

# Hodnotenie zdravotných rizík v kontexte posudzovania vplyvov na životné prostredie

*Drimal, M., Balog, K.: Health Risk Assessment in Environmental Impact Assessment Framework. Životné prostredie, 2012, 46, 2, p. 89 – 92.*

Presented article gives complex information on health risk assessment methods used in framework of Environmental Impact Assessment process. It defines the content and sequence of individual steps – hazard identification, dose-effect relationship, exposure assessment and risk characterization. The article also provides single steps essentials information and summarizes main recommendations and rules for risk assessors. The authors of article mention on main defaults done through health risk assessment studies. The article is destined for people who work with health risk assessment outputs as well as for specialists – health risk assessors directly.

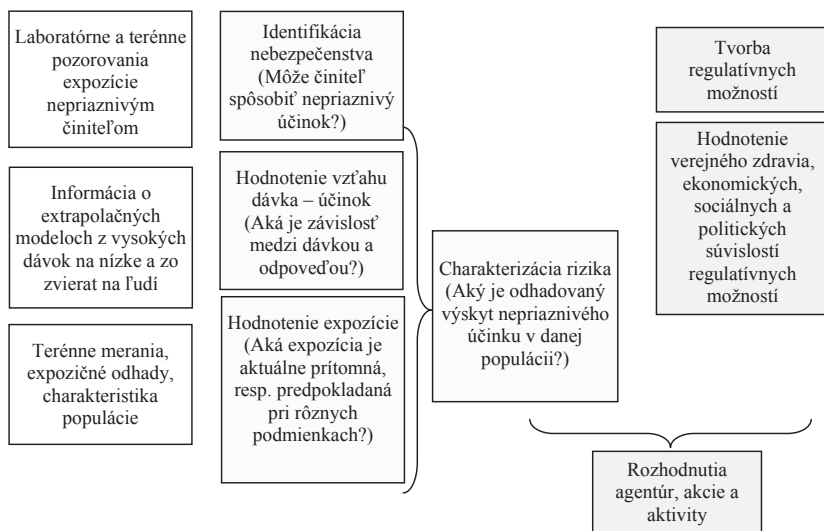
**Key words:** health risk assessment, exposure, environmental impact assessment, risk characterisation, hazard identification

Európska smernica 85/337/EEC o vyhodnocovaní efektov určitých verejných a súkromných projektov na životnom prostredí má za sebou viac ako 20 rokov praxe. V podmienkach Slovenskej republiky bola transformovaná do zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Uplatňuje sa v prípade každého stavebného či investičného zámeru, u ktorého je možnosť negatívneho vplyvu na zložky životného prostredia, resp. na zdravie človeka. Pri posudzovaní dokumentácie EIA (*Environmental Impact Assessment* – posudzovanie vplyvov na životné prostredie) v štádiu zámeru, ale najmä správy o hodnotení (ďalej správy), sa významným nástrojom stáva hodnotenie zdravotných rizík. Posudok o tomto hodnotení by mal tvoriť konzistentný dokument, ktorý spresňuje, dopĺňa a objektivizuje informácie prezentované spracovateľom zámeru, resp. správy. Na rozdiel od zámeru alebo správy musí byť hodnotenie zdravotných rizík obligatórne spracované odborne spôsobilou osobou, zapísanou v zozname Ministerstva zdravotníctva SR podľa príslušných paragrafov zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia, kde je možné overiť aj platnosť oprávnenia a odbornú orientáciu. Pre vypracovanie posudku môže byť, okrem zámeru či správy, potrebné doložiť ďalšie relevantné materiály – rozptylovú štúdiu, emisno-technologickú štúdiu a ďalšie podklady, ktoré sú nevyhnutné pre vyčerpávajúcu analýzu zdravotného rizika a od ktorých

kvality závisí aj informačná hodnota posudku o hodnotení zdravotného rizika.

