

Úvod do problematiky environmentálního rizika

Dombek, V., Dirner, V.: Introduction to Environmental Risks Problems. Životné prostredie, 2012, 46, 2, p. 59 – 62.

Environmental risk is defined as a harm to itself, i.e. only to such subject that comes into the contact with the risk factor. Risk assessment is determination of the type and degree of hazard represented by specific factor, further determination, in which extent were, are, or can in the future be the individual populations exposed and characterization of the existing or potential risks resulting from the findings listed. The own process of the risk assessment itself contains several steps. The first step of the risk assessment and hazard identification is the interdisciplinary, team issue with dominating position of the toxicology and epidemiology branch. Subsequent step of the risk assessment is determination of the dose – response relationship, when we distinguish the effect and response that is the measureable rate of the same. The third step of the risk assessment is the own Exposure Assessment, which is a part of the risk assessment consisting of the given population characteristics and size of the exposure concentration and frequency, resp. exposure duration. The fourth and the final step of the risk assessment is the Risk Characterization involves the synthesis of the data obtained within the previous steps. It leads to the determination of probability, with which the human body will suffer some possible injuries. Main part is the balance and critical assessment of all approximations, extrapolations and uncertainties that occurred either deliberately or at random within the previous steps.

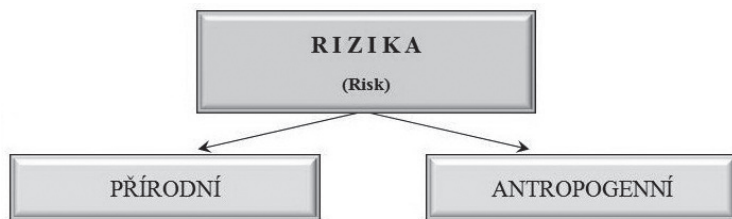
Key words: environmental risks, risk assessment, exposure assessment, risk characterization

V nejširším slova smyslu pojem *riziko* znamená *vystavení nepříznivým okolnostem*. Toto je však jen volný výklad pojmu a neexistuje jedna, obecně uznávaná, definice rizika. Pojem riziko je různě definován jako:

- pravděpodobnost ztráty;
- možnost ztráty;
- nejistota;
- odchýlení skutečných a očekávaných výsledků;
- pravděpodobnost jakéhokoli výsledku odlišného od výsledku očekávaného.

Riziko definujeme také jako podmínku reálného světa, v němž existuje vystavení nepříznivým okolnostem. Konkrétněji řečeno, *riziko je situace, v níž existuje možnost nepříznivé odchylky od žádoucího výsledku, v nějž doufáme nebo který očekáváme*. Podle dnešních výkladů se rizikem obecně rozumí nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty či zničení, případně nezdaru při podnikání.

Riziko z environmentálního hlediska je definováno jako újma sama sobě, tedy jen tomu subjektu, který s rizikovým činitelem přichází do styku. Újmu jiným rozlišujeme jako adresnou, tedy určitelnou jen na určité osoby, organismy a objekty a neadresnou, kterou lze definovat obecně škodlivý vliv například průmyslových exhalací. Minimální a maximální hodnota rizika se pohybuje v rozmezí 0 – 1 (0 – 100%). Hodnotou 0 definujeme stav, kdy k poškození nedojde vůbec, hodnotou 1 situace, kdy k poškození dojde ve všech možných případech. Souboru účinků, ke kterým by za daných podmínek mělo dojít, říkáme nebezpečnost, pravděpodobnosti, se kterou k nim skutečně dojde, pak riziko (USEPA, 1997; Burgman, 2005). Rizika lze obecně rozdělit na rizika přírodní a antropogenní (obr. 1). Mezi přírodní rizika patří například zemětřesení, vulkanické erupce, záplavy, sesuvy půdy či tornáda.



Obr. 1. Rozdělení rizik

K antropogenním rizikům pak řadíme ta, která jsou důsledkem působení člověka, jako jsou kyselé deště, kontaminace povrchových a podzemních vod, ochuzení ozonové vrstvy a podobně.

