

POSOUZENÍ EMISÍ BENZENU Z PROVOZU CEMENTÁRNY V PRACHOVICÍCH – PŘÍKLAD VYUŽITÍ METODY HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK U STÁVAJÍCÍHO ZDROJE

ASSESSMENT OF BENZENE EMISSIONS FROM THE PRACHOVICE CEMENT PLANT OPERATION – AN EXAMPLE OF USING THE HEALTH RISK ASSESSMENT METHOD FOR AN EXISTING SOURCE

JAROSLAV ŘÍHA

Krajská hygienická stanice Pardubického kraje se sídlem v Pardubicích, Pardubice, Česká republika

SOUHRN

V roce 1979 byl v Prachovicích u Chrudimě uveden nový závod na výrobu cementu. V letech 1994–2001 byl výrazně modernizován. Především byl zemní plyn jako zdroj energie pro vypalování vápence nahrazen uhelným prachem a drcenými či tekutými odpady. Mimo vápence se k výrobě cementu používá tzv. korekce – železitá (odprašky z oceláren) a křemičitá (původně přírodní písky, později slévárenské písky). Od roku 2017 se začali ozývat obyvatelé okolních obcí se stížnostmi na občasný zápach, současně začala mít cementárna problémy s dodržением emisních limitů pro celkový organický uhlík. Cementárnou zadaná studie a rozbor spalin odhalily další závažný problém – výrazný nárůst emisí benzenu ve spalinách, konkrétně v období 2018–2020 dle ročních hlášení z 4 459 kg/rok na 11 328 kg/rok. Krajská hygienická stanice uložila provozovateli zpracovat hodnocení zdravotních rizik se zaměřením na benzen. Přestože dle výsledků hodnocení zdravotních rizik představovalo zvýšení emisí benzenu pro obyvatele v okolí cementárny zanedbatelné riziko, z environmentálního pohledu byla situace neúnosná. Po celé řadě opatření a šetření provozovatel odhalil zdroj benzenu – slévárenské písky. Po jejich vyřazení a nahrazení přírodními písky došlo k zásadnímu poklesu emisí jak celkového organického uhlíku, tak benzenu. Sdělení z praxe je uvedeno jako příklad pro využití metody hodnocení zdravotních rizik u stávajícího zdroje znečištění.

Klíčová slova: ovzduší – znečištění, celkový organický uhlík (TOC), benzen, hodnocení zdravotních rizik (HRA)

SUMMARY

In 1979, a new cement production plant was established in Prachovice near Chrudim. Between 1994 and 2001, it underwent significant modernization. Most notably, natural gas as the energy source for lime firing was replaced by coal dust and crushed or liquid waste materials. Besides limestone, so-called corrective materials were used for cement production: ferruginous (dust from steel mills) and siliceous (originally natural sands, later foundry sands). Starting in 2017, residents in surrounding municipalities began reporting total organic odour complaints. Simultaneously, the cement plant started experiencing problems complying with emission limits for total organic carbon. A study commissioned by the cement plant and sub-sequent flue gas analyses uncovered another serious issue: a significant increase in benzene emissions in the flue gas. Specifically, annual reports showed an increase from 4,459 kg/year to 11,328 kg/year during the period 2018–2020. The Regional public health authority mandated that the operator develop a health risk assessment focused specifically on benzene. Although the health risk assessment results indicated that the increase in benzene emissions posed a negligible risk to residents near the cement plant, the situation was environmentally unsustainable. Following a series of measures and investigations, the operator ultimately identified the source of the benzene: the foundry sands. After their exclusion and replacement with natural sands, there was a fundamental decrease in both total organic carbon and benzene emissions. This practical case is presented as an example of utilizing the health risk assessment method for an existing pollution source.

Key words: air pollution, total organic carbon (TOC), benzene, health risk assessment (HRA)

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1894>

Úvod

V roce 1979 byl uveden do provozu nový závod na výrobu cementu v Prachovicích v okrese Chrudim. V té době se jednalo o nejmodernější cementárnu v Československu jak výrobní technologií, tak instalací

vysoce účinných filtračních zařízení snižujících emise pevných částic do ovzduší. Jako palivo do hořáku rotační pece byl využíván zemní plyn.

