reprodukován jinak než celý.

Praha, březen 2026

Obsah:

1. Úvod.....	4
2. Popis hodnoceného záměru	5
2.1. Charakteristika záměru	5
2.2. Umístění záměru.....	5
2.3. Popis technického a technologického řešení záměru	7
3. Ovzduší.....	11
3.1. Identifikace nebezpečnosti a vztah dávka – účinek.....	11
3.1.1. Oxidy dusíku NO _x , resp. NO ₂	11
3.1.2. Suspendované částice (PM ₁₀ , PM _{2,5}).....	13
3.1.3. Benzo(a)pyren C ₂₀ H ₁₂	16
3.2. Hodnocení expozice a charakterizace rizika polutantů ovzduší.....	18
3.2.1 Oxidy dusíku NO _x , resp. NO ₂	20
3.2.2. Suspendované částice PM ₁₀ , PM _{2,5}	22
3.2.3. Benzo(a)pyren C ₂₀ H ₁₂	25
3.3. Závěr ve vztahu ke znečištění ovzduší	26
4. Hluk	27
4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztah dávka – účinek.....	27
4.2. Hodnocení expozice a charakterizace rizika hluku	31
4.3. Závěr ve vztahu problematiky hluku	38
5. Analýza nejistot	38
5.1. Polutanty ovzduší	38
5.2. Hluk	39
6. Celkový závěr.....	41
7. Použité informační zdroje	42

1. Úvod

Toto předkládané hodnocení vlivu na veřejné zdraví ve vztahu k posuzovanému investičnímu záměru s názvem „Zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice“ je zpracováno jako samostatná příloha k dokumentaci EIA dle přílohy č. 4 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí ve znění pozdějších změn.

Cílem hodnocení možných vlivů na veřejné zdraví je posouzení významnosti zdravotních rizik vyplývajících z působení fyzikálních a chemických faktorů souvisejících s posuzovaným záměrem. Posouzení se vztahuje pouze na běžné provozní podmínky záměru, tj. při dodržování právních a technických předpisů, technologií, kapacity a charakteru záměru uvedených v podkladech, neřeší situace při nedodržení uvedených podmínek a v případech mimořádných událostí, např. živelných pohrom nebo havárií.

Tento dokument je vypracován v souladu s právními předpisy Evropské unie, metodickými postupy Světové zdravotnické organizace (dále WHO), Agentury pro ochranu prostředí (dále US EPA) v USA a dalších světových vědeckých institucí.

K posouzení možných negativních vlivů na veřejné zdraví bylo využito metodiky Odhadu zdravotních rizik, která zde zahrnuje vliv znečištění ovzduší a vliv hlukové zátěže na exponované obyvatelstvo. Odhad zdravotních rizik vychází z identifikace rizika, zhodnocení vztahu dávky a účinku, odhadu expozice obyvatelstva a následné kvalitativní i kvantitativní charakterizace rizika.

Hlavními podklady pro hodnocení vlivu záměru na veřejné zdraví byly rozptylová studie zpracovaná v březnu 2026 Mgr. Danielou Fogašovou (Bucek s. r. o.), hluková studie zpracovaná v březnu 2026 Emilem Moravcem (GET s. r. o.) a příslušné kapitoly dokumentace EIA zpracované dle přílohy č. 4 zákona č. 100/2001 Sb. Ing. Danielem Bubákem, Ph.D. (GET s. r. o.). Další podklady a zdroje limitních hodnot, referenčních dávek apod. jsou uvedeny v příslušných kapitolách textu a v seznamu literatury.

V akustické studii, která hodnotí vliv provozu zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice, vč. tímto provozem generovanou dopravu, na akustickou situaci v nejbližším chráněném venkovním prostoru a chráněném venkovním prostoru staveb, byla hluková situace modelována ve výpočetním programu Predictor-LimA typ 7810 A, verze 2022.1 (Softnoise GmbH). Výpočet hluku ze silniční dopravy byl proveden ve výše uvedeném výpočetním produktu dle výpočetní metodiky CNOSSOS-EU. Výpočet hluku z průmyslových zdrojů byl proveden dle ISO 9613-2 „Akustika-Útlum při šíření zvuku ve venkovním prostoru, Část 2: Obecné výpočetní metody“. Hlukové imise jsou v akustické studii vyjádřeny pomocí ekvivalentních hladin akustického tlaku numericky-hodnotami v zadaných referenčních bodech a graficky-plošným rozložením průběhu křivek izofon, resp. hlukových pásem.

Rozptylová studie hodnotí vliv provozu vlastního areálu recyklačního dvora a zařízení pro zasypávání vytěžených partií pískovny Bratčice recyklátem v rámci sanačních a rekultivačních prací, na imisní situaci v okolí těžebny a v okolí přepravních tras záměrem generované dopravy. Rozptylová studie vyčísluje příspěvky k celkové imisní zátěži, které následně porovnává s přípustnými limity a stávající imisní situací v lokalitě. Pro výpočet rozptylové studie byl použit odhad větrné růžice pro 5 tříd stability a 3 rychlosti větru zpracovaný ČHMÚ. Vyhodnocení zátěže polutanty ovzduší je provedeno podle závazné metodiky odboru ochrany ovzduší MŽP „SYMOS'97“, která je určena pro výpočet rozptylu znečišťujících látek v ovzduší. Je založena na předpokladu Gaussovského profilu koncentrací na průřezu kouřové vlečky (statistická teorie turbulentní difúze), zohledňuje tvar terénu mezi

zdrojem a referenčním bodem a umožňuje výpočet znečištění ovzduší plynnými látkami a prachem z bodových, plošných a liniových zdrojů a výpočet znečištění od většího počtu zdrojů. Rozptylová studie vyhodnocuje též průměrné roční koncentrace benzenu a maximální osmihodinové koncentrace CO, avšak s ohledem na velmi nízké imisní pozadí těchto škodlivin v daném místě a naprosto zanedbatelné imisní příspěvky z provozu hodnoceného zařízení není pro tyto škodliviny hodnocení vlivů na veřejné zdraví prováděno.

2. Popis hodnoceného záměru

2.1. Charakteristika záměru

Předmětem posuzovaného záměru je provoz zařízení k nakládání s odpady v prostoru výhradního ložiska Bratčice (B 3 011 000). V zařízení bude s odpadem nakládáno formou recyklace a formou zasypávání. Záměrem oznamovatele je provozovat zařízení k zasypávání a recyklační dvůr současně. Část odpadů vystupujících z úpravárenského zařízení recyklačního dvora (přibližně 30 %, tedy 50 000 t/rok) nebude možné uplatnit na trhu a počítá se s jejich uložením do zařízení k zasypávání v rámci sanace vytěžené části DP Medlov.

V současné době je v DP Medlov již provozováno zařízení k zasypávání stejného oznamovatele. Realizací předkládaného záměru dojde k lokálnímu přesunutí stávajícího zařízení do nové plochy. Zasypávání je a bude prováděno jako součást navrženého způsobu rekultivačních prací technického a biologického charakteru ve vytěžené části DP Medlov

Plošný rozsah záměru

Plošná výměra recyklačního dvora je cca 4,65 ha. Celková plocha sanace a rekultivace vytěžené části DP Medlov v rámci provozu zařízení k zasypávání činí cca 28 ha.

Kapacita záměru

V recyklačním zařízení bude ročně upraveno přibližně 150 tis. tun vstupních odpadů. Předpokládaný objem zásypových hmot, tj. odpadů, které jsou zapotřebí k dokončení zavážení těžebního prostoru, je vyčíslen na 5,6 mil. t (3,5 mil. m³). Roční kapacita bude dosahovat 280 tis. tun uloženého materiálu za rok.

Časový rozsah

Při předpokládané roční kapacitě byla doba trvání provozu zařízení k zasypávání v navrženém rozsahu stanovena na 20 let. Po stejnou dobu je zároveň plánován provoz zařízení na výrobu recyklátu ze stavebních a demoličních odpadů (SDO).

2.2. Umístění záměru

Zařízení k nakládání s odpady bude umístěno do plochy pískovny Bratčice, která se nachází v Jihomoravském kraji, v okrese Brno-venkov. Zařízení pro zasypávání leží v DP Medlov, recyklační dvůr v DP Němčičky I a souhrnně tyto dobývací prostory tvoří pískovnu Bratčice, kde se nachází plochy již vytěžené a zrehabilitované, plochy v současné době těžené a plochy k těžbě připravované, a to včetně souvisejícího technického, administrativního a sociálního zázemí.

Recyklační dvůr bude umístěn v ploše již vytěžené a zrehabilitované, zařízení pro zasypávání bude provozováno v části, kde byla těžba v nedávné době zahájena (POPD Ledce II).

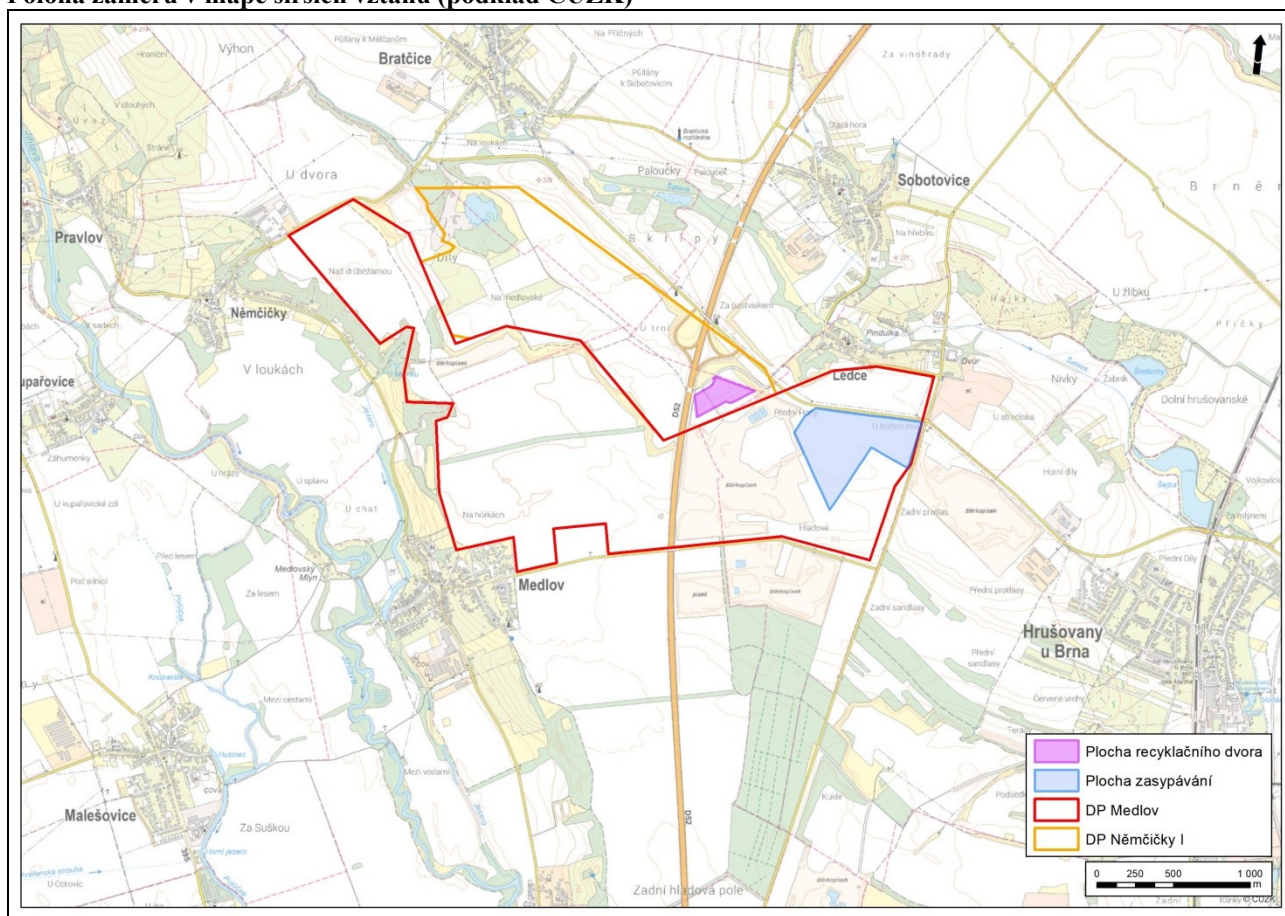
Zájmové plochy recyklačního dvora a zařízení k zasypávání jsou od sebe vzdáleny přibližně 300 m a leží přibližně 400 m jižně a jihozápadně od obce Ledce, cca 2 km severovýchodně od obce Medlov, cca 1,2 km jižně a jihovýchodně od obce Sobotovice a přibližně 2,3 km jihovýchodně od Bratčic.

Lokalita je ze všech stran ohraničena rozsáhlými zemědělskými pozemky a plochami těžby v okolních DP. Pískovna Bratčice je napojena na dálnici D52 Brno-Pohořelice prostřednictvím krátkého úseku silnice 3. třídy č. III/39528. Z této silnice je vybudována účelová komunikace, která slouží pro obsluhu pískovny Bratčice.

Administrativně se jedná o:

Kraj:	Jihomoravský
Obec:	Medlov
	Ledce
Katastrální území:	Medlov
	Ledce u Židlochovic

Poloha záměru v mapě širších vztahů (podklad ČUZK)



Poloha záměru v leteckém snímku (podklad ČUZK)



2.3. Popis technického a technologického řešení záměru

Předmětem záměru je provoz zařízení k nakládání s odpady, a to jednak formou zasypávání v rámci sanace a rekultivace vytěžené části DP Medlov, a dále formou recyklace vstupních stavebních a demoličních odpadů (SDO).

Záměrem oznamovatele je provozovat zařízení k zasypávání a recyklační dvůr současně. Část odpadů vystupujících z úpravárenského zařízení nebude možné uplatnit na trhu a počítá se s jejich uložením do zařízení k zasypávání v rámci sanace vytěžené části DP Medlov.

Technologicky lze tedy záměr rozdělit na dvě části:

- recyklace
- zasypávání

Recyklace

Součástí záměru „Zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice“ je výstavba a provoz recyklačního zařízení určeného k mechanické úpravě dovezeného materiálu (odpadu) formou drcení a třídění na výsledný produkt.

Recyklační dvůr bude sloužit výhradně pro dočasné skladování a recyklaci stavebního a demoličního odpadu. Recyklát bude opětovně využíván, např. na stavbách do podkladních vrstev atd.

Projektovaná kapacita zařízení pro nakládání s odpady formou recyklace je stanovena na 150 000 t/rok. Přibližně 70 % upravovaného materiálu budou tvořit stavební a demoliční odpady (SDO), jakou jsou cihly, beton, tašky a keramické výrobky atd. Zbýlých 30 % bude představovat zemina.

Dovoz stavebního materiálu bude probíhat nákladními automobily. Přístup do zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice je ze silnice č. III/39528 Ledce-Bratčice, s odbočením na provozní komunikaci pískovny, kde je umístěn vjezd do areálu.

Po zvážení a kontrole bude materiál vysypán na příslušné plochy určené k jeho skladování. Samotná úprava vstupních odpadů bude probíhat na mobilním drticím a třídícím zařízení. Provozní doba mobilní drtící a třídící sestavy vychází z uvažovaného hodinového výkonu, který je 120 t/h. Při úpravě zeminy nebudou používány drtiče. Drtiče budou průměrně v provozu 4 hod/denně a zpracují cca 480 t/den vstupního materiálu. Mobilní třídič bude průměrně využíván cca 5 hod/den a zpracuje přibližně 600 t/den.

K manipulaci s materiálem budou v ploše zařízení (tzn. při zasypávání i v recyklačním dvoře) sloužit dva kolové nakladače Volvo L180 (nebo podobné). Předpokládaná doba provozu každého nakladače je 7 hod/den.

Recyklovaný materiál bude dočasně skladován na určených plochách v areálu recyklačního dvora, než dojde k jeho odběru koncovým zákazníkem.

Předpokladem oznamovatele je, že přibližně 70 % recyklovaného materiálu bude mít své odběratele a uplatnění na trhu. Zbylých 30 % odpadů bude uloženo v ploše sousedního zařízení k zasypávání. Objem ukládaných odpadů z recyklačního dvora tedy bude ročně dosahovat cca 50 000 t, přičemž přibližně 35 000 t/rok budou tvořit recyklované stavební a demoliční odpady a cca 15 000 t/rok bude představovat katrovaná zemina.

Zasypávání

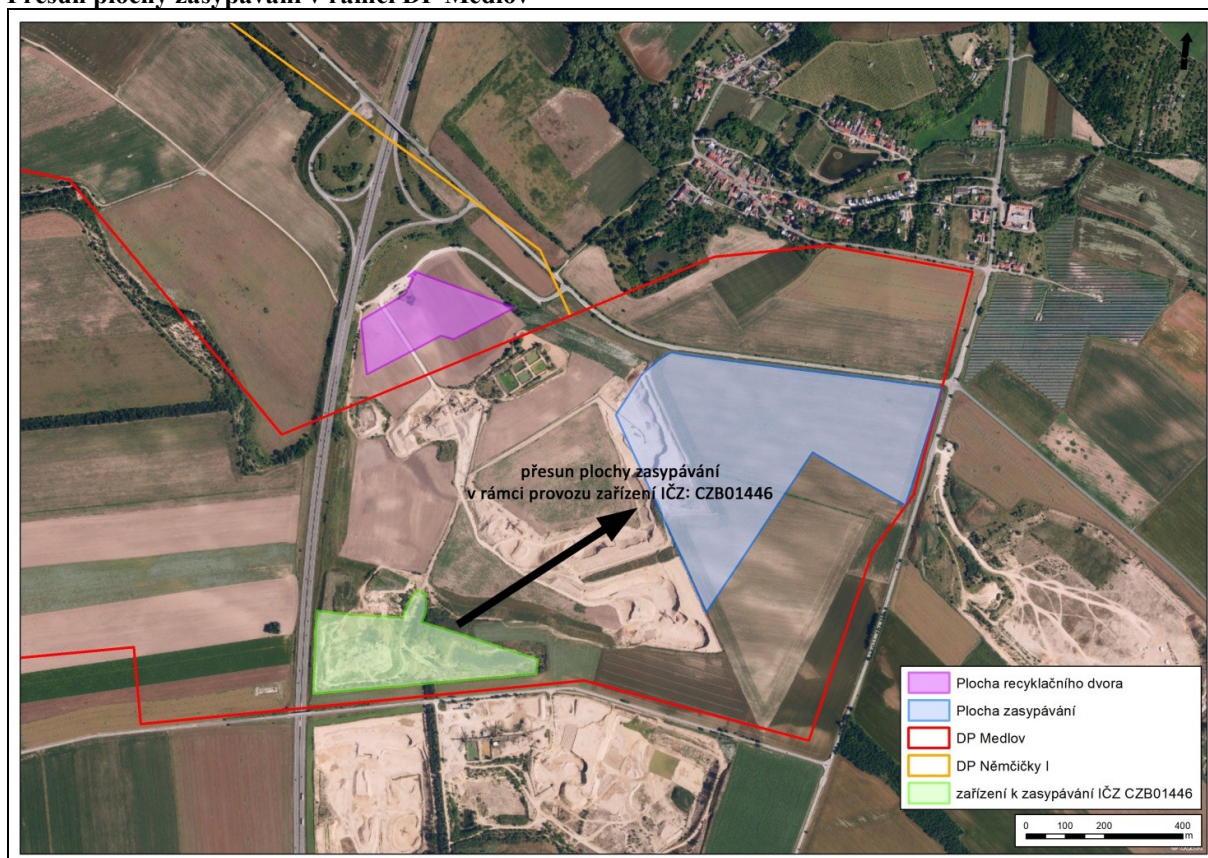
Vytěžením živcové suroviny a šterkopísků v DP Medlov vznikne v prostoru těžby deficit v bilanci hornin, který bude vyrovnán zpětnou závázkou v rámci sanace a rekultivace.

K ukládání odpadů může dojít až po hospodárném vydobytí suroviny. Hornická činnost a práce spojené se závážením budou v DP Medlov provozovány souběžně. Provádění těžebních prací nebude závážením již vytěžených ploch nijak omezeno.

Území určené k využívání odpadů k zasypávání je vymezeno na ploše cca 28 ha. Průměrné roční množství uloženého materiálu se může pohybovat na úrovni zhruba 280 000 t/rok, z toho bude přibližně 50 000 t představovat jinak nevyužitelný odpad z areálu recyklačního dvora.

Oznamovatel provozuje dlouhodobě zařízení stejného typu v rámci jiné části DP na základě povolení Krajského úřadu Jihomoravského kraje (IČZ: CZB01446), který schválil provozní řád zařízení. Dojde pouze k přesunu místa využití odpadu. Najedná se tedy o činnost pro oznamovatele novou, veškeré postupy k přejímce a vlastnímu využití odpadů jsou standardně prováděné a známé.

Přesun plochy zasypávání v rámci DP Medlov



Přístup do zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice je ze silnice č. III/39528 Ledce – Bratčice, s odbočením na provozovnu pískovny, kde je umístěn vjezd do areálu. Na přístupové lomové komunikaci je umístěna mostová váha. Automobily přivážející materiál k ukládce dále použijí vnitroareálové lomové komunikace a dle dispozice obsluhy zajedou k místu vykládky.

Hutnění materiálu navezeného do zařízení bude prováděno pojezdem automobilů přivážejících odpady do zařízení. Dále bude využíván nakladač pro úpravu povrchu výsypky i hutnění. Jedná se o mechanizaci, která jinak zajišťuje vlastní provoz pískovny i provoz v zařízení k recyklaci odpadů.

Expedice šterkopísků a recyklovaných surovin

Zařízení k využívání odpadů v pískovně Bratčice je velmi dobře komunikačně situováno. Je napojeno na silnici III. třídy č. III/39528 Ledce-Bratčice a dále na dálnici D52 Brno-Pohořelice.

Pro hodnocení celkového vlivu na akustickou situaci v okolí dotčených veřejných komunikací je intenzita vyvolané nákladní dopravy spojena i s dopravou z pískovny.

V současné době je dopravní zátěž spojená s činnostmi v DP Medlov složena ze dvou částí: první je nákladní doprava odvázející natěženou a upravenou surovinu a druhou je nákladní doprava související s provozem stávajícího zařízení k využívání odpadů (zasypávání).

Maximální objem těžené a expedované suroviny z DP Medlov je 700 000 t za rok, přičemž většina produkce je expedována pomocí nákladních a návěsových souprav

s průměrnou nosností 30 t a zbytek (cca 1 – 1,5 % produkce) pak odvázejí drobní odběratelé pomocí lehkých nákladních vozů s nosností do 3 t.

Do zařízení k nakládání s odpady (zasypávání) je v současné době naváženo 160 000 t materiálu ročně. Využívány jsou návěsové soupravy s průměrnou nosností 30 t. Do budoucna je uvažováno s návozem 280 000 t zavážkových materiálů ročně.

Převážná část těchto nákladních vozidel (cca 60 %) je dopravci vytěžována a na zpáteční cestě odváží výrobky z pískovny. Celková dopravní intenzita nákladní dopravy je v současné době při uvažování maximálního objemu expedice z pískovny 200 jízd těžkých nákladních vozidel a 26 jízd lehkých nákladních vozidel za den.

Pro posouzení vlivu na akustickou a imisní situaci v okolí nejbližších dotčených veřejných komunikací byly v hlukové a rozptylové studii zpracovány různé varianty dopravy. Pro hodnocení vlivu na veřejné zdraví je uvažována vždy nejhorší možná, tedy nižší zatížení dálnice D52 a vyšší dopravní zátěž komunikací nižších tříd procházejících obcemi, to vše bez zpětného vytížení vozidel.

Časové fondy a směnnost

Provozní doba zařízení je předpokládána celoročně v jednosměnném provozu 7:00 – 17:00 hod (pouze pracovní dny). Celkem je uvažováno s 250 pracovními dny za rok.

Ve výjimečných případech lze předat odpady nebo odebrat materiály (výstupy recyklace) ze zařízení mimo uvedenou dobu, avšak po přechodím projednání s provozovatelem zařízení.

Provoz zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice bude zajišťovat celkem 5 zaměstnanců. Dva zaměstnanci budou obsluhovat zařízení k zasypávání, další dva zaměstnanci budou zajišťovat chod recyklačního dvora. Jeden zaměstnanec bude působit v prostoru expedice, který je pro obě zařízení společný.

Údaje o obyvatelstvu

Nejbližší obytnou zástavbu představuje jižní okraj zástavby obce Ledce, kde jednotlivé rodinné domy leží ve vzdálenosti cca 550 m od plochy recyklačního dvora a zhruba 350 m od plochy zasypávání. Další okolní zástavba leží ve vzdálenosti asi 1,5 km a více.

Údaje o počtu obyvatel Ledců a zastoupení jednotlivých věkových kohort v jejich populaci jsou převzaty z veřejné databáze Českého statistického úřadu se stavem k 31. 12. 2024, počet domů v pak dle posledního sčítání lidu, domů a bytů se stavem k 26. 3. 2021.

Údaje o obyvatelstvu obce Ledce

obec	Obyvatelstvo celkem	z toho muži	z toho ženy	Počet obyvatel ve věku		počet domů	
				0 - 14 let	65 a více let	celkem	rodinné domy
Ledce	262	126	136	52	43	78	77

3. Ovzduší

3.1. Identifikace nebezpečnosti a vztah dávka – účinek

Určení nebezpečnosti je prvním krokem v procesu hodnocení rizika. Zahrnuje výběr všech environmentálních faktorů, u kterých lze důvodně předpokládat možný vliv na zdraví, dále sběr a vyhodnocení dat o možných typech poškození zdraví, která mohou být těmito environmentálními faktory vyvolána a o podmínkách expozice, za kterých k těmto poškozením dochází. K tomuto účelu je využívána řada různých metodických přístupů, např. pokusy na laboratorních zvířatech, na izolovaných orgánech, tkáních a buněčných systémech, epidemiologické studie aj. Údaje z těchto zdrojů jsou kriticky hodnoceny za účelem zjistit, zda faktor vykazuje nepříznivé účinky pro člověka či životní prostředí. Čím je větší konzistence údajů získaných použitými testovacími metodami, tím větší je věrohodnost takové předpovědi.

V této kapitole budou též popsány kvantitativní vztahy mezi dávkou a rozsahem nepříznivého účinku (poškození, nemoc). Tento krok vyžaduje dva základní kroky extrapolací: extrapolace mezidruhové (pokusné zvíře – člověk) a extrapolace do oblastí nízkých dávek. Cílem je získání základních parametrů pro kvantifikaci rizika, přičemž existují dva základní typy účinků: prahový a bezprahový.

Látky s prahovými účinky

U látek, které se vyznačují jiným než karcinogenním účinkem, se předpokládá, že existuje řada fyziologických, adaptačních a reparačních procesů, jejichž prostřednictvím se organismus úspěšně vyrovnává s expozicí toxikologickým agens. Teprve když jsou tyto mechanismy vyčerpány, začnou se projevovat účinky. Předpokládá se tedy existence prahové dávky. Protože jedno agens, resp. směs různých agens může mít řadu různých účinků, obvykle se metody odhadování rizika soustřeďují na tzv. kritický účinek, za který se obvykle považuje ten, který je pozorován při nejnižších expozičních úrovních. Předpokládá se, že když se nedostaví kritický účinek, expozice (dávka) je natolik nízká, že se nedostaví ani jiné účinky vyžadující dávku větší než tu, která vyvolává účinek kritický.

Látky s bezprahovými účinky – karcinogenní látky (polétavý prach, benzen, BaP)

Současné představy o vzniku zhoubného bujení předpokládají, že pouze několik málo změn na molekulární úrovni může vést k nekontrolované proliferaci jediné buňky, což může vyústit až k vzniku maligního onemocnění. Někdy se tato hypotéza označuje za bezprahovou, neboť předpokládá, že neexistuje dávka, která by nebyla asociovaná s rizikem vzniku zhoubného novotvaru. Proto ani hodnocení rizik spojených s karcinogeny nemůže být založeno na existenci prahové dávky. Rovněž prach je považován za bezprahovou noxu. Práh a počínající negativní účinky na zdraví v jeho případě splývají s pozadovými expozicemi.

Pro škodliviny, které budou v souvislosti s realizací záměru emitované do ovzduší, jsou dostupné údaje o jejich nebezpečnosti a vztazích dávka – účinek shromážděny v různých databázích, např. SZÚ, WHO, IRIS, IARC, RAIS apod., povětšinou dostupných přes internet.

3.1.1. Oxidy dusíku NO_x, resp. NO₂

Oxidy dusíku NO_x tvoří směs oxidu dusnatého NO a oxidu dusičitého NO₂. Hlavním zdrojem antropogenních emisí oxidů dusíku do ovzduší je spalování fosilních paliv ve stacionárních emisních zdrojích (při vytápění a v elektrárnách) a v motorových vozidlech (ve spalovacích motorech). Další příspěvky k obsahu oxidu dusičitého NO₂ v ovzduší

pocházejí ze specifických technologických průmyslových procesů, např. z výroby kyseliny dusičné, aplikace výbušnin a sváření. Emisní zdroje uvnitř budov zahrnují kouření tabáku a provoz plynových spotřebičů.

Ve většině případů je emitován do ovzduší oxid dusnatý (NO), který je transformován na oxid dusičitý (NO₂). Oxidace NO atmosférickými oxidanty, např. ozonem, probíhá velmi rychle i při velmi nízkých koncentracích obou reakčních složek v ovzduší. Proto je tato reakce považována za nejdůležitější způsob vzniku oxidu dusičitého NO₂ v ovzduší. Hodnocení bude provedeno právě pro oxid dusičitý NO₂, neboť ten patří mezi nejvýznamnější klasické polutanty v ovzduší, je o něm k dispozici více údajů, a protože je z hlediska vlivů na lidské zdraví významnější než oxidy dusíku NO_x, bude provedené hodnocení na straně bezpečnosti.

Oxid dusičitý NO₂ je červenohnědý plyn rozpustný ve vodě a silné oxidační činidlo. Monitorováním venkovního ovzduší byly zjištěny maximální půlhodinové, resp. 24hodinové koncentrace NO₂ až 850 µg.m⁻³, resp. 400 µg/m³. Průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého ve městech na celém světě se obecně pohybují v rozmezí 20 až 90 µg.m⁻³.

Roční aritmetické průměry NO₂ v ČR dle Souhrnné zprávy systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí za rok 2023 (SZÚ, 2024) nepřesahují na pozadových stanicích EMEP hodnotu 5 µg.m⁻³. Nová doporučená hodnota WHO 10 µg/m³ byla v roce 2023 překročena na 48 stanicích (69 %), denní cílová hodnota AQG - 25 µg/m³ byla alespoň jednou překročena na 61 (98 %) městských stanicích.

Oxid dusičitý má štiplavý dusivý zápach. Různí autoři uvádějí prahovou koncentraci pachu mezi 200 a 410 µg.m⁻³. Při postupném zvyšování koncentrace od nulové hodnoty na 51 000 µg.m⁻³ během 15 minut nebyl v důsledku adaptace pocíťován žádný pach. Existují také zprávy o změnách adaptace oka vůči šeru po 5 a 25minutovém vdechování oxidu dusičitého při koncentracích pouhých 140 µg.m⁻³. Zdravotní důsledky těchto poznatků nejsou dosud vyjasněny.

Jedinou relevantní cestou expozice NO₂ u lidí je vdechování. Početná vyšetření vlivu oxidu dusičitého NO₂ na funkci plic u normálních, bronchitických i astmatických jedinců provedená za kontrolovaných podmínek v laboratořích prokázala, že odezvy bronchitiků na expozici NO₂ jsou větší než u zdravých osob a odezvy u astmatiků jsou nejvýraznější. Oxidy dusíku zvyšují reaktivitu na farmakologické bronchokonstrikční látky. Jak lze očekávat, astmatici exponovaní oxidu dusičitému na tyto látky reagují obvykle silněji. Studie byly zaměřeny na vyhodnocení účinků oxidu dusičitého na mechanismus bronchokonstrikce, protože tyto látky přirozeně regulují průměr trubic dýchacích cest. Při krátkodobé i dlouhodobé expozici NO₂ bylo pozorováno dráždění, ovlivnění dýchacích funkcí, snížení odolnosti k onemocnění dýchacích cest a plic, zvýšené riziko astmatických záchvatů (WHO, 2000).

Oxid dusičitý NO₂ může vyvolávat biochemické změny již při relativně nízkých koncentracích počínaje 30 minutovou expozicí při koncentraci okolo 380 µg.m⁻³. Převážná většina biochemických studií na laboratorních zvířatech popisuje účinky pouze po týdenních a delších expozicích oxidu dusičitému při koncentracích přesahujících 3 160 µg.m⁻³. Nevratné změny plicní tkáně popsané v kapitole 3.1.1. byly pozorovány dokonce i po expozicích nízkým koncentracím, např. po nepřerušované expozici základní koncentraci 190 µg.m⁻³, na kterou byly superponovány koncentrační píky 1 880 µg.m⁻³ po dobu 2 hodin denně při celkové době expozice 6 měsíců.

Při dlouhodobých expozicích byla nejnižší testovaná koncentrace, při níž docházelo k znatelným účinkům, 940 µg.m⁻³ po dobu 6 měsíců. Po tříhodinových expozicích oxidu dusičitému byla nejnižší testovaná koncentrace, u níž docházelo ke znatelným účinkům u zdravých jedinců, 3 760 µg.m⁻³.

Četné studie účinků NO_2 na lidský organismus prokázaly, že nejsilnější odezva na úroveň stejné dávky je u astmatiků, menší u bronchitiků a nejmenší u zdravých jedinců. Astmatici uvádějí první subjektivní obtíže při koncentraci $900 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, zatímco zdraví jedinci stejné obtíže uvádějí až při koncentracích nad $1\,880 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Při nižších koncentracích oxidu dusičitého (pod $940 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byly změny funkce plic u astmatiků malé, ale v některých případech statisticky významné.

WHO považuje za hodnotu LOAEL (nejnižší úroveň expozice s pozorovaným nepříznivým účinkem) koncentraci $375 - 565 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při 1 - 2 hodinové expozici, která u citlivých skupin populace zvyšuje reaktivitu dýchacích cest a působí malé změny plicních funkcí. Některé studie naznačují, že NO_2 zvyšuje bronchiální reaktivitu u citlivých osob při působení dalších bronchokonstrikčních vlivů (chlad, cvičení, alergeny v ovzduší) již při nižších úrovních krátkodobé expozice. WHO proto při odvození návrhu doporučeného imisního limitu vycházejícího z hodnoty LOAEL použila míru nejistoty 50 % a tak dospěla u NO_2 k **doporučené 1 hodinové limitní koncentraci $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** . Při poloviční koncentraci cca $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nebyly při krátkodobé expozici v žádné studii zjištěny nepříznivé účinky ani u citlivé části populace. Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší z roku 2021 **nechává tuto hodnotu v platnosti**, neboť provedené studie prokazují vznik zdravotního rizika až při hodnotách nad $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, přičemž při vyšších koncentracích jsou účinky již jasně prokázány.

Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší 2021 naopak významně upravuje směrné hodnoty pro 24hodinové koncentrace. Novými studiemi byl dostatečně prokázán validní vztah mezi zvýšenou mortalitou a denními koncentracemi NO_2 i při velmi nízkých úrovních. Pro nárůst 24hodinové koncentrace NO_2 o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je statisticky významné riziko v hodnotě RR 1,04. Současně platná směrná hodnota WHO pro globální kvalitu ovzduší (Global Air Quality, AQG) činí pro **24hodinovou koncentraci $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , přičemž je definovaná jako 99. percentil (ekvivalent 3 – 4 dny překročení za rok) ročního rozdělení denních průměrných koncentrací. Pro města, regiony a země s vysokou úrovní znečištění ovzduší byly stanoveny i dva prozatímní cíle (interim targets - IT), které by měly být postupně dosaženy pomocí plánovacích nástrojů v řízeném procesu neustálého snižování škodlivin v ovzduší. **Prozatímní cíl 1 je stanoven v úrovni $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, prozatímní cíl 2 pak na hodnotě $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.**

V roce 2021 WHO novou směrnici též upravila směrné hodnoty pro roční koncentrace NO_2 , a to na základě metaanalýzou prokázaných vztahů mezi dlouhodobou expozicí NO_2 a úmrtností celkovou i podle různých příčin. Vztahy platí už od velmi nízkých expozic. Výchozí hladina pro určení směrné hodnoty byla stanovena na úrovni 5. percentilu hodnot použitých studií, jejichž průměr byl $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pro chronickou expozici se uvádí nárůst mortality o 2 - 3 % při zvýšení průměrných ročních koncentrací o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RR = 1,02 - 1,03). Současně platná směrná hodnota WHO stanovená jako AQG činí **průměrnou roční koncentraci NO_2 na úrovni $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Zdůrazňuje se přitom však fakt, že nebylo možné stanovit úroveň koncentrace, která by při dlouhodobé expozici prokazatelně zdravotně nepříznivý účinek neměla. Do doby dosažení tohoto cíle jsou opět stanoveny tři prozatímní cíle, přičemž směrná hodnota podle směrnice z roku 2005, tedy hodnota $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se stává **prozatímním cílem 1. Prozatímní cíl 2 má hodnotu $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a prozatímní cíl 3 je stanoven na úrovni $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.**

3.1.2. Suspendované částice (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$)

Suspendované částice představují různorodou směs organických a anorganických částic kapalného a pevného skupenství, různé velikosti, složení a původu. K označení suspendovaných částic je v odborném i denním tisku používáno střídavě mnoho pojmů, které se překrývají, některé se vztahují ke způsobu vzorkování, jiné k místu depozice v dýchacím ústrojí. Setkáváme se tak s pojmy tuhé znečišťující látky (TZL – termín z české legislativy),

pevný aerosol, prašný aerosol, polétavý prach, v zahraniční literatuře pak suspendované částice, celkové suspendované částice, černý kouř, jemné částice a další. Jiné pojmy se spíše vztahují k místu depozice v respiračním traktu, např. inhalabilní (vdechovatelné), torakální (hrudníkové) částice, které se usazují v dolním respiračním traktu pod hrtanem. Další termíny, např. PM_{2,5}, PM₁₀ (frakce částic s aerodynamickým průměrem do 2,5, resp. 10 µm), zahrnují jak aspekty fyziologické, tak způsob odběru vzorků.

Suspendované částice se dělí na primární a sekundární. Primární částice jsou emitované přímo ze zdrojů a můžeme je dále dělit na ty, které pochází z antropogenních zdrojů (spalování fosilních paliv, doprava, technologické procesy atd.) a z přírodních zdrojů (mořský aerosol, sopečná činnost, kosmický spad atd.). Sekundární částice jsou ty, které vznikají v ovzduší na základě probíhajících chemických a fyzikálních (nukleace, kondenzace) procesů a dále ty, které se do ovzduší dostávají resuspencí (zvířením) v důsledku lidské činnosti (zejména doprava) nebo meteorologických faktorů (vítr).

Z hlediska původu, složení i chování se jemná frakce do 2,5 µm a hrubší frakce většího průměru významně liší. Hodnota pH jemných částic je často v kyselé oblasti, jemné částice jsou do značné míry rozpustné a zahrnují sekundárně vzniklé aerosoly kondenzací plynů, částice ze spalování fosilních paliv včetně dopravy a znovu kondenzované organické či kovové páry. Převažují zde částice vznikající až sekundárně reakcemi plyných škodlivin ve znečištěném ovzduší. Obsahují jak uhlikaté látky, které mohou zahrnovat řadu organických sloučenin s možnými mutagenními účinky, tak i soli, hlavně sulfáty a nitráty. Mohou též obsahovat těžké kovy, z nichž některé mohou mít karcinogenní účinek. V ovzduší jemné částice perzistují dny až týdny a vytvářejí více či méně stabilní aerosol, který může být transportován stovky až tisíce kilometrů. Tím dochází k jejich rozptýlení na velkém území a stírání rozdílů mezi jednotlivými oblastmi. Velmi důležité z hlediska expozice obyvatel je pronikání jemných částic do interiéru budov, kde lidé tráví většinu času.

Hrubší částice naproti tomu bývají zásaditého pH, jsou z větší části nerozpustné a vznikají nekontrolovaným spalováním, mechanickým rozpadem materiálu zemského povrchu, při demolicích, dopravě na neupravených komunikacích a sekundárním vířením prachu. Podléhají rychlé sedimentaci během minut až hodin s přenosem řádově do kilometrových vzdáleností.

V roce 2023 měřené koncentrace **aerosolových částic frakce PM₁₀** u 63 % hodnocených stanic překročily WHO doporučenou roční střední hodnotu 15 µg/m³/rok, měřená zátěž se pohybovala v rozsahu 11 až 23 µg/m³/rok. Expozice suspendovaným částicím frakce PM₁₀ má v období 2014 až 2023 klesající trend. Jednou z příčin je vliv teplých zim a realizace opatření. Přesto pouze na 25 stanicích (17,6 %), včetně pozadových, nebyla v roce 2023 překročena doporučená hodnota WHO (45 µg/m³/24hodin).

V roce 2023 měřené koncentrace **aerosolových částic frakce PM_{2,5}** na 80 hodnocených stanicích překročily WHO doporučenou roční střední hodnotu 5 µg/m³/rok. Střední roční hmotnostní koncentrace se vyskytovaly v rozsahu 4,3 až 17,8 µg/m³/rok, trend za období 2014 až 2023 je klesající. Průměrný podíl suspendovaných částic frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ se na městských stanicích pohyboval od 55 % až k více než 80 % v průmyslových lokalitách se střední hodnotou 71,5 %. Tento parametr primárně závisí na složení spolupůsobících zdrojů, zároveň ale má významnou sezónní závislost; vyšší hodnoty podílu frakce PM_{2,5} (≈ 90 %) jsou zjišťovány v topné sezóně a v období nepříznivých rozptylových podmínek.

Akutní účinky při změnách denních koncentrací

Hlavními cestami vstupu suspendovaných pevných částic do organismu ve vztahu k přímému poškození zdraví lidí jsou inhalace a případná ingesce částic vnesených

z dýchacích cest řasinkovým epitelem. Suspendované částice dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu morfologie i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovým selháváním. Tento vývoj je současně podmíněn dalšími faktory, jako je stav imunitního systému, alergická dispozice, expozice v pracovním prostředí, kouření apod. Efekt krátkodobě zvýšených koncentrací suspendovaných částic se především projevuje zvýšením celkové úmrtnosti u všech věkových skupin obyvatelstva a specifické úmrtnosti na respirační onemocnění u malých dětí (mladších 5ti let). Citlivou skupinou jsou děti, starší osoby a osoby s chronickým onemocněním dýchacího a oběhového ústrojí.

Podle Směrnice pro kvalitu ovzduší vydané WHO v roce 2021 se zvýšenou expozicí krátkodobých koncentrací PM_{10} a $PM_{2,5}$ vzrůstá riziko zvýšené úmrtnosti na kardiovaskulární choroby s vysokou jistotou a na cerebrovaskulární nemoci a nezhoubné plicní nemoci se střední jistotou.

Dlouhodobé účinky na základě ročních průměrných koncentrací

Pro hodnocení dlouhodobých účinků PM_{10} na základě průměrných ročních koncentrací existuje podstatně méně podkladů, a proto jsou odvozovány z expozic frakci $PM_{2,5}$. Předpokládané účinky se většinou týkají snížení plicních funkcí při spirometrickém vyšetření u dětí i dospělých, výskytu symptomů chronické bronchitidy, zvýšení spotřeby léků pro rozšíření průdušek při dýchacích obtížích a zkrácení očekávané délky života. Pro suspendované částice frakce PM_{10} bývají tyto účinky uváděny i u průměrných ročních koncentrací nižších než $30 \mu g \cdot m^{-3}$. Zvýšení roční průměrné koncentrace $PM_{2,5}$ je obecně spojováno s růstem specifické mortality na kardiopulmonální onemocnění a rakovinu plic u osob nad 30 let, morbiditu a se snížením plicních funkcí (WHO, 2000, 2004). Aby nedocházelo ke špatným interpretacím těchto poznatků, je vhodné zdůraznit, že poléťavý prach nelze považovat za příčinu vzniku řady kardiopulmonálních onemocnění či rakoviny plic, ale expozice prachu zvyšují úmrtnost na tyto choroby.

Podle Směrnice pro kvalitu ovzduší vydané WHO v roce 2021 se zvýšenou expozicí dlouhodobých koncentrací PM_{10} vzrůstá riziko zvýšené úmrtnosti na rakovinu plic a nezhoubná onemocnění dýchacích cest s vysokou jistotou a zvýšení úmrtnosti na ischemické choroby srdeční se střední jistotou. Se zvýšenou expozicí dlouhodobých koncentrací $PM_{2,5}$ vzrůstá riziko zvýšené úmrtnosti na plicní karcinomy a ischemickou chorobu srdeční s vysokou jistotou a na nezhoubné nemoci dýchací soustavy se střední jistotou.

V roce 2015 byly suspendované částice vyhodnoceny Mezinárodní agenturou WHO pro výzkum rakoviny IARC jako prokázané lidské karcinogeny, neexistuje tedy bezpečná hranice, při které by dle současných vědeckých poznatků nedocházelo k negativním účinkům na lidské zdraví.

V materiálu WHO zaměřeném pouze na vlivy prašnosti na exponovanou populaci (WHO 2006), uvádějí též vztahy mezi zvýšením prašnosti a výskytem určitých symptomů poškození zdravotního stavu populace (nové případy chronické bronchitis, počet dnů omezené aktivity, zvýšení počtu dnů použití bronchodilatátorů, respirační symptomy dolních cest dýchacích a kašel u dospělých a dětí atd.). Jako vstupní je pro odvození těchto vztahů použita hodnota zvýšení prašnosti o $10 \mu g \cdot m^{-3}$ příslušné frakce PM. Výsledný efekt je vyjádřen jako změna (zvýšení) výskytu jednotlivých symptomů poškození zdraví oproti situaci s nižší zátěží prašnosti na lokalitě, případně výskytem nových případů symptomu poškození zdraví v populaci určité četnosti

(většinou 100 000 obyvatel, případně určité věkové kohorty). Vztahy jsou formulovány jako lineární, neboť nebyl prokázán prahový účinek vlivu prašnosti na zdravotní stav populace.

Epidemiologické studie shrnuté v materiálu WHO (2006) zpracovaného v rámci programu CAFE (Clean Air for Europe) indikují 6 % navýšení úmrtnosti dospělé populace ve věku nad 30 let při zvýšení dlouhodobé prašnosti z antropogenních emisních zdrojů o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve frakci $\text{PM}_{2,5}$. Vlivem dlouhodobého zvýšení průměrné koncentrace PM_{10} o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ se zvyšuje dětská mortalita o 4 % (rozpětí CI 95 = 2 – 7%).

Pozdější výsledky epidemiologických a klinických studií vztahu dávky a účinku pro PM, ozon a oxid dusičitý jsou uvedeny v souhrnné zprávě projektu WHO HRAPIE (Health Risks of Air Pollution in Europe), která vychází z metaanalýzy 13 velkých kohortových studií u dospělé populace Severní Ameriky a Evropy provedených do roku 2013. Tato zpráva uvádí pro nárůst průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ relativní riziko celkové úmrtnosti exponované populace nad 30 let věku $\text{RR} = 1,062$ (95 % CI 1,040 – 1,083), resp. 6,2 %, což je velmi blízké výstupům programu CAFE (6 %).

Epidemiologické studie z USA naznačují, že očekávaná délka života v oblastech s vysokou imisní zátěží může být o více než rok kratší ve srovnání s oblastmi se zátěží nízkou. Tato redukce očekávané délky života se přitom začíná projevovat již od průměrných ročních koncentrací suspendovaných částic $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Podle epidemiologických studií uváděných WHO v roce 2021 by zvýšení dlouhodobé koncentrace PM_{10} o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ mělo být spojeno se zvýšením úmrtnosti o 4 % ($\text{RR} = 1,04$). Zvýšení průměrné roční koncentrace jemné frakce suspendovaných částic $\text{PM}_{2,5}$ o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zvyšuje dle směrnice WHO pro kvalitu ovzduší z roku 2021 celkovou úmrtnost exponované populace o 8 % ($\text{RR} = 1,08$). Pro krátkodobou expozici uvádí WHO při zvýšení 24hodinové koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vzestup celkové mortality o 0,65 %.

Vzhledem k tomu, že od doby vydání poslední směrnice pro globální kvalitu ovzduší v roce 2005 došlo v mnoha zemích ke snížení koncentrací prachových částic v ovzduší, bylo možné prozkoumat jejich účinky na veřejné zdraví i při nižších koncentracích. Od poslední aktualizace v roce 2005 došlo též k výraznému nárůstu v kvalitě i množství důkazů, které u průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ prokazují souvislost mezi expozicí a úmrtností i pod úrovní $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Z tohoto důvodu byla směrná hodnota pro **průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ stanovena na úrovni $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pro průměrné roční koncentrace PM_{10} pak na úrovni $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Směrné hodnoty pro krátkodobé 24hodinové koncentrace jsou pro $\text{PM}_{2,5}$ doporučeny v úrovni $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a pro PM_{10} v úrovni $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ke snížení akutních AQG pro PM bylo přistoupeno z důvodu výsledků nových studií a s přihlédnutím ke vztahu mezi 24hodinovými koncentracemi a jejich ročními průměry.

Vedle stanovení směrnic kvality ovzduší pro $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} byly opět stanoveny i tři přechodné cíle (interim targets - IT), které jsou dosažitelné pomocí postupných opatření k redukci. Jednotlivým státům mohou tyto přechodné cíle pomoci v řízeném procesu neustálého snižování expozice populace PM. Pro **$\text{PM}_{2,5}$ jsou prozatímní cíle** následující: roční průměr 1. cíl $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2. cíl $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3. cíl $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 4. cíl $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 24hodinový průměr 1. cíl $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2. cíl $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3. cíl $37,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 4. cíl $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pro **PM_{10} jsou prozatímní cíle** následující: roční průměr 1. cíl $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2. cíl $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3. cíl $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 4. cíl $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 24hodinový průměr 1. cíl $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2. cíl $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3. cíl $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 4. cíl $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.1.3. Benzo(a)pyren $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$

Benzo(a)pyren (dále též BaP) je typickým zástupcem polycyklických aromatických uhlovodíků vyznačujících se tím, že ve své molekule obsahují kondenzovaná aromatická jádra

a nenesou žádné heteroatomy ani substituenty. Mají výraznou schopnost vázat se na pevných sorbentech nebo částicích (prach) i v živých organismech (schopnost bioakumulace). Čisté sloučeniny jsou bílé nebo nažloutlé krystalické pevné látky velmi málo rozpustné ve vodě, ale snadno rozpustné v tucích a olejích.

BaP se cíleně nevyrábí, je však obsažen v celé řadě běžných produktů dnešního průmyslu, jako jsou například motorová nafta, výrobky z černouhelného dehtu, asfalt a jiné materiály používané při pokrývání střech a při stavbě silnic. Původ BaP v ovzduší je především ze spalování fosilních paliv. Typicky se uvolňuje při nedokonalém spalovacím procesu. Do prostředí se tedy dostává zejména při výrobě energie, spalování odpadů, ze silniční dopravy, při krakování ropy, při výrobě hliníku, z metalurgických procesů, při výrobě koksu, asfaltu, při výrobě cementu, z rafinerií, krematorií, z požárů a v neposlední řadě i při kouření tabáku.

Nejproblematičtější vlastností polycyklických aromatických uhlovodíků je obecně jejich perzistence, tedy schopnost odolávat přirozeným rozkladným procesům a dále jejich schopnost transportu atmosférou na velké vzdálenosti (ve formě naadsorbované na zrna sazí a prachových částic). Polyaromáty se ve vodním prostředí váží na částice kalu a ukládají se v sedimentech, vody proto fungují jako jejich rezervoáry. V půdách se obsah benzo(a)pyrenu pohybuje v hodnotách 10 – 1000 ng.g⁻¹.

Na území ČR podle souhrnné zprávy Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí za rok 2023 odhad ročních středních hodnot benzo(a)pyrenu v ovzduší sídel kolísá od roku 2000 mezi 0,75 až 1,8 ng/m³ se sestupným trendem. V městských/venkovských lokalitách s významným podílem malých energetických zdrojů, a nezatížených průmyslovými zdroji a dopravou, se průměrné roční koncentrace benzo(a)pyrenu pohybovaly mezi 0,3 až 1,52 ng/m³ (reprezentantem malých sídel s převahou lokálních zdrojů v údolní poloze je Kladno - Švermov se střední roční hodnotou 1,52 ng/m³). V městských majoritně dopravně zatížených lokalitách byla roční střední hodnota odhadnuta na 0,58 ng/m³, v městských lokalitách ovlivněných průmyslem na 1,57 ng/m³. V průmyslově exponovaných lokalitách (chemický průmysl, metalurgie atp.), především v ostravsko - karvinské oblasti, byly střední roční hodnoty dvou- a vícenásobně vyšší (0,92 až 5,17 ng/m³). Navíc jsou zde měřena zimní 24hod. maxima překračující 10 ng/m³. Význam i malých energetických zdrojů a dálkového transportu dokládají až řádové rozdíly mezi topnými a netopnými sezónami.