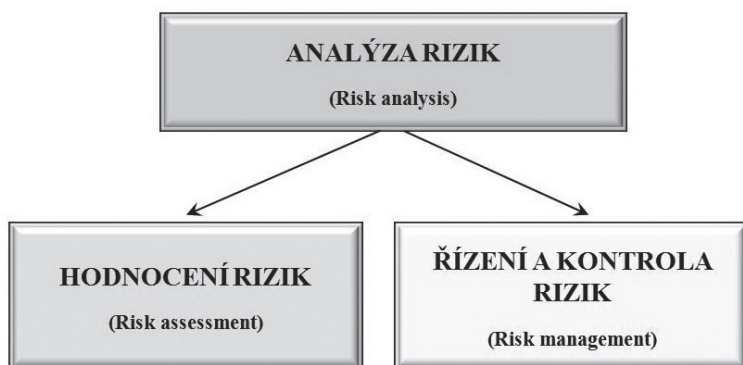
Hodnocení, kontrola a řízení rizik

Každá lidská činnost a aktivita zpravidla vždy přináší určitá rizika a je pouze na našem rozhodnutí, zda je pro nás toto riziko přijatelné, či již ohrožující a neakceptovatelné. Každé takovéto riziko je nejčastěji definováno jako součin velikosti následků určité události a pravděpodobnosti, že k této události dojde v určitém časovém období. Matematicky je minimální hodnota rizika nulová, v praktickém životě však nulové riziko neexistuje.

Prvním krokem procesu snižování rizik je přirozeně jejich analýza. Obvykle je chápána jako proces definování hrozeb, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopadu na životní prostředí. Obecně lze analýzu rizik rozdělit podle následujícího schématu (obr. 2).

Ve vlastním procesu hodnocení rizik používáme řadu pojmů, mezi nimi pak nebezpečnost a předpověď. Nebezpečnost (*hazard*) je kvalitativní pojem vyjadřující potenciální možnost, že určitý fyzikální, chemický či biologický činitel způsobí újmu. Předpověď (identifikace) nebezpečnosti (*hazard prediction or hazard identification*) pak zahrnuje proces rozpoznání této nebezpečnosti. V případě určité chemické látky

Obr. 2. Analýza rizik – struktura



tato předpověď zahrnuje jak hodnocení expozice, tak i hodnocení účinků.

Expozice (*exposure*) je proces, při kterém organismus přichází do styku s látkou a při kterém lze předpokládat přestoupení hranice organismu. Názorné příklady expozice jsou uvedeny na obr. 3.

Podmínky charakterizující cílové populace (objekty) a vztah mezi dávkou a odpovědí (způsobenou škodou) na cílových populacích označujeme jako

podmínky expozice. Ke stanovení povahy a rozsahu negativních účinků vzhledem k velikosti dávky slouží hodnocení účinků (*toxicity*). Toxicita (*toxicity*) bývá definována jako schopnost látky poškodovat živý organismus a je dána fyzikálně-chemickými vlastnostmi dané látky. Nebezpečnost tedy představuje soubor toxických účinků, ke kterým dojde za daných podmínek expozice, resp. podmínky expozice vyvolávající daný soubor účinků.

Rizikem (*risk*) pak jakožto kvantitativním pojmem vyjadřujeme pravděpodobnost, že nějaký fyzikální, chemický či biologický činitel způsobí za daných definovaných podmínek expozice určitou číselně vyjádřitelnou újmu, ať už poškození zdraví, onemocnění nebo i smrt. Vlastní vyjádření rizika je poměr mezi počtem individuů, které za určitých expozičních podmínek utrpí újmu k celkovému počtu jedinců vystavených identickému činiteli za stejných expozičních podmínek (obr. 4).

