Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Hodnocení ekologických rizik

01 - Základní pojmy a definice

Mgr. Jana Vašíčková, Ph.D.

vasickova@recetox.muni.cz

Osnova předmětu

- Úvod – vymezení oboru pro hodnocení ekologických rizik, základní pojmy: riziko, charakterizace a prioritizace rizik, hodnocení rizik. Základní metodické schéma hodnocení rizik.
- Důvody aplikace analýzy rizik: lokální, regionální a globální vlivy, vnímání rizik.
- Zákonné regulace, informační zdroje
- Základní metodické schéma hodnocení rizik: hodnocení nebezpecnosti, hodnocení expozice, hodnocení účinku, charakterizace rizika, management rizika.
- Tvorba koncepčního modelu
- Hodnocení expozice: obecné zákonitosti hodnocení expozice. osud látek v prostředí, chemické analýzy a biotesty v hodnocení rizik, biomonitoring. Metodiky a modely, matematické modely chemického transportu a osudu látek.
- Hodnocení účinku: Obecné zákonitosti, závislosti dávka - odpověď. Hodnocení účinku: Testy toxicity - vodní, sedimentové a akvatické testy, extrapolace získaných dat, modelování efektů na ekosystém.
- Charakterizace rizika. Metodika souhrnného vyhodnocení.
- Metody multikriteriálního hodnocení Analýza místně specifických rizik – TRIAD přístup a váha evidence (Weight of Evidence)
- Management rizik, Legislativní rámec v ČR a ve světě.
- Prezentace studentů - semestrální práce (každý student bude mít originální zadání studie)

Požadavky

- Návštěva přednášek není povinná ale výrazně doporučená
- Seminární práce – odevzdání na konci semestru - kvantifikace rizik, plynoucích z konkrétního expozičního scénáře
  - Každý student má vlastní zadání
- Závěrečné zhodnocení – písemný test
  - Nejen testové otázky, ale bude obsahovat i popis schémat, vysvětlení problémů

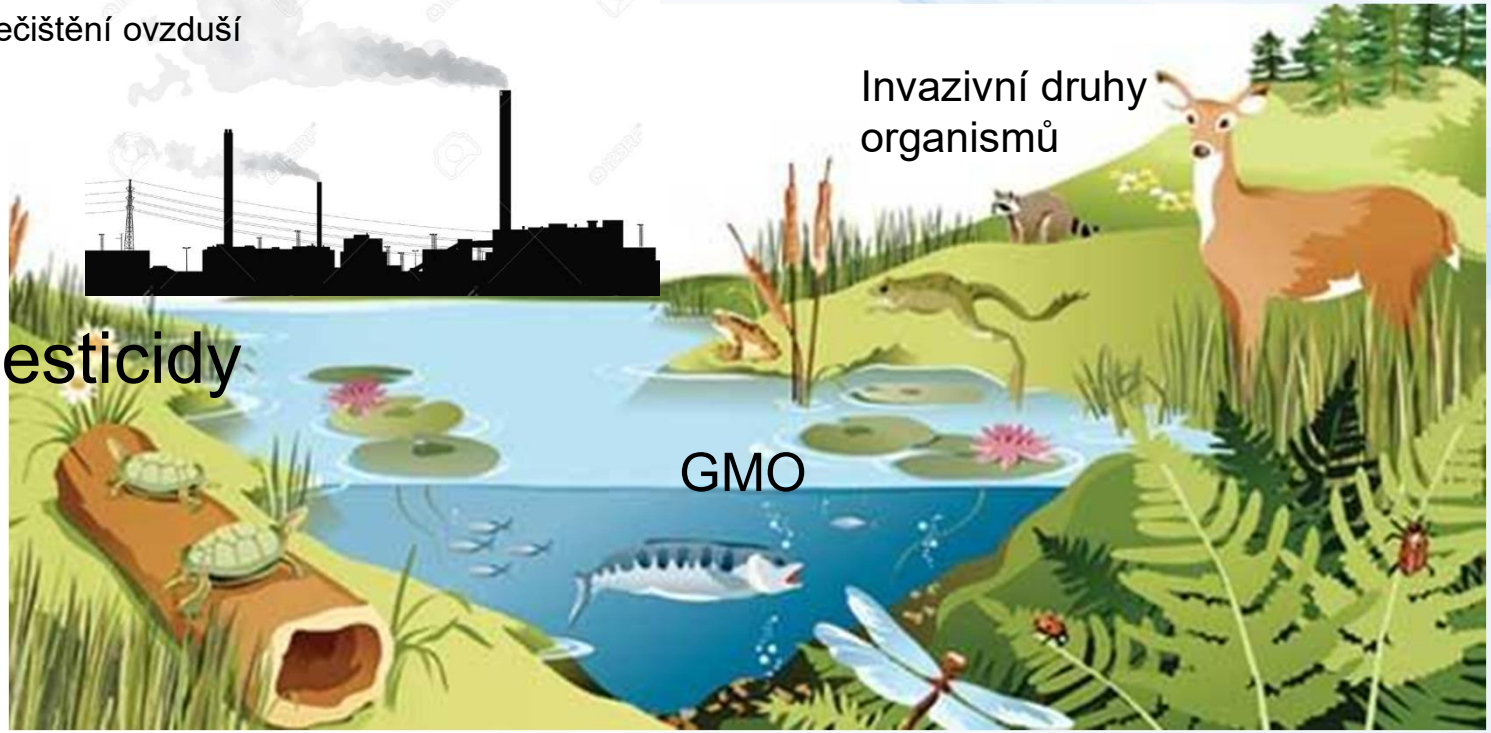
Osnova přednášky

- Vymezení oboru
- Základní pojmy
  - Riziko, charakterizace, prioritizace rizik
  - Základní metodické schéma hodnocení rizik
    - hodnocení nebezpečnosti
    - hodnocení expozice
    - hodnocení účinku
    - charakterizace rizika
    - management rizika

Proč?

Toxické chemikálie

Znečištění ovzduší

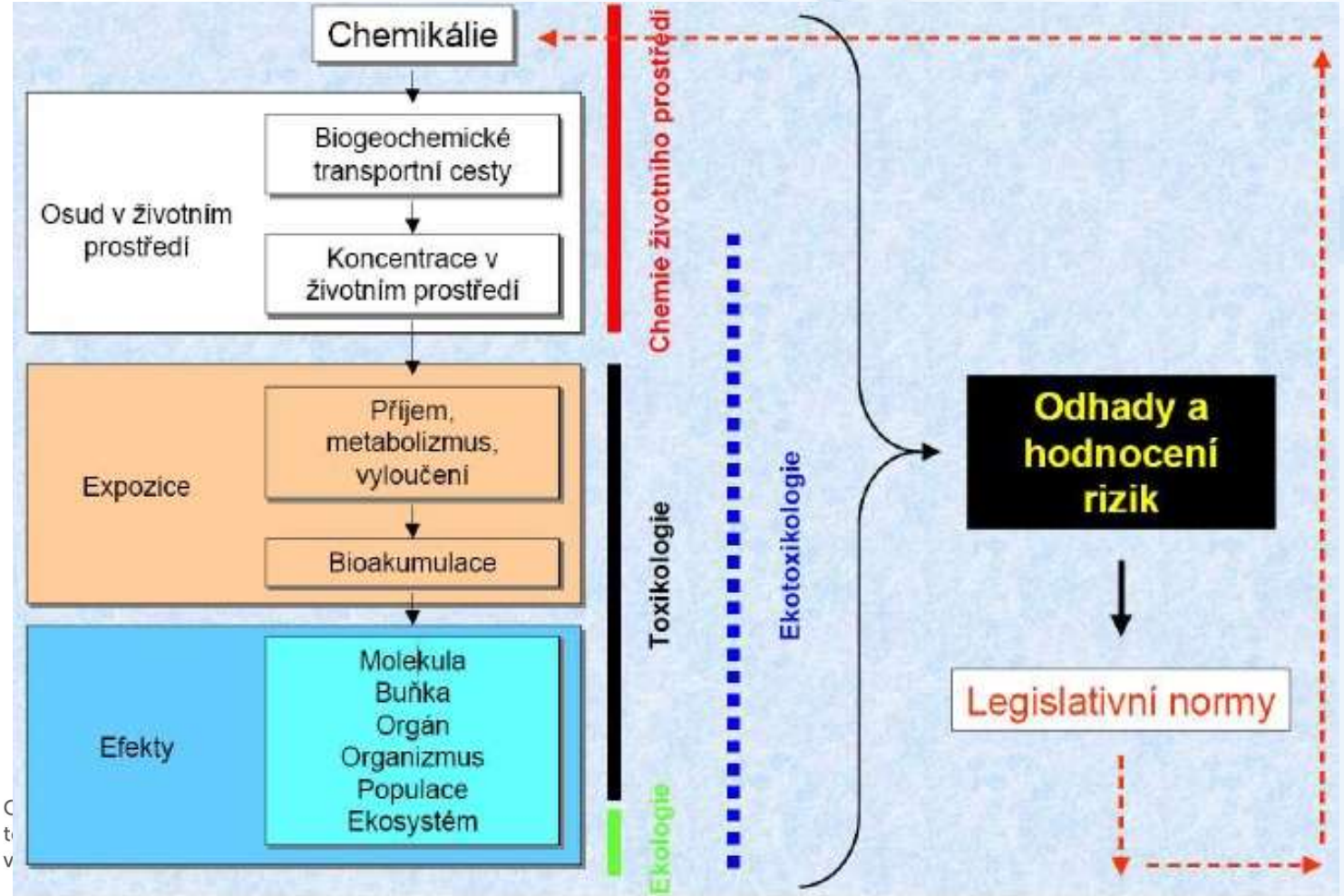


Proč?

- Zvýšení působení antropogenních tlaků na složky ŽP
  - devastace prostředí, ničení složek ŽP
  - snížení samočisticí schopnosti
  - půdní eroze
  - znečištěni ovzduší, půd a vod
- Obtížné hodnoceni dopadů na jednotlivé složky životního prostředí
  - velikost a rozmanitost ekosystémů
  - množství antropogenních vlivů
- V současnosti nejlepším dostupným nástrojem pro predikci potencionálního nebezpečí na strukturu a funkci ekosystemů je hodnoceni ekologickych rizik

Proč?

Využívá a integruje metody a postupy ekologie, environmentální chemie, environmentální toxikologie, ekotoxikologie, hydrologie a dalších věd o Zemi při určení podmínečných pravděpodobností výskytu nežádoucích událostí -> RIZIK



Hodnocení rizik

- Hodnocení rizik podle US EPA
  - Human Health
  - Ecological risk assessment

- EcoRA vs. ERA
  - Environmentalní rizika - Environmental risk assessment (ERA) se používá k popisu rizik pro člověka v důsledku přítomností kontaminujících látek v životním prostředí
  - Ekologická rizika - Ecological risk (EcoRA) – odkazuje se na rizika pro nehumánní organismy, populace a ekosystémy

Definice pojmu riziko

- Kvantitativní pojem vyjadřující pravděpodobnost (tj. číslo v rozsahu 0 – 1) se kterou dojde za dané situace a při daném rozsahu expozice k poškození zkoumaného systému
  - 0 k poškození vůbec nedojde
  - 1 k poškození dojde ve všech případech

- Nulové riziko v podstatě neexistuje!
- Přírodní nebo antropogenní původ

Definice pojmu riziko

- Riziko by mělo být měřitelné v závislosti na svém dopadu a pravděpodobnosti, že nastane
- Závažnost může být různě popsána v závislosti na situaci
  - riziko akutní (katastrofy, jíž je probíhající výrazná expozice přesahující údržnost systému)
  - reálné (vztahujícím se na současný stav, nikoli však katastrofálních rozměrů)
  - potenciální (prospektivní hodnocení)

Zdroje rizik

- Antropogenní
  - GMO
  - Syntetické organické sloučeniny, pesticidy
  - Azbestová vlákna, uhelný prach, kyselé deště, kontaminace povrchových a podpovrchových vod, ochuzení ozonové vrstvy

- Přírodní
    - Krátkodobá
    - Dlouhodobá
  - Vulkanická erupce
  - Záplavy
  - Sesuvy

Hodnocení ekologických rizik (EcoRA)

- Proces pro hodnocení pravděpodobnosti, že životní prostředí může být ovlivněno v důsledku vystavení působení jednoho nebo více ekologických stresorů
  - chemické látky, změna půdy, nemoci, invazivní druhy a změny klimatu
- Proces shromažďování, organizování a analyzování informací pro odhad pravděpodobnosti nežádoucích účinků na nehumánní organismy, populace, nebo ekosystémy v důsledku expozice jednoho nebo více stresorů
- Nástroj pro predikci potenciálního nebezpečí a negativních dopadů stresorů na strukturu a funkci ekosystému

Hodnocení ekologických rizik (EcoRA)

- Proces EcoRA je komplexní proces posuzování vlivu lidské činnosti na stav ekosystémů
- Hodnocení se aplikuje na dopad přírodních, ale i antropogenních procesů na ekosystémy
- Většina hodnocení se zaměřuje hlavně na důsledky těch antropogenních
- Konečným cílem hodnocení ekologických rizik je **prospektivní** (predikční) nebo **retrospektivní** posouzení vlivu stresových faktorů na ekosystémy a jejich složky

Prospektivní vs. retrospektivní hodnocení rizik

Prospektivní

- Představuje především analýzu potenciálních rizik souvisejících s plánováním zásahů do ekosystémů
- metodicky zahrnuje podchycení iniciálního stavu a hodnocení rizik je provedeno v rovině potenciálních odhadů
- jako jediná forma zahrnuje významnou možnost prevence

Retrospektivní

- Hodnocení vyvolané potřebou postihnout možný negativní vliv v minulosti, případně i podchytit stávající stav systému.
- Relativně velmi komplikovaná situace, úspěšnost analýzy je závislá na dostupnosti informací o zdrojích znečištění.
- posuzování rizik z úniků nebo jiných událostí v minulosti a vyhodnocování rizik spojených s budoucími důsledky těchto událostí.
- Např. patří mezi ně pokračující toxické účinky havárií -> šíření kontaminantů do jiných oblastí atd.
- Výstupem hodnocení starých zátěží mohou být například sanační doporučení, apod.

Historický vznik hodnocení rizik

- Každá činnost spojená s chemickými látkami (výroba, doprava, použití, likvidace atd.) je zdrojem rizik jak pro člověka (zdravotních rizik), tak i pro životní prostředí (ekologických rizik)

- Metodika hodnoceni ekologickych rizik se vyviji asi od roku 1980

- Koncepce hodnocení zdravotních a ekologických rizik vychází z materiálů vypracovaných US EPA v letech 1983-1987 a počátkem devadesátých letech byla přijata jako základ dokumentů EU

- Hodnocení ekologických rizik - bylo odvozeno z praxe v hodnocení rizika pro lidské zdraví, posouzení nebezpečnosti pro životní prostředí a posuzování vlivů na životní prostředí

Proč je hodnocení rizik důležité?

- Známo asi 5mil. Chemických látek
  - Používání asi 100 000
    - Asi 1000 látek v množství 400 mil t/r
    - Roční přírůstek asi 500-1000 nových látek
    - U většiny z nich neznáme možná rizika, neznáme ekotoxikologická data, zvl. Data o dlouhodobých účincích
    - rychlost testování a hodnocení látek je mnohonásobně menší než rychlost jejich zavádění

K čemu se EcoRA využívá?

- Průmysl, vládní agentury, politici, občané, a zákonodárci využívají EcoRA pro podporu rozhodnutí v managementu životního prostředí
  - uspořádává informace a přispívá k informovaným rozhodnutím
  - může zvýraznit největší riziko, což je užitečné pro alokaci omezených zdrojů
  - umožňuje odpovědi na "co kdyby" otázky týkající se následků možných činností
  - usnadňuje jednoznačnou identifikaci hodnotných komponent v prostředí
  - identifikuje kritické mezery ve znalostech, a tím přispívá ke stanovení priorit budoucích výzkumných potřeb

Kdo využívá EcoRa?

- Česká inspekce životního prostředí
- orgány státní a veřejné správy a organizace v jejich působnosti
- vodohospodářské úřady (Krajské úřady, obce s rozšířenou působností)
- soukromé subjekty působící v ochraně životního prostředí,
- nabyvatelé, vlastníci a uživatelé kontaminovaných lokalit

Využití hodnocení rizik

- V současnosti nejlepší dostupný nastroj pro predikci potenciálního nebezpečí a negativních dopadů antropogenních aktivit na strukturu a funkci ekosystému.
- Obecně použitelné nebo místně specifické
- Každá technologická činnost, výrobní proces či výraznější stavitelská aktivita představují potenciální riziko pro existující ekosystémy
- Konečným cílem hodnocení ekologických rizik je prospektivní nebo retrospektivní posouzení vlivu stresových faktorů
  - chemických kontaminantů, antropogenních zásahů nebo přírodních katastrof na ekosystémy a jejich složky

Základní pojmy

- Toxicita – schopnost látky poškozovat živý organismus, je dána fyzikálně chemickými vlastnostmi
- Nebezpečnost tedy představuje soubor toxických (komplexně stresových) účinků, ke kterým dojde za daných podmínek expozice, resp. podmínky expozice vyvolávající daný soubor účinků.
- Hodnocení účinku (toxicity) – stanovení povahy a rozsahu negativních účinků vzhledem k velikosti dávky
- Stresor: fyzikální, chemická nebo biologická jednotka, která může vyvolat negativní reakci

Základní pojmy

- Nebezpečnost (hazard) – je schopnost chemické látky mít nepříznivý účinek na životní prostředí, která je determinována fyzikálními a chemickými vlastnostmi látky, kvalitativní pojem

- Předpověď (identifikace) nebezpečnosti (Hazard prediction or hazard identification) – zahrnuje proces rozpoznání a predikce nebezpečnosti.

- Vyjádření rizika – poměr mezi počtem individuí, které za určitých expozičních podmínek utrpí újmu k celkovému počtu jedinců vystavených identickému činiteli za stejných expozičních podmínek

Základní pojmy

- Expozice je chápána jako kontakt chemické látky s vnějšími hranicemi organismu či s definovanou částí životního prostředí (ekosystémem).
- Expoziční podmínky – charakterizují cílové populace (objekty)
- Endpoint - měřitelný parametr se vztahem k efektu
- Receptor - rostlina, zvíře, společenství organismů, nebo ekosystém, který je vystaven stresorů v životním prostředí
- Účinek (efect) – kvalitativní pojem (hepatotoxický, genotoxický..)
- Odpověď (response) – měřitelná míra téhož (změna aktivity některého jaterního enzymu)
- Dávka (dose) – množství látky vstupující do organismu během expozice vztažené na jednotku tělesné hmotnosti a jednotku času (např. mg.kg-1.d-1)

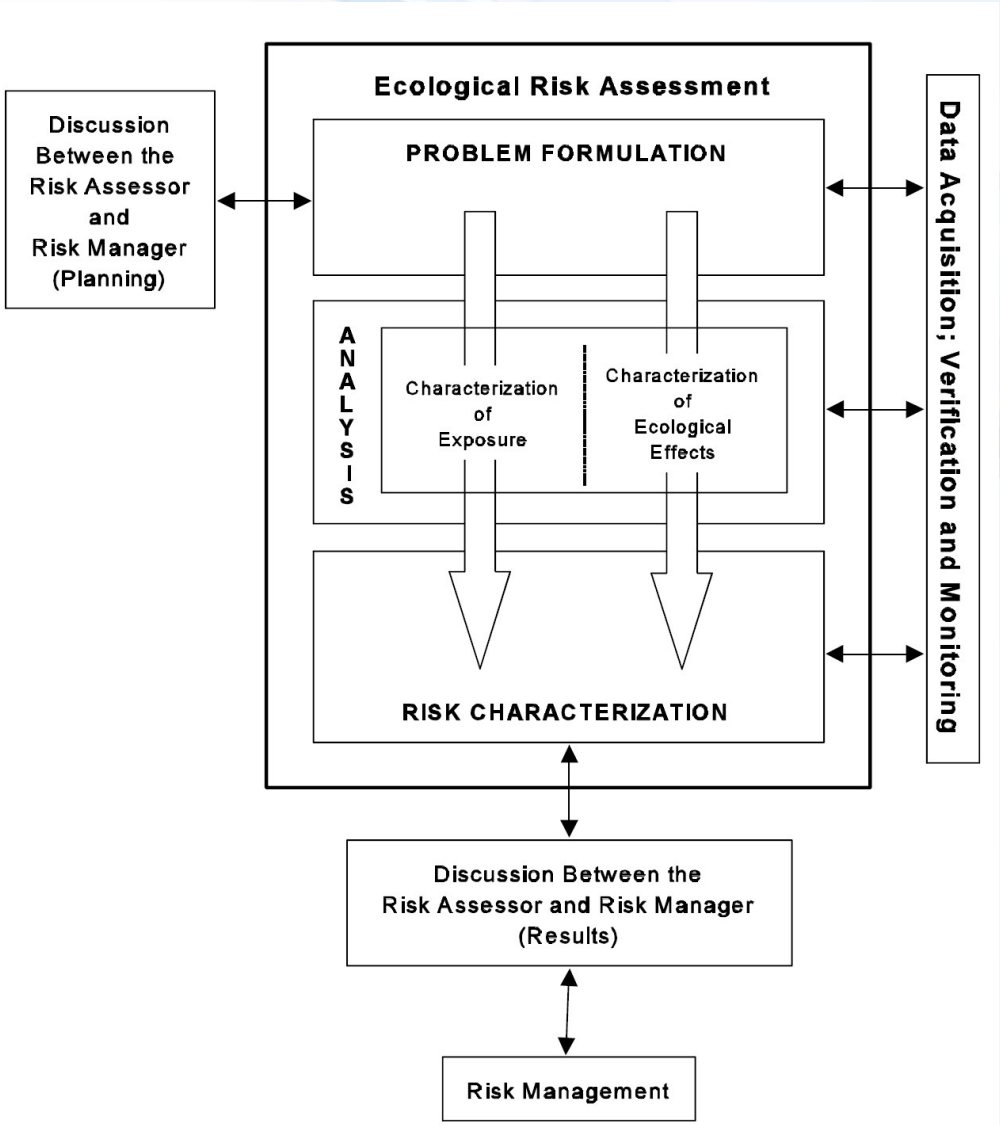
Základní pojmy

- Řízení rizik - Proces stanovení patřičných opatření v reakci na rizika
- Nejistota - Nedostatek důvěry v predikci posouzení rizik, které mohou vyplynout z přirozené variability v přírodních procesech, nepřesné nebo neúplné znalosti, nebo chyby v provedení posouzení

Metodika hodnocení ekologických rizik (EcoRA)

- mezioborový proces
- metodická standardizace je zcela nezbytná (obrana proti nadbytečnému navyšování nákladů nebo účelovému zneužívání komplikovaných a nejasných metodik)
- Potřeba standardizované metodiky vynucena i rozsahem řešených problémů a nutností předat jednotný, byť obecnější návod na jejich řešení.
- Ačkoli má tedy proces EcoRA jednoznačně vědecké základy i vývoj, z praktického hlediska musí jít o zjednodušený rutinní proces, s možností jednoznačné kontroly a opakovaných aplikací
- V současné době jednoznačně nejlépe propracovaný přístup pro použití EcoRA je přístup US EPA

Obecné schéma EcoRA



Metodika hodnocení ekologických rizik

- Obecně standardizovaný postup, jehož jednotlivé kroky vedou k hodnocení a řízení rizika
- Posloupnost kroků týkajících se formulace problému parametrického hodnocení expozice a biologických účinků a charakterizace rizika.
- Součástí analýzy je i závěrečné doporučení pro interpretaci zjištěných rizik a jejich management
- Za klíčové prvky určující úspěšnost celého procesu hodnocení je nutné považovat reprezentativní formulaci problému a výběr adekvátních cílových parametrů hodnocení
- Průběh tohoto procesu má vztahy nejen k vědeckému hodnocení vlivů stresových faktorů, ale také k legislativnímu pozadí, normám obsahu kontaminantů a dalším legislativním předpisům. Jedná se tedy o komplexní proces.

Plánování

- účel, rozsah a technické přístupy
- nutno odpovědět na následující otázky
  - Kdo/Co/Kde je v ohrožení? (Individua, populace,...)
  - Jaké povahy je zdroj ohrožení životního prostředí? (chemický, fyzikální, …)
  - Odkud tyto environmentální rizika pocházejí? (bodové, rozptýlené, …)
  - Jak k expozici dochází? (vzduch, podzemní voda, půda,…)
  - Cesty expozice (dermální, inhalační, …)

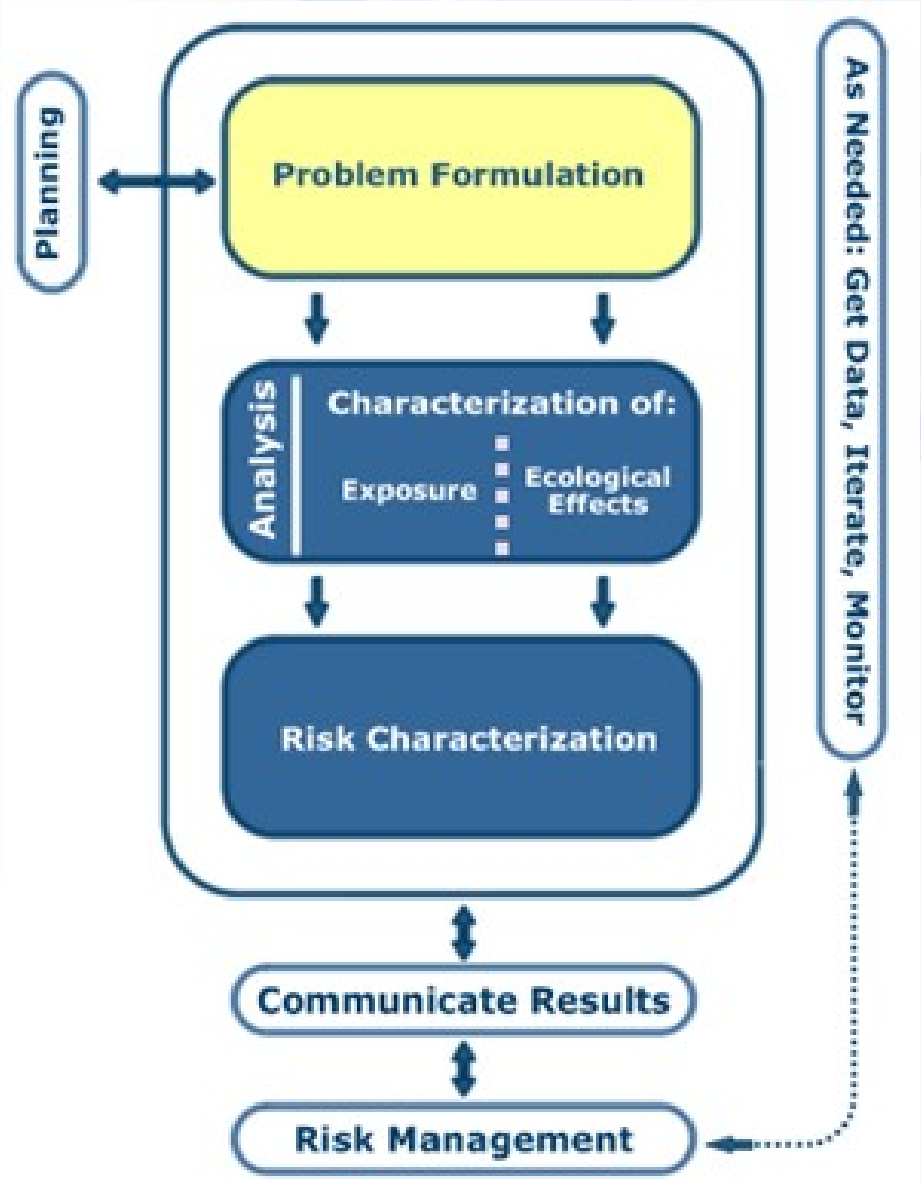
Plánování

- Co se děje v tělech organismů a můžou být ovlivněna jejich životní, vývojová stádia, genetika? (absorpce, distribuce, metabolismus, vylučování)
- Jaké jsou ekologické účinky? (změny v reprodukci, nádory, úmrtnost,…)
- Doba kdy dojde k vyvolání toxicikých účinků (akutní, subchronická, chronická,
- Timing (existence kritické doby kdy je chemická látka nejtoxičtější? – embyonální vývoj, juvenilní stádia, dospělost)

Obecné schéma EcoRA

- Komplexní proces – zjednodušené schéma
  - Formulace problému, Identifikace zdroje problému
  - Analýza
    - A) Hodnocení expozice + B) Hodnocení účinků
  - Charakterizace rizika
  - Expertní interpretace
  - Management rizika, legislativní kroky a opora organizační zajištění

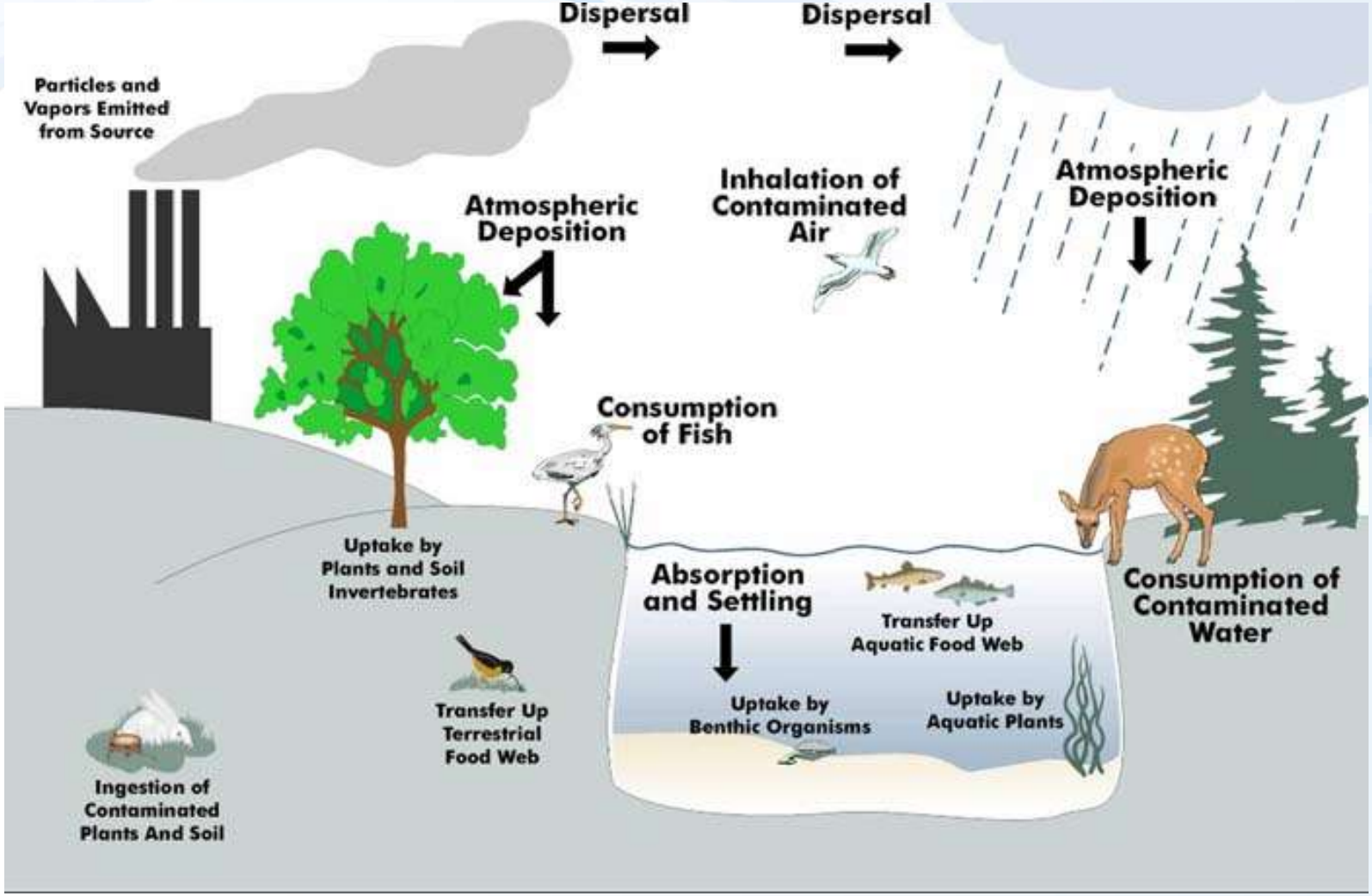
Fáze I: Formulace problému



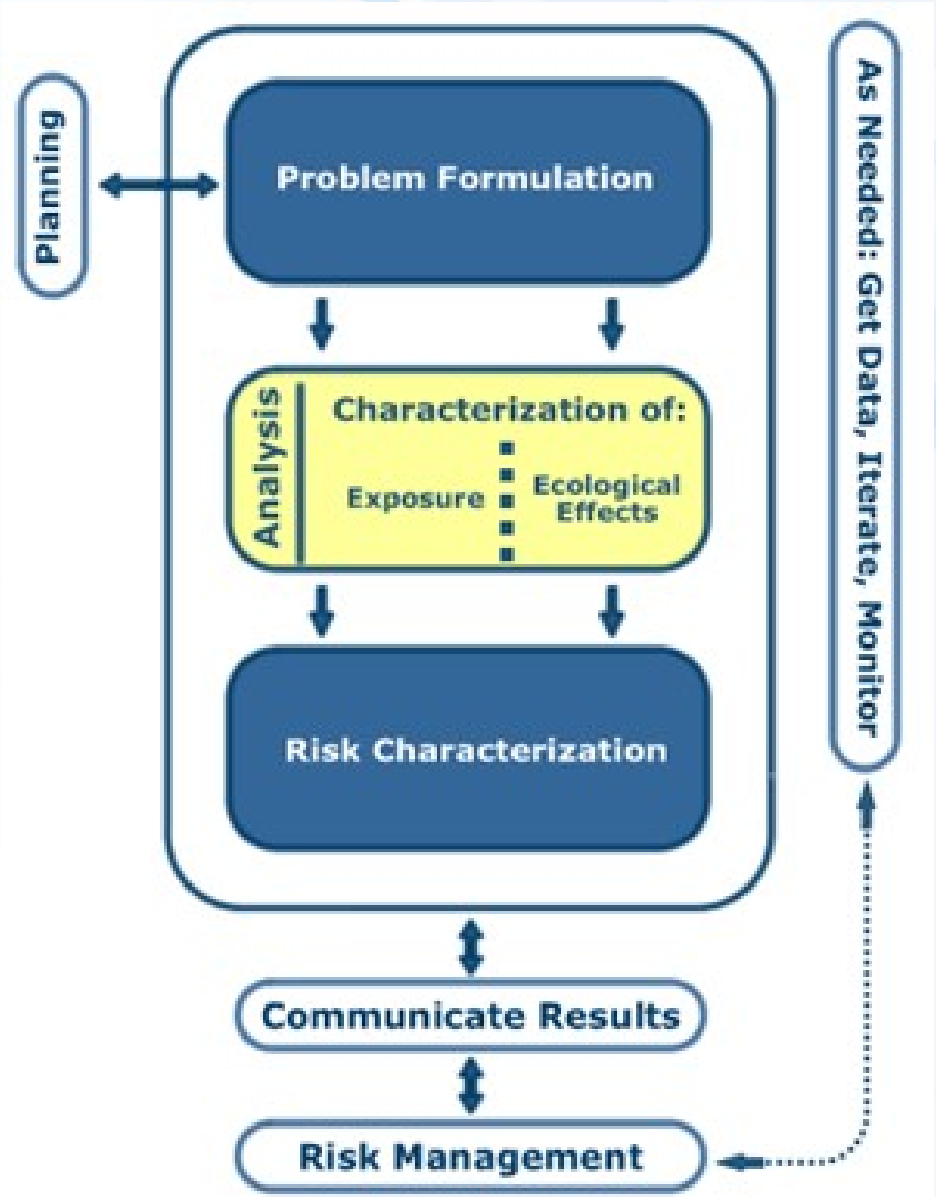
Formulace problému

- vytváření informační základny pro další hodnocení
  - popis konkrétní situace
  - vymezení zájmového území
  - identifikaci nebezpečnosti ve spojitosti s konkrétními zdroji a stresory
- Informace jsou získávány teoretickou formou i průzkumem zájmové oblasti
- Hlavní výstupy této fáze
  - a) výběr vhodných biologických systémů pro hodnocení a určení parametrizace jejich znaků
  - b) vytvoření koncepčního modelu EcoRA se stanovením strategie dalšího postupu
  - c) určení vhodného scénáře EcoRA

Koncepční model

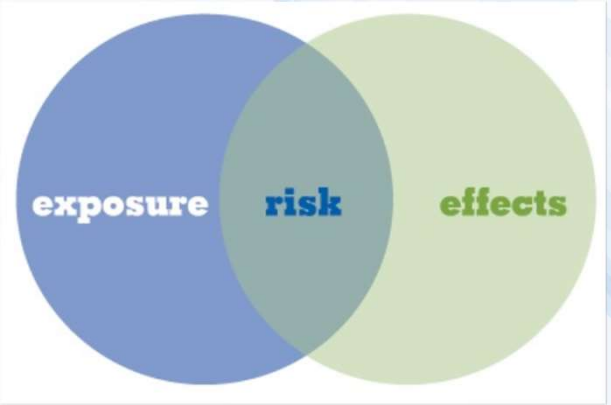


Fáze II. Analýza



Fáze II. Analýza

- Hodnocení expozice a hodnocení účinků spolu úzce souvisejí.



- Musí být koordinované s aktivitami charakterizujícími fyzikální a chemické vlastnosti sledované lokality či oblasti.
- I přes velmi úzkou souvislost těchto hodnocení neexistují standardní přístupy ani specifická sada metod EcoRA pro všechna místa – každé hodnocení je unikátní a místně specifické.

A) Hodnocení expozice

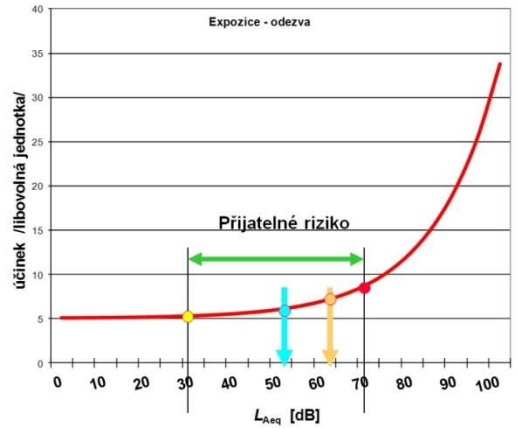
- Základní předpoklad pro existenci účinků
- Vyjadřuje se ve vazbě na prokazatelně přítomné stresory v prostředí nebo jako funkce dávky - například dle očekávaného příjmu v potravě
- popisovány zdroje, cesty, velikost, četnost a trvání expozice jednotlivce, části populace či ekosystému sledované chemické látce

A) Hodnocení expozice

- Existují tři základní nástroje k hodnocení expozice, které se zpravidla uplatňují současně:
  - přímé měření koncentrací znečišťující látky v prostředí (chemický monitoring)
  - měření koncentrace látky nebo jejích metabolitů v organismech (biologický monitoring)
  - matematický model popisující osud a transport látky v životním prostředí

- Cílovým parametrem hodnocení expozice je stanovení koncentrace látky v životním prostředí, označované **PEC** („Predicted Environmental Concentration“).
- Prvním krokem hodnocení expozice je odhad **místní (lokální) PEC** v jednotlivých složkách.

B) Hodnocení účinků



- analýza vztahu mezi dávkou a odpovědí
- studován vztah mezi množstvím chemické látky přítomné v životním prostředí a mírou nežádoucího účinku - odezvou
- Posouzení vlivu stresoru a jeho míry působení na živý organismus, receptor

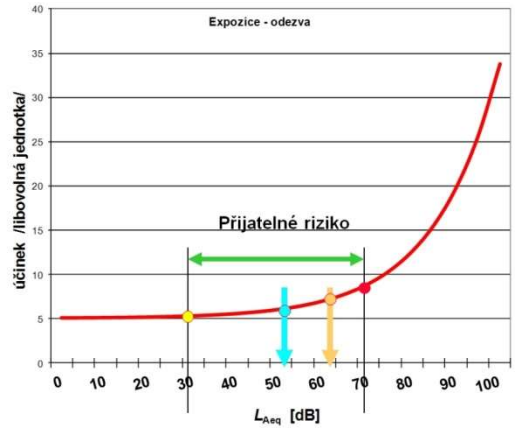
- Biologický receptor - biologicky systém, který bude využit jednak k identifikaci existujících nebo potenciálních účinků stresorů a na kterém bude dokumentována nebezpečnost stresoru pro hodnocené zájmové území a jeho ekosystémy
- Účinek - kvalitativní pojem (hepatotoxický, genotoxický)
- Odpověď - měřitelná míra - změna aktivity jaterního enzymu,…
- Dávka - množství látky vstupující do organismu, prostředí

Hodnocení účinků

- Před vlastním posuzováním účinků je nutné definovat (ve fázi formulace problému EcoRA) organismy (receptory), pro které bude hodnoceni účinku provedeno

- Metodicky postup a výběr vhodných biologických modelů je odvisly od konkretni situace a většinou kombinuje ekotoxikologické biotesty a bio indikační postupy provozované v podmínkách in situ.

Hodnocení účinků



- Cílem analýzy je nalezení tzv. **PNEC** („Predicted No-Effect Concentration“) - koncentrace, která nezpůsobí nežádoucí účinek na životní prostředí.
- Stěžejní význam mají v tomto kroku matematické a statistické metody a studium kvantitativních vztahů mezi strukturou a biologickou účinností chemických látek.
- PNEC = ECn / f

  Ecn - efektivní koncentrace, která se považuje za vhodný model nízkého účinku

  f – bezpečnostní faktor (1-1000) =stupeň znalosti o účincích (princip předběžné opatrnosti)

Kritérium přijatelnosti

- HI = PEC/PNEC

<1 riziko aplikace látky je přijatelné

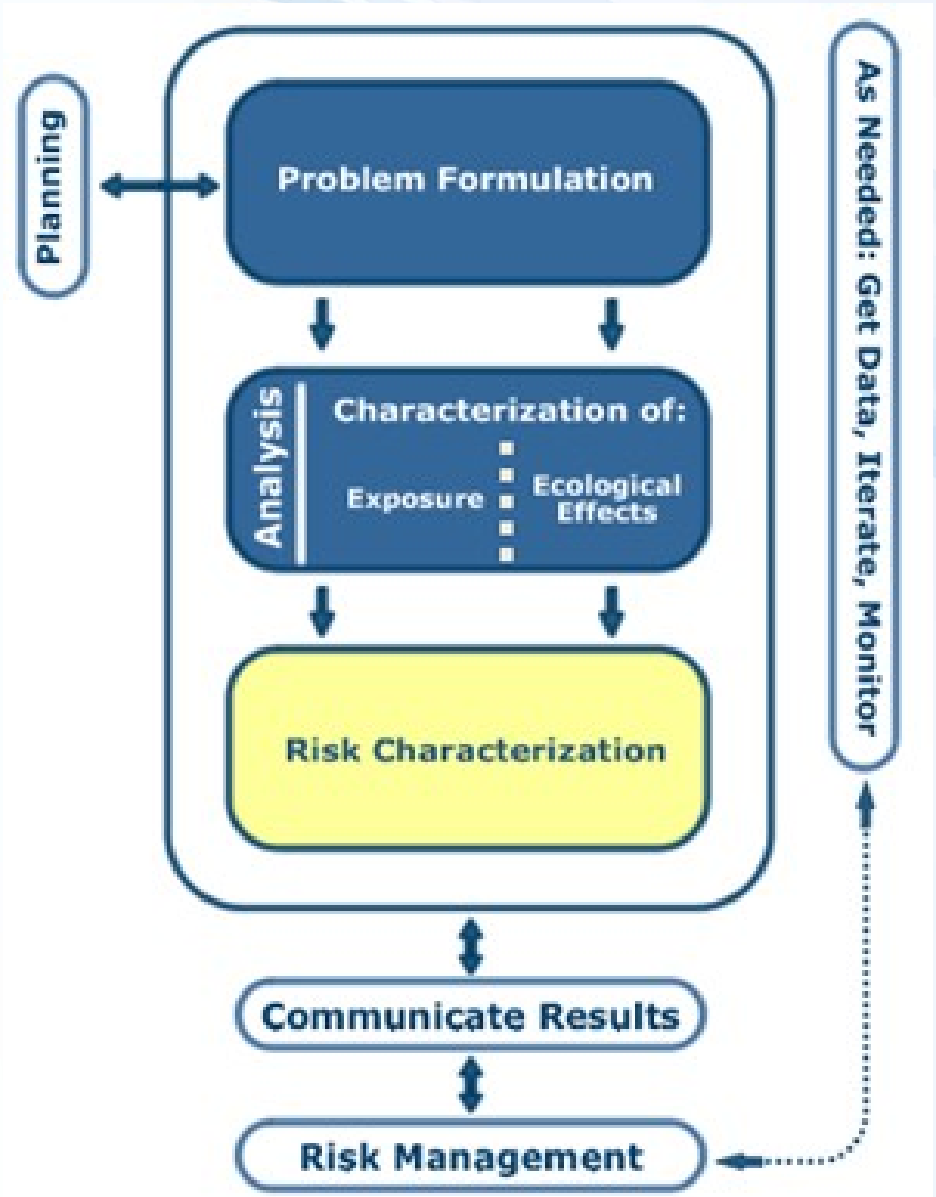
očekávaná koncentrace v prostředí je nižší než bezpečný odhad koncentrace, která může způsobit negativní účinek

>1 riziko nepřijatelné

Metodika hodnocení expozice a účinků

- Neexistuje specifická sada metod pro všechny místa – každé hodnocení je unikátní
- EcoRA se musí vypořádat s mnoha druhy organismů, které mají různou citlivost vůči chemikáliím
- Metodický postup a výběr vhodných biologických modelů odvislý od konkrétní situace
- Často kombinuje ekotoxikologické biotesty a bioindikační postupy provozované v podmínkách in situ
- Vzhledem k potížím při získávání údajů o toxicitě pro všechny organismy v ekosystému, uznávanou praxí je testování vybraných zástupců významných taxonomických skupin a použít je jako náhražek pro celý systém - diskutabilní

FázeIII: Charakterizace rizika



Charakterizace rizika

- Sumarizace výsledků předchozích kroků,
- kvantifikace rizika, diskuze nepřesností a nejistot, které odhad jednotlivých parametrů provázely
- charakterizováno velikostí individuálního a celkového dávkového ekvivalentu pro nejvíce citlivý druh, nebo pro biologický systém indikující nějakou významnou hodnotu v daném ekosystému

Charakterizace rizika

Faktory které je nutní brát v potaz

- Je riziko akutní nebo chronické?
- Jaká je závažnost dopadů?
- Jaké je doba, po kterou k nim dochází?
- Je riziko pro jednoho živočišného druhu nebo mnoha druhů?
- Kolik organismů je v nebezpečí?

Charakterizace rizika

- Některé přístupy používané pro odpovědi na tyto otázky zahrnují:
- Polní pozorovací studie (průzkumy)
- kategorické žebříčku
- Procesní modely, které se spoléhají částečně nebo zcela na teoretické aproximace expozice a účink
- Srovnání dat expozice a úč

Principy charakterizace rizik

- Transparentnost
- Jednoznačnost
- Konzistence
- Přiměřenost

Praktické požadavky na hodnocení ekologických rizik

- Plánování
- Informativnost
- úspornost – efektivita
- Praktická využitelnost
- Interpretovatelnost
- Kontrolovatelnost – validita
- Odpovědnost vůči subjektu hodnocení

Management rizika

- sumarizace výstupů EcoRA
- Na základě vědomostí o typu a míře rizika následuje analýza přijatelnosti rizika pro další existenci hodnocených systémů
- Možnost podniknout preventivní opatření, změny konkrétní situace směrem ke snižování rizika apod.
- Management rizika musí vždy obsahovat následující komponenty:
  - a) ospravedlnění aplikace – žádná aplikace nesmí být přijata, pokud společenský prospěch výrazně nepřevyšuje možné riziko
  - b) optimalizace rizika – riziko má být udržováno na tak nízké úrovni, jak je to z ekonomických a sociálních hledisek rozumně dosažitelné
  - c) plnění limitů – musí být splněny limity pro jednotlivce z obyvatelstva
  - d) důsledná kontrola všemi účastníky procesu dle míry odpovědnosti

Zákonné regulace
Přehled norem v oblasti životního prostředí

- Pro praktickou ochranu zdraví obyvatel a životního prostředí je třeba převést výsledky do formy limitů, norem a dalších regulací vymezených legislativou

- Ministerstvo životního prostředí
  www.env.cz
- Zákon – parlament
- Vyhláška – různé orgány
- Směrnice – ministerstva
- Nařízení – vlády
- Metodický pokyn

Ministerstvo životního prostředí
České republiky

Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Zákonné regulace - Rizika pro životní prostředí

- Odbor environmentálních rizik a ekologických škod (OEREŠ)
  - celostátní koncepce prevence škod v těchto oblastech:
    - Chemické látky
    - Závažné průmyslové havárie
    - Nakládání s GMO
    - Staré ekologické zátěže
      - Metodický pokyn MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP č. 3, březen 2011

Kde hledat?

- **http://www.mzp.cz/cz/rizika_zivotni_prostredi**
- **Sbírka zákonů**

  http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/start.aspx

- **Metodiky MŽP**

  http://www.mzp.cz/cz/metodiky_ekologicke_zateze

Přehled norem z oblasti životního prostředí - ČSN ISO

Příklady:

- Zákon České národní rady o posuzování vlivů na životní prostředí - 244/92 Sb (EIA – Environmental Impact Assessment)

- Nařízení vlády, kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod - 82/1999 Sb.

Informační zdroje - Mezinárodní

- EU – odkazy na MŽP (např: http://eur-lex.europa.eu/cs/index.htm)
- US Environmental Protection Agency (EPA) - www.epa.gov
- IRIS – Integrated Risk Information System - www.epa.gov/iris
- ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry – atsdr1.atsdr.cdc.gov
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 REACH

Informační zdroje - Mezinárodní

US EPA

https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidelines

- FRAMEWORK FOR ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT (EPA/630/R-92/001) - 1992
- Guidelines for Ecological Risk Assessment (EPA/630/R-95/002F) - 1998
- Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund (EPA 540-R-97-006) - 1997

ECHA

- Technical Guidance Document on Risk Assessment
  - https://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2_2ed_en.pdf

Seminární práce

Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Přidělení dle témat vašich prací

- Skupina látek (např. kovy, POPs, pesticidy,…)
- Matrice (půda, voda)
- Skupina organismů (bezobratlí, obratlovci)

Seminární práce

- Cílem seminární práce je provedení kompletního hodnocení rizik na základě obecně zadaného tématu.
- Práce musí obsahovat všechny fáze analýzy. Každý krok musí být adekvátně diskutován. Součástí práce bude nejen textový report, ale také i tabelární xls soubor(y) s dílčími výpočty.
- Každou látku student bude důkladně identifikovat (CAS No., emise, použití, efekty,…). V případě, že v literatuře student nenajde adekvátní indexy rizika, provede na základě toxikologických dat odhad NOAEL a pak následně Rfd, SF,..
- Environmentální hladiny stresorů (tedy chemických látek) budou vždy dokumentovány zdrojovou citací literatury. Tyto hodnoty koncentrací by pak měly být doplněny maximální (extrémní) a pozaďovou koncentrací („výběr“ koncentrací tedy provádí každý student).
- Každá matrice, bude hodnocena v několika expozičních scénářích. Expoziční parametry tedy opět bude navrhovat a konkretizovat sám student.

Seminární práce

- **Bílková, Zuzana**: Dioxin-like PCB – draví ptáci - potravní
- **Eliška Blažková**: TCDD (2,3,7,8, TCDD) - Vodní prostředí - bezobratlí
- **Dvořáková, Zuzana**: conazolové fungicidy – půda - půdní bezobratí
- **Fojtů, Kryštof** : lindan, pyren, fenanhtren - půdní bezobratlí
- **Hájková, Markéta**: Farmaka - Diklofenak a paracetamol – vodní rostliny
- **Škovroňová, Renata**: Metabolity sinic vliv na vodní organismy – ryby
- **Taszková, Barbora**: Nonylfenol - vodní prostředí – ryby
- **Zahradová, Nikola**: těžké kovy - kadmium – vodní prostředí – obratlovci

Seminární práce

- ÚVOD
- Cíl
- TEORIE
  - Výskyt a osud v prostředí
  - Toxicita a mechanismy působení
  - Akutní toxicita

- METODY STANOVENÍ (např. PAH)
  - Odběr vzorků
  - Předběžná separace a zakoncentrování
  - Chromatografické metody
  - Polarografické a voltametrické metody

- HODNOCENÍ EKOLOGICKÉHO RIZIKA
  - Identifikace nebezpečnosti
  - Určení prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů
  - Typy expozičních cest a přehled reálných scénářů expozice
  - Určení vztahu dávka – účinek
  - Hodnocení expozice

- 4.4 Charakterizace rizika
  - Odhad ekologických rizik
  - Shrnutí celkového rizika
  - Omezení a nejistoty
- POUŽITÁ LITERATURA