Hodnotenie zdravotných rizík chemických látok je kvalitatívnym a/alebo kvantitatívnym určením pravdepodobnosti nepriaznivých účinkov (ochorenie, úmrtie a pod.), ktoré môžu vzniknúť ako následok expozície zdraviu škodlivým faktorom alebo z nedostatku zdraviu prospešných vplyvov. Je to proces stanovenia zdravotného rizika, ktorý možno pripísať expozícii chemickým faktorom v pracovnom či životnom prostredí, pozostávajúcim z nasledujúcich krokov:

- identifikácia (určenie) nebezpečenstva – určenie možného činiteľa (agensa) zodpovedného za zdravotný problém, popis jeho nepriaznivých účinkov v cieľovej populácii a podmienok expozície;
- určenie vzťahu dávka – odpoveď – určenie vzťahu medzi expozíciou a zdravotným rizikom (vplyvom na človeka);
- hodnotenie expozície – kvantifikácia expozície v konkrétnych podmienkach v rámci špecifikovanej populácie na základe meraní, environmentálnej hladiny toxických látok, biomonitoringu a pod;
- charakterizácia rizika – kombinácia a syntéza výstupov predchádzajúcich krokov. Konečným výsledkom je kvalitatívne aj kvantitatívne konštatovanie o očakávaných účinkoch na zdravie a počte postihnutých v rámci celkovej populácie, vrátane vykonania odhadov príslušných neistôt (obr. 1).



Obr. 1. Celkový rámec „tradičného“ hodnotenia rizika. Zdroj: spracované podľa US National Research Council (Koppová a kol., 2007)

### Identifikácia nebezpečenstva a hodnotenie vzťahu dávka – odozva

Ide o fázu, v ktorej má hodnotiteľ čo najprecíznejšie posúdiť dostupné informačné zdroje a definovať vlastnosti daných chemických látok vo vzťahu k účinkom na zdravie človeka. Tie sa najčastejšie popisujú v kontexte akútnych, subakútnych, resp. subchronických a chronických účinkov. Ideálny stav nastane, keď je predmetná chemická látka dostatočne toxikologicky popísaná v renomovaných databázach všetkých dostupných systémov (Európy, USA, Kanady, Japonska), keď je táto informácia v databázach homogénna (bez výrazných odlišností medzi nimi), má definované limity a maximálne expozičné koncentrácie, najlepšie v európskom legislatívnom prostredí. Takýto stav je však skôr výnimkou. Vtedy je dôležitá odborná zdatnosť hodnotiteľa. Mal by byť natoľko erudovaný, aby vedel správne posúdiť výpovednú hodnotu prezentovaných informácií. V praxi to znamená dôsledné naštudovanie informačných podkladov a zdrojov, ktoré sú za údajmi prezentovanými v databázach, predovšetkým z pohľadu:

- aktuálnosti – v ktorom období boli generované primárne informácie;
- kvality zdrojových výskumov a štúdií – kde bol realizovaný výskum, aký bol predmet výskumu, počet sledovaní, počet exponovaných jedincov a pod.;
- kvality zdrojov – kde bola primárna informácia publikovaná.

Nie vždy je pre celkovú kvalitu hodnotenia dobré, keď sa hodnotiteľ uspokojí s informáciami z jedného zdroja, a to aj v takom prípade, ak je k hodnotenej látke dostatok informácií v Európe a sú pre ňu známe limity.

Každá limitná koncentrácia je postavená na určitom konkrétnom účinku, resp. skupine účinkov, ktoré boli predmetom toxikologického výskumu. Napríklad klasifikácia arzénu ako karcinogénu je primárne postavená na dôkazoch karcinogénnych efektov v súvislosti s rakovinou kože. Preto je dobré, keď hodnotiaci použije taký informačný zdroj, ktorý je z pohľadu realizovaného posudzovania relevantný, keď sú údaje z databázy relevantné k charakteru posudzovanej činnosti a reálnym podmienkam expozície. V takomto prípade je dobre odborne odôvodniteľné uprednostnenie iného informačného systému pred európskym, resp. slovenským. Zvyšuje sa totiž celková výpovedná hodnota výstupov hodnotenia.

Pri procesoch kde je možná expozícia viacerým chemickým látkam je, okrem individuálneho posúdenia každej z nich, dôležité popísať synergické účinky celého komplexu.

Pri stanovení toxických účinkov, pri rôznych expozičných úrovniach, je v reálnych podmienkach u človeka častejšie pôsobenie nižších dávok. K dispozícii sú, napriek tomu, mnohokrát len údaje o dávke a odozve pri vyšších expozičných úrovniach, získané z laboratórneho výskumu zvierat. Neistota v hodnotení vzťahu dávka – odpoveď je v takýchto prípadoch pomerne vysoká. Spôsobuje ju dvojité interpolácia údajov zo zvierat na človeka a z vyšších dávok na nižšie. Hodnotiteľ by mal v štúdiu túto neistotu popísať a, ak je to možné, aj kvantifikovať.

