



Za ekotoxikologický účinek se považuje jakákoliv změna ve struktuře a chování ekosystému spojená s působením toxikantu ve srovnání se stavem, který by nastal bez působení toxikantu.

# *Ekotoxikologický účinek*



Jestliže toxikant způsobí konkrétní expozici biologicky citlivého místa v organismu (místo účinku), může způsobit primární toxický účinek. Důsledkem pak může být celá síť sekundárních účinků.

Hodnocení škodlivosti je obtížně definovatelné:

- oddělení vlivu ekologických faktorů od vlivu toxikantu
- zasažení organismu toxikantem vyvolá negativní reakci, ale současně může vyvolat pozitivní reakce u řady druhů jiných (např. konkurentů).
- účinek toxikantu vede k přeměně ekosystému (nové druhy, sukcese)

# *Ekotoxikologický účinek*



Hodnotíme změny ve stavu organismu - *projevy účinku*.

**Diagnostický znak** (hodnocený parametr, endpoint) – jakýkoli biotický parametr na libovolné organizační úrovni, který lze využít ke stanovení negativních účinků toxikantu (např. obsah chlorofylu a, tělesná teplota, rychlost růstu, mortalita populace, saprobní index)

**Symptom** – změna parametru, která indikuje negativní vliv

*specifický* - indikuje účinky způsobené konkrétní příčinou  
(v praxi ne moc často)

*nespecifický* – indikuje účinky vyvolané celou řadou příčin  
(v praxi běžné, obezřetnost a zkušenost při interpretaci výsledků)

**Syndrom** – výskyt typických znaků charakterizující nemoc

# *Ekotoxikologický účinek*



Závislost mezi dávkou a účinkem toxikantu – základní otázka ekotoxikologie.

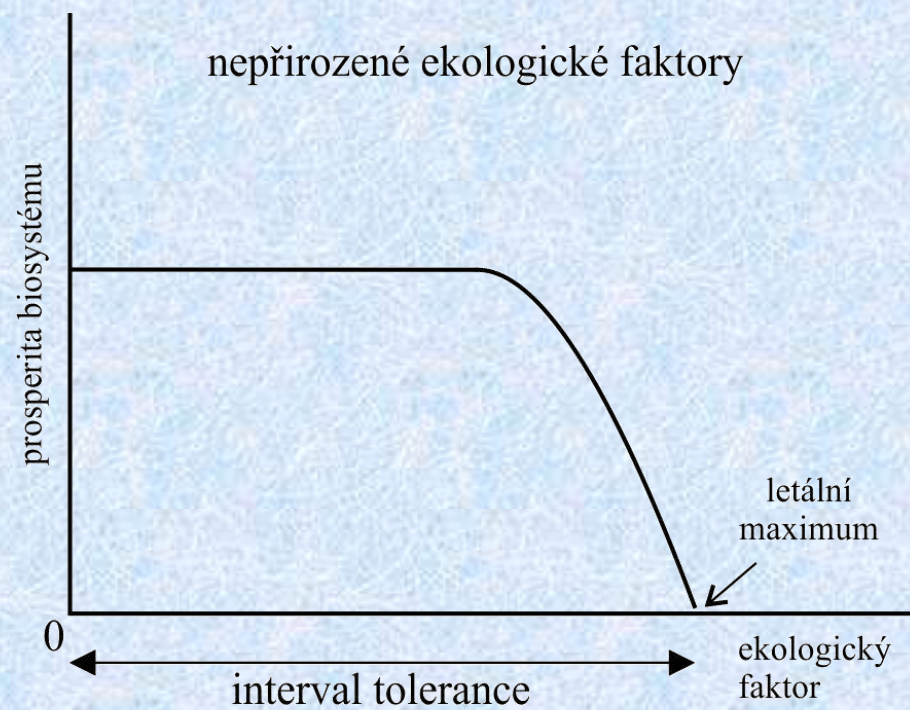
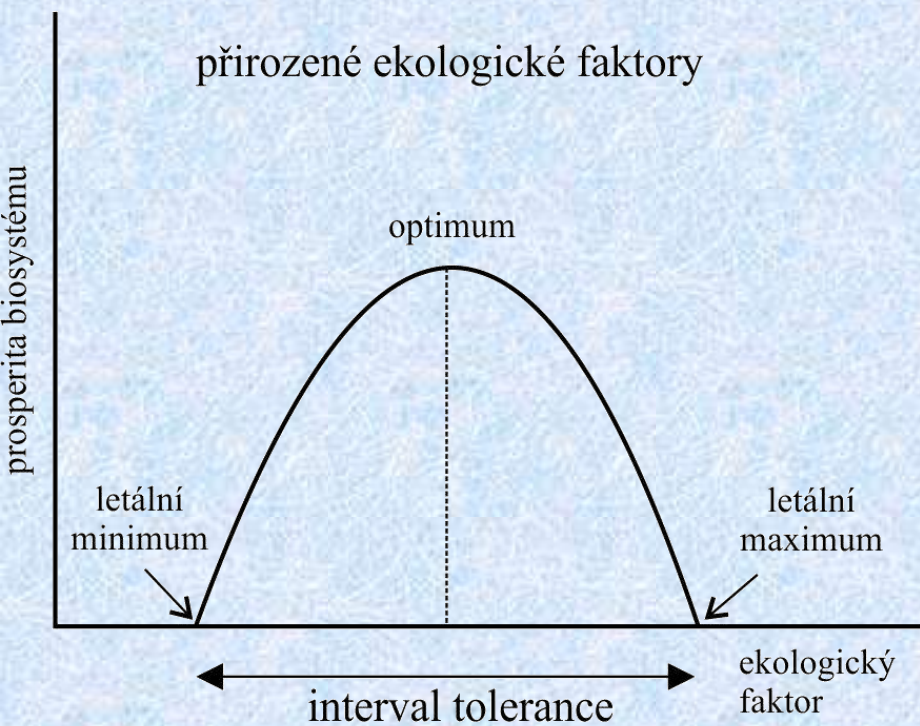
Toxikant představuje pro cílový organismus jeden z mnoha faktorů.

Pro každý faktor a daný organismus existuje hodnota *letálního minima* a *letálního maxima* - mezi nimi je interval existence daného organismu (interval tolerance).

Většina toxikantů patří mezi látky neesenciální, organismus je nepotřebuje, a interval tolerance se tak pohybuje od hodnoty 0 po letální maximum.

Hodnota ekologického faktoru, při které je dosahováno maximální prosperity, se hodnotí jako **optimum**.

# *Interval tolerance*



# *Ekotoxikologický účinek*



Ekotoxikologické testy hodnotí prosperitu organismů v závislosti na dávce (koncentraci) toxikantu.

Křivky, které tuto závislost popisují se nazývají křivky **dávka – odpověď** (*dose – response curve*), D-R křivky.

Z hlediska konstrukce D-R křivek lze sledované parametry účinku rozdělit:

- *parametr je přímo úměrný vitalitě* – vyšší hodnota parametru ukazuje na vyšší vitalitu organismu tedy menší negativní vliv toxikantu (např. intenzita růstu).

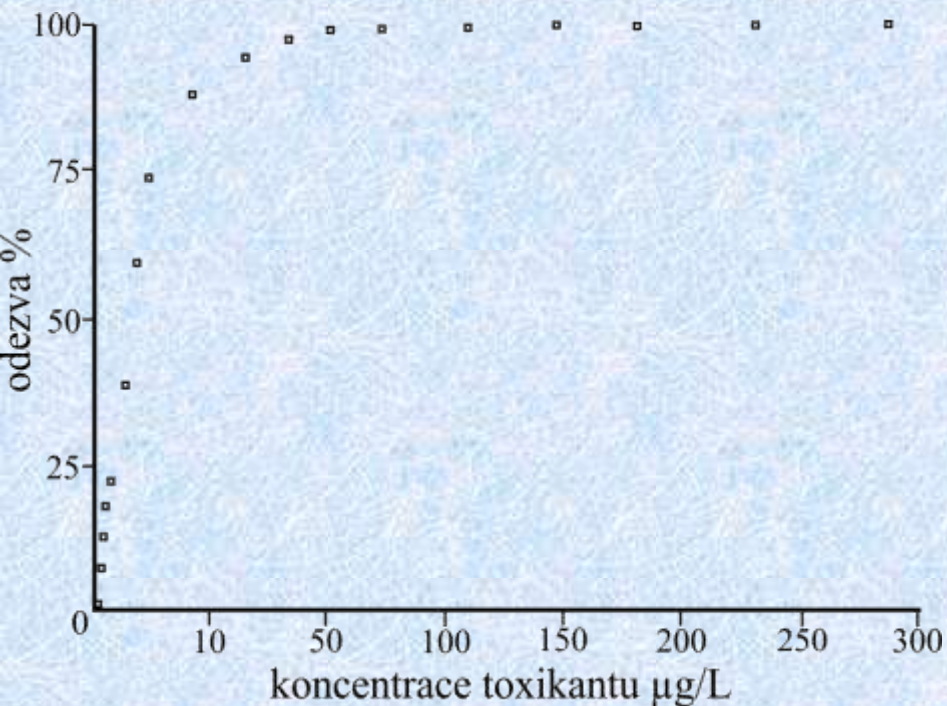
- *parametr je nepřímo úměrný vitalitě* – vyšší hodnota parametru ukazuje na snižování vitality tedy vyšší negativní vliv toxikantu (např. mortalita).

# Ekotoxikologický účinek

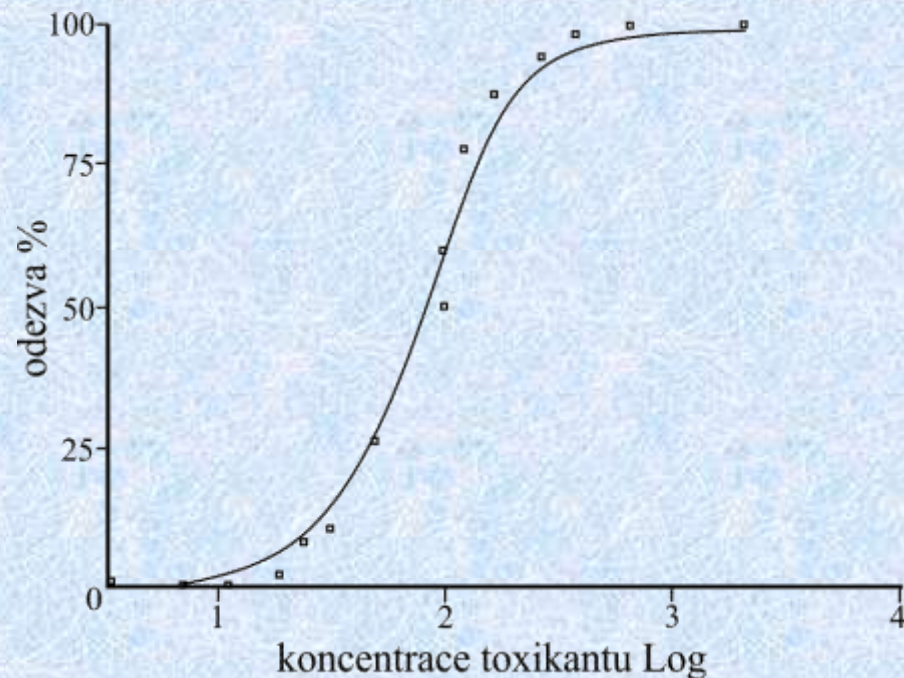


Obecně vzato může mít D-R křivka různý tvar v závislosti na vlastnosti toxikantu a exponovaném organismu.

D-R křivka v lineárním zobrazení



D-R křivka v sigmoidálním logaritmickém zobrazení

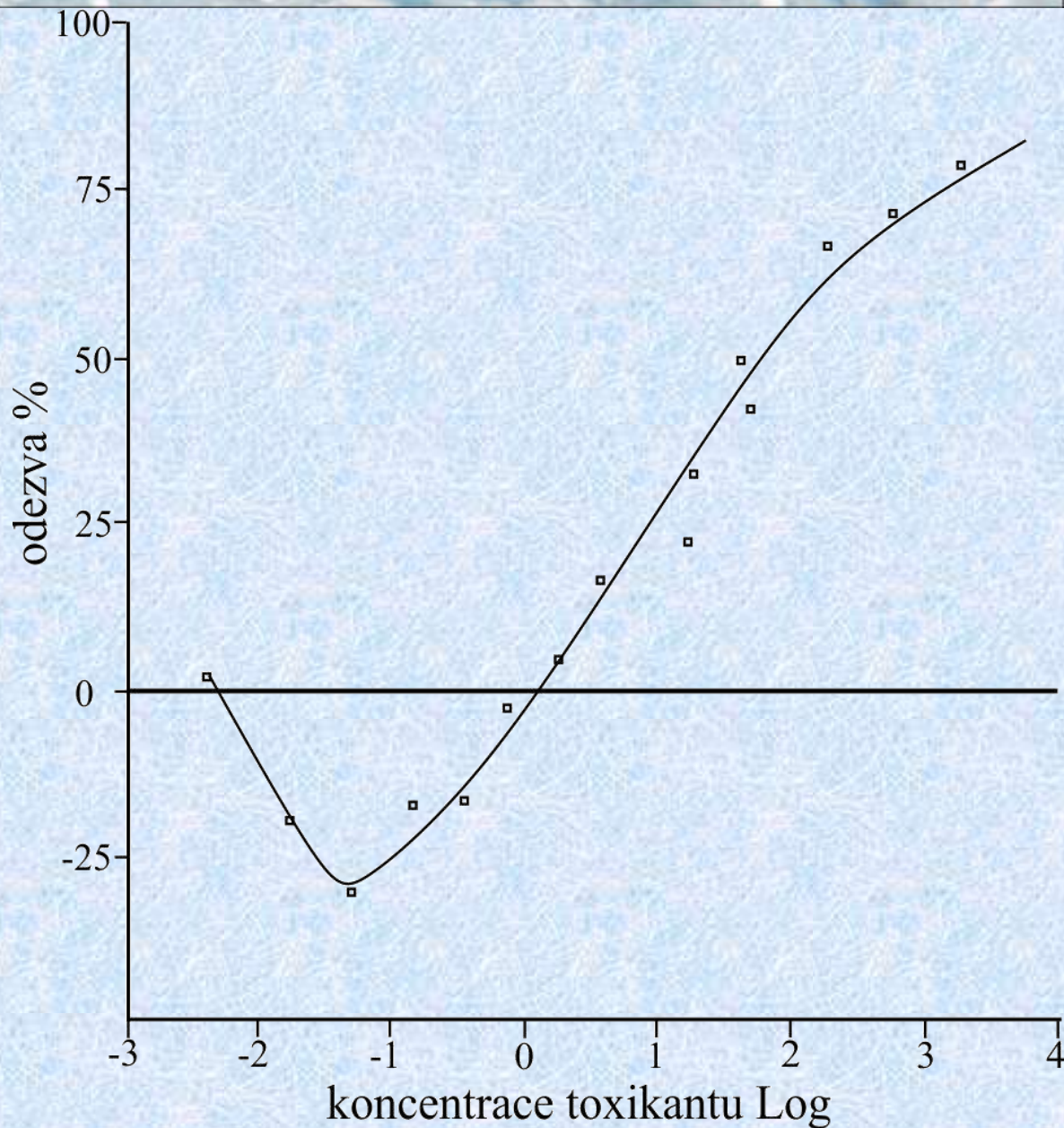


# Ekotoxikologický účinek



Nejčastější příčinou nesigmoidálního tvaru křivky je stimulační účinek toxikantu (**hormese**).

Interpretace hormese je složitá, musí být prováděna individuálně a vyžaduje sledování jevu v delší časové řadě.





# *Ekotoxikologický účinek*



Pro praxi je zásadní vyjádřit parametry D-R křivek číselně, aby mohly být použity k dalšímu vyhodnocení (porovnávání toxicity různých látek, citlivosti organismů, stanovení limitů apod.).

Sledované parametry popisující účinky můžeme rozdělit:

- **kvalitativní**, kdy D-R křivka popisuje četnost hodnoceného znaku při dané dávce (koncentraci) (např. mortalita).

Číselné indikátory potom ukazují četnost výskytu daného znaku v populaci.

- **kvantitativní**, kdy kdy D-R křivka popisuje hodnotu sledovaného parametru při dané dávce (koncentraci) vztaženou k referenční hodnotě (kontrola) (např. rychlost růstu).

Číselné indikátory potom ukazují odhad změny (pokles nebo nárůst v %) sledovaného parametru v populaci při dané dávce (koncentraci).

# *Ekotoxikologický účinek*



Číselné parametry (indexy) popisující parametry D-R křivek:

Zapisují se symboly  $EC_x$ ,  $LD_{50}$ ,  $IC_5$  aj. podle schématu:

První písmeno označuje typ účinku

- **E efektivní**, označuje obecně účinek, užívá se pro různé druhy účinku (pro účinky vyjádřené kvantitativními znaky)
- **L letální**, účinkem je úmrtnost jedinců
- **I inhibiční**, účinkem je inhibice vybraného jevu

Druhé písmeno značí, zda je hodnota vztažena ke koncentraci toxikantu (C) nebo k dávce (D)

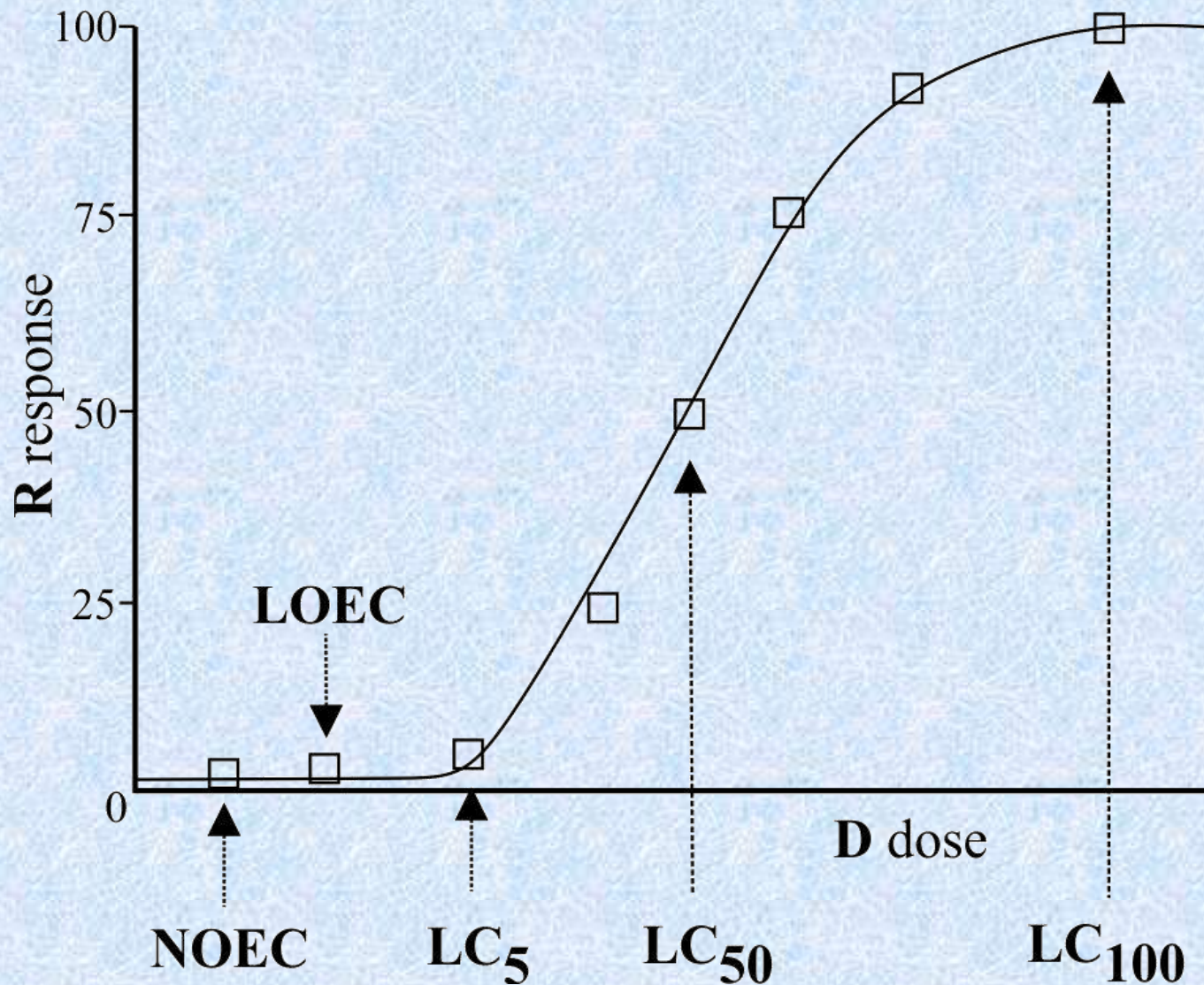
Číslo za oběma písmeny (většinou v dolním indexu) označuje:

- u kvalitativních dat četnost výskytu (%)
- u kvantitativních dat velikost změny (%) vůči kontrole

# *Ekotoxikologický účinek*



## Základní číselné indexy D-R křivek



# *Ekotoxikologický účinek*



Symboly a veličiny používané v vztahu organizmus – toxikant:  
**NOEC** (NOEL, NOAEC, NOAEL) [no observed (*adverse*) effect concentration (*level*)] nejvyšší koncentrace testovaného vzorku, při které nejsou pozorovány účinky na testovaný organizmus

**LOEC** (LOEL, LOAEC, LOAEL) [lowest observed (*adverse*) effect concentration (*level*)] nejnižší koncentrace testovaného vzorku, při které jsou pozorovány účinky na testovaný organizmus

**LC<sub>x</sub>** **LD<sub>x</sub>** letální koncentrace (dávka) pro X % jedinců – koncentrace (přijatá dávka) toxikantu, při které uhynie X % testovaných jedinců

**EC<sub>x</sub>** **ED<sub>x</sub>** efektivní koncentrace (dávka) pro X % účinek – koncentrace (dávka) při které se projeví X % účinek v porovnání s kontrolou

# *Ekotoxikologický účinek*



Symboly a veličiny používané v vztahu organizmus – toxikant:

**TU** (jednotka toxicity) poměr množství (konc.) toxikantu k  $LD_{50}$  (resp.  $LC_{50}$ ). Používá se k porovnání rizika toxikantů ve směsích.

**TEF** (toxický ekvivalentní faktor) vyjadřuje poměr toxicity daného toxikantu k toxicitě referenční látky (její TEF = 1,0)

Např. 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD) je referenční látkou pro dioxiny

**TEQ** (toxický ekvivalent)  $TEQ = \text{koncentrace látky} \times TEF$

používá se k vyjádření celkové toxicity skupiny látek se stejným účinkem.

**PEC** (předpovídaná environmentální koncentrace – Predicted Environmental Concentration) pravděpodobná koncentrace toxikantu, která byla na základě matematický modelů pohybu látky odhadnuta pro hodnocení složky prostředí.

# *Ekotoxikologický účinek*



Symbols a veličiny používané v vztahu organismus – toxikant:  
**PNEC** (předpovídaná koncentrace, při které nedojde k negativním účinkům – Predicted No-Effect Concentration) pravděpodobná koncentrace toxikantu, u které se na základě současných znalostí nepředpokládá vyvolání negativních účinků. Stanovuje se s  $EC_{50}$  vydělením bezpečnostními faktory (1-1000). Bezpečnostní faktor roste s mírou nejistoty.

**ADI** (přijatelný denní příjem – acceptable daily intake) denní dávka toxikantu, která při celoživotním příjmu nebude mít na organismus negativní vliv. Určuje se z NOEC vydělením bezpečnostním faktorem (nejčastěji 100).

**NPK** (nejvyšší přípustná koncentrace) legislativně stanovená koncentrace toxikantu v prostředí, která nesmí být překročena.

# *Ekotoxikologický účinek*



Základním výstupem ekotoxikologických testů, který poskytuje nejúplnější informace o vztahu toxikantu a organismu je celá D-R křivka. Číselné indexy musí být posuzovány v kontextu s ní.

***Citlivost k toxikantu se mezi jednotlivými druhy liší.***

- výška a šířka intervalu tolerance (steno, eury)
- symetrie křivky

***Jedinci mají různou citlivost k ekologickým faktorům.***

- genetická diverzita populace

***Různé životní fáze jedince se liší v citlivosti k toxikantům.***

- juvenilní stadia většinou citlivější

***Rozdíly při působení dalších ekologických faktorů.***

- dva a více faktory (toxikanty) se ovlivňují a obecně není možné odvodit toxicitu směsi látek na základě znalosti toxicity jednotlivých látek

# Ekotoxikologický účinek



## Toxické působení látek ve směsi

			X	Y	X+Y
shodné působení	kumulativní	účinky látek ve směsi se zvyšují (není přesně definováno o kolik)	20	30	40
	synergické	zvýšení účinků (přesahuje výrazně součet účinků)	20	30	90
	aditivní	účinek je roven součtu účinků látek ve směsi	20	30	50
	potencování	přítomnost netoxické látky zvyšuje toxicitu jiné látky ve směsi	0	30	60
neutrální působení	indiferentní	látky na sebe nemají vliv (toxicita je rovna toxicitě nejtoxičtější látky ve směsi)	20	30	30
opačné působení	Inhibiční (antagonismus)	toxicita látek ve směsi se snižuje	20	30	10

V obecné podobě platí pro všechny faktory, nejen toxikanty.



# *Ekotoxikologický účinek*



## *Působení stresu*

Pokud se parametry přirozených faktorů (sluneční svit, teplota, pH aj.) významně liší od optima působí jako stresové faktory. Vitální kapacita organismu tak může být vyčerpána působením přirozených stresorů dříve než se projeví vliv toxikantu.

Druh se nachází na hranici svého přirozeného areálu rozšíření - Klimatické faktory jsou na hranici tolerance, v ČR především teplomilné druhy na severní hranici svého areálu

Druh se nachází v nepřirozených podmínkách – vliv lidské činnosti, umělé vysazování do nepůvodního prostředí

Vliv stresu je významným faktorem z hlediska bioindikace.

# *Ekotoxikologický účinek*



Toxikanty na úrovni organismu můžou ovlivnit řadu funkcí, což lze zpětně využít k bioindikaci.

Organismus reaguje komplexně jako celek a jednotlivé typy účinků se vzájemně překrývají, kombinují a doplňují.

## GENOTOXICITA

- nukleové kyseliny (DNA, RNA) nositelé genetické informace, jejich poškození toxikanty mají pro organismus často fatální následky (mutace, deformace, nádory).

***Karcinogeny*** – látky způsobující rakovinu (nádorové onemocnění)

***Mutageny*** - látky způsobující mutace (chyby ve struktuře DNA)

***Teratogeny*** - látky způsobující vývojové vady u organismu

# *Ekotoxikologický účinek*



## BIOCHEMICKÉ REAKCE

Toxikanty reagují s molekulami zapojenými do metabolismu a mohou je blokovat.

- *reakce s molekulami v buněčných strukturách* (nejčastěji blokace fosfolipidových membrán) nespecifická reakce vyvolává ji řada toxikantů
- *reakce s proteiny* (blokace libovolných metabolických drah) nejčastěji sledovány vlivy na enzymy

Změny na biochemické úrovni jsou používány k bioindikaci za využití **biomarkerů**.

Př. Inhibice enzymu acetylcholinesterázy (vliv působení organofosfátů a karbamátů).

Produkce methemoglobinu v krvi (vliv působení dusitanů)

Význam biomarkerů v ekotoxikologii roste (časná indikace).

# *Ekotoxikologický účinek*



## FYZIOLOGICKÉ REAKCE

Vlivy toxikantů na činnost orgánů a tělních soustav (např. játra).

**Energetický metabolismus** (platí termodynamické zákony), toxikanty nejčastěji způsobují snižování příjmu energie (narušení fotosyntézy, potravních řetězců) nebo vyčerpání zásob.

**Udržování integrity a řízení organismu** (nervová a cévní soustava) většina přírodních jedů má neurotoxický nebo hemolytický charakter.

Podobně antropogenní toxikanty zaměřené na tyto soustavy způsobují rychlé akutní otravy.

Narušení nervové soustavy: DDT, methylrtuť, olovo, arzen

Narušení cévní soustavy: dusitany, anilín, benzen, warfarin

# *Ekotoxikologický účinek*



## FYZIOLOGICKÉ REAKCE

**Imunitní systém** zajišťuje obranu organismu, jeho narušení (oslabení) toxikanty vede často k následným chorobám s letálním charakterem.

Poškození imunitního systému toxikantem vede ke zvýšené invazi patogenů a parazitů a ke zvýšení výskytu nádorových onemocnění.

**Detoxikace organismu** zajišťuje odstraňování cizorodých látek z organismu (játra a vylučovací soustava)

Hepatotoxické látky: toxiny sinic, alkohol, rozpouštědla

Nefrotoxické látky: těžké kovy, herbicidy, léčiva

**Růst** je důležitým projevem ve vývoji organismu, ukazuje na prosperitu v daném systému. K bioindikaci se využívá řada parametrů (biomasa, velikost jedinců aj.)

# *Ekotoxikologický účinek*



## FYZIOLOGICKÉ REAKCE

**Rozmnožování** je základním znakem živých organismů, současně i velmi citlivá fáze z hlediska působení toxikantů. Toxikanty ovlivňují vývoj rozmnožovacích buněk, narušují hormonální cyklus, způsobují embryotoxicitu a teratogenitu.

Test na hodnocení embryotoxicity a teratogenity FETAX.

Vajíčka drápatky vodní (*Xenopus laevis*) růst v přítomnosti toxikantu, hodnotí se po 96 hod. poměr koncentrace způsobující úmrtnosti 50% embryí ke koncentrace způsobující vznik malformací u 50% přeživších embryí (tzv. teratogenní index). Pokud je TI větší než 3 je látka považována za teratogenní.

# *Ekotoxikologický účinek*



## FYZIOLOGICKÉ REAKCE

**Hormonální regulace** je zajišťována endokrinní soustavou (žlázy s vnitřní sekrecí) produkující hormony k regulaci fyziologických pochodů organismu.

Toxikanty narušující činnost žláz s vnitřní sekrecí a působení hormonů se nazývají *endokrinní disruptory*.

Mezi látky vyvolávající endokrinní disrupci patří:

Pesticidy (DDT, endosulfan), PCB, dioxiny, těžké kovy, ftaláty, antikoncepce, detergenty aj.

Biomarkerem endokrinní disrupce je ve vodním prostředí hladina vitellogeninu (žloutkový protein produkovaný normálně jen samicemi) v těle samců.

Zvýšené hladiny u ryb pod výpustěmi ČOV.

# Ekotoxikologický účinek



## ANATOMICKO-MORFOLOGICKÉ REAKCE

Vliv toxikantu je tak rozsáhlý, že se účinky projeví na změnách v celkové anatomické stavbě a morfologii organismu.

Př. Barevné změny a nekrózy na asimilačních orgánech rostlin

Test s okřehkem (*Lemna minor*, *L. gibba*) po 4 až 10 dní, kontinuální osvětlení a teplota, hodnotí se počet živých rostlin, počet listů, kořenů, koncentrace chlorofylu, změny zbarvení.

## ZMĚNY CHOVÁNÍ

- netypické projevy spojené se sníženou koordinací pohybu
- zpomalení pohybu (snížená vitalita, chronická únava)
- narušení instinktivního chování

Př. Schopnost živorožky komáří (*Gambusia affinis*) vyhnout se predátorovi okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*).



# *Ekotoxikologický účinek*



## *Časová specifikace účinku*

Doba za kterou se po expozici projeví účinek je různá (od vteřin až po desítky let).

Závisí na konkrétním organismu a druhu chemické látky.

Nejběžnější scénáře:

**Nízká dávka a krátká doba expozice** – lze očekávat stav bez účinku, nebo jen mírný pokles vitality s rychlou regenerací.

**Vysoká dávka a krátká doba expozice** – dva základní stavy:

- snížení vitality a po skončení expozice postupná regenerace
- **akutní otrava** (dávka toxikantu překračuje limitní hodnotu a způsobuje úhyn organismu).

# Ekotoxikologický účinek



**Nízká dávka a dlouhá doba expozice** – dva základní stavy:

- adaptace organismu (závisí na schopnosti organismu toxikant vyloučit nebo imobilizovat)

- **chronická otrava** (účinnost detoxikace toxikantu je nedostatečná a dlouhodobým působením dojde k překročení limitní hodnoty a úhynu organismu.

**Vysoká dávka a dlouhá doba expozice** – předpokládaným výsledkem je vážné poškození organismu končící úhynem.

Kategorizace toxicity podle doby projevu (Anděl a kol. 2011)

TOXICITA	CHARAKTERISTIKA	TRVÁNÍ TESTU
akutní	účinek okamžitý, hodiny až dny	24 – 96 hod.
subakutní	účinek ve střednědobém horizontu	28 dní
subchronická	účinek dlouhodobý, ale kratší než délka života	3 měsíce
chronická	měřítkem je délka života organismu	2 roky

# *Metodiky hodnocení účinku*



Uvedené metody studují účinky, které toxikant v ekosystému vyvolává.

Nastává zde zásadní problém, kdy dvě skupiny požadavků, které na metodiky klademe jsou protichůdné a v podstatě neslučitelné.

## **Standardizace a snadná proveditelnost**

možnost otestování mnoha toxikantů, jednoduché standardní testy, reprodukovatelnost výsledků, nízké ekonomické náklady (nejčastěji laboratorní testy)

## **Ekologická relevantnost**

v přírodních podmínkách vstupují do hodnocení desítky různých biotických a abiotických faktorů a časové hledisko, nejvyšší relevantnost dlouhodobé testování v reálných ekosystémech, což je časově, prostorově a ekonomicky velmi náročné.

# *Metodiky hodnocení účinku*



Každá metodika zasazená do tohoto kontextu je vždy určitým kompromisem.

Ekotoxikologie se tento rozpor snaží řešit sérií na sebe navazujících postupů, kdy na jedné straně stojí ekotoxikologické testy jako reprezentant standardizace a na druhé straně terénní studie jako reprezentant skutečného ekosystémového přístupu.

**Roste ekologická relevantnost**

**ekotoxikologické testy**

**sady (baterie) testů**

**mikrokosmy**

**transplantační pokusy**

**mesokosmy**

**terénní studie**

**Roste možnost standardizace a proveditelnosti**

# *Metodiky hodnocení účinku*



## **Ekotoxikologické testy (testy toxicity)**

Jedná se o laboratorní testy, kdy se testuje vliv jednoho toxikantu na jeden druh organismu. Výsledkem jsou závislosti mezi dávkou toxikantu a odpovědí organismu (tzv. křivky dávka – odpověď, D-R curve) vyjádřené v hodnotách (LC, EC, NOEC aj.).

Metodika dle norem certifikovaných organizací.

Výhodou vysoká standardizace a reprodukovatelnost, možnost mezilaboratorního porovnávání.

Nevýhodou je, že výsledky většinou neodpovídají účinkům toxikantu v přírodním prostředí.



# *Metodiky hodnocení účinku*



## **Sada (baterie) testů**

Přiblížení výsledků testů reálným podmínkám lze za využití sady individuálních testů s různými organizmy.

Výběr organismů na základě funkčního složení ekosystému (producenti, konzumenti, destruenti).

Celková toxicita toxikantu se posuzuje na základě všech získaných výsledků v dané sadě.

Získáme základní představu o koncentračním intervalu toxikantu u širšího spektra reprezentativních druhů.



# *Metodiky hodnocení účinku*



## **Mikrokosmy**

laboratorní testy s více organizmy v jednom prostoru  
Akvária se standardním složením vody a přísadkou  
společenstva organismů.

Počáteční doba k ustanovení rovnováhy (cca 4-6 týdnů).

Přidání toxikantu v různých dávkách + kontrola.

Sledovány parametry vody, produkce řas, imobilizace  
zooplanktonu, změny druhového složení atd.

Výhoda – již částečně reálné prostředí, lze sledovat reakce  
toxikantu v prostředí.

Nevýhoda – již klesá možnost standardizace, nelze garantovat  
stejný počet organismů atd.

# *Metodiky hodnocení účinku*



## **Transplantační pokusy**

Modelový organismus vypěstovaný v laboratoři (nebo z čistého nezasaženého přírodního prostředí) je umístěn na místo předpokládané expozice toxikantů.

Určitá doba expozice a pak návrat do laboratoře.

Vyhodnocení změn (biochemické, fyziologické, morfologické).

Kumulace toxikantu v těle organismu.

Př. Expozice mlžů (slávek) z čistých vod ve vodách znečištěných a sledování kumulace toxikantu v organismu.



# *Metodiky hodnocení účinku*



## **Mezokosmy**

Jedná se o reálné výseky ekosystémů v přírodním prostředí, kde se provádí testování účinky toxikantu.

Sluneční záření, reálné klimatické podmínky, široké spektrum organismů (pokusné vodní nádrže, toky nebo jejich části).

Nejkomplexnější systémy s prováděním cílených experimentů.

Výhoda – sledování širokého spektra ekologických reakcí

Nevýhoda – snížená možnost standardizace podmínek a vyšší variabilita výsledků

# *Metodiky hodnocení účinku*



## **Ekotoxikologické terénní studie**

Sledování reálného působení toxikantů v ekosystémech.

### ***- hodnocení dopadu chemického zásahu***

Často jako součást zásahu, monitoring účinků na cílové i necílové druhy, sledovány změny chemizmu prostředí, doba setrvání chemické látky v prostředí (př. použití herbicidu ve vodní nádrži).

### ***- hodnocení vlivu chemické kontaminace***

Zdroje kontaminace, negativní vlivy jednotlivých toxikantů, vývoj a prognóza kontaminace v čase (př. hodnocení kontaminace vodního toku pod výpustí odpadních vod).

Výhodou terénních studií je získání relevantních informací na úrovni celého ekosystému, nevýhodou nízká standardizace.

# *Vyhodnocení účinku*



Pro praktickou ochranu zdraví obyvatel a životního prostředí je nutné převést výsledky ekotoxikologických studií do legislativní formy (limity, normy atd.).

Složité a dlouhodobý proces, v každé zemi odlišný stejně jako výsledné limity.

Celý proces vychází z těchto zásad:

***Vědeckost*** – zkoumání vztahu toxikantu a ekosystému

***Předběžná opatrnost*** – limity jsou proti odbornému odhadu stanoveny nižší v závislosti na míře nejistot (často o 1 až 3 řády)

***Společenská přijatelnost*** – výsledné legislativní limity musí kromě ekotoxikologického hlediska respektovat i hledisko ekonomické, technologické a sociální.

# *Vyhodnocení účinku*



Příprava odborných podkladů (nejčastější postupy v praxi)

## **Odhad přijatelné koncentrace látky v prostředí z hlediska environmentálního rizika**

Vychází z hodnocení expozice a účinku v rámci hodnocení ekologických rizik (testy toxicity, stanovení toxikantu v prostředí, citlivost organismů)

**PEC** (předpovídaná environmentální koncentrace) – pro stanovení se obvykle používají výpočty na základě známých množství emisí látek a faktorů ředění v životním prostředí.

Př. Emise látek z chemického provozu do povrchových vod, na základě objemu výroby nebo přímo měřením stanovíme objem emisí. Získaná hodnota je pak dělena na základě ředění v recipientu a výsledkem je PEC.

# Vyhodnocení účinku



**PNEC** (předpovídaná koncentrace, při které nedojde k negativním účinkům) se stanovuje na základě biotestů, polních studiích, obecně na základě experimentů s organizmy. Ze stanovených indexů toxicity ( $EC_{50}$ ) se za použití bezpečnostních faktorů vypočítá hodnota PNEC.

$$PNEC = EC_{50}/f$$

Riziko poškození ekosystému se vyhodnocuje na základě poměru PEC/PNEC. Poměr menší než 1 – riziko nízké, poměr větší než 1 – riziko poškození ekosystému významné.

Příklady hodnot faktorů pro odhad PNEC z hodnot  $EC_{50}$  (Kočí a Mocová 2009)

$EC_{50}$ z testu toxicity na jednom organismu	<b>f = 1000</b>
$EC_{50}$ z testu toxicity na třech druzích organismů	<b>f = 100</b>
Podrobná polní studie	<b>f = 1</b>

# *Vyhodnocení účinku*



## **Stanovení přijatelné denní dávky**

**ADI** (přijatelný denní příjem) denní dávka toxikantu, která při celoživotním příjmu nevyvolá v organismu žádné patologické změny.

Využívá se především pro člověka, ale lze aplikovat i na jiné organizmy.

Stanovuje se na základě stanovených indexů toxicity (NOEC) vydělením bezpečnostním faktorem.

$$\mathbf{ADI = NOEC/f}$$

Princip výpočtu je obdobný jako u PNEC, bezpečnostní faktor se nejčastěji pohybuje kolem hodnoty 100.

Na obdobném principu je založen výpočet i někdy v literatuře uváděného pojmu referenční látka (RfD).

# *Vyhodnocení účinku*



## **Stanovení legislativního limitu**

Zahrnuje celou řadu aspektů

- reálné zdravotní, ekologické a ekonomické riziko kontaminace
- společenské vnímání rizika (mediálně prezentované látky)
- rozvoj analytických metod (schopnost analýzy toxikantu)
- technologie čistírenských procesů (limity emisí na základě reálných možností, princip BAT – Best Available Technology)
- ekonomika společnosti (prostředky, které jsme schopni a ochotni investovat)

Dvě charakteristické vlastnosti limitů:

- častá odlišnost v různých zemích na základě místních podmínek
- vývoj v čase ve vazbě na technický pokrok

# Vyhodnocení účinku



## Formy prezentace limitu

***Jedna číselná hodnota*** – nejčastější způsob, často vyjádřeno jako **NPK** (nejvyšší přípustná koncentrace) koncentrace toxikantu v prostředí, která nesmí být překročena.

***Číselná hodnota s uvedením četnosti jejího překročení*** – v oblastech s vysokou přirozenou variabilitou

***Série několika hodnot*** – vymezují postupně závažnost kontaminace a definují následná opatření (záznamová, vyšetřovací a zásahová úroveň)

Legislativní limity jsou závazné a jejich překročení je právně postižitelné. Vzhledem k jejich stanovení s vysokým stupněm bezpečnosti jejich překročení řádově v procentech neznamena akutní ohrožení.

Impuls k nápravě ne k hysterii.