Hodnocení se provádí za současných (základních) a budoucích podmínek. Cílem je vždy ochrana zdraví člověka, a to za zdůvodnitelné maximální, tedy přijatelné, expozice. Velice důležitým parametrem je přijatelnost rizika (*risk acceptance*), kdy významnou roli hraje tzv. vnímání rizik (*risk perception*), tedy to, jak dané riziko hodnotíme na pozadí sociálních a kulturních kontextů dané společnosti (Paustenbach, 2002).

Vnímání a přijímání rizik má velmi relativní charakter. Svou roli zde hraje i tzv. laický přístup, tedy životní zkušenosti, vzdělání, osobní povaha, osobní priority, informovanost každého jednotlivce. V praxi pak existují tzv. tradiční formy rizik (automobilismus, kouření apod.), které považujeme více méně za akceptovatelné a netradiční (karcinogeny), se kterými se společnost teprve „učí žít“. Každá společnost se snaží nalézt jakési objektivní kritérium, tedy vlastně poměr reálně ocenitelných rizik ku prospěchu, jež určité lidské činnosti (například v podobě používání určité chemické látky nebo technologie) přináší.

V praxi lze přitom rizika zařadit do dvou skupin, mezi takzvaná dobrovolná (tedy ovlivnitelná) rizika, jako je například

kouření, pití alkoholu a nedobrovolná (vnucená, neovlivnitelná) rizika, kam patří nutnost pít chlorovanou vodu, dýchat znečištěný vzduch.

Rizika vstupu chemických látek do prostředí

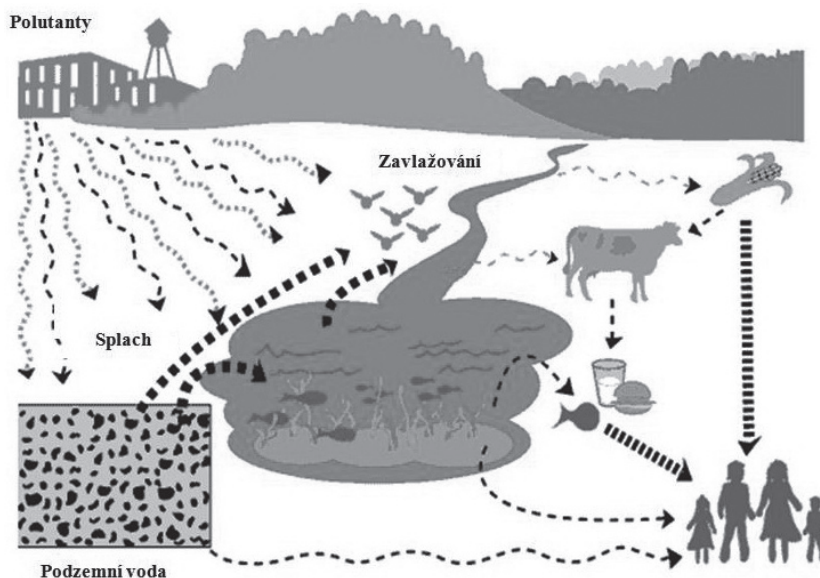
Chemické látky mohou do prostředí vstupovat z rozličných příčin, nejčastěji jsou to pak havárie, úmyslná distribuce a užití látek v životním prostředí (léky, agrochemikálie) nebo dobrovolné úniky polutantů (například odpady). Postupů, jak těmto rizikům zabránit, je několik. Jednak je to jednostranné omezení příslušné lidské činnosti nebo její nahrazení aktivitou obdobnou se stejným prospěchem, ale nižším rizikem. Současným trendem je často snaha o zavádění „ekologických“ technologií a technik.

Snížením původních rizik však často dojde k jednostrannému omezení okamžitého prospěchu. Pokud je to ekonomicky reálné, je možné zachování původní prospěšnosti, avšak při vynaložení dodatečných nákladů. Tím se dostáváme často k dilematu, zda se nám daná činnost při požadovaném snížení rizika ještě vůbec vyplatí. Zvažování alternativ musí zahrnovat vzájemný poměr mezi prospěchem a rizikem, který se realizací určitého nápravného opatření dosáhne. Žádný z těchto prvků však nemůže být změněn beze změny druhého.