Výstupom tejto fázy hodnotenia rizík je popis kvalitatívnych aspektov chemickej látky/látok – základná charakteristika prostredníctvom fyzikálnych a chemických vlastností, popis účinkov na zdravie človeka s uvedením relevantných expozičných úrovní, pri ktorých dochádza k efektom, definovanie limitov vo všetkých relevantných legislatívnych systémoch, definovanie kvantitatívnych faktorov vo vzťahu k prípadným neprahovým účinkom, napríklad faktor smernice karcinogénnych účinkov – Cancer Slope Factor (CSF). Dôležité je tiež identifikovanie látok v jednotlivých registračných systémoch prostredníctvom príslušných registračných čísel, napr. Chemical Abstracts Service (CAS).

### Hodnotenie expozície

Cieľom hodnotenia expozície je určenie charakteru a rozsahu kontaktu chemickej látky s organizmom človeka v konkrétne posudzovaných podmienkach. Ide teda o určenie priemernej dávky škodliviny, ktorá sa do

organizmu dostáva denne za určité hodnotené obdobie. Najčastejšie sa vyjadruje v jednotkách hmotnosti na hmotnosť jedinca, napr.  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$ .

Vo všeobecnosti prichádzajú, pri posudzovaní navrhovanej činnosti, do úvahy dve skupiny exponovaných jedincov:

- pracovníci, ktorí realizujú navrhovanú činnosť (pri výstavbe, resp. uvádzaní do činnosti a pri samotnej prevádzke) – expozícia v pracovnom prostredí;
- obyvatelia okolia, kde sa predpokladá realizácia navrhovanej činnosti – expozícia prostredníctvom zložiek životného prostredia.

Na začiatku hodnotenia expozície, po definovaní potreby hodnotenia pre vyššie uvedené skupiny jedincov, je dôležité detailné spracovanie expozičného scenára. Ide o dôslednú analýzu všetkých ciest expozície v súvislosti s cestami vstupu chemických látok do organizmu človeka. Pre prehľadnosť je dobré doplniť textovú analýzu grafickou schémou ciest a objektov expozície.

Pre hodnotenie expozície je potrebné, aby správa obsahovala také údaje, ktoré umožnia jeho realizáciu. Na túto skutočnosť spracovatelia správy zabúdajú a nevenujú pozornosť precíznemu popisu detailov súvisiacich s možnou expozíciou rôznych skupín pracovníkov, ktorí sú zapojení do procesu výstavby a realizácie navrhovanej činnosti. Často sa potom stáva, že hoci máme k dispozícii relatívny dostatok údajov o expozícii obyvateľov v okolí navrhovanej činnosti, údaje o expozícii pracovníkov sú nepostačujúce a neumožňujú vykonať odborné hodnotenie.

### **Možnosti generovania údajov pre hodnotenie expozície**

#### *Meranie v mieste kontaktu (osobný monitoring)*

Realizuje sa priamym meraním potenciálne nebezpečného činiteľa v mieste kontaktu človeka s príslušným chemickým faktorom v určitom konkrétnom čase. Príkladom môžu byť personálne merania oxidu uhoľnatého. Výhodou týchto metód je priame získanie hodnoverných expozičných údajov v čase expozície. Osobné odberové zariadenia možno použiť pre pomerne úzku skupinu chemických látok. Nezanedbateľná je aj vyššia finančná náročnosť týchto metód. Pre posudzované činnosti je použitie týchto metód obmedzené. Možno však podmieniť uvedenie posudzovanej činnosti do prevádzky skúšobnou prevádzkou, v rámci ktorej sa získajú takéto údaje. Na ich základe sa realizujú hodnoverné a kvalitné hodnotenia expozície.