Nebezpečí polycyklických aromatických uhlovodíků spočívá v jejich karcinogenitě a ohrožení zdravého vývoje plodu. Nejznámější z kancerogenních polyaromátů je právě benzo(a)pyren, u kterého byl objasněn i mechanismus, kterým přímo poškozuje genetickou informaci buněk. Benzo(a)pyren ve formě velmi jemných částic proniká při vdechnutí až do plicních sklípků, kde se zachycuje. Jeho zvýšené koncentrace jsou proto hlavní příčinou vzniku rakoviny plic, zejména u kuřáků. Polycyklické aromatické uhlovodíky přijaté s potravou působí rakovinu zažívacího traktu. V případě kožního kontaktu dochází k podráždění až popálení kůže, opakované expozice způsobují ztenčení a popraskání pokožky až rakovinu kůže. Benzo(a)pyren je dle IARC od roku 2007 zařazen do skupiny karcinogenů 1 – prokázané karcinogenní účinky u lidí. US EPA zařadila benzo(a)pyren do skupiny A pro všechny cesty expozice. Pro benzo(a)pyren určila WHO na základě výsledků epidemiologických studií jednotku karcinogenního rizika (podrobněji viz předchozí kapitola – benzen) v **hodnotě 8,7E-02** vztaženou na koncentraci 1 ng.m⁻³ BaP v ovzduší.

3.2. Hodnocení expozice a charakterizace rizika polutantů ovzduší

Podle definice WHO se expozicí rozumí vytavení člověka fyzikálnímu faktoru či kontakt chemického nebo biologického agens s vnějšími hranicemi lidského organismu. Při hodnocení rizika představuje expozice nabídku nebezpečného faktoru, která zakládá vznik rizika, ale nemusí být plně využita. Základním pravidlem je, že jedině tam, kde není expozice (je nulová), není žádné riziko (riziko je nulové). Cesta vstupu chemické látky do organismu popisuje, jakým způsobem se noxa do organismu dostává. Pro člověka existují tři cesty vstupu, a to inhalace, ingesce a resorpce kůží a sliznicemi. Pro posuzovaný záměr je jedinou relevantní cestou inhalační expozice.

Při **hodnocení expozice** chemickým látkám je třeba brát v úvahu čtyři důležité aspekty:

- o jakou látku se jedná
- jak je expozice velká (kolik látky je organismu nabídnuto)
- jaká je délka expozice (jak dlouho trvá kontakt)
- jaká je frekvence expozice (jak často ke kontaktu dochází)

Pro nekarcinogenní látky

Inhalační expozice se vyjadřují pomocí expoziční koncentrace **$c(\text{exp}) = c(\text{imise}) \times \text{ED} \times \text{EF} / \text{AT}$** , kde:

C(imise) - koncentrace sledované látky v ovzduší, podkladem je rozptylová studie

EF (exposure frequency) - frekvence expozice

ED (exposure duration) - doba trvání expozice

AT (average time) – doba, na kterou je expozice průměrována, v tomto případě odpovídá době expozice ED

Pro karcinogenní látky

Totožné vyjádření expozice jako u karcinogenních látek, ovšem AT = 70 let

Tento přístup se u inhalačních expozic zpravidla nepoužívá. Výsledek je považován za nejvyšší odhad vzhledem ke skutečnému riziku, které může být nižší. Vypočtené riziko představuje pravděpodobnost, se kterou může exponovaná osoba očekávat onemocnění rakovinou nad pravděpodobnost onemocnění rakovinou z dalších, nezávislých příčin. Za přijatelné riziko je dle US EPA považována hodnota pravděpodobnosti 1×10^{-6} pro populaci a 1×10^{-4} pro jednotlivce (pracovní expozice). Světová zdravotnická organizace (WHO) nechává stanovení přijatelné úrovně karcinogenního rizika na zvážení jednotlivým členským státům.

Konečným krokem v procesu hodnocení rizik je **charakterizace rizika**, jež zahrnuje integraci (syntézu) dat získaných v předchozích krocích a vede k určení pravděpodobnosti, s jakou dotčená populace obyvatel utrpí některé z možných poškození.

Charakterizace rizika pro látky s prahovými účinky

Podstatou je srovnání výsledku hodnocení expozice, tedy expoziční dávky, s expozičním limitem, tj. toxikologicky akceptovatelným (tolerovatelným) přívodem látky. Za měřítko rizika nekarcinogenního účinku látky pro zdravý člověka se považuje tzv. index nebezpečnosti (HQ – koeficient nebezpečnosti pro jednu látku), který se stanovuje následujícím způsobem:

$HQ = c(\text{expozice}) / RfC$, kdy:

Expozice – průměrná denní expozice nebo průměrný denní přívod látky, který připadá v úvahu po celý život jednotlivce (předpokládaná koncentrace škodliviny v ovzduší).

RfC (Reference concentration) – expozice, která pravděpodobně nezpůsobí poškození zdraví (nejvyšší bezpečná koncentrace v ovzduší), je vyjadřovaná $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Hodnocení indexu nebezpečnosti vychází z úvahy, že je-li předpokládaná expoziční koncentrace menší než RfC ($\text{HQ} < 1$), pak je natolik nízká, že se v exponované populaci nedostaví ani kritický účinek. Tak nízká expozice sebou s největší pravděpodobností nenese žádná zdravotní rizika. Pokud je HQ větší než 1, zdravotní riziko se zvyšuje, i když mírné překročení hodnoty 1 po krátkou dobu nepředstavuje ještě závažnou míru rizika.

Charakterizace karcinogenního rizika

Míra karcinogenního rizika se stanovuje výpočtem pravděpodobnosti zvýšení vzniku nádoru u jednotlivce exponované populace v důsledku expozice hodnocené dávce (ILCR - Individual Lifetime Cancer Risk). Tento ukazatel rizika se získává pomocí referenční hodnoty, tzv. jednotky karcinogenního rizika (UCR – Unit cancer risk), která je vztažena přímo ke koncentraci dané karcinogenní látky v ovzduší ($1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), a to pomocí vzorce, který platí pro oblast nízkých dávek:

ILCR = c(exp) x UCR, kdy:

UCR – jednotka karcinogenního rizika vyjadřovaná v $1/\mu\text{g}/\text{m}^3$

- ✓ Pokud $\text{ILCR} < 10^{-6}$ karcinogenní riziko je všeobecně přijatelné
- ✓ Pokud $10^{-6} < \text{ILCR} < 10^{-4}$ o významnosti karcinogenního rizika nelze rozhodnout bez dalších informací (závisí to na rozsahu exponované populace a na závažnosti důkazů o karcinogenitě uvažovaného agens)
- ✓ Pokud $\text{ILCR} > 10^{-4}$ karcinogenní riziko je zpravidla pro populaci nepřijatelné.

Jako podklad pro hodnocení expozice a charakterizaci rizika polutantů ovzduší slouží rozptylová studie (Fogašová, 2026). Výpočet byl proveden v podrobné síti 13 601 referenčních bodů (dále též jen RB) s krokem 50 m ve směru osy X i Y. Grafické výstupy modelové imisní situace vyjadřují zjišťovaný imisní příspěvek ve výšce 1,5 m nad terénem (dýchací zóna). Pro posouzení vlivu uvažovaných zdrojů bylo dále v rozptylové studii zvoleno 17 samostatných RB mimo výpočtovou síť, reprezentujících nejbližší obytnou zástavbu v Ledcích, Sobotovicích, Bratčicích, Medlově a Hrušovanech u Brna. Jsou jimi:

RB č. 1 - RD Ledce č. p. 48

RB č. 10 – RD Bratčice č. p. 243

RB č. 2 - RD Ledce č. p. 23

RB č. 11 – RD Medlov č. p. 257

RB č. 3 - RD Ledce č. p. 59

RB č. 12 – RD Medlov č. p. 301

RB č. 4 - RD Ledce č. p. 86

RB č. 13 – obj. k bydlení Hrušovany u Brna č. p. 255

RB č. 5 - RD Ledce č. p. 76

RB č. 14 – RD Hrušovany u Brna č. p. 848

RB č. 6 - RD Sobotovice č. p. 142

RB č. 15 – RD Hrušovany u Brna č. p. 819

RB č. 7 - RD Sobotovice č. p. 194

RB č. 16 – RD Hrušovany u Brna č. p. 814

RB č. 8 - RD Sobotovice č. p. 205

RB č. 17 – RD Ledce č. p. 79

RB č. 9 - RD Sobotovice č. p. 166

Pro posouzení současné imisní situace sledovaných škodlivin v daném území byla v rozptylové studii využita data z map úrovní znečištění konstruovaných v síti 1 x 1 km obsahující v každém čtverci hodnotu klouzavého průměru koncentrace pro všechny znečišťující látky za předchozích 5 kalendářních let (2020–2024 v kombinaci s daty imisního monitoringu na nejbližších stanicích Brno – Lány a Brno - Tuřany. V posuzované oblasti je stav imisního pozadí stanoven v následujících hodnotách:

- oxid dusičitý (NO_2) – maximální hodinová koncentrace: $71,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- oxid dusičitý (NO_2) – průměrná roční koncentrace: $9,4 - 9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- částice PM₁₀ – 36. hodnota nejvyšší denní koncentrace: 31 - 32 µg/m³
- částice PM₁₀ – maximální denní koncentrace: 67,6 µg/m³
- částice PM₁₀ – průměrná roční koncentrace: 18,1 – 18,3 µg/m³
- částice PM_{2,5} – průměrná roční koncentrace: 12,5 – 12,8 µg/m³
- benzo(a)pyren – průměrná roční koncentrace: 0,4 ng/m³

Na základě odhadu stávajícího imisního pozadí lze předpokládat, že v celé zájmové lokalitě, resp. oblasti pokryté sítí referenčních bodů, nejsou dlouhodobě překračovány imisní limity hodnocených znečišťujících látek.

3.2.1 Oxidy dusíku NO_x, resp. NO₂

Akutní toxické účinky

Dle výsledků rozptylové studie se imisní příspěvky koncentrací oxidů dusíku ze všech činností prováděných v pískovně Bratčice vč. vyvolané dopravy ve variantě alternativní (průjezd obcemi bez zpětného vytížení), vyjádřené jako **maximální hodinová koncentrace NO₂**, budou u nejbližší zástavby pohybovat v následujících úrovních:

RB	imisní pozadí (µg.m ⁻³)	příspěvky záměru (µg.m ⁻³)	imisní limit (µg.m ⁻³)
RB č. 1 - RD Ledce č. p. 48	71,3	2,16	200*
RB č. 2 - RD Ledce č. p. 23		1,98	
RB č. 3 - RD Ledce č. p. 59		1,92	
RB č. 4 - RD Ledce č. p. 86		1,71	
RB č. 5 - RD Ledce č. p. 76		1,58	
RB č. 6 - RD Sobotovice č. p. 142		1,92	
RB č. 7 - RD Sobotovice č. p. 194		1,63	
RB č. 8 - RD Sobotovice č. p. 205		1,57	
RB č. 9 - RD Sobotovice č. p. 166		1,35	
RB č. 10 – RD Bratčice č. p. 243		1,40	
RB č. 11 – RD Medlov č. p. 257		1,28	
RB č. 12 – RD Medlov č. p. 301		1,27	
RB č. 13 – obj. k bydlení Hrušovany u Brna č. p. 255		1,53	
RB č. 14 – RD Hrušovany u Brna č. p. 848		1,53	
RB č. 15 – RD Hrušovany u Brna č. p. 819		1,44	
RB č. 16 – RD Hrušovany u Brna č. p. 814		1,45	
RB č. 17 – RD Ledce č. p. 79		1,55	

* s přípustnou četností překročení 18x/rok

Z výše uvedené tabulky je jednoznačně zřejmé, že v případě realizace posuzovaného záměru zůstanou v daném území výsledné hodnoty maximálních hodinových koncentrací hluboko pod úrovní **200 µg/m³** doporučenou WHO jako AQG a tudíž lze vyloučit, že by posuzovaný záměr mohl mít v kontextu akutních toxických účinků NO₂ (změny plicních funkcí, reaktivita dýchacích cest) negativní vliv na veřejné zdraví. Přestože se krátkodobé koncentrace příspěvků polutantů ovzduší nedají sčítat s imisním pozadím, dá se jednoduše konstatovat, že vlastní příspěvky záměru jsou nízké a nenesou sebou žádné akutní toxické účinky na veřejné zdraví.

Chronické účinky

Dle výsledků rozptylové studie se imisní příspěvky koncentrací oxidů dusíku ze všech činností prováděných v pískovně Bratčice vč. vyvolané dopravy ve variantě alternativní (průjezd obcemi bez zpětného vytížení), vyjádřené jako **průměrná roční koncentrace NO₂**, budou u nejbližší zástavby pohybovat v následujících úrovních:

RB	imisní pozadí ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	příspěvky záměru ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	imisní limit ($\mu\text{g.m}^{-3}$)
RB č. 1 - RD Ledce č. p. 48	9,4 – 9,9	0,010	40
RB č. 2 - RD Ledce č. p. 23		0,008	
RB č. 3 - RD Ledce č. p. 59		0,008	
RB č. 4 - RD Ledce č. p. 86		0,006	
RB č. 5 - RD Ledce č. p. 76		0,006	
RB č. 6 - RD Sobotovice č. p. 142		0,006	
RB č. 7 - RD Sobotovice č. p. 194		0,004	
RB č. 8 - RD Sobotovice č. p. 205		0,003	
RB č. 9 - RD Sobotovice č. p. 166		0,003	
RB č. 10 – RD Bratčice č. p. 243		0,003	
RB č. 11 – RD Medlov č. p. 257		0,003	
RB č. 12 – RD Medlov č. p. 301		0,003	
RB č. 13 – obj. k bydlení Hrušovany u Brna č. p. 255		0,005	
RB č. 14 – RD Hrušovany u Brna č. p. 848		0,004	
RB č. 15 – RD Hrušovany u Brna č. p. 819		0,004	
RB č. 16 – RD Hrušovany u Brna č. p. 814		0,004	
RB č. 17 – RD Ledce č. p. 79		0,006	

Rozptylová studie též vyčísluje celkové vypočtené koncentrace NO₂ pro dva vybrané body obytné zástavby v okolí (RB č. 16 a 17) v kumulaci pískovny Bratčice s dalšími projektovanými záměry v okolí, tedy VRT Modřice – Šakvice – Rakvice, pískovna Moravia Tech a SMERO Park Ledce, kde vypočtené příspěvky průměrných ročních koncentrací všech těchto záměrů v součtu s imisním pozadím dosahují hodnot **9,8 – 13,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$** .

V současné době nejsou k dispozici epidemiologické studie týkající se venkovních expozic oxidu dusičitému, které by mohly sloužit jako základ kvantitativního vyhodnocení rizika expozice oxidu dusičitému. Proti dříve prováděným hodnocením již není k charakterizaci rizika respirační nemoci použita průměrná roční koncentrace oxidu dusičitého. Tento ukazatel kvality ovzduší se dříve používal k odhadu prevalence chronických respiračních a astmatických symptomů u dětí (katary horních cest dýchacích a související příznaky, jakými jsou kašel, zahlnění, snížení plicních funkcí apod.), avšak používané vztahy dávka – účinek byly zatíženy velkou nejistotou a nebyly nikdy verifikovány WHO.

Imisní limit pro průměrné roční koncentrace NO₂ je stanoven pro ochranu zdraví lidí na úrovni **40 $\mu\text{g.m}^{-3}$** . Národní legislativou daný imisní limit je v rozporu s doporučenou směrnou hodnotou WHO, která je stanovena v úrovni **10 $\mu\text{g.m}^{-3}$** .

Protože v současnosti nejsou k dispozici pro chronickou expozici NO₂ spolehlivé vztahy dávka – účinek, je dle názoru WHO vhodnější hodnotit komplexní účinek směsi látek ve znečištěném ovzduší na základě průměrné roční koncentrace suspendovaných částic (která je provedena v následující kapitole), neboť podle současných poznatků předpokládá, že z větší části zahrnují i účinky některých souběžně působících plyných škodlivin, zejména NO₂.

Tento postup se nemění ani po vydání směrnice WHO 2021, neboť odvozený vztah průměrné roční koncentrace k úmrtnosti nebyl podložen vysokou váhou důkazů. V mimořádných případech nutnosti hodnocení pouze samostatného efektu expozice bylo podle Státního zdravotního ústavu možné využít vztahů odvozených v projektu HRAPIE (Health Risks of Air Pollution in Europe, WHO 2013), přičemž při interpretaci je nutné zohlednit nevyhnutelné nejistoty. V případě recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice a souvisejících činností se ovšem nejedná o výlučné emise NO_2 , takže na tomto místě není důvod k samostatnému hodnocení rizika NO_2 podle projektu HRAPIE.

Nyní jsou k dispozici i vztahy uvedené v podkladech směrnice WHO 2021. Průměrné roční koncentrace NO_2 v současnosti v předmětném území oscilují kolem hodnoty AQG $10 \mu\text{g.m}^{-3}$, přičemž těžba a závazka v pískovně Bratčice, i když v menší kapacitě, je v hodnotě imisního pozadí již zahrnuta. Průměrné roční příspěvky NO_2 z provozu recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice čítat max. setiny $\mu\text{g.m}^{-3}$ a výsledné hodnoty průměrných ročních koncentrací tak nedoznají žádných změn.

Z výše provedeného porovnání vyplývá, že vlastní imisní příspěvky záměru k průměrným ročním koncentracím NO_2 neznamenaají při zahájení posuzované recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice zvýšení zdravotního rizika pro exponované obyvatelstvo, vlastní imisní příspěvky záměru v řádu setin až tisícín $\mu\text{g.m}^{-3}$ průměrných ročních koncentrací NO_2 jsou z pohledu možných vlivů na veřejné zdraví nevýznamné.

3.2.2. Suspendované částice PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$

Současné používané metodiky kvantitativního hodnocení zdravotních rizik imisí PM používají jako ukazatel expozice pouze průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ nebo PM_{10} , přičemž se předpokládá, že tak je zohledněna i větší část účinků krátkodobých výkyvů imisních koncentrací.

Z výsledků rozptylové studie vyplývá, že stávající roční aritmetické průměry imisí PM_{10} v posuzovaném území nepřekračují hodnotu $18,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, což je necelých 46 % imisního limitu a lehce nad úrovní doporučené směrné hodnoty WHO AQG $15 \mu\text{g.m}^{-3}$. Imisní pozadí škodliviny $\text{PM}_{2,5}$ bylo autorkou rozptylové studie stanoveno na maximální hodnotě $12,8 \mu\text{g.m}^{-3}$, tedy na 64 % imisního limitu a v úrovni AQG až 3 prozatímního cíle doporučené směrné hodnoty WHO.

Hodnoty vyčíslených příspěvků tuhých znečišťujících látek po realizaci záměru jsou nízké (max. $0,52 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro PM_{10} a $0,18 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro $\text{PM}_{2,5}$). Vyčíslené koncentrace prachových částic jak samotného posuzovaného záměru, tak v kumulaci s ostatními záměry v daném území, v součtu s imisním pozadím zůstanou ve všech bodech pod legislativně stanoveným imisním limitem. V ČR dle tabulky č. 1 přílohy č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. platí pro průměrné roční koncentrace PM_{10} imisní limit $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ a pro průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ imisní limit v úrovni $20 \mu\text{g.m}^{-3}$. Součet vyčíslených příspěvků s imisním pozadím neposune ani výslednou kvalitu ovzduší do jiného prozatímního cíle doporučené směrné hodnoty WHO.

Na tomto místě je nezbytné uvědomit si, že suspendované částice v ovzduší představují významný rizikový faktor s mnohočetným efektem na lidské zdraví, neboť na rozdíl od plyných látek nemají specifické složení, ale představují směs látek s různými účinky. Současně působí i jako vektor pro plyné škodliviny. Na vzniku suspendovaných částic tak např. participuje jak SO_2 , tak i NO_2 . Na jejich povrchu se koncentrují další negativně působící látky, např. těžké kovy či organické sloučeniny. Dosud nezodpovězenou otázkou zůstává, jaké složky suspendovaných částic se na poškozování lidského zdraví uplatňují a jakým mechanismem působí.

Limity $15 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro PM_{10} a $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro $\text{PM}_{2,5}$ doporučené WHO jako AQG jsou v daném území v současnosti mírně překračovány. Hodnoty vyčísleného imisního pozadí odpovídají výsledkům monitoringu stavu životního prostředí ČR, kdy překračování imisních limitů pro suspendované částice (zejména krátkodobých koncentrací a velmi jemných částic) je v současné době závažným problémem většiny území naší republiky. Zejména automobilová doprava a lokální topeniště značně zhoršují kvalitu venkovního ovzduší, a to nejen měst, ale i venkovských oblastí.

Kvantifikace zdravotního rizika vyčísleným hodnotám dlouhodobých koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ je v souladu s doporučením Autorizačního návodu AN 17/15 Státního zdravotního ústavu provedena za využití výsledků programu HRAPIE, resp. zde uvedených referenčních vztahů sloužících k výpočtu atributivního rizika v ukazatelích úmrtnosti a nemocnosti populace. Jsou vyjádřeny jako relativní riziko RR z nárůstu expozice průměrné roční koncentrace PM_{10} nebo $\text{PM}_{2,5}$ o $10 \mu\text{g.m}^{-3}$, přičemž je předpokladem, že v odhadu dlouhodobého vlivu prachových částic na veřejné zdraví jsou zahrnuty i krátkodobé vlivy výkyvů imisních koncentrací PM a vlivy souběžně působících plyných škodlivin ovzduší. Program HRAPIE vyčísluje relativní ukazatele v následujících hodnotách:

Vztahy pro frakci $\text{PM}_{2,5}$

- celková úmrtnost u populace nad 30 let věku RR 1,062 (95% CI 1,040 – 1,083)
- hospitalizace pro kardiovaskulární onemocnění pro celou populaci RR 1,0091 (95% CI 1,0017 – 1,0166)
- hospitalizace pro respirační onemocnění pro celou populaci RR 1,019 (95% CI 0,9982 – 1,0402)
- dny s omezenou aktivitou (RADs) pro celou populaci RR 1,047 (95% CI 1,042 – 1,053)

Vztahy pro frakci PM_{10}

- nové případy chronické bronchitis u dospělých nad 18 let RR1,117 (95 % CI 1,040 – 1,189)
- prevalence bronchitis u dětí ve věku 6 – 12 let RR 1,08 (95% CI 0,98 – 1,19)
- incidence astmatických symptomů u astmatických dětí věku 5 – 19 let RR 1,028 (95% CI 1,006 – 1,051)

Hodnota relativního ukazatele nemocnosti pro chronické respirační obtíže u dětí ve věku 6 – 12 let vychází z doporučené základní prevalence v úrovni 18,6 %. Doporučená základní incidence pro výskyt nových případů chronické bronchitidy u dospělých je 3,9 nových případů na 1000 osob. Vztah pro dny s omezenou aktivitou (RADs) celé populace má doporučenou základní frekvenci 19 RADs na osobu ročně. Denní incidence astmatických symptomů u dětí a mladistvých ve věku 5 – 19 let je odhadována na 17 %, prevalence těžké formy astmatu v zemích západní Evropy pak na 4,9 %.

Do modelových výpočtů vstupují dále údaje ze Zdravotnické ročenky Jihomoravského kraje v ukazatelích úmrtnost populace starší 30 let, resp. počet zemřelých bez zemřelých na vnější příčiny – úrazy a otravy. Výsledná hodnota úmrtnosti pak pro Jihomoravský kraj činí 13,7 zemřelých na 1000 obyvatel. Dále jsou ze Zdravotnické ročenky Jihomoravského kraje UZIS pro kvantifikaci rizika prachovým částicím použity hodnoty počtu hospitalizovaných pro nemoci oběhové soustavy (diagnózy I00 – I99) a počtu hospitalizovaných pro nemoci dýchací soustavy (J00 – J99) v Jihomoravském kraji.

Jako referenční koncentrace, od které se nepříznivý vliv znečištěného ovzduší začíná projevovat, je v souladu s doporučením autorizačního návodu SZÚ uvažována úroveň přírodního pozadí $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ a $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ průměrné roční koncentrace PM_{10} .

V následující tabulce je kvantitativní charakterizace rizika znečištění ovzduší prachovými částicemi provedena pomocí výpočtu atributivního rizika metodikou uvedenou v podkladovém materiálu Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Pro výpočet byla použita vypočtená nejvyšší roční koncentrace příspěvků prachových částic ze všech RB situovaných u nejbližší souvislé obytné zástavby v okolí těžebny Bratčice, a to pro PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ referenční bod č. 1 Ledce č. p. 48. Jako imisní pozadí je uvažována hodnota čtverců ČHMÚ za posledních 5 let v místě vyčísleného nejvyššího příspěvku a jako počet exponovaných je uvažováno všech 262 obyvatel obce Ledce. Nejvyšší vyčíslený příspěvek je vztažen na veškerou populaci zástavby nejbližší obce a hodnocení je tak provedeno na straně bezpečnosti a bude nadhodnoceno. V posledním sloupci tabulky je demonstrativně proveden výpočet i pro platné imisní limity průměrných ročních koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, které jsou legislativně stanoveny v úrovni $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro PM_{10} , resp. $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ pro $\text{PM}_{2,5}$.

Kvantifikace rizika vyčísleným expozicím průměrných ročních koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ – ukazatele atributivního rizika / 1 rok

ukazatel	cílová skupina	jednotka	stávající stav	s provozem záměru	pro imisní limit
Předčasná úmrtí v populaci	dospělí nad 30 let	počet/rok	0,11	0,11	0,21
Nové případy chronické bronchitis	dospělí	nové případy/rok	0,08	0,8	0,26
Hospitalizace pro kardiovaskulární onemocnění	všichni	počet/rok	0,05	0,05	0,09
Hospitalizace pro respirační onemocnění	všichni	počet/rok	0,06	0,06	0,11
Dny s omezenou aktivitou RAD	všichni	počet dnů/ rok	181	186	335
Prevalence bronchitis u dětí (dny s příznaky)	děti 6 – 12 let	počet dnů/rok	85	91	301
Incidence astmatických příznaků u dětí	děti 5 – 19 let	počet dnů/rok	0,005	0,005	0,018

Kvantifikace rizika je v předchozí tabulce provedena pro nejvyšší vyčíslený příspěvek jemných prachových částic ze všech referenčních bodů umístěných v okolní obytné zástavbě, většina populace bude exponována podstatně nižšími koncentracemi. Posuzovaný provoz recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice se bude spolupodílet na výsledné úrovni imisních koncentrací PM v ovzduší dané lokality zanedbatelně, vyčíslené příspěvky z provozu záměru tak nezpůsobí v místní populaci zvýšení předčasné úmrtnosti, nevyvolají nové případy

chronické bronchitidy či nové projevy astmatu u dětí ani takové zhoršení průběhu kardiovaskulárních či respiračních onemocnění v populaci, které by si vynutilo hospitalizaci.

Podle orientačního výpočtu dle doporučené metodiky může dojít v případě zahájení posuzované recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice v důsledku zvýšení imisních koncentrací prachových částic $PM_{2,5}$ k teoretickému navýšení počtu dní s omezenou aktivitou u exponované populace o 5 dní za rok. V přepočtu na všech 262 uvažovaných exponovaných obyvatel to znamená oproti současnosti navýšení o 0,02 dne na jednoho obyvatele za rok, pokud by ovšem celá populace Ledců byla exponována nejvyšším vyčísleným příspěvkům průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$. Toto navýšení se dá zcela jednoznačně interpretovat jako nulové.

Zřejmě nejcitlivějším ukazatelem vlivů znečištění ovzduší prachovými částicemi je chronická respirační nemocnost u dětí, která vychází z imisní zátěže hrubší frakcí částic PM_{10} , kde se významněji projevuje vliv sekundární prašnosti. Dle demografických údajů Ústavu zdravotnických informací a statistiky činí v Jihomoravském kraji podíl dětí ve věku 6–12 let cca 8,8 %, v populaci celé zástavby Ledců by to tedy mohlo být 23 dětí v této věkové kohortě. Podle výsledků provedeného výpočtu může kvalita ovzduší v současném stavu vyvolávat příznaky respirační nemocnosti u těchto dětí v 85 dnech, tj. 3,7 dne ročně na jedno dítě. V případě realizace posuzovaného záměru by mohlo dojít k navýšení počtu dnů s příznaky respirační nemocnosti u jednoho dítěte na 3,9 dne za rok, pokud by ovšem všechny tyto děti byly vystaveny expozicím maximálních příspěvků průměrných ročních koncentrací PM_{10} vyčísleným v RB č. 1 Ledce č. p. 48. Stanovený imisní limit průměrných ročních koncentrací PM_{10} ve výši $40 \mu g \cdot m^{-3}$ přitom připouští pro jedno dítě až 13 dnů v roce s respiračními problémy. Tato skutečnost jen podtrhuje fakt, že nastavené imisní limity negarantují ochranu veřejného zdraví, nýbrž jsou kompromisem zohledňujícím dosažitelnou realitu.

Přestože jsou výpočty provedeny podle doporučené metodiky, jsou výsledky zatíženy velkými pochybnostmi díky nejistotám ve výchozích hodnotách výpočtu i v odvozených vztazích metodiky, a proto je třeba výsledky chápat pouze jako kvalifikovaný odhad. Kalkulace s velmi nízkými úrovněmi imisních koncentrací v řádu desetin $\mu g \cdot m^{-3}$ se tak s ohledem na uvedené nejistoty stává pouhou formalitou k naplnění doporučené metodiky. Obecně je však nutné podtrhnout význam neustálého provádění všech dostupných protiprašných opatření.

Vyčíslené příspěvky posuzovaného záměru ke koncentracím jemných prachových částic frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ jsou nízkých úrovní, díky čemuž významně neovlivní prevalenci zdravotních účinků chronickým expozicím prašnosti v dotčené populaci. Vyčíslené příspěvky z provádění recyklace a rekultivace v součtu s imisním pozadím a příspěvky z ostatních záměrů projektovaných do daného území jsou ve výsledku rovněž nízké.

3.2.3. Benzo(a)pyren $C_{20}H_{12}$

Benzo(a)pyren je bezprahovou škodlivinou s karcinogenními účinky, nemá tedy stanovenou žádnou bezpečnou úroveň expozice. Rozptylovou studií vyčíslené průměrné roční koncentrace benzo(a)pyrenu dosahují v dané lokalitě požadových hodnot ve stávajícím stavu úrovní do $0,5 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$, přičemž platný imisní limit stanovený v národní legislativě činí $1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$. Po zahájení recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice mohou dle výsledků rozptylové studie ve výpočtovém stavu 2 (doprava přes obce bez zpětného vytížení) průměrné roční koncentrace BaP zaznamenat nárůst o max. $0,00026 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ u rodinného domu Ledce č. p. 76, v ostatních částech obytné zástavby daného území ještě méně.

Pro benzo(a)pyren určila WHO na základě výsledků epidemiologických studií jednotku karcinogenního rizika v hodnotě $8,7 \cdot 10^{-5}$ vztaženou na koncentraci $1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ BaP v ovzduší.

Výpočet pravděpodobnosti zvýšení výskytu nádorových onemocnění nad běžný výskyt v populaci vlivem celoživotní expozici BaP (ILCR – Individual Lifetime Cancer Risk) se stejně jako u benzenu odvozuje ze vztahu:

$$\text{ILCR} = C \times \text{UCR}, \text{ kde:}$$

UCR - horní hranice zvýšení individuálního celoživotního rizika rakoviny při celoživotní expozici koncentrací $1\,000 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ (dle WHO $8,7 \times 10^{-5}$),

C - roční průměrná koncentrace v $\text{ng} \cdot \text{m}^{-3}$.

K charakterizaci rizika expozic benzo(a)pyrenu je použita maximální vyčíslená hodnota příspěvku průměrných ročních koncentrací BaP, a to v RB č. 5, kterým je rodinný dům Ledce č. p. 76. Za stávající stav je uvažováno stávající imisní pozadí dle pětiletých čtverců ČHMÚ v místě tohoto referenčního bodu:

Stav	C ($\text{ng} \cdot \text{m}^{-3}$)	UCR	ILCR
stávající stav	0,4	8,7E-05	3,5E-05
stav po zahájení recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice	0,40026	8,7E-05	3,5E-05

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že v hodnocené lokalitě je v současné době z expozic pozadřovým hodnotám průměrných ročních koncentrací BaP s rezervou plněna akceptovatelná míra zvýšení celoživotního karcinogenního rizika pro jednotlivce, která je udávána v úrovni 8,7E-05. Výhledové zahájení recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice nepřináší v dané lokalitě prakticky žádnou změnu průměrných ročních koncentrací benzo(a)pyrenu v ovzduší. Posuzovaný záměr bude přispívat k celkovým koncentracím BaP v tak malé míře, že oproti současnosti nijak nezvýší pravděpodobnost výskytu nádorových onemocnění nad běžný výskyt v populaci. Samotný maximální příspěvek vyčíslený u nejbližší obytné zástavby činí $\Delta \text{ILCR} = 2,2 \text{E-}08$, přičemž s ohledem na přesnost výpočtu lze považovat za akceptovatelnou míru rizika řádovou úroveň E-05.

Vyčíslené příspěvky k průměrným ročním koncentracím BaP ostatních záměrů v daném území, tj. VRT, pískovna Moravia Tech a SMERO Park Ledce dosahují v součtu $0,00008 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ a výslednou kvalitu ovzduší v kontextu benzo(a)pyrenu tudíž také nijak neovlivní.

3.3. Závěr ve vztahu ke znečištění ovzduší

Vlastní realizace posuzovaného záměru nezpůsobí překračování imisních limitů platných pro oxid dusičitý NO_2 , suspendované částice frakce PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, ani karcinogenní benzo(a)pyren. Imisní příspěvky předkládaného záměru jsou nízké a prakticky neovlivní výsledné hodnoty koncentrací sledovaných znečišťujících látek v ovzduší v dané lokalitě.

Charakterizace rizika pro polutanty ovzduší byla provedena metodou výpočtu relativního rizika, které představuje poměr pravděpodobnosti výskytu určitých syndromů u exponované a neexponované populace. Na základě provedeného srovnání průměrných ročních koncentrací NO_2 se směrnou hodnotou AQG $10 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ doporučenou WHO, která je v daném území dosahována až mírně překračována, lze konstatovat, že vlastní imisní příspěvky záměru

k průměrným ročním koncentracím NO_2 v řádu desetin až setin $\mu\text{g.m}^{-3}$ neznamenají v případě realizace záměru zvýšení zdravotního rizika pro exponované obyvatelstvo.

Při charakterizaci rizika součtu nových příspěvků záměru a imisního pozadí na zdravotní obtíže související s chronickou expozicí tuhým znečišťujícím látkám (**PM₁₀ a PM_{2,5}**) nebylo zjištěno žádné významné zvýšení rizika zdravotních obtíží prokázaných nejnovějšími studiemi WHO. K částečné kvantifikaci rizika chronických účinků imisí PM₁₀ a PM_{2,5} byly použity vztahy odvozené pro předčasnou úmrtnost, nemocnost včetně hospitalizací a výskytu respiračních symptomů. Provádění posuzované recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice nezpůsobí v místní populaci zvýšení předčasné úmrtnosti, záměr nevyvolá nové případy chronické bronchitidy či nové projevy astmatu u dětí ani takové zhoršení průběhu kardiovaskulárních či respiračních onemocnění v populaci, které by si vynutilo hospitalizaci. Dle orientačního výpočtu podle doporučené metodiky by v důsledku vyčísleného navýšení příspěvků průměrných ročních imisí PM₁₀ mohlo dojít k navýšení počtu dnů s projevy respirační nemocnosti u dětí o 0,2 dne za rok, pokud by ovšem všechny děti v populaci ve věkové kohortě 6–12 let byly vystaveny nepřetržité expozici maximálním koncentracím vyčísleným u nejbližší obytné zástavby. Navýšení počtu dnů s omezenou aktivitou v důsledku expozic jemných prachových částic PM_{2,5} čítá opět fiktivní jednotku 0,02 dne za rok na jedince a s ohledem na velkou řadu nejistot ve výchozích podkladech výpočtu a odvozených vztazích použité metodiky je lze považovat pouze za hypotetické a prakticky nulové. Přesto se doporučuje použití všech dostupných prostředků pro snížení prašnosti, a to zejména v rámci opatření proti resuspenzi prachu.

Charakterizace rizika pro **karcinogenní látky** byla provedena metodou výpočtu pravděpodobnosti zvýšení výskytu nádorových onemocnění nad běžný výskyt v populaci (ILCR) při celoživotní expozici **benzo(a)pyrenu**. Z provedeného výpočtu vyplývá, že akceptovatelná míra zvýšení celoživotního karcinogenního rizika z expozic benzo(a)pyrenu je v hodnocené lokalitě v současné době plněna. Po zahájení posuzované recyklace a rekultivace pískovny Bratčice s ohledem na úroveň vyčíslených příspěvků imisí průměrných ročních koncentrací benzo(a)pyrenu nedojde oproti současnosti k žádnému navýšení pravděpodobnosti výskytu nádorových onemocnění v exponované populaci.

4. Hluk

4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztah dávka – účinek

Zvuky jsou přirozenou a důležitou součástí prostředí člověka, jsou základem řeči a příjmu informací, mohou přinášet příjemné zážitky. Zvuky příliš silné, příliš časté nebo působící v nevhodné situaci a době však mohou na člověka působit nepříznivě. Obecně se tyto zvuky, které jsou nechtěné, obtěžující nebo mají dokonce škodlivé účinky, nazývají hlukem, a to bez ohledu na jejich intenzitu. Proto je hluk do jisté míry třeba považovat za bezprahově působící noxu.

Dlouhodobé nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví je možné rozdělit na účinky specifické, projevující se poruchami činnosti sluchového analyzátoru a na účinky nespecifické (mimosluchové), kdy dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu, na nichž se často podílí stresová reakce a ovlivnění neurohumorální a neurovegetativní regulace, biochemických reakcí, spánku, vyšších nervových funkcí, jako je učení a zapamatovávání, ovlivnění smyslově motorických funkcí a koordinace. V komplexní podobě se mohou manifestovat ve formě poruch emocionální rovnováhy, sociálních interakcí i ve formě nemocí, u nichž působení hluku může přispět ke spuštění nebo urychlení vlastního patogenetického děje.

Za dostatečně prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku je v současnosti považováno poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém, rušení spánku, obtěžování a nepříznivé ovlivnění osvojování řeči a čtení u dětí, což potvrzuje i poslední rozsáhlá metaanalýza studií účinků hluku obsažená v WHO směrnici „Environmental Noise guidelines for the European Region” z roku 2018. Kvalita důkazů je považována za vysokou.

Naopak omezené důkazy jsou např. u vlivů na hormonální a imunitní systém, některé biochemické funkce, hyperaktivitu u dětí, ovlivnění placenty a vývoje plodu nebo u vlivů na mentální zdraví a výkonnost člověka.

Současné poznatky o nepříznivých účincích hluku na lidské zdraví lze charakterizovat takto:

Poškození sluchového aparátu je dostatečně prokázano u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny hluku A a počtu let trvání expozice. Riziko sluchového postižení však existuje i u hluku v mimopracovním prostředí při různých činnostech spojených s vyšší hlukovou zátěží. Z fyziologického hlediska jsou podstatou poškození zprvu přechodné a posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Epidemiologické studie prokázaly, že u více než 95 % exponované populace nedochází k poškození sluchového aparátu ani při celoživotní expozici hluku v životním prostředí a aktivitách ve volném čase do 24hodinové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A L_{Aeq,24h} = 70$ dB. Nelze však zcela vyloučit možnost, že by již při nižší úrovni hlukové expozice mohlo dojít k malému sluchovému poškození u citlivých skupin populace, jako jsou děti nebo osoby současně exponované i vibracím nebo ototoxickým lékům či chemikáliím. Je též známo, že zvýšená hluchnost v místě bydliště přispívá k rozvoji sluchových poruch u osob profesionálně exponovaných rizikovým hladinám hluku na pracovišti. Nezanedbatelně může zvyšovat expozici hlukem, zejména u mládeže, dlouhodobý poslech velmi hlasité reprodukováné hudby doma (sluchátka), účast na diskotékách, případně koncertech hudebních skupin.

Zhoršení komunikace řeči v důsledku zvýšené hladiny hluku má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu pracovní kapacity a pocitům nespokojenosti. Nejvíce citlivou skupinou jsou starší lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči. Pro dostatečně srozumitelné vnímání složitějších zpráv a informací (cizí řeč, výuka, telefonická konverzace) by rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasitostí vnímané řeči měl být nejméně 15 dB, a to nejméně v 85 % doby. Při průměrné hlasitosti řeči 50 dB by tak nemělo hlukové pozadí v místnostech převyšovat 35 dB. Zvláštní pozornost zde zasluhují domy, kde bydlí malé děti a třídy předškolních a školních zařízení, neboť neúplné porozumění řeči u nich ztěžuje a poškozuje proces osvojení řeči a schopnosti číst s dalšími nepříznivými důsledky pro jejich duševní a intelektuální vývoj. Zvláště citlivé jsou pak děti s poruchami sluchu, potížemi s učením a děti, pro které vyučovací jazyk není jejich mateřským jazykem.

Nepříznivé ovlivnění spánku se prokazatelně projevuje obtížemi při usínání, probouzením, alterací délky a hloubky spánku, zejména redukcí REM fáze spánku. Může docházet ke zvýšení krevního tlaku, zrychlení srdečního pulsu, arytmiím, vasokonstrikci, změnám dýchání. Efekt narušeného spánku se projevuje i následující den např. rozmrzelostí, zhoršenou náladou, snížením výkonu, bolestmi hlavy nebo zvýšenou únavností. Objektivně bylo prokázano i zvýšení spotřeby sedativ a léků na spaní. Senzitivní skupinou populace jsou starší lidé, osoby pracující na směny, lidé s funkčními a mentálními poruchami a osoby s potížemi se spaním. K adaptaci obyvatel na rušení spánku hlukem nedochází v hlučných lokalitách ani po více letech.

Ovlivnění kardiovaskulárního systému a psychofyzilogické účinky hluku byly dle WHO prokázány v řadě epidemiologických a klinických studií u populace (včetně dětí) žijící v hlučných oblastech kolem letišť, průmyslových závodů nebo hlučných komunikací. Akutní hluková expozice aktivuje autonomní a hormonální systém a vede k přechodným změnám, jako je zvýšení krevního tlaku, tepu a vasokonstrikce. Po dlouhodobé expozici se u citlivých jedinců z exponované populace mohou vyvinout trvalé následky, jako je hypertenze a ischemická choroba srdeční (nedostatečné prokrvení srdečního svalu, projevující se klinicky jako angina pectoris až infarkt myokardu), a to již od úrovně hluku nad 53 dB. Podle nejnovější metaanalýzy provedené WHO pro hlukovou směrnici z roku 2018 je vztah mezi hlukem a ischemickou chorobou srdeční prokázán s vysokou kvalitou důkazu pouze pro hluk ze silniční dopravy. Pro hluk z letecké dopravy je kvalita důkazů velmi nízká, pro hluk ze železniční dopravy a větrných elektráren nebyl nalezen dostatek studií a vznik hypertenze díky hluku se nepotvrdil pro žádný z dopravních zdrojů hluku. Nově byl zamítnut vztah mezi hlukem a mozkovou mrtvicí.

Vztah hlukové expozice a projevů poruch duševního zdraví nebyl ve studiích na toto téma zaměřených jednoznačně prokázán. Nepředpokládá se, že by mohl hluk být přímou příčinou duševních nemocí, ale patrně se může podílet na zhoršení jejich symptomů nebo urychlit rozvoj latentních duševních poruch. Za indikátor latentních duševních poruch nebo onemocnění u populace exponované hluku je považována spotřeba sedativ a prášků na spaní. Nepříznivé ovlivnění výkonnosti hlukem bylo zatím sledováno převážně v laboratorních podmínkách u dobrovolníků. Zvláště citlivá na působení zvýšené hlučnosti je tvůrčí duševní práce a plnění úkolů spojených s nároky na paměť, soustředěnou a trvalou pozornost a komplikované analýzy. Rušivý účinek hluku je významný zejména při činnostech náročných na pracovní paměť, kdy je třeba udržovat část informací v krátkodobé paměti, jako jsou matematické operace a čtení. Zvýšení celkové nemocnosti bylo zjištěno v řadě epidemiologických studií u souborů obyvatel exponovaných neprofesionálně vysokým hladinám hluku. Nejpravděpodobnějším vysvětlením tohoto jevu je důsledek působení chronického stresu. Může jít o některá onemocnění zažívacího traktu, poruchy krevního tlaku, arteriosklerózu, zánětlivá onemocnění, nižší odolnost vůči infekci, poruchy menstruačního cyklu, spastické stavy a prediabetické stavy.

Obtěžování hlukem je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž. Při rušení hlukem se uplatňuje jak emoční složka vnímání, tak složka poznávací při různých činnostech. Hluková zátěž vyvolává celou řadu negativních emočních stavů, mezi které patří pocity rozmrzelosti, nespokojenosti a špatné nálady, deprese, obavy, pocity beznaděje nebo vyčerpání. U každého člověka existuje určitý stupeň citlivosti, resp. tolerance k rušivému účinku hluku. Jde o významně osobnostně fixovanou vlastnost. Významnou úlohu zde hraje vztah ke zdroji hluku, pocit do jaké míry jej člověk může ovlivňovat nebo zda pro něj má nějaký ekonomický význam. Menší rozmrzelost působí hluk, u něhož je předem známo, že bude trvat jen po určité vymezenou dobu, např. hluk ze stavební činnosti. Závislost je i mezi nepříznivým prožíváním hluku a délkou pobytu v hlučném prostředí. Rozmrzelost může vzniknout po víceleté latenci a s délkou konfliktní situace se prohlubuje a fixuje. Kromě toho však může být významně ovlivněna zdravotním stavem. Vysoké hladiny hluku vedou i k nepříznivým projevům v sociálním chování, mohou u predisponovaných jedinců zvyšovat agresivitu a redukovat přátelské chování a ochotu k pomoci. Svoji úlohu zde hraje i zhoršená verbální komunikace, výsledky studií ukazují, že je více snížena ochota ke slovní pomoci, než k pomoci fyzické.

V následujících tabulkách jsou v závislosti na průměrné intenzitě denní hlukové zátěže, odstupňované po 5 dB, znázorněny vybarvením hlavní nepříznivé účinky na zdraví a pohodu

obyvatel v denní, resp. noční době, které se dnes považují za dostatečně prokázané. Vycházejí z výsledků epidemiologických studií pro průměrnou populaci, takže s ohledem na individuální rozdíly v citlivosti vůči nepříznivým účinkům hluku je třeba předpokládat možnost těchto účinků u citlivější části populace i při hladinách hluku významně nižších. Znázorněné prahové hodnoty vycházejí z hlukových směrnic WHO z roku 1999 a 2009 a platí obecně bez specifikace zdroje hluku.

Prahové hodnoty prokázaných účinků hlukové zátěže – denní doba ($L_{Aeq,6-22h}$)

Nepříznivý účinek	dB (A)						
	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70+
Sluchové postižení *							
Zhoršené osvojení řeči a čtení u dětí							
Ischemická choroba srdeční vč. IM							
Zhoršená komunikace řeči							
Silné obtěžování							
Mírné obtěžování							

*přímá expozice hluku v interiéru ($L_{Aeq, 24 \text{ hod}}$)

Z výsledků epidemiologických studií, potvrzených i u nás, vyplývá těsnější vztah mezi indikátory nepříznivých zdravotních účinků hluku a hlukovou expozicí pro noční hluk. Důvodem je jak homogenní expozice, neboť většina populace tráví noc doma a příliš se neliší při svých aktivitách, tak i působení hluku prostřednictvím narušeného spánku, které se projevuje, i když nedochází přímo k probuzení.

Prahové hodnoty prokázaných účinků hlukové zátěže – noční doba ($L_{Aeq,22 - 6h}$)

Prokázané účinky hluku v noci		Indikátor	Prahová hodnota
Biologické účinky	EEG změny (probouzení)	$L_{Amax}(v \text{ interiéru})$	35 dB
	První pohyby	$L_{Amax}(v \text{ interiéru})$	32 dB
	Změny ve fázích spánku	$L_{Amax}(v \text{ interiéru})$	35 dB
Kvalita spánku	Buzení se během noci nebo brzy ráno	$L_{Amax}(v \text{ interiéru})$	42 dB
	Zvýšený pohyb, převalování se	$L_n(\text{venku})$	42 dB
Pohoda	Subjektivní rušení spánku	$L_n(\text{venku})$	42 dB
	Užívání léků na spaní	$L_n(\text{venku})$	40 dB
Lékařská diagnóza	Nespavost (Environmental insomnia)	$L_n(\text{venku})$	42 dB
Vysvětlivky: L_n je ekvivalentní hladina akustického tlaku A v noční době (22:00 – 06:00 hod), L_{Amax} je maximální hladina akustického tlaku A v noční době.			
Účinky hluku v noci s omezenými důkazy		Indikátor	Prahová hodnota
Pohoda	Stížnosti	$L_n(\text{venku})$	35 dB
Lékařská diagnóza	Hypertenze (zvýšený krevní tlak)	$L_n(\text{venku})$	50 dB
	Infarkt myokardu (srdeční příhoda)	$L_n(\text{venku})$	50 dB
	Psychické poruchy	$L_n(\text{venku})$	60 dB
Vysvětlivky: L_n je ekvivalentní hladina akustického tlaku A v noční době (22:00 – 06:00 hod)			

Z tabulek obecně vyplývá, že při dodržení hygienického limitu 50/40dB ekvivalentní hladiny akustického tlaku v denní/noční době, se nepředpokládá existence zdravotních rizik hluku pro exponované osoby. Nelze ovšem vyloučit možnost určité míry obtěžování i úrovní hluku podlimitní v případě hluku se zvýšeným rušivým vlivem, jako je hluk doprovázený vibracemi, hluk obsahující nízké frekvenční složky, hluk s kolísavou intenzitou nebo obsahující výrazné tónové složky.

4.2. Hodnocení expozice a charakterizace rizika hluku

Jako podklad pro hodnocení expozice hluku slouží akustická studie (Moravec, 2026), která modelově hodnotí úroveň akustického tlaku v daném území v případě navrhovaného provádění recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice vč. související vyvolané dopravy. Akustická studie hodnotí hluk z provozu všech činností v areálu těžebny Bratčice (bodové zdroje – jednotlivé stroje a technologická strojní zařízení pro těžbu suroviny, recyklaci a zavážku) a liniové zdroje, tedy jednotlivé úseky veřejných komunikací sloužících k expedici těžených materiálů a dovozu surovin k recyklaci.

Hlukové vlivy jsou řešeny vzhledem k nejbližším chráněným venkovním prostorům staveb a chráněným venkovním prostorům (dle § 30 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění) se zohledněním jednotlivých složek útlumu, a to ve výpočtovém modelu pro hornickou činnost a provoz zařízení k nakládání s odpady v pískovně Bratčice. Samostatně je pak v akustické studii hodnocen hluk z obslužné dopravy pro stav v roce 2030 ve 4 výpočtových modelech lišících se trasováním a mírou zpětného vytížení nákladních vozidel.

Akustická studie též komentuje kumulativní vlivy s dalšími záměry v blízkém okolí.

Hluk z provozu v areálu těžebny Bratčice

Jako průmyslové zdroje hluku se v těžebně budou uplatňovat stroje a zařízení používané při provozu zařízení k nakládání s odpady, tedy při manipulaci a úpravě materiálu a jeho transportu v rámci areálu provozovny. Všechny uvedené zdroje hluku byly v jednotlivých modelech uvažovány jako bodové a liniové.

Při prohlídce lokality autorem akustické studie byla vytipována, s ohledem na plánované plochy jednotlivých činností a morfologii terénu, nejbližší zástavba, resp. obytné objekty, které by mohly být hlukem z areálu těžebny nejvíce ovlivněny. Referenční výpočtové body (dále též jen RB) byly vybrány a umístěny na obytné objekty tak, aby byla výpočtem postižena všechna činnost související se záměrem, která se prakticky týká pouze jižního okraje zástavby Ledec. Referenční výpočtové body jsou umístěny na fasádu objektů přilehlou ke zdrojům hluku ve výšce 2 m.

Referenční výpočtové body byly umístěny na RD č. p. 48 a 59. Oba objekty reprezentují obytnou zástavbu stojící nejbližší plochám posuzovaného záměru. Rodinný dům č. p. 48 je vzdálen cca 550 m od plochy recyklačního dvora a cca 370 m od plochy zasypávání, rodinný dům č. p. 59 je od plochy recyklačního dvora vzdálen 800 m a od plochy zasypávání zhruba 325 m.

Ve výpočtu je uvažován souběh všech činností v pískovně Bratčice, tzn. že v provozu je recyklační dvůr a do prostoru zasypávání je navážen materiál, zároveň jsou u severní hranice těžební plochy (nejbližší k obytné zástavbě) prováděny skryvkové a těžební práce, dále probíhá přeprava a úprava suroviny i hotových produktů. Uvažován je současný provoz všech zdrojů po celou pracovní dobu, což je v praxi spíše nepravděpodobné, výpočet je tedy proveden s jistou rezervou.

Hodnoty akustických imisí v referenčních bodech-celkový hluk z provozu pískovny Bratčice v denní době

Výpočetní bod	$L_{Aeq,8h}$ (dB)	Hygienický limit den (dB)
Ledce č. p. 59	43,0	50
Ledce č. p. 48	44,2	

Z provedených výpočtů je zřejmé, že hygienický limit pro hluk z areálu pískovny by v denní době neměl být u nejbližších chráněných venkovních prostorů překračován. Model byl proveden pro mezní umístění strojů vůči okolní zástavbě. V noční době nebude areál v provozu, nebude odtud tedy emitován žádný hluk.

Podíl samotného provozu zařízení k nakládání s odpady na celkové ekvivalentní hladině akustického tlaku je 35,6 – 38,0 dB. Jedná se tedy o méně významný podíl než ten, který tvoří samotná těžba a úprava. Je to dáno především faktem, že recyklační linka, jako nejvýznamnější zdroj hluku posuzovaného záměru, je umístěna v zahloubené pískovně, a navíc v blízkosti svahů pískovny, které tak tvoří účinnou bariéru pro šíření hluku do okolí.

V nejnovější hlukové WHO směrnici z roku 2018 ani Příloze III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES v platném znění nebyly pro hluk ze stacionárních zdrojů ani pro kombinovaný hluk hraniční hodnoty stanoveny. Pro hodnocení zdravotních účinků hlukové expozice ze stacionárních zdrojů výrobních areálů tak nová hluková směrnice žádné nové podklady nepřinesla, a to zejména z důvodu jejich příliš velké heterogenity, specifických rysů, velmi lokálního charakteru a malého počtu provedených studií. Jako jediná možnost alespoň orientačního kvantitativního odhadu obtěžujících účinků tohoto typu hluku proto nadále zůstávají vztahy expozice a obtěžování, které na základě několika Holandských studií publikovali Miedema a Vos v roce 2004. Byly odvozeny pro nádražní hluk, hluk ze sezónní výroby a hluk z výrobních zařízení s celoročním provozem na základě hlukové expozice L_{dvn} a podle samotných autorů těchto vztahů vyžadují ověření a potvrzení dalšími studiemi. V roce 2007 pak byly na základě dánské studie Glenlyd publikovány další vztahy pro stacionární zdroje hluku, které spolu s předchozí studií Miedemy a Vose udávají pro stacionární zdroje s nepřetržitým provozem konzistentní výsledky.

Prahové hodnoty prokázaných účinků hlukové zátěže z provozoven jsou v souladu s národními limity, tedy v úrovni 50 dB v denní a 40 dB v noční době.

S ohledem na výsledky akustické studie lze konstatovat, že po realizaci záměru by na hranici chráněného venkovního prostoru staveb a chráněného venkovního prostoru obytné zástavby v okolí pískovny Bratčice nemělo docházet k překračování hygienických limitů pro hluk z provozoven, tedy ani k překračování prahových hodnot prokázaných účinků hlukové zátěže.

Hluk z dopravy

Hluk z dopravy je v akustické studii hodnocen ve 4 variantách lišících se trasováním dopravy a mírou zpětného vytížení nákladních vozidel. K charakterizaci rizika je použita pouze varianta č. 4, tedy četnější jízda po komunikacích nižších tříd vedoucích přes obce a bez zpětného vytížení. Všechny ostatní varianty jsou z pohledu negativních vlivů nákladní automobilové dopravy příznivější.

Při uvažovaném maximálním objemu expedice z pískovny bude celková dopravní intenzita nákladní dopravy 316 jízd těžkých nákladních vozidel a 26 jízd lehkých nákladních vozidel za den.

Pro výpočet byla dále doplněna v rámci kumulace intenzita dopravy související s dalšími záměry v blízkém okolí. Prvním je Smero Park Ledce, umístěný u křižovatky komunikací třetí třídy č. 42510 a 41619 jižně od Ledců pod fotovoltaickou elektrárnou a severně od pískovny Hrušovany provozovatele Moravia Tech, a. s. Druhým záměrem je již výše zmíněná pískovna Hrušovany, kde dochází v souvislosti s budováním plánovaného koridoru VRT ke změně plánu sanace a rekultivace. V souvislosti se změnou je očekáván nárůst vyvolané dopravy v úrovni do 10 NA za týden, což je naprosto nevýznamné. Intenzita původní obslužné dopravy je zahrnuta v datech z celostátního sčítání dopravy a je tedy ve výpočtech obsažena.

Výpočet hluku z dopravy spočívá v modelování dopravního proudu pomocí liniového zdroje hluku a ve výpočtu útlumu hluku pro jednotlivé referenční body, případně pro bodové pole v daném území.

Po zvážení možných vlivů na hlukovou situaci v souvislosti s dopravním rozložením a současnou intenzitou dopravy na nejbližších dotčených úsecích veřejných komunikací bylo pro referenční výpočtové body vybráno autorem akustické studie několik nejbližších obytných objektů podél komunikace III/39520 v obci Němčičky a v okolí komunikace III/42510 v obci Ledce.

V obci Němčičky byly výpočtové body umístěny před fasádu RD č. p. 61 a bytového domu č. p. 34. V obci Ledce byl výpočtový bod umístěn před fasádu rodinných domů č. p. 76, 22 a 20. Jedná se o objekty stojící v minimálním odstupu (případně nejbližší) od komunikace, reprezentují tak nejvíce hlukem zasaženou obytnou zástavbu. Referenční výpočtové body jsou umístěny 2 m před fasádu přilehlou ke komunikaci ve výšce 3 m.

Hodnoty akustických imisí v referenčních bodech - doprava ve variantě 4 v roce 2030

Bod	Denní doba, se záměrem $L_{Aeq,16h}$ [dB]	Hygienický limit pro hluk z dopravy v denní době (dB)	Noční doba* $L_{Aeq,8h}$ [dB]	Hygienický limit pro hluk z dopravy v noční době (dB)
Ledce č. p. 76	55,4	68	49,7	58
Ledce č. p. 22	59,8		54,0	
Ledce č. p. 20	59,1		53,4	
Němčičky č. p. 61	63,6		57,4	
Němčičky č. p. 34	58,4		52,6	

* Areál pískovny Bratčice není a nebude provozován v noční době. Obslužná doprava tohoto areálu tedy nebude probíhat v nočních hodinách. Intenzita dopravy a hluk z dopravy v noční době je sledován pouze pro účely studie HIA (posouzení vlivů na veřejné zdraví), kde je noční hluk z dopravy jedním z nutných vstupů pro přepočet ekvivalentních hladin hluku na hlukové deskriptory.

Hodnoty ekvivalentních hladin hluku z dopravy by ve všech referenčních výpočtových bodech (chráněný venkovní prostor stavby) i po realizaci záměru měly bezpečně splňovat hygienický limit pro hluk z dopravy v denní době.

Vzhledem k tomu, že výsledná úroveň hluku emitovaného z přitížené dopravy v případě maximální expedice může mít dopady zejména do oblasti obtěžování hlukem, je v následujícím kroku proveden přepočet výsledných modelovaných ekvivalentních hodnot hluku na hlukové ukazatele pro obtěžování hlukem z automobilové dopravy.

Míru rizika obtěžování hlukem související s běžně se vyskytující úrovní hluku ze silniční dopravy je možné vyjádřit relativním podílem obtěžovaných obyvatel pomocí ukazatele L_{dvn}^1 , resp. L_{dn}^2 a relativním podílem rušených lidí ve spánku pomocí ukazatele L_n^3 . Pro účely screeningového posouzení vlivů navrhovaných záměrů na veřejné zdraví bývá postačující odhad těchto ukazatelů a srovnání s mezními hodnotami podle vyhlášky č. 315/2018 Sb. (vyhláška o strategickém hlukovém mapování). Dle přílohy č. 1 této vyhlášky a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES je hodnota hlukového ukazatele L_{dvn} v dB(A) definována vzorcem:

¹ L_{dvn} (day – evening – night level) – ekvivalentní hladina akustického tlaku A za 24 hodin se zvýšením večerní hladiny akustického tlaku o 5 dB a noční hladiny o 10 dB

² L_{dn} (day – night level) – ekvivalentní hladina akustického tlaku A za 24 hodin se zvýšením noční hladiny akustického tlaku (22 – 7 h) o 10 dB

³ L_{night} – dlouhodobá ekvivalentní hladina akustického tlaku A v časovém úseku 8 hodin v noci na nejvíce exponované fasádě domu

$$L_{dvn} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{0,1 \cdot L_d} + 4 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_v + 5)} + 8 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_n + 10)} \right) \right]$$

popř. aproximace tohoto ukazatele bez známého ukazatele L_v :

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{0,1 \cdot L_d} + 8 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_n + 10)} \right) \right]$$

kde: L_{dvn} či L_{dn} je celodenní (24-hodinový) ukazatel pro obtěžování hlukem, jeho mezní hodnota pro silniční dopravu je 70 dB,

L_d je hlukový ukazatel pro obtěžování hlukem během dne (od 06:00 do 18:00 hod.),

L_v je hlukový ukazatel pro obtěžování hlukem během večera (od 18:00 do 22:00 hod.),

L_n je hlukový ukazatel pro rušení spánku (od 22:00 do 06:00 hod.), jeho mezní hodnota pro silniční dopravu je 60 dB.

Přepočet modelovaných hodnot dopravního hluku na ukazatele pro obtěžování hlukem

Referenční bod	Vypočtená $L_{Aeq, T}$ (dB)		L_{dn} (dB)
	den	noc	
Ledce č. p. 76	55,4	49,7	57,3
Ledce č. p. 22	59,8	54,0	61,7
Ledce č. p. 20	59,1	53,4	61,0
Němčičky č. p. 61	63,6	57,4	65,3
Němčičky č. p. 34	58,4	52,6	60,3

Z uvedených přepočtů modelovaných hodnot akustického tlaku pro hluk z dopravy v zástavbě v okolí komunikací využívaných obslužnou dopravou pískovny Bratčice vyplývá, že v období jejího provozu vyhoví dopravní hluk mezním hodnotám pro obtěžování hlukem ze silniční dopravy (70 dB), daným vyhláškou č. 315/2018 Sb., vyhláška o strategickém hlukovém mapování.

Studii sledujících vztah mezi hlukovou expozicí a vyvolanými reakcemi exponovaných lidí ve vztahu k pocitům obtěžování bylo již provedeno mnoho. Uskutečnila se též řada pokusů dospět meta-analýzou jejich výsledků k odvození kvantitativního vztahu mezi expozicí a zdravotním účinkem. Miedema a Oudshoorn publikovali v roce 2001 model obtěžování dopravním hlukem, který vychází z analýzy výsledků většího počtu terénních studií, provedených v Evropě, Austrálii, Japonsku a Severní Americe, který odstraňuje některé nedostatky předchozích prací. Uvádí vztah mezi hlukovou expozicí v L_{dn} nebo L_{dvn} v rozmezí 45 – 75 dB a procentem obyvatel, u kterých lze očekávat pocity obtěžování (ve třech stupních škály intenzity obtěžování), a to zvláště pro hluk z letecké, silniční a železniční dopravy. Úzký konfidenční interval odvozených vztahů indikuje jejich relativní spolehlivost, i když je třeba předpokládat ovlivnění variabilními podmínkami v jednotlivých konkrétních případech. Hlavním účelem těchto vztahů je možnost predikce počtu obtěžovaných osob v závislosti na intenzitě hlukové expozice u běžné průměrně citlivé populace a v současné době jsou doporučeny pro hodnocení obtěžování obyvatel hlukem v zemích EU. Potvrzují známou zkušenost, že letecký hluk má výraznější obtěžující účinek nežli hluk ze silniční dopravy a hluk ze silniční dopravy má výraznější účinek nežli hluk

z dopravy železniční. Výpočet pro vysoké obtěžování hlukem ze silniční dopravy se dle tohoto zdroje odvozuje z následujícího vztahu:

$$\% HA = 9,994 \times 10^{-4} (L_{dn} - 42)^3 - 1,523 \times 10^{-2} (L_{dn} - 42)^2 + 0,538 (L_{dn} - 42)$$

Aktualizovaná verze 5 autorizačního návodu SZÚ AN 15/04 doporučuje přednostně využívat vztahy definované v Annex III Směrnice komise (EU) 2020/367, kde je pro vysoké obtěžování silničním hlukem v plochem evropském terénu na základě 10 studií z evropských zemí (s vyloučením studií z alpských a asijských oblastí) definován vztah:

$$\% HA = 116,4304 - 4,7342 \times L_{den} + 0,0497 \times L_{den}^2 \quad ^4$$

Zároveň však autorizační návod SZÚ AN 15/04 verze 5 uvádí, že nově provedené analýzy časových trendů obtěžování potvrzují také platnost původních vztahů, a proto se doporučuje provést výpočet podle obou vztahů a výsledek uvádět jako rozmezí, ve kterém se obtěžování pohybuje na základě různých metod.

Nová hluková směrnice WHO uvádí doporučení, že silniční hluk by neměl vysoce obtěžovat víc než 10 % exponované populace, což odpovídá expozici menší než 53 dB L_{dvn} .

V zástavbě **Ledců** může být podle původních a nových vztahů pro plochý evropský terén, uvedených v hlukové směrnici WHO Annex III, v kontextu nejvyšších hodnot imisních úrovní dopravního hluku zde vyčíslených v roce 2030 podle varianty 4, vysoce obtěžovaných dopravním hlukem 12,33-13,53 % obyvatel zástavby přilehlé ke komunikaci III/42510. Podle grafického znázornění výsledků akustické studie zde leží v pásmu nejvyšší úrovně dopravního hluku 5 rodinných domů. Podle posledního celostátního Sčítání lidu, bytů a domů je průměrná zalidněnost domu v Ledcích 3,36 osoby na dům. Nejvyšším úrovním dopravního hluku tak může být v Ledcích exponováno 17 osob, z nichž 2 mohou trpět pocitem vysokého obtěžování dopravním hlukem. V případě většího využívání komunikací vyšších tříd a zpětného vytížení nákladních vozidel (varianty 1 – 3) by mohlo dojít k predikovanému snížení dopravního hluku o 0,3 dB a tím k poklesu počtu vysoce obtěžovaných na 12,0-13,12 %, což pro všech 17 uvažovaných exponovaných představuje opět 2 osoby. Při realizaci jakékoli dopravní varianty se celkový počet vysoce obtěžovaných dopravním hlukem v Ledcích nezmění.

V zástavbě **Němčiček** může být podle původních a nových vztahů pro plochý evropský terén, uvedených v hlukové směrnici WHO Annex III, v kontextu nejvyšších hodnot imisních úrovní dopravního hluku zde vyčíslených v roce 2030 podle varianty 4, vysoce obtěžovaných dopravním hlukem 16,91-19,21 % obyvatel zástavby přilehlé ke komunikaci III/39520. Podle grafického znázornění výsledků akustické studie zde leží v pásmu nejvyšší úrovně dopravního hluku 20 rodinných domů a jeden bytový dům s 5 bytovými jednotkami. Podle posledního celostátního Sčítání lidu, bytů a domů je průměrná zalidněnost bytu v Němčičkách 3,14 osoby na byt. Nejvyšším úrovním dopravního hluku tak může být v Němčičkách exponováno 66 osob, z nichž 11-13 může trpět pocitem vysokého obtěžování dopravním hlukem. V případě většího využívání komunikací vyšších tříd a zpětného vytížení nákladních vozidel (varianty 1–3) by mohlo dojít k predikovanému snížení dopravního hluku o 0,3 dB a tím k poklesu počtu vysoce obtěžovaných na 16,48-18,69 %, což pro všech 66 uvažovaných exponovaných představuje opět 11-12 osob. Při realizaci jakékoli dopravní varianty se celkový počet vysoce obtěžovaných dopravním hlukem v Němčičkách nezmění.

⁴ Podle Vandasová Z., Fialová A.: Vztahy mezi hlukovými ukazateli L_{dvn} a L_{dn} , SZÚ Praha 2019 je přepočten L_{dn} na L_{den} proveden z následujícího vztahu $L_{den} = L_{dn} + 0,645$.

Prakticky nulovým změnám vysoce obtěžovaných dopravním hlukem odpovídají velmi nízké změny úrovní dopravního hluku souvisejícím s různým trasováním dopravy a výší zpětného vytížení vozidel, které dosahují hodnot 0,1 - 0,3 dB. Lidský sluchový aparát je schopen rozeznat změnu intenzity hluku v úrovni min. 2–3 dB, u velmi citlivých jedinců to může být o cca 0,5 dB méně. Změna úrovně hluku o 0,3 dB není zaznamenatelná ani citlivými digitálními hlukoměry, chyba přímého měření hluku se pohybuje okolo $\pm 2\text{--}3$ dB. Stejně tak modelové výpočty úrovní akustických imisí obsahují chybu v řádu ± 2 dB. Akustickou studií vyčíslené změny úrovní dopravního hluku jsou tak nízké, že v případě volby jakékoli dopravní varianty nebudou změny celkové úrovně dopravního hluku obyvateli zástavby podél komunikací III/42510 a III/39520 vůbec subjektivně vnímatelné.

Další doporučenou metodou kvantitativního hodnocení rizika obtěžování dopravním hlukem je výpočet osob vysoce obtěžovaných, resp. rušených ve spánku %HSD. Vzhledem k tomu, že obslužná doprava pískovny Bratčice bude probíhat výhradně v denní době, nebude mít její provoz žádný vliv na počet osob vysoce obtěžovaných ve spánku dopravním hlukem.

Dalším z indikátorů účinku hluku na zdraví je kvantitativní hodnocení rizika ischemické choroby srdeční (dále též jen ICHS), a to buď pomocí určení populační atributivní frakce PAF (proporce případů, kterou lze přisoudit expozici hlukem ze všech případů daného onemocnění) nebo atributivní počet N (předpokládaný počet osob postižených daným onemocněním v důsledku hluku). Druhý z uváděných výstupů je považován za výstižnější při dostatečně velkém počtu zasažených osob.

K určení populační atributivní frakce je nezbytné znát relativní riziko ICHS, které obecně představuje poměr rizika u exponovaných a neexponovaných jedinců. Riziko ICHS ve vztahu k hluku se kvantitativně vyjadřuje jako relativní riziko v populaci exponované riziku hluku ku populaci hluku neexponované. Poslední hluková směrnice WHO definuje vztah mezi hlukem ze silniční dopravy a rizikem ischemické choroby srdeční v podobě relativního rizika $RR_{1,08}$ ($95\%CI = 1,01\text{--}1,15$) pro 10 dB nárůst expozice v L_{den} s prahovou hladinou cca 53 dB. Kvalita důkazů je považována za vysokou. Za významné považuje WHO zvýšení zdravotního rizika ICHS nad 5 %, ke kterému podle výše uvedeného vztahu dochází při dlouhodobé zátěži dopravním hlukem od L_{den} 59,3 dB.

Relativní riziko lze odhadnout pomocí tzv. poměru šancí (odds ratio OR), který je výstupem při statistickém zpracování některých typů epidemiologických studií a při použití některých statistických modelů. Pokud je výskyt sledovaného jevu vzácný, potom je OR dobrým odhadem RR. Ve studiích týkajících se ICHS z hluku se tento způsob odhadu běžně používá.

Způsob výpočtu RR vzniku ICHS pro konkrétní expozici hluku ze silniční dopravy je uveden v Příloze III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES. Lze jej zapsat takto:

$$RR_{ICHS,silnice} = \begin{cases} e^{[(\ln(1,08)/10) \cdot (L_{dvn} - 53)]}, & \text{pokud } L_{dvn} > 53 \text{ dB} \\ 1, & \text{pokud } L_{dvn} \leq 53 \text{ dB.} \end{cases}$$

Pro $L_{dvn} > 53$ dB lze vzorec zjednodušit do podoby:

$$RR_{ICHS,silnice} = 1,00773^{(L_{dvn} - 53)}$$

kde: e Eulerovo číslo, základ přirozených logaritmů $e = 2,71828182.....$
 L_{dvn} hlukový ukazatel pro den-večer-noc, charakterizující příslušnou expozici nebo střed expozičního pásma.

Pro $L_{dvn} \leq 53$ je $RR_{ICHS, silnice}$ vždy rovno jedné.

Atributivní frakce AF je proporce případů, které lze přisoudit dlouhodobé expozici dopravnímu hluku a kterým by bylo možno za ideálních okolností zabránit, kdyby k expozici vůbec nedošlo. Atributivní frakci lze vyjádřit pomocí relativního rizika RR podle vztahu:

$$AF = \frac{RR-1}{RR}$$

kde AF atributivní frakce,
RR relativní riziko.

Výpočet relativního rizika ICHS, resp. atributivní frakce ICHS, je proveden pro oblast, kterou hodnotí akustická studie, tedy pro zástavbu přilehlou ke komunikaci III/42510 v zástavbě Ledčic a III/39520 v Němčičkách. Podle grafických výstupů akustické studie leží v pásmu izofony nad L_{den} 59,3 dB v Ledcích 1 a v Němčičkách 13 obytných budov. Podle dat Českého statistického úřadu činí průměrná zalidněnost domu v Ledcích 3,36 osoby/dům, v Němčičkách pak 3,14 osoby/dům.

Podle autorizačního návodu AN 15/04 verze 5 Státního zdravotního ústavu je incidence ischemických chorob srdečních (diagnózy I20 – I25 vykázané na pozici hlavní diagnózy) pro celou populaci ČR 98 780 případů, což odpovídá 9,275/1000 osob ročně.

Pro stav v roce 2030 v dopravně nejhorší variantě č. 4 vychází v **Ledcích** relativní riziko ischemické choroby srdeční ve výpočtovém bodu s nejvyšší vyčíslenou úrovní hluku 1,069. V případě realizace dopravní varianty s větším využíváním komunikací vyšších tříd a zpětným vytížením automobilů, a s tím souvisejícím poklesem dopravního hluku na komunikaci III/42510, by v roce 2030 relativní riziko ischemické choroby srdeční mohlo klesnout na 1,067. Atributivní frakce pak vychází pro všechny dopravní varianty 0,06 %. Uvedené podíly incidence ischemické choroby srdeční u uvažovaných exponovaných osob v rodinném domě Ledce č. p. 22 (ostatní RB nemají na fasádě směrem ke komunikaci okna pobytových místností) představují v roce 2030 pro všechny dopravní varianty 0,002 nových onemocnění za rok.

Pro stav v roce 2030 v dopravně nejhorší variantě č. 4 vychází v **Němčičkách** relativní riziko ischemické choroby srdeční ve výpočtovém bodu s nejvyšší vyčíslenou úrovní hluku 1,099. V případě realizace dopravní varianty s větším využíváním komunikací vyšších tříd a zpětným vytížením automobilů, a s tím souvisejícím poklesem dopravního hluku na komunikaci III/39520, by v roce 2030 relativní riziko ischemické choroby srdeční mohlo klesnout na 1,097. Atributivní frakce pak vychází pro všechny dopravní varianty 0,09 %. Uvedené podíly incidence ischemické choroby srdeční u uvažovaných 41 exponovaných osob (13 domů ve stejném pásmu izofony jako RB Němčičky č. p. 61) představují v roce 2030 pro všechny dopravní varianty 0,034 nových onemocnění za rok.

Kvantitativní hodnocení rizika hluku pomocí populační atributivní frakce (PAF) nebylo provedeno z důvodu malého počtu obyvatel exponovaných úrovním hluku ležícím uvnitř intervalu platnosti vztahu dávka – účinek, kde vždy vychází zcela zanedbatelné hodnoty.

Akustickou studií vyčíslené příspěvky záměru k úrovním dopravního hluku v roce 2030 jsou tak nízkých úrovní, že nijak nenavýší zdravotní rizika ischemické choroby srdeční v populacích obcí, kterými prochází záměrem využívané úseky komunikací. Nárůst incidence

ICHHS by v Ledcích v roce 2030 byl v případě dopravní varianty 4 oproti jiným variantám dopravy o 1 případ za 14 836 let, v zástavbě Němčiček pak 1 případ za 1 250 let.

4.3. Závěr ve vztahu problematiky hluku

Na základě provedené charakterizace rizika z expozic akustickým imisím z provozu areálu recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice lze konstatovat, že akustické imise produkované tímto záměrem nebudou mít negativní vliv na veřejné zdraví.

Při souběžném provozu recyklačního dvora, závážky a těžby v pískovně Bratčice zůstanou hlukové imise u nejbližší obytné zástavby s dostatečnou rezervou pod úrovní prokázaných účinků hlukové zátěže ze stacionárních zdrojů.

Akustickou studií vyčíslené změny hladiny hluku z dopravy v případě jednotlivých variant (lišících se mírou využití komunikací vyšších tříd a zpětného vytížení vozidel) k celkovému hluku emitovanému z hodnocených komunikací vykazují podél využívaných úseků změny v řádu 0,1 - 0,3 dB. Tato změna úrovně dopravního hluku není akusticky významná, je objektivně měřením prakticky neprokazatelná a je menší, než je hodnota rozpoznatelná lidským sluchovým aparátem. Proto by obyvatelé objektů přilehlých k hodnoceným komunikacím III/42510 v Ledčicích a III/39520 v Němčičkách neměli v případě volby jakékoli dopravní varianty subjektivně zaznamenat změnu úrovně dopravního hluku. Změny hladin dopravního hluku v souvislosti s realizací posuzovaného záměru je možné hodnotit v kontextu veřejného zdraví jako nevýznamné.

V rámci kvantitativní charakterizace rizika je proveden i výpočet relativního rizika vysokého obtěžování dopravním hlukem, který neprokázal žádnou změnu v počtu osob těmito pocity zasažených. Výpočet relativního rizika, resp. atributivní frakce ischemické choroby srdeční též neprokázal žádnou změnu v úrovni rizika kardiovaskulárních poruch v důsledku zjištěné hladiny akustického tlaku z dopravy na komunikacích využívaných obslužnou dopravou provozovny v pískovně Bratčice.

5. Analýza nejistot

Každé hodnocení zdravotního rizika je nevyhnutelně spojeno s určitými nejistotami, danými použitými daty, expozičními faktory, odhady chování exponované populace apod. Proto je jednou z neopomenutelných součástí hodnocení rizika i popis a analýza nejistot, které jsou s hodnocením spojeny a kterých si je zpracovatel vědom.

Všechny níže uvedené nejistoty byly řešeny přijetím konzervativního modelu, který představuje nejhorší možný scénář, tedy dlouhodobou nepřetržitou expozici nejvýše vyčísleným úrovním příspěvků imisí polutantů ovzduší a hluku ve venkovním prostředí.

5.1. Polutanty ovzduší

Rozptylová studie, z jejíchž závěrů vychází předkládané hodnocení zdravotních rizik, byla zpracována na základě metodiky SYMOS '97, jejímž základem je matematický model, který již svou podstatou znamená zjednodušení těch dějů v atmosféře, které ovlivňují rozptyl znečišťujících látek. Proto jsou i výsledky vypočtené v rozptylové studii nutně zatížené chybou a nedají se interpretovat zcela striktně.

Klimatické vstupní údaje znamenají zprůměrované hodnoty jednotlivých veličin za delší časové období. Skutečný průběh meteorologických charakteristik v daném určitém roce se může od průměru značně lišit. Obecně jsou limity rozptylové studie popsány v její samostatné kapitole 2.3.

Ke kvantifikaci rizika exponované populace obce Ledce, byly použity údaje z veřejné databáze Českého statistického úřadu se stavem k 31. 12. 2024 a ze Zdravotnické ročenky Jihomoravského kraje za rok 2013 (novější krajské ročenky nejsou k dispozici). Na takto kvantifikovanou populaci byly paušálně vztaženy nejvyšší hodnoty sledovaných příspěvků škodlivin ovzduší vyčíslené u nejbližší obytné zástavby. Složení populace a rozdělení věkových kohort se v jednotlivých obcích může od krajského průměru mírně lišit. Obecně byl pro odhad expozice a hodnocení rizika aplikován konzervativní způsob, který reálnou expozici a tím i charakterizaci rizika značně nadhodnocuje a výsledné závěry jsou tedy na straně bezpečnosti.

Pro kvantifikaci rizika byly ve výpočtech použity zobecňující hodnoty jednotlivých veličin, přičemž např. množství vdechnutého vzduchu za jednotku času se vyznačuje značnou variabilitou dle věku, pohlaví i fyzické aktivity, k expozici vyčísleným hodnotám chemických škodlivin v ovzduší nedochází nepřetržitě (neuvažuje se s výkyvem koncentrací v průběhu roku, s trávením většiny času populace ve vnitřním prostředí) apod.

Nejistoty do hodnocení vlivů na veřejné zdraví vnáší rovněž použité regresní koeficienty a referenční hodnoty odvozené WHO, US EPA a ostatních světových vědeckých institucí z výsledků epidemiologických studií, jejichž závěry mají různé úrovně spolehlivosti.

Hodnocení expozice polutantům ovzduší bylo provedeno pouze odhadem, neboť zpracovatelka nemá k dispozici podrobnější údaje o populaci žijící v hodnocené lokalitě, zejména údaje o jejím složení, návycích, pracovních expozicích, době trávení času ve venkovním prostoru, citlivých či odolných skupinách atd., tedy nejsou žádné podrobnější údaje o expozičním scénáři.

5.2. Hluk

V akustické studii (Moravec, 2026), z jejichž závěrů vychází předkládané hodnocení vlivů na veřejné zdraví, vychází výpočet parametrů útlumu pro hluk emitovaný z provozovny z normy ČSN ISO 9613-2, kde dle odst. 9 tabulky 5 této normy je stanoven odhad přesnosti ± 3 dB.

Modelování je pro odhad dlouhodobé expozice vhodnější než výsledky samotného měření hluku, které sice poskytují přesné údaje, avšak jsou závislé na momentální situaci a z hlediska dlouhodobé expozice nemusí poskytovat dostatečně validní a reprezentativní podklady. Výpočtové modely v akustické studii mohou být ovlivněny počtem a umístěním reprezentativních referenčních bodů. Referenční body v akustické studii byly cíleně umístěny u nejvíce exponovaných obytných objektů s vědomím, že v ostatních částech obytného území bude situace příznivější.

Další významnou nejistotou v kontextu hodnocení hluku je opět ten fakt, že není znám expoziční scénář obyvatel v okolí záměru ani struktura dotčené populace. Při zpracování akustických modelů nemůže být zohledněno např. dispoziční řešení obývaných objektů ležících nejbližší záměru či podél dopravních tras, orientace oken, věková skladba obyvatel jednotlivých objektů, doba pobytu osob v daném místě apod. Popisované a použité vztahy mezi hlukovou expozicí a jejím účinkem nelze považovat za absolutně platné za všech podmínek. Vždy je nutno počítat s výrazným vlivem konkrétních místních podmínek a rozdílným stupněm vnímavosti a citlivosti exponované populace.

Při charakterizaci rizika nebylo posuzováno kombinované působení hluku z různých zdrojů a nebylo též zvažováno ani případné maskování hluku jiným zdrojem či naopak potence účinků hluku z více různých zdrojů. Tyto jevy nejsou zatím dostatečně prozkoumány a neexistuje doporučený postup pro jejich posuzování.

Při hodnocení působení hluku na lidské zdraví jsou nejistoty dány především neschopností fyzikálních parametrů hluku, které máme k dispozici, jednoduše popsat fyziologickou závažnost, tedy nebezpečnost hlukové události. Dále je nezbytné počítat s tím, že účinek hluku je variabilní nejen interindividuálně, ale i situačně, sociálně, emocionálně a historicky. V praxi se proto nezdá, že setkáváme se situacemi, kdy lidé postižení hlukem v konkrétních podmínkách nepotvrzují platnost stanovených limitů, neboť z exponované populace se vydělují skupiny osob velmi citlivých, a naopak velmi rezistentních, které stojí jakoby mimo kvantitativní závislosti. Za různých okolností představují tyto atypické reakce 5–20 % celé populace. Se zvýšeným rizikem výrazného obtěžování hlukem je nutné počítat u lidí senzitivních, lidí majících obavy z určitého zdroje hluku a lidí, kteří cítí, že nad danou hlukovou situací nemají možnost kontroly.

V rámci analýzy nejistot je nutné též uvést, že kvantitativní charakterizace rizika expozice hluku, byť může působit exaktním dojmem, je jen kvalifikovaným odhadem. Vždy je proto vhodnější posuzovat vývojové tendence než porovnávat přesné počty pravděpodobně obtěžovaných či vysoce rušených ve spánku.

Vztahy dávka – účinek z epidemiologických studií, zhodnocení hlukové expozice a použití expozičního scénáře bylo při hodnocení provedeno na straně bezpečnosti.

6. Celkový závěr

Souhrnně lze konstatovat, že posuzovaný záměr s názvem „Recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice“ je i s ohledem na výše uvedené nejistoty z pohledu možného ovlivnění veřejného zdraví šířením hodnocených polutantů ovzduší a hluku přijatelný, neboť neúnosně nezhorší zátěž dotčené populace ve srovnání se situací současnou.

Realizace záměru přináší prakticky nezměněný současný expoziční scénář imisím ovzduší a hluku, a tudíž lze při jeho realizaci očekávat, že se stávající úroveň rizika poškození veřejného zdraví v daném území nezmění.

Tento závěr je platný za předpokladu, že záměr bude realizován v místě, čase a rozsahu jaký je popsán v dokumentaci EIA zpracované dle zákona č. 100/2001 Sb., jehož nedílnou součástí je tato studie HIA a v případě, že výsledky rozptylové a akustické studie jsou platné a v reálném provozu se potvrdí.

7. Použité informační zdroje

BABISH W., 2008: *Road traffic noise and cardiovascular risk*, Noise and Health 10: 27-33, Department of Environmental Hygiene, Federal Environment Agency, Germany

BABISH W. Kamp I., 2009: *Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension*, Noise and Health 11:161- 168, Department of Environmental Hygiene, Federal Environment Agency, Germany

FOGAŠOVÁ D., 2026: Příspěvková rozptylová studie pro záměr *Recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice*. Bucek s. r. o.

Guski R., Schreckenber D., Schuemer R.: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Annoyance*, Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 1539

HURLEY F. ET AL.: *METHODOLOGY FOR THE COST-BENEFIT ANALYSIS FOR CAFE. VOLUME 2: HEALTH IMPACT ASSESSMENT*, EUROPEAN COMMISSION 2005

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER: *Complete List of Agents evaluated and their classification*, WHO IARC 2011.

LEKSELL I. , RABL A.: *Air Pollution and Mortality: Quantification and Valuation of Years of Live Lost, Risk Analysis*

MIEDEMA H., Oudshoorn C., 2001: *Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals*, Environmental Health Perspectives, 2001, roč. 109, č. 4, s. 409 – 416

MIEDEMA HME., VOS H.: *Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day–evening–night (DENL) and their confidence intervals*, J. Acoust. Soc. Am. 116(1), July 2004

MORAVEC E.: *Akustická studie pro záměr Recyklace a rekultivace v pískovně Bratčice*, GET s .r. o., Praha, listopad 2024, aktualizace červenec 2026

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2008/50/ES, ZE DNE 21. KVĚTNA 2008, O KVALITĚ VNĚJŠÍHO OVZDUŠÍ A ČISTŠÍM OVZDUŠÍ PRO EVROPU, <<http://eur-lex.europa.eu/lexuriserv/lexuriserv.do?uri=oj:l:2008:152:0001:0044:cs:pdf>>

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/49/ES, ze dne 25. června 2002, o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí.

SZÚ Praha: *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí*, Souhrnná zpráva za rok 2023, dostupné na https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/11/Souhrnná_zpráva_2022.pdf. SZÚ Praha, září 2024

SZÚ Praha: *Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku*, AN15/4 verze 5, Praha, SZÚ 2020.

U.S.EPA: *Data base IRIS / Integrated Risk Information System /*, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment U,S,EPA

U.S.EPA: *Risk Based Concentration Table*, US EPA 2007, Dostupné na <<http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2000: *Air quality guidelines for Europe, 2nd ed, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe* (WHO Regional Publications, European Series, Dostupné na http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4)

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006: *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005 Summary of risk assessment*, WHO Press, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland, Dostupné na http://www.euro.who.int/air/activities/20050222_2

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007: *Night Noise Guidelines (NNGL) for Europe*, Dostupné na http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2003/action3/docs/2003_08_frep_en.pdf

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Night Noise Guidelines*, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe 2009, Dostupné na <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/night-noise-guidelines-for-europe>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Burden of diseases of environmental noise*, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe 2011, Dostupné na http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Outdoor air pollution, Assessing the environmental burden of disease at national and local level*, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland, WHO 2004, Dostupné na http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/ebd5.pdf

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *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, 2013

WORLD HEALTH ORGANIZATION: *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, WHO, 2018

WORLD HEALTH ORGANIZATION: *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. WHO 2021