Základní kroky hodnocení rizik

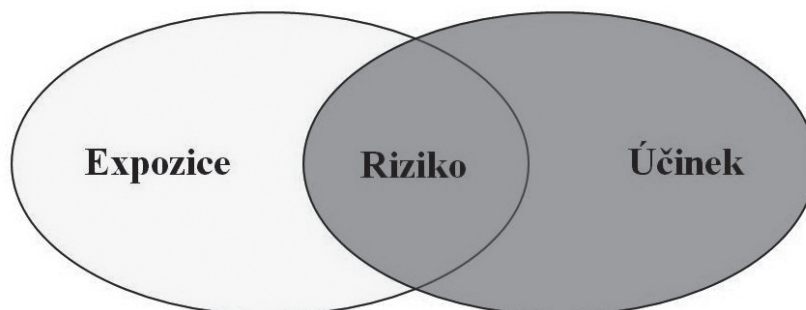
Hodnocení rizik (*risk assessment*) je určení druhu a stupně nebezpečnosti (ohrožení) představovaného určitým faktorem, dále určení, v jakém rozsahu byly, jsou nebo v budoucnu mohou být vystaveny jednotlivé skupiny populace a charakterizace existujících či potenciálních rizik vyplývajících z uvedených zjištění. Vlastní proces hodnocení rizika v sobě zahrnuje několik kroků, které na sebe navazují. Patří sem identifikace nebezpečnosti, hodnocení expozice, identifikace účinků, charakterizace rizika a v poslední řadě celý postup zakončuje interpretace (obr. 5).

Prvním krokem hodnocení rizika identifikace nebezpečnosti je interdisciplinární, týmová záležitost



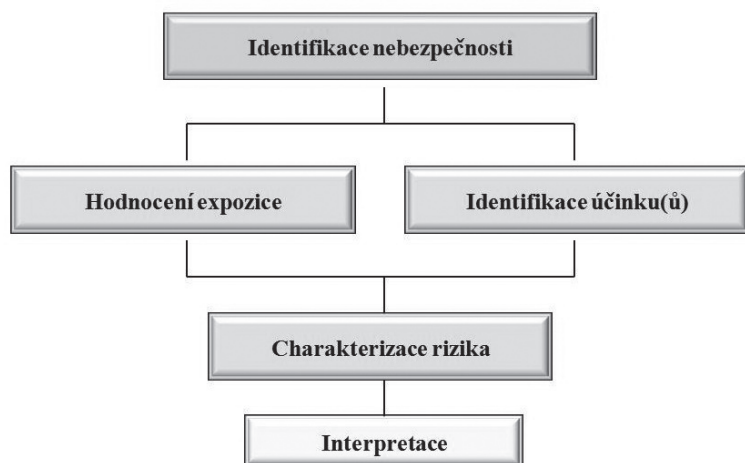
Obr. 3. Názorné příklady expozice člověka cizorodou látkou

Obr. 4. Vyjádření rizika



s dominujícím postavením oboru toxikologie a epidemiologie. Možnost extrapolace výsledků pozorovaných u jednoho živočišného druhu na druh jiný a výsledků získaných u laboratorních zvířat na člověka je základním předpokladem úspěšného hodnocení potenciálního rizika.

Druhým krokem hodnocení rizika je určení vztahu mezi dávkou a odpovědí (*dose – response relationship*), kdy rozlišujeme mezi účinkem (*effect*), který je kvalitativním pojmem (hepatotoxický, genotoxický apod.) a odpovědí (*response*), což je měřitelná míra téhož (změna aktivity některého jaterního enzymu, apod.). Dávka (*dose*) je množství látky vstupující do organismu během expozice vztažené na jednotku tělesné hmotnosti a jednotku času (např. $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$). Dominující postavení má experimentální toxikologie ve spolupráci se statistikou a základy matematického a biologického modelování.



Obr. 5. Schématické znázornění postupu hodnocení rizika

V praxi se často musí provádět další extrapolace, tedy extrapolace do nízkých dávek (*high-to-low dose exposure*), která vychází z reálné environmentální expozice a z reálných environmentálních koncentrací.