#### *Metóda hodnotenia expozičného scenára*

Pri hodnoteniach expozičného scenára sa hodnotiteľ snaží vychádzať z koncentrácie kontaminantu v expozičnom médiu a následne dať túto informáciu do vzťahu s cestou a časom kontaktu jedinca alebo populácie s médiom (WHO, 1999). Prvým krokom hodnotenia

expozičného scenára je obvyčajne charakterizácia koncentrácie kontaktu v tých médiách, ktoré sú v riešenom prípade relevantné. Tieto údaje sa najčastejšie získajú meraním, modelovaním, prípadne využitím existujúcich údajov. Dalším krokom hodnotenia expozičného scenára je určenie exponovaného subjektu a definovanie, resp. odhad frekvencie a trvania expozície. V prípade hodnotenia dopadov na obyvateľov dotknutých navrhovanou činnosťou možno postupovať nepriamo, využitím demografických informácií, štatistík zo zdravotného dozoru, pozorovaní a výskumov. V prípade pracovníkov je potrebná vyčerpávajúca informácia o celom pracovnom procese, do ktorého sú zapojení počas celej pracovnej doby.

#### *Biomarkery expozície*

Pre hodnotenie obsahu chemickej látky v organizme je možné využiť biologický monitoring vykonaný prostredníctvom merania jedného alebo viacerých nasledujúcich ukazovateľov:

- koncentráciu samotnej látky v biologickom materiáli (krv, moč, vydýchnutý vzduch, vlasy, tukové tkanivo atď.);
- koncentráciu metabolitov látky;
- biologický účinok vznikajúci v dôsledku expozície človeka látke (napr. alkylovaný hemoglobín, zmeny vo vytváraní enzýmov a pod.).

Využitie biomarkerov je limitované a je možné len v určitom čase. Pre získavanie informácií pri hodnotení expozície, v rámci posudzovania navrhovaných činností, sa takmer nevyužíva. Uprednostňujú sa predchádzajúce dva spôsoby. Napriek tomu je možné zo strany hodnotiteľa definovať potrebu odberu biomarkerov, najmä v prípade zvýšeného rizika expozície súvisiaceho so samotným charakterom posudzovanej činnosti alebo s jej nevhodnou lokalizáciou.

Biomarkerové metódy boli pôvodne vyvinuté pre detekciu tabakovej expozície (polyaromatické uhľovodíky – PAU, aromatické amíny, nitrózoamíny), potravinovej (aflatoxíny, heterocyklické amíny), medicínskej (cisplatina, UV fotovýrobky) a v neposlednom rade aj expozície v pracovnom prostredí (benzén, etylén oxid, styren oxid, vinylchlorid, aromatické amíny, PAU).

### **Hodnotenie expozície prostredníctvom zložiek a faktorov životného prostredia (nepriama expozícia)**

Expozícia látkam potenciálne prítomným v životnom prostredí následkom realizácie posudzovanej činnosti prebieha inhaláciou, ingestiou (požitím) a dermálnou absorpciou z ovzdušia, pôdy, potravy a vody. Ide o expozíciu obyvateľov, ktorí sú touto činnosťou dotknutí. Odhad celkovej dennej dávky, získanej nepriamou expozíciou cez životné prostredie, je dôležitou úlohou hodnotenia expozície.

Nepriama expozícia sa hodnotí v zmysle metodiky EÚ – *Technical Guidance Document* (TGD) odhadom celkového denného príjmu látky na základe predikovaných environmentálnych koncentrácií vo vode, pôde a ovzduší (ECB, 2003). Hodnotenie nepriamej expozície prostredníctvom životného prostredia sa vykonáva nasledujúcimi krokmi:

- hodnotenie koncentrácie v médiu;
- hodnotenie miery príjmu každého média;
- kombinácia koncentrácie v médiu s mierou príjmu každého média (ak je to potrebné, používa sa faktor biodostupnosti, ktorý upravuje mieru príjmu) (ECB, 2003).

Nepriama expozícia sa principiálne hodnotí v dvoch rozdielnych priestorových škálach – lokálnej a regionálnej. V lokálnom meradle ide o hodnotenie expozície viazanej na okolie bodového zdroja látky, v regionálnom o hodnotenie viacerých koncentrácií v širšom geografickom priestore (ECB, 2003).

### Hodnotenie expozície v pracovnom prostredí

Pracovníci sú v pracovnom prostredí exponovaní inhaláciou, dermálnym kontaktom alebo ingesciou, hoci tá nie je z pohľadu kvantity prípadov príliš významná. Inhalácia je hlavnou cestou expozície v pracovnom prostredí. K ingescii môže dochádzať prostredníctvom znečistených rúk pri jedení, fajčení alebo pri prehltnutí slín s obsahom chemických látok.

Dermálny a inhalačný monitoring, ako aj monitoring biologických markérov, sú pre charakterizáciu expozície špecifických skupín (malárii, vykladači, poľnohospodári aplikujúci pesticídy) veľmi dôležité (WHO, 1999).

Expozícia inhaláciou je často vyjadrená ako koncentrácia látky v dýchacej zóne prepočítaná na referenčný čas. Ten je spravidla 8 hodín pre dlhodobú expozíciu a 15 minút pre expozíciu krátkodobú. Expozícia cez kožu je vo všeobecnosti vyjadrená ako potenciálna dávka určená predovšetkým pre dlane a predlaktie (WHO, 1999). Pokiaľ nie sú v správe, ani v iných relevantných dokumentoch dostupné údaje o koncentráciách škodlivín, je možné použiť rôzne databázy.

Údaje o koncentráciách látok sú dostupné z databáz vytvorených v rámci zavedenej pracovnej a priemyselnej hygieny alebo zdravotného dozoru. Možnosť použitia týchto údajov pre hodnotenie expozície musí byť, na základe ich kvality a požadovanej kvantity, starostlivo zvažovaná tak, aby sa dosiahla reprezentatívnosť expozičných úrovní, procesov a času (WHO, 1999).

Pokiaľ sú tieto údaje nekompletné alebo nie sú dostupné, je možné expozíciu v pracovnom prostredí charakterizovať na základe modelovania. Do dnešného dňa sú však tieto modely obmedzené na predikciu priemernej koncentrácie v referenčnom čase (8 hodín). Pre modelovanie pracovnej expozície sa v Európskej únii vyžadujú

údaje o druhu expozície, o fyzikálnych vlastnostiach látky, procesoch jej používania a kontroly (WHO, 1999).

\* \* \*

Charakterizácia rizika sa usiluje o vykonanie syntézy odhadov expozičných úrovní a zdravotného rizika. Sumarizuje zdroje neistoty v údajoch a slúži ako podklad pre následné rozhodovanie. Výsledky hodnotenia rizík sú základom pre zodpovedanie otázky, či expozícia chemickej látky môže spôsobiť významné zdravotné účinky. Navyše, v závislosti od rozsahu dostupných údajov, podáva charakteristika rizika obraz o kvantitatívnej hodnote rizika, ktoré sa s expozíciou spája.

V návode na charakterizáciu rizika U.S. EPA (1996) je jej definícia formulovaná takto: „... *sumár, integrácia a hodnotenie hlavného vedeckého dôkazu, zdôvodnenie a uzavretie hodnotenia rizika. Je to stručný popis odhadu potenciálneho rizika z hľadiska jeho silných a slabých stránok*“.

Proces charakterizácie rizika je posledným krokom v hodnotení rizika, ktorý:

- integruje jednotlivé charakteristiky z identifikácie nebezpečenstva, vzťahu dávka – odpoveď a z hodnotenia expozície;
- vykonáva celkové posúdenie kvality hodnotenia rizika a definovanie stupňa spoľahlivosti, ktorý autori hodnotenia popísali v záveroch;
- popisuje riziká pre jednotlivcov a pre populáciu v súlade s rozsahom a intenzitou pravdepodobného poškodenia.

### Literatúra

- European Chemical Bureau (ECB): *Technical Guidance Document on Risk Assessment*. Luxemburg: European Commission, 2003, 297 p.
- Koppová, K., Fabiánová, E., Drimal, M.: *Hodnotenie, riadenie a komunikácia zdravotných rizík*. Bratislava: Slovenská zdravotnícka univerzita, 2007, 127 s.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA): *Risk Characterization: Practical Guidance for NCEA (Washington Based Risk Assessors, National Center for Environmental Assessment)*. Washington DC: NCEA W-0105, 1996, p. 1 – 10.
- World Health Organization (WHO): *Principles for the Assessment of Risk to Human Health from Exposure to Chemicals*. Environmental Health Criteria 2010. Geneva: World Health Organization, 1999, 105 p.

**Ing. Marek Drimal, PhD.,** [marek.drimal@umb.sk](mailto:marek.drimal@umb.sk)  
**Katedra životného prostredia Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica**  
**Prof. Ing. Karol Balog, CSc.,** [karol.balog@stuba.sk](mailto:karol.balog@stuba.sk)  
**Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Paulínska 16, 917 24 Trnava**