Po privatizaci nový vlastník cementárny provedl v letech 1994–2001 rozsáhlou modernizaci závodu, kdy byl především nahrazen zemní plyn dávkováním

směsi prachu černého a hnědého uhlí. Nový hořák dále umožňoval spalování odpadních olejů a rozdrcených energeticky bohatých pevných odpadů. Zemní plyn zůstal zachován jako palivo pouze pro náběh pece. Náhrada zemního plynu uhlím je z pohledu ochrany ovzduší v zásadě bezproblémová, protože rotační pec s vápencem funguje v principu jako odsiřovací zařízení (technologie).

Základní surovinou pro výrobu cementu je zde vápenec těžený v přílehlém lomu. Jako křemičitá korekční surovina se původně používal písek z nedalekého písničku. Později byl přírodní písek nahrazen slévárenskými písky. Další korekční surovinou je železitá (Fe) korekce, což jsou ocelářské odprašky nebo také vedlejší produkt „Fe“ ze slévárenských a ocelářských provozů.

Problémy s emisemi

Zhruba od roku 2017 se z okolních obcí situovaných ve vyšších polohách Železných hor začali ozývat někteří obyvatelé a stěžovali si na občasný zápach v situacích, kdy kouřová vlečka z cementárny směřovala do těchto lokalit. Již předtím v roce 2014 obyvatelé založili občanské sdružení Herout a později navázali spolupráci se sdružením Arnika.

Vedení cementárny se na základě těchto podnětů začalo problematikou občasného zápalu v okolí cementárny zabývat a objednalo si zpracování studie odbornou firmou.

Součástí šetření bylo i provádění speciálních rozborů vzdušnin vypouštěných do ovzduší 110 metrů vysokým komínem.

V této době zároveň musela cementárna řešit problém s narůstajícími koncentracemi celkového organického uhlíku (TOC – total organic carbon) ve spalinách. Vzhledem k nastalé situaci požádala v roce 2021 cementárna krajský úřad o navýšení limitní koncentrace TOC z původních 40 mg/Nm³ na 80 mg/Nm³. Tento postup je legislativně možný a běžný, pokud provozovatel prokáže, že původ TOC nepochází z dávkování alternativních paliv.

Zlomovým okamžikem se stal podnět České inspekce životního prostředí (1), kterým byla krajská hygienická stanice (KHS) upozorněna na zvýšení emisí organicky vázaného uhlíku (TOC) vlivem využívání surovin z nižších etází lomu v Prachovicích, a zejména pak na zvýšení emisí benzenu, konkrétně v období 2018–2020 (dle ročních hlášení z 4 459 kg/rok na 11 328 kg/rok).

Činnost krajské hygienické stanice

V důsledku vzniklé situace uložila Krajská hygienická stanice Pardubického kraje se sídlem v Pardubicích, která se dosud podílela na řešení problematiky zápalu jen okrajově, rozhodnutím ze dne 26. 1. 2022 provozovateli cementárny, společnosti CEMEX Czech Republic, s.r.o., vypracovat hodnocení zdravotních rizik emisí zdravotně významných škodlivin zjištěných z rozborů spalin na výstupu ze zařízení pro výrobu cementového slínku. Cíleně pak mělo být provedeno ze spektra organických látek posouzení benzenu.

Hodnocení zdravotních rizik (HRA)

Vyhodnocení údajů rozptylové studie z hlediska zdravotních rizik znečištění ovzduší provedl MUDr. Bohumil Havel, Svitavy v březnu 2022 (2). Níže uvedené informace jsou uvedeny se souhlasem zpracovatele i zadavatele hodnocení (CEMEX Czech Republic, s.r.o.).

Hodnocení bylo zpracováno v souladu s obecnými metodickými postupy Světové zdravotnické organizace (WHO) a autorizačním návodem Státního zdravotního ústavu AN 17/15 pro autorizované hodnocení zdravotních rizik dle § 83e zákona č. 258/2000 Sb. Dále jsou uvedeny klíčové pasáže z tohoto hodnocení.

Podkladem pro HRA byla rozptylová studie vypracovaná v únoru 2022 (Ing. Leoš Slabý, Holice). Z výsledků screeningového hodnocení rizika zjištěných a posuzovaných škodlivin vyplývá relativně nejvyšší podíl imisního příspěvku rotační pece a referenční hodnoty u benzenu a jemné frakce suspendovaných částic. U ostatních hodnocených látek je zcela bezvýznamný. Hlavní pozornost byla proto dále soustředěna na benzen.

Benzen je bezbarvá kapalina, charakteristického aromatického zápalu, která se při pokojové teplotě rychle odpařuje. Hlavními zdroji benzenu v ovzduší jsou výfukové plyny, vypařování z pohonných hmot, cigaretový kouř, petrochemie a spalovací procesy.

Z hlediska expozice a toxicity benzenu je hlavní cestou příjmu benzenu do organismu inhalace z ovzduší. Kritickým orgánem při chronické expozici benzenu je kostní dřev. Hlavní pozornost se proto věnuje karcinogennímu účinku spolehlivě prokázanému při profesionální expozici. Mezinárodní agentura WHO pro výzkum rakoviny IARC řadí benzen do skupiny 1 mezi prokázané lidské karcinogeny. Epidemiologické studie u lidí dlouhodobě profesionálně exponovaných vysokým koncentracím benzenu poskytly jasné důkazy o kauzálním vztahu benzenu k výskytu akutní myeloidní leukémie.

U benzenu je hodnocení rizika založeno na kvantifikaci míry karcinogenního rizika. Jelikož jde o pozdní účinek na základě dlouhodobé chronické expozice, hodnocení rizika vychází z průměrných ročních koncentrací. Míra karcinogenního rizika se vyjadřuje jako individuální celoživotní pravděpodobnost zvýšení výskytu nádorového onemocnění nad běžný výskyt v populaci vlivem hodnocené škodliviny. Výpočet této míry pravděpodobnosti (v anglické literatuře nazývané ILCR – individual lifetime cancer risk) se provádí pomocí jednotky karcinogenního rizika (UCR) udávající karcinogenní potenciál dané látky při celoživotní inhalaci z ovzduší. Při použití jednotky karcinogenního rizika WHO celoživotní expozici odhadovanému imisnímu pozadí 0,7 µg/m³ dle mapových podkladů ČHMÚ v lokalitě Prachovic a okolí odpovídá míra rizika ILCR $4,2 \times 10^{-6}$.

Imisnímu příspěvku zařízení na výrobu cementového slínku v provozu v Prachovicích ve výpočtových bodech umístěných v místech nejvíce exponované obytné zástavby v roce 2019 odpovídá rozmezí ILCR $1,2 \times 10^{-9}$ až $4,9 \times 10^{-8}$ s průměrnou hodnotou $1,1 \times 10^{-8}$.

Zvýšenému imisnímu příspěvku v roce 2020 odpovídá rozmezí hodnot ILCR $1,8 \times 10^{-9}$ až $9,1 \times 10^{-8}$ s průměrnou hodnotou $2,1 \times 10^{-8}$.

Je možné konstatovat, že odhadované imisní pozadí benzenu v ovzduší nepřekračuje hranici přijatelné míry rizika a imisní příspěvek z provozu zařízení na výrobu

cementového slínku v Prachovicích je i po zvýšení v roce 2020 z hlediska ovlivnění celkového pozadí a zdravotního rizika benzeny prakticky zanedbatelný. Pro Českou republiku doporučuje Ministerstvo zdravotnictví vzhledem k nejistotě odhadů expozice i stanovení referenčních hodnot obecně považovat za přijatelné řádové rozmezí karcinogenního rizika 10^{-6} , tedy do 10 případů onemocnění na milion celoživotně exponovaných osob (3).

Významnost vypočtené míry karcinogenního rizika vyjádřené ILCR je možné srozumitelněji vyjádřit ukazatelem populačního rizika. Populační riziko vyjadřuje roční riziko výskytu rakoviny u exponované populace, tj. průměrný počet případů nádorových onemocnění v dané populaci za rok. Tento ukazatel se nazývá APCR (annual population cancer risk) a vypočte se dle vzorce: $APCR = ILCR \times (\text{počet exponovaných osob}/70)$.

Hodnoty APCR pro zaokrouhlený celkový počet 13 000 obyvatel 12 obcí a jejich místních částí (údaj dle Českého statistického úřadu k 1. 1. 2021) situovaných v okolí provozu společnosti CEMEX Czech Republic, s.r.o., jejichž nejvíce exponovanou obytnou zástavbu zohledňují výpočtové body rozptylové studie, jsou tyto: pro imisní pozadí 0,00078, imisní příspěvek rotační pece v roce 2019 byl 0,000002 a v roce 2020 pak 0,000004. Jako imisní příspěvek zařízení na výrobu cementového slínku (rotační pece) jsou ve výpočtu použity průměrné hodnoty z 33 výpočtových bodů rozptylové studie.

Z výsledků výpočtu je zřejmé, že zdravotní riziko imisí benzeny z hlediska reálného navýšení výskytu nádorových onemocnění u obyvatel hodnocené lokality není významné a imisní vliv zařízení na výrobu cementového slínku společnosti CEMEX Czech Republic, s.r.o. v Prachovicích je z tohoto hlediska i po zvýšení emisí v roce 2020 zanedbatelný.

Diskuse

1) Hodnocení zdravotních rizik

Pro úplnost je třeba dodat, že v březnu 2024 bylo HRA aktualizováno pro potřebu nového povolení pro těžbu vápence (plán otírky, přípravy a dobývání pro povrchový lom Prachovice na období let 2026–2045). V tomto hodnocení byly zohledněny i aktuální poznatky o nebezpečnosti benzeny publikované zejména v souhrnné zprávě expertů WHO (4). Pro výsledek výše uvedených výpočtů a závěr HRA z roku 2022 však nejsou významné. Dále je třeba uvést, že výše uvedené hodnocení je třeba chápat jako určité zjednodušení problematiky, neboť studie mechanismu účinku benzeny na lidské zdraví jsou stále doplňovány o nové poznatky (5). Tato problematika ale překračuje možnosti i smysl tohoto sdělení z praxe.

2) Průběh dalšího šetření a hledání příčiny

Přestože závěry HRA neprokázaly ohrožení veřejného zdraví u obyvatel v okolí cementárny, celkové množství vypouštěného benzeny a stoupající koncentrace TOC ve spalínách byly z environmentálního pohledu nepřijatelné. Cementárna byla vystavena i tlaku médií. Vedení závodu intenzivně hledalo způsob, jak tuto situaci řešit (6).

Původní hypotéza byla, že TOC ve spalínách pochází z organických látek obsažených v těženém vápenci a že v hlubších etážích se obsah těchto látek zvyšuje. Tato hypotéza se ukázala jako chybná. Organické látky obsažené ve vápencích jsou alifatické uhlovodíky, které

v rotační peci při teplotách přes 1 450 °C musí shořet (7). Toto prokázalo i zkušební spalování spojené s měřením TOC ve spalínách jednak z vrchních etáží lomu a jednak ze spodních etáží lomu. Koncentrace TOC ve spalínách byly v podstatě totožné.

Již předtím bylo provedeno měření spalín při vyloučení spalování drčených odpadů. Koncentrace TOC a benzeny byly stále vysoké.

Zůstala ještě jedna možnost vnosu aromatických uhlovodíků do procesu výroby cementu, a to použitím slévárenských písků (8). Když byly při zkoušce slévárenské písky nahrazeny přírodním pískem, byl výsledek měření jednoznačný – koncentrace TOC radikálně klesly z 40 mg/Nm³ na hodnoty nižší než 10 mg/Nm³. Stejný pokles se ukázal i v hodnotách benzeny, které není provozovatel zařízení povinen měřit, ale u nichž provádí 2× za rok jednorázová měření. V porovnání s roky 2018–2020 došlo ke snížení hodnoty benzeny z 11 328 kg/rok na hodnotu 437 kg/rok v roce 2024.

Využití slévárenských písků se původně zdálo jak ekonomicky výhodné, tak ekologicky přínosné (likvidace odpadní hmoty/surovinu při termickém zpracování v rotační peci). Slévárenské písky jsou křemičité písky, které jsou pro vytváření formy zpevněny různým, většinou organickým pojivem typu pryskyřic. Velmi běžná je například fenol-formaldehdyová pryskyřice, ale používají se i jiné. Část těchto látek je vypálena, případně nedefinovatelně rozložena již při odlévání do formy, nicméně část organických látek v odpadních pískách stále přetrvává. Při použití těchto písků jako surovinové korekce dochází ve výměňkovém systému před rotační pecí k uvolnění či rozkladu organických látek podle toho, o jakou organickou sloučeninu se jedná a v jaké teplotní oblasti k tomu dochází (7). Ve slévárenských pískách jsou organické látky vázány na povrchu částic, a tedy k jejich uvolnění dochází při nižších teplotách, které nemusí stačit k jejich rozložení. V proudě plynů jsou ihned po uvolnění unášeny do chladnějších oblastí výměňkového systému. Proto je možné, že v tomto případě nedojde k rozkladu na jednoduché sloučeniny, popřípadě až na oxidy uhlíku, ale že bude emise organických látek tvořena složitějšími organickými sloučeninami, např. uhlovodíky s delším řetězcem či benzenovým, popřípadě heterocyklickým jádrem. V tomto případě je pak možné, že zvýšený obsah TOC v emisích není způsoben výhradně spalováním v rotační peci, ale že tyto látky mohou být uvolňovány i ze surovinové složky typu slévárenských písků (8). Nadrcená moučka ze surovin a korekcí prochází, včetně vzdušiny (s uvolněnými TOC), ze surovinové mlýnice přes výměňkový systém do rotační pece. Nejedná se tedy o další samostatné zdroje emisí do ovzduší, ale dále vše pokračuje přes rotační pec a po ochlazení do komína.

Díky výše uvedenému zjištění bylo v cementárně upuštěno od používání slévárenských písků a nyní jsou používány výhradně přírodní písky (6). Hodnoty TOC ve spalínách se snížily tak výrazně, že provozovatel cementárny požádal o snížení emisního limitu na 10 mg/Nm³.

Závěr

Sdělení z praxe ukazuje možný příklad využití metody hodnocení zdravotních rizik. Přestože provedené

hodnocení neprokázalo ohrožení zdraví obyvatel v okolí cementárny, skutečnost, že cementárna produkuje tuny benzenu ročně a překračuje emisní limity stanovené pro TOC, byla natolik společensky závažná, že vedení cementárny intenzivně hledalo řešení. Původ aromatických uhlovodíků byl nalezen a po vyřazení použití slévárenských písků došlo k zásadnímu snížení škodlivin ve spalínách.

LITERATURA

1. Protokol o kontrole ze dne 16.12. 2021. Hradec Králové: Oblastní inspektorát ČÍŽP; 2021.
2. Havel B. Vyhodnocení údajů rozptylové studie z hlediska zdravotních rizik znečištění ovzduší. Cemex Czech Republic, s.r.o., rotační pec na výrobu slínku. 2022
3. Zásady a postupy hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnostech odboru hygieny obecné a komunální. HEM-300-19.9.05/31639. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR; 2005.
4. Human health effects of benzene, arsenic, cadmium, nickel, lead and mercury: report of an expert consultation. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2024.
5. Toxicological profile for benzene. Draft for public comment. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2024.

6. Souhrnná zpráva o řešení vysokých emisí TOC a benzenu ze závodu v Prachovicích. Praha: Cemex Czech Republic; 2024.
7. Waltisberg J, Weber R. Disposal of waste-based fuels and raw materials in cement plants in Germany and Switzerland – What can be learned for global co-incineration practice and policy? Emerg Contam. 2020;6:93-102.
8. Vznik emisí TOC u cementářské rotační pece společnosti Cemex Czech Republic, s.r.o. závod Prachovice. Praha: Výzkumný ústav maltovin Praha; 2022.

Střet zájmů: žádný.

Došlo do redakce: 4. 9. 2025

Přijato k tisku: 10. 11. 2025

*MUDr. Jaroslav Říha
Krajská hygienická stanice Pardubického kraje
se sídlem v Pardubicích
Mezi Mosty 1793
530 03 Pardubice
Česká republika
E-mail: ribachrudim@gmail.com*

METODA HODNOCENÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ NA BÁZI CEMENTU ČI VÁPNA SE ZABUDOVANÝMI VEDLEJŠÍMI ENERGETICKÝMI PRODUKTY Z HLEDISKA VLIVŮ NA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

V posledním čísle ročníku 2025 časopisu Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica byla publikována Metoda hodnocení stavebních výrobků na bázi cementu či vápna se zabudovanými vedlejšími energetickými produkty (VEP) z hlediska vlivů na zdraví a životní prostředí. Metoda byla zpracována s cílem stanovit postup pro bezpečné využití vedlejších energetických produktů ze spalování uhlí ve stavebnictví.

Publikace se zaměřuje na stavební výrobky, v nichž jsou VEP využívány pro své pucolánové vlastnosti, zejména při výrobě betonu, malt a pórobetonu. Slouží jako podklad pro posuzování zdravotních a environmentálních aspektů jejich použití a pro rozhodování o nahrazování přírodních surovin těmito materiály.

Vývoj metody byl součástí projektu č. FW01010195 „Pokročilé výrobní technologie pro strategické využití a skladování vedlejších produktů výroby energie (VEP)“. Metoda má sloužit jako podklad pro rozhodování o využívání VEP jako náhrady za přírodní materiály pro společnosti zabývající se výrobou stavebních výrobků, úředníky státní správy, Českou inspekci životního prostředí, certifikační orgány a další relevantní zúčastněné strany.

Celé znění metody je dostupné na webových stránkách časopisu: <https://szu.gov.cz/publikace-szu/casopisy-v-szu/ahem/>.

Redakce