Studium vztahu dávka \times účinek následně vede k pojmu prahový účinek. K účinkům jakýchkoliv látek můžeme přistupovat různým způsobem, nejčastěji se však v našich zeměpisných šířkách přikláníme k přístupu US EPA, karcinogenní látky jsou vždy bezprahové a všechny ostatní účinky jsou chápány jako prahové (*threshold*). To v praxi znamená, že lze najít dávku, při které, za předpokladu celoživotní expozice, nedojde k poškození organismu. To vede k definici parametru NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), tedy nejvyšší úrovní expozice, při které ještě není pozorována nepříznivá odpověď na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou. Z jeho hodnoty lze pak dospět k pojmu referenční dávka (*reference dose*), která je definovaná jako denní expozice, která při celoživotní expozici pravděpodobně nezpůsobí poškození zdraví.

Třetím krokem hodnocení rizika je vlastní hodnocení expozice (*exposure assessment*), které je součástí hodnocení rizika sestávající z charakteristiky dané skupiny populace a velikosti expoziční koncentrace a frekvence, resp. trvání expozice. Může se zabývat expozicí již skončenou, trvající či předpokládanou v delším časovém úseku. K získání dat v rámci tohoto kroku hodnocení rizika slouží v praxi různé dotazníky, zdravotní šetření a retrospektivní šetření (výzkum životní historie, pracovní dráhy atd.). Tato etapa je považována za nejobtížnější součást hodnocení rizik zejména z důvodu nižší exaktnosti než u předchozích dvou kroků. Množství ovlivňujících faktorů je zde skutečně značné. Výstupem je pak odhad celoživotní expoziční dávky, tedy hlavní veličiny v hodnocení rizik.

Čtvrtým krokem hodnocení rizika je charakterizace rizika (*risk characterization*). Jedná se v podstatě o syntézu dat získaných v předchozích krocích. Vede k určení pravděpodobnosti, s jakou lidský organismus utrpí některé z možných poškození. Hlavní součástí je bilance a kritické zhodnocení všech aproximací, extrapolací a nejistot, které se, ať už záměrně nebo náhodile, v předchozích krocích vyskytly.

* * *

Hodnocení environmentálních rizik se dnes již naštěstí stalo vcelku běžnou praxí, bez které se neobejde žádný významnější projekt, ani posuzování nových technologií či schvalování produktů. V praxi existuje řada přístupů i nástrojů k hodnocení environmentálního rizika. V České republice se

s však zpravidla nejčastěji aplikují metodologie Americké agentury pro životní prostředí (*U.S. Environmental Protection Agency*). Jednou z nejčastěji používaných je například metoda TRIM (*Total Risk Integrated Methodology*) (Maddalena et al., 2002; Kaufman et al., 2004; Lee et al., 2002) nebo IRIS (*Integrated Risk Information System*).

Literatura:

- Burgman, M. A.: *Risks and Decisions for Conservation and Environmental Management*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, 314 p.
- Kaufman, R. et al.: *Evaluation of TRIM, Vol. III. Model Comparison Focusing on Dioxin Test Case*. EPA-453/R-04-002, 2004.
- Lee, M. et al.: *Evaluation of TRIM, Vol. II. Model Performance Focusing on Mercury Test Case*. EPA-453/R-05-002, 2002.
- Maddalena, R. L. et al.: *Evaluation of TRIM, Vol. I. Approach and Initial Findings*. EPA-453/R-02-012, 2002.
- Paustenbach, D. J.: *Human and Ecological Risk Assessment. Theory and Practice*. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- USEPA: *Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments*. EPA/540/R-97/006, 1997.

RNDr. Václav Dombek, CSc., vaclav.dombek@vsb.cz
Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin Hornicko-geologické fakulty Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava
Prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc., vojtech.dirner@vsb.cz
Institut environmentálního inženýrství Hornicko-geologické fakulty Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava