



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí



Model rozložení citlivosti druhů (Species Sensitivity Distribution; SSD)

Soňa Smetanová

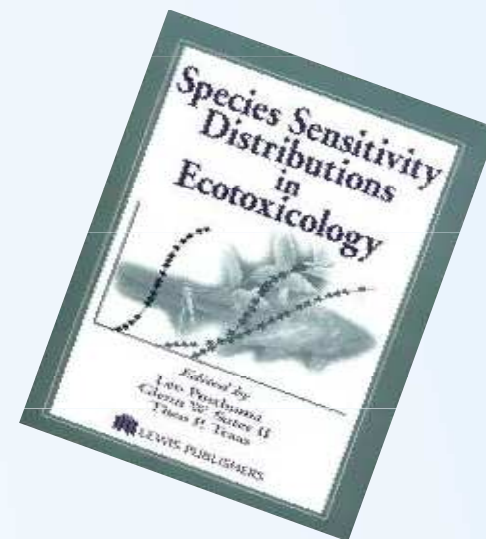
smetanova@recetox.muni.cz

Úvod do SSD

??? SSD – Species Sensitivity Distribution ???

- v ČR pořád celkem neznámý a v pozadí zájmu
 - v Evropě čím dál více důležitý !
- využití v hodnocení ekotoxikologických rizik toxických látek a jejich účinků na ekosystémy

→ Co to tedy je???



Motivace – teoretický příklad praktického využití

U jedné továrny vyrábějící insekticid XY leží chráněné jezero, ve kterém žijí velmi vzácné druhy organismů.



Pro insekticid XY byl vytvořen **model SSD**, kterým byla stanovena bezpečná koncentrace nepoškozující ekosystém na $1,8 \mu\text{g/l}$



Jednoho dne se v továrně stala nehoda, insekticid XY unikl do okolí a jeho koncentrace v jezeře byla 2 dny zvýšená na $9,6 \mu\text{g/l}$. Poté začala klesat.



Podle již vytvořeného **SSD modelu** bylo nejen rychle zjištěno, že bezpečný limit látky XY byl překročen, ale dokonce i to, že tato koncentrace bude mít potenciálně negativní akutní vliv na 74% druhů žijících v jezeře a že je nutné začít neprodleně



Úvod do SSD

1. princip:

„Různé druhy organismů jsou různě citlivé k určité toxické látce“



Úvod do SSD

1. princip:

„Různé druhy organismů jsou různě citlivé k určité toxické látce“

<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	řasa	7 µg/l
<i>Chlorella vulgaris</i>	řasa	26 µg/l
<i>Lemna minor</i>	vyšší rostlina	150 µg/l
<i>Danio rerio</i>	ryba	1 750 µg/l
<i>Lepomis macrochirus</i>	ryba	5 277 µg/l
<i>Chironomus riparius</i>	hmyz	15 049 µg/l
<i>Daphnia magna</i>	korýš	21 000 µg/l

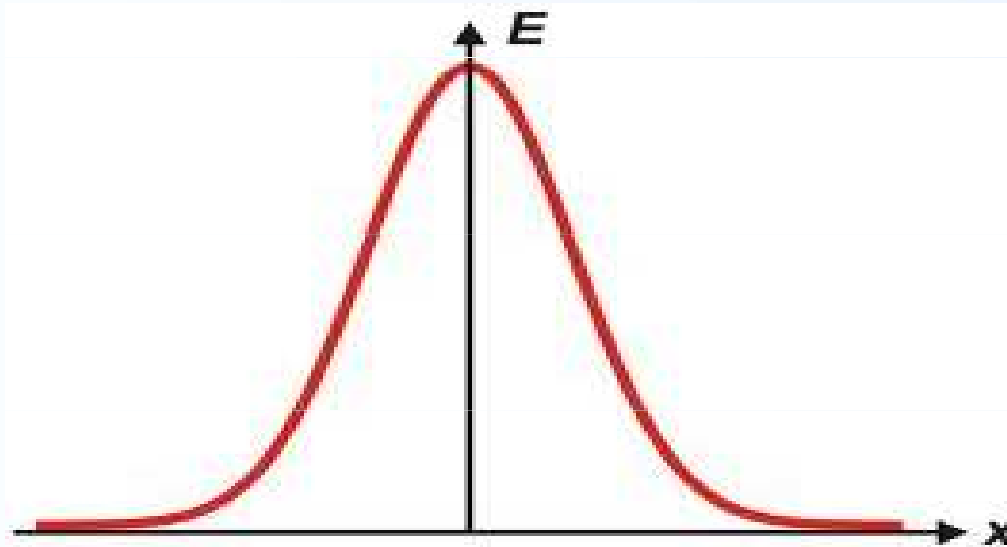
Akutní EC50 hodnoty pro herbicid alachlor



Úvod do SSD

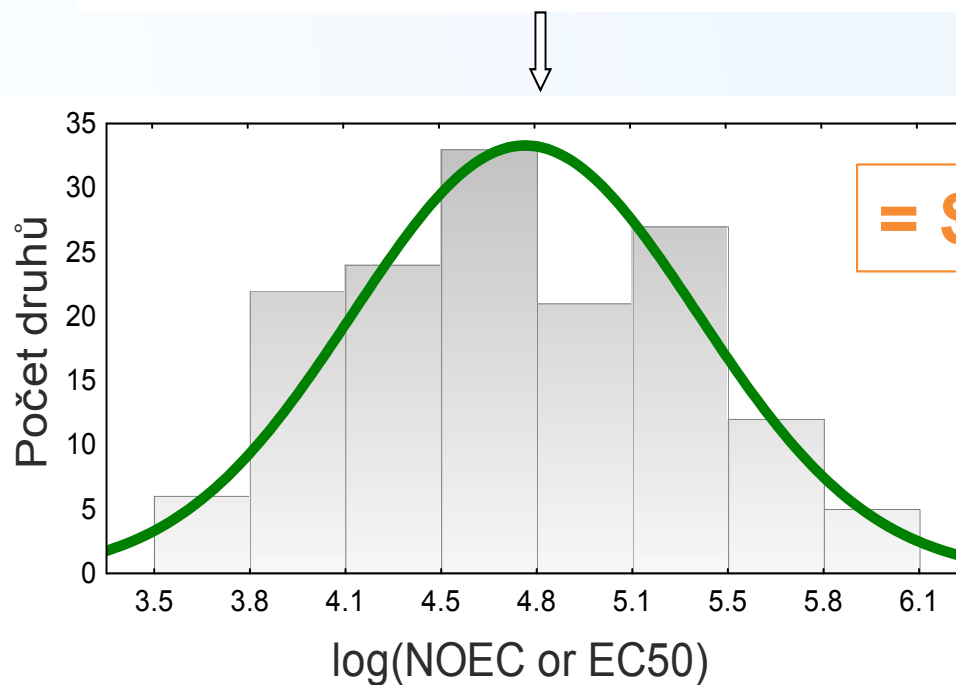
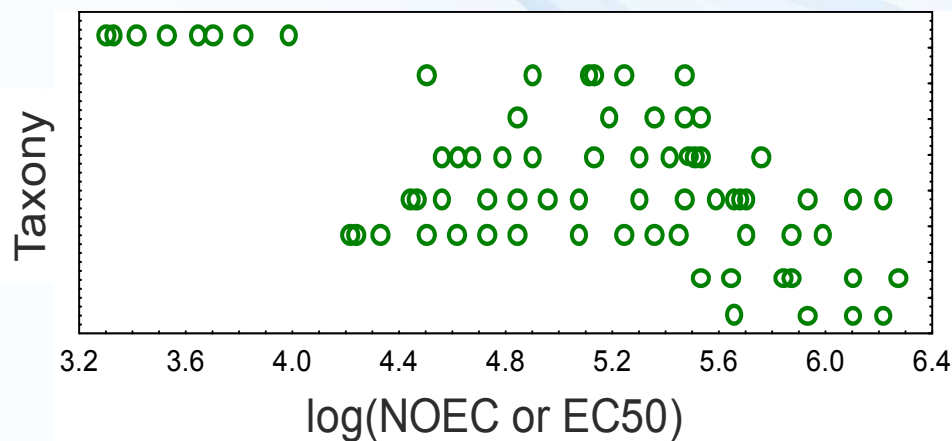
2. princip:

„Logaritmy citlivostí (log EC50 či log NOEC) všech druhů organismů z jednoho ekosystému mají normální (Gaussovo) rozložení“



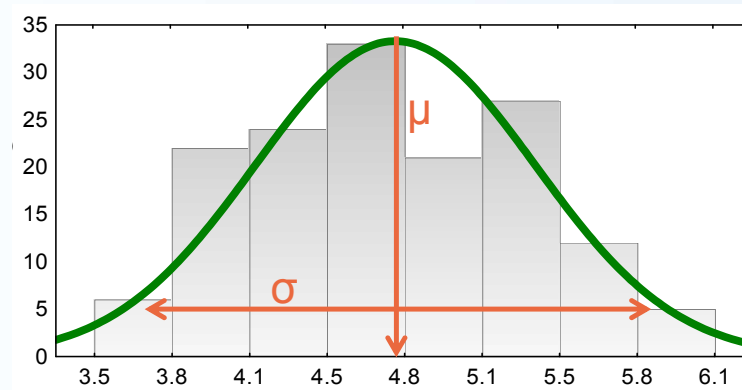
Úvod do SSD

1. a 2. princip obrazem



Výhoda normálního (Gaussova) rozložení

→ Pouze dva parametry: aritmetický průměr μ
 směrodatná odchylka σ



$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

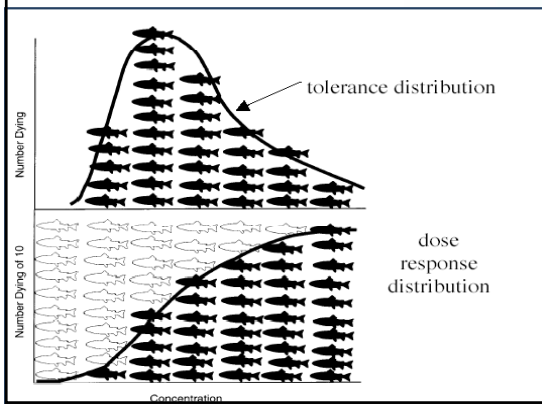
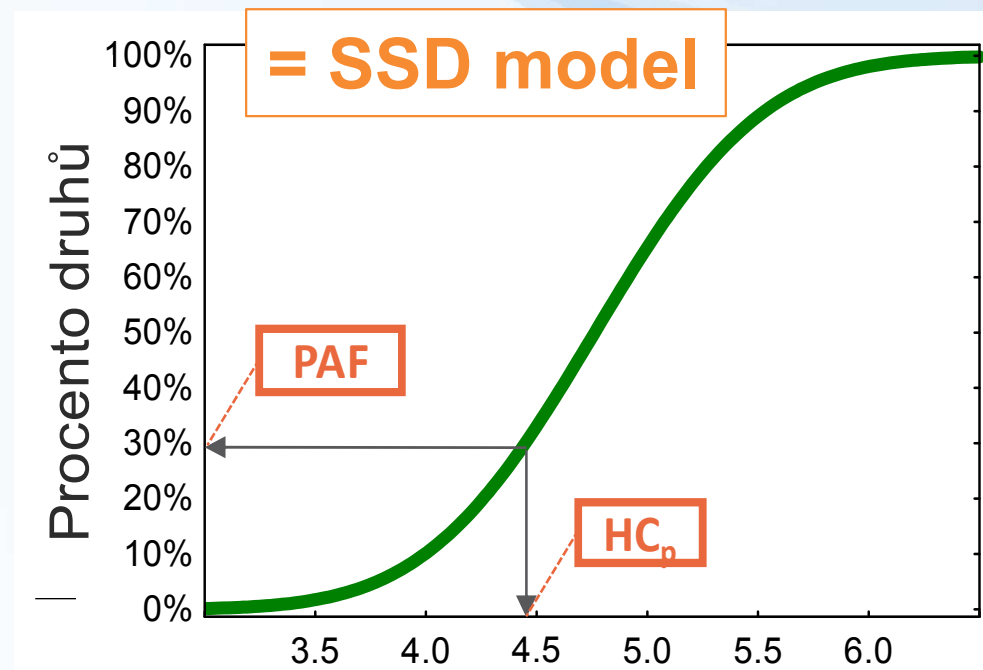
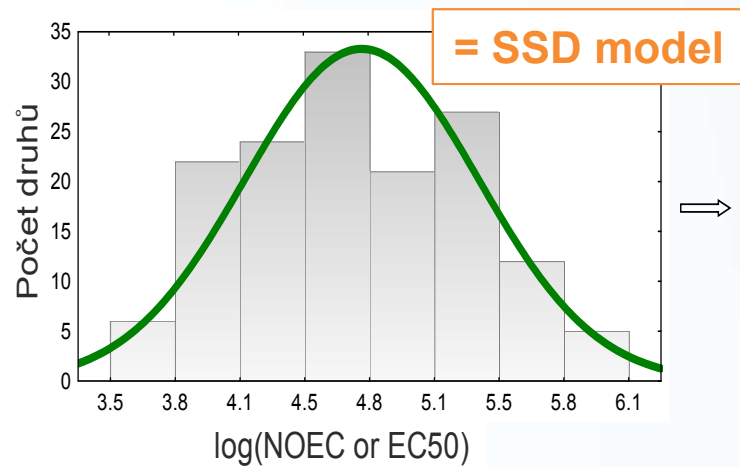
$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$



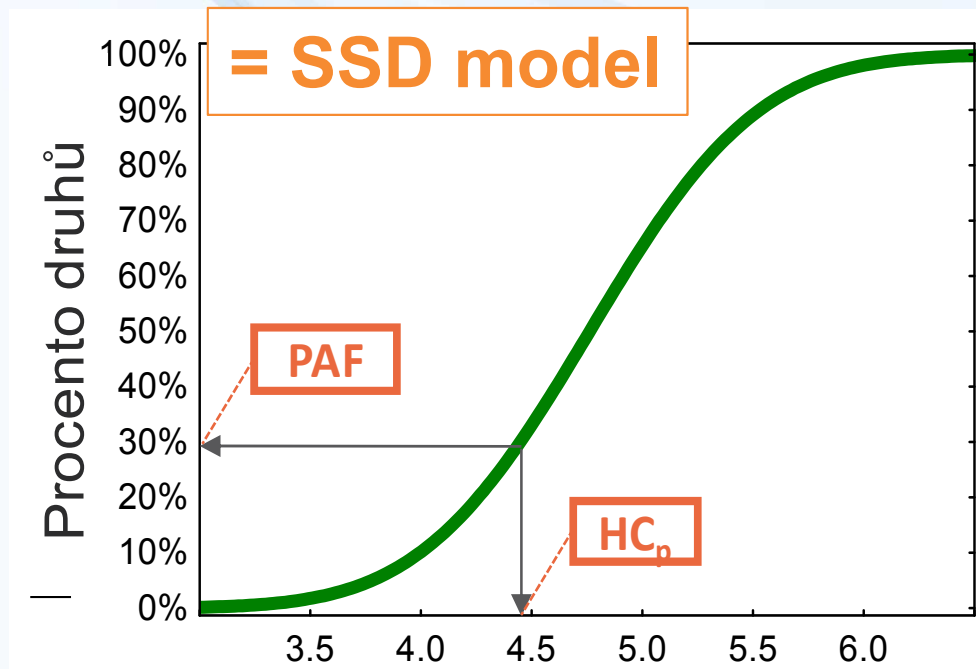
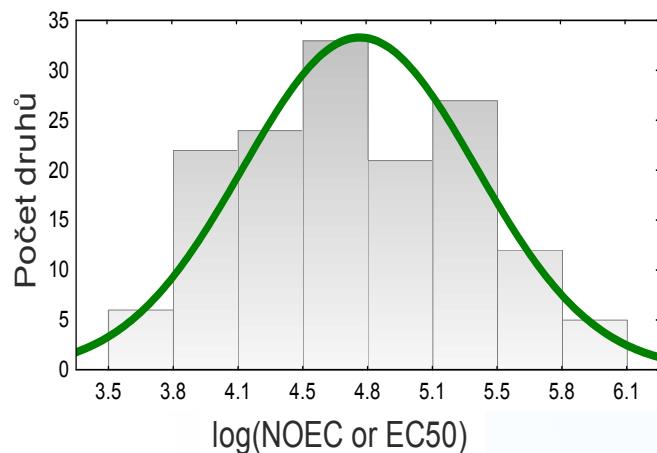
Úvod do SSD

K čemu použít Gaussovo rozložení?

→ Vyjádření pomocí kumulativní distribuční funkce a zjištění HC_p či PAF



K čemu použít Gaussovo rozložení?

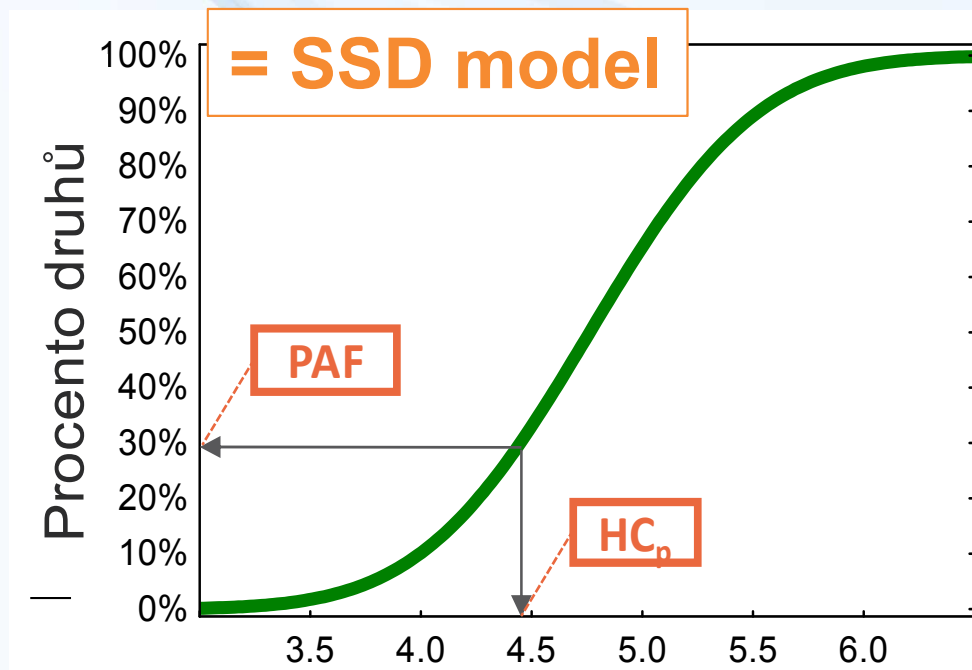
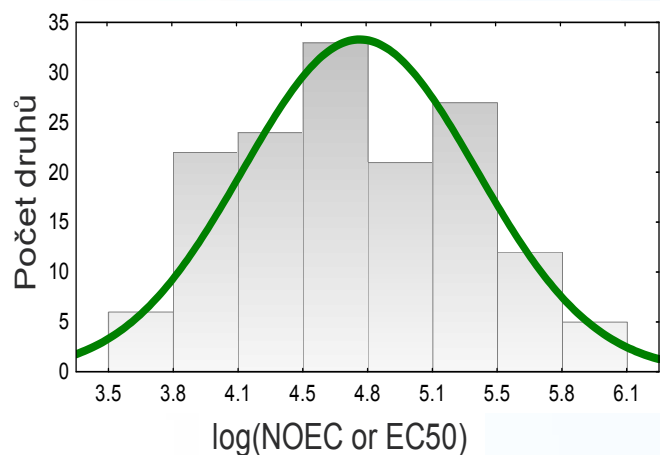


HC_p ... Hazard Concentration for p-percent of species

... „koncentrace toxické látky, která podle SSD modelu negativně ovlivní p-procent druhů organismů“



K čemu použít Gaussovo rozložení?



PAF ... Potentially Affected Fraction

... „frakce (procento) organismů, která bude negativně ovlivněna působením určité koncentrace dané toxické látky“



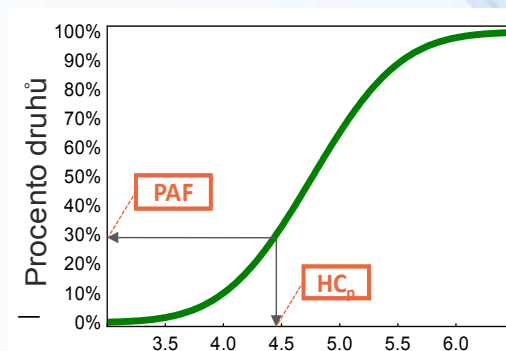
K čemu použít Gaussovo rozložení?

PAF

- kvantitativní zhodnocení ekotoxikologického stavu ekosystému

- (tj. retrospektivní analýza rizik)

! PAF = 6 % vs PAF = 62 % !



HCp

- stanovení PNEC (Predicted no-effect concentration) limitů

- (tj. prospektivní analýza rizik)

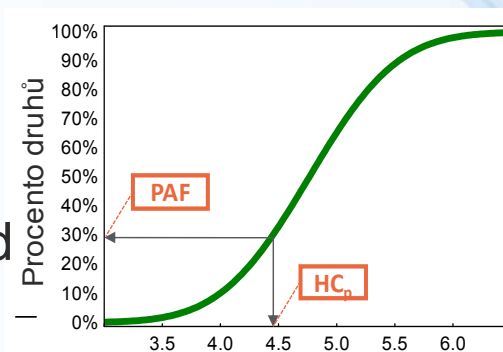
- Evropa: HC₅ jako limit (~ taková koncentrace látky, která ještě nemá statisticky významný negativní účinek na společenství organismů v ekosystému)



Výhody PAF a HCp oproti klasickým přístupům

PAF

- Kvantitativní zhodnocení negativních efektů (na rozdíl od běžně používaného přístupu „koncentrace látky v prostředí je pod/nad PNEC hodnotou“).



HCp

- Menší nejistoty (limit odvozen z velkého množství taxonů a druhů, nejen ze tří standardních organismů, jak tomu je v případě klasických postupů)



Nízké faktory nejistoty
(Assessment factors)
aplikované na hodnoty HC₅ pro
zisk PNEC



Úvod do SSD

Výhody PAF a HCp oproti klasickým přístupům

Available data	Assessment factor
At least one short-term L(E)C50 from each of three trophic levels (fish, invertebrates (preferred <i>Daphnia</i>) and algae) (i.e. base set)	1000 ^{a)}
One long-term EC10 or NOEC (either fish or <i>Daphnia</i>)	100 ^{b)}
Two long-term results (e.g. EC10 or NOECs) from species representing two trophic levels (fish and/or <i>Daphnia</i> and/or algae)	50 ^{c)}
Long-term results (e.g. EC10 or NOECs) from at least three species (normally fish, <i>Daphnia</i> and algae) representing three trophic levels	10 ^{d)}
Species sensitivity distribution (SSD) method	5-1 (to be fully justified case by case) ^{e)}
Field data or model ecosystems	Reviewed on a case by case basis ^{f)}

Faktory nejistoty pro získání PNEC hodnot; faktory se liší podle zvolené metody (Guidance Document EU CIS-WFD No. 27)



Tvorba SSD modelu – vstupní data

→ Online databáze

(např. US EPA ECOTOX: <http://cfpub.epa.gov/ecotox> či IUCLID Chemical Data Sheets: <http://esis.jrc.ec.europa.eu>)

- Chronické NOEC / akutní EC50 hodnoty ...

Pozor na odlišný význam SSD modelu

- Sladkovodní/slanovodní/suchozemské druhy
- Data z testování efektů s přímým vlivem na změnu abundance a složení společenství organismů (růst, biomasa, mortalita, imobilizace)



Tvorba SSD modelu – vstupní data

- Hodnoty EC50 (či NOEC) vzniklé testováním čistých látek (min. 90%)
- Kontrola a odstranění replikací a podezřelých údajů
- Převod všech hodnot na stejné jednotky ($\mu\text{g/l}$)



Tvorba SSD modelu – vstupní data

A	U	E	F	G	H	I	M	O	Q	K	S	U	V	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ		
číslo	Species Scientific	Species Common	Species Group	Endpoint	Effect	Measure	Exposure Duration	Min Duration	Max Duration	Duration Units	Exposure Type	Trend	Effect Percent	Conc 1 Type	Conc 1 Op (ug/L)	Conc 1 (ug/L)	Conc 1 Min Op	Conc 1 Conc Min 1 (ug/L)	Conc 1 Max Op	Conc 1 Conc 1 Max (ug/L)	Conc Units	Media Type	Test Location	Reference	Author	Title	Source	Publication Year	Publication	
536	Palaemonetes	Grass Shrimp	Fans	LC50	MOR	MORT	1	NR	NR	d	S	INC	NR	F	>	5600		NR		NR	ug/L	FW	LAB	6797	F.L.Jr.,	Manual of Acute Toxicity	Resour.Publ.No.1	1986	con	
185	Notropis atherino	Emerald Shiner	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	S	NR	NR	F	>	18000		NR		NR	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide Regulation	Pesticide Environmental	Environmental	2000	con	
175	Carassius	Goldfish	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	S	NR	NR	F	>	32000		NR		NR	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide Regulation	Pesticide Environmental	Environmental	2000	con	
187	Oncorhynchus	Rainbow Trout	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	R	NR	NR	F	>	82000		NR		NR	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide Regulation	Pesticide Environmental	Environmental	2000	con	
525	Pseudokirchneriella	Green Algae	Moss	EC50	PHY	PSYN	1	NR	NR	d	S		NR	A		2.24		1.74		2.90	ug/L	FW	LAB	11780	Turbak, S.C., S.B.	Comparison of Res.	Water Res.	1986		
617	Spirulina platensis	Blue-Green Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		6		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		
611	Chlorococcum sp.	Green Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		8		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		
614	Oscillatoria sp.	Blue-Green Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		8.2		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		
158	Anabaena	Green Algae	Moss	EC50	POP	ABND	5	NR	NR	d	S	NR	NR	F		36		30		42	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide Regulation	Pesticide Environmental	Environmental	2000		
88	Selenastrium sp.	Green Algae	Moss	IC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		48.6		NR		NR	ug/L	FW	LAB	84045	Kamaya, Y., T.	Effect of Medium Predicting the Toxicol.	Bull. Environ. Contam. Toxicol.	2004		
123	Chlorella fusca	Green Algae	Moss	EC50	POP	PGRT	1	NR	NR	d	S		NR	F		56.9		NR		NR	ug/L	FW	LAB	62304	Faust, M., R.	Effect of Kamaya, Y., T.	Medium Predicting the Toxicol.	Bull. Environ. Contam. Toxicol.	2001	
89	Selenastrium sp.	Green Algae	Moss	IC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		57.3		NR		NR	ug/L	FW	LAB	84045	Kamaya, Y., T.	Effect of Medium Predicting the Toxicol.	Bull. Environ. Contam. Toxicol.	2004		
616	Scenedesmus	Green Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		65		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		
441	Chlorella fusca	Green Algae	Moss	EC50	POP	GPOP	1	NR	NR	d	S	NR	NR	F		73		NR		NR	ug/L	FW	LAB	4332	Faust, M., R.	Additive Effects of Kamaya, Y., T.	Sci. Total Environ.	1993		
90	Selenastrium sp.	Green Algae	Moss	IC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		73.6		NR		NR	ug/L	FW	LAB	84045	Kamaya, Y., T.	Effect of Medium Predicting the Toxicol.	Bull. Environ. Contam. Toxicol.	2004		
124	Chlorella pyrenoides	Green Algae	Moss	EC50	POP	PGRT	4	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		82		NR		NR	ug/L	FW	LAB	61983	Ma, J., W. Liang	Acute Toxicity of Kamaya, Y., T.	Bull. Environ. Contam. Toxicol.	2001		
608	Ankistrodesmus	Green Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		87		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		
160	Navicula pellicula	Diatom	Moss	EC50	POP	ABND	5	NR	NR	d	S	NR	NR	F		90		80		100	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide Regulation	Pesticide Environmental	Environmental	2000		
773	Perca sp.	Perch	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	S		NR	F		90		NR		NR	ug/L	FW	LAB	7199	Bathe, R., K.	The Evaluati Soc. Toxic	Proc. Eur. Soc. Toxic	1975		
613	Hormidium	Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		90		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		
499	Pseudokirchneriella	Green Algae	Moss	EC50	POP	ABND	4	NR	NR	d	NR	DEC	NR	A		100		85		107	ug/L	FW	LAB	17639	Versteeg, D.J.	Comparison of Kamaya, Y., T.	In: W. Wang	1990	exp	
162	Pseudokirchneriella	Green Algae	Moss	EC50	POP	ABND	5	NR	NR	d	S	NR	NR	F		100		90		110	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide Regulation	Pesticide Environmental	Environmental	2000		
527	Algae	Algae	Moss	LC50	POP	BMAS	42	NR	NR	d	E		NR	F		100		NR		NR	ug/L	FW	FIELDA	12264	Goldsborough, Bednarz	Changes in The Acta	Hydrobio Acta	1986		
609	Chlorella pyrenoides	Green Algae	Moss	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		100		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T. Bednarz	The Effect of Hydrobio Acta	Hydrobio Acta	1981		

Tvorba SSD modelu – vstupní data

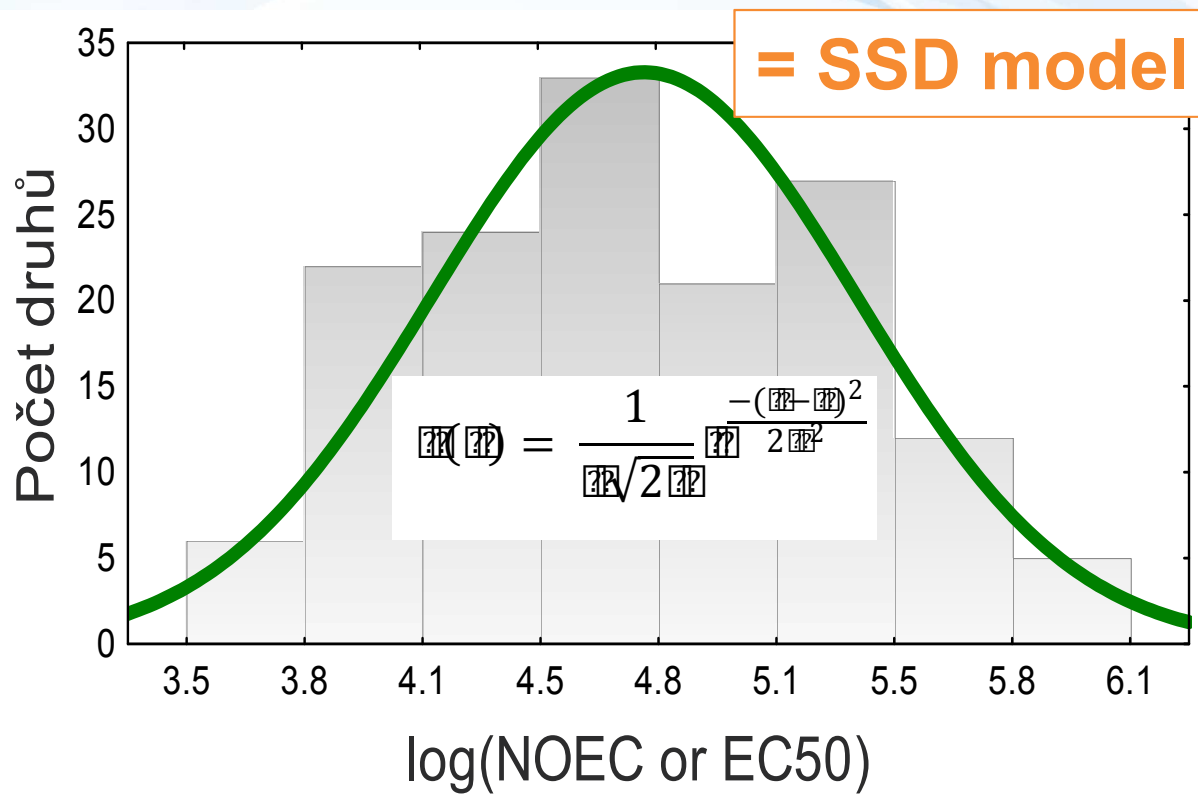
A	U	E	F	G	H	I	M	U	Q	K	S	U	V	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	Publication Year	pos
číslo	Scientific Name	Species	Species Group	Endpoint	Effect	Measure	Exposure Duration	Min Duration	Max Duration	Duration Units	Exposure Type	Trend	Effect Percent	Conc 1 Type	Conc 1 Op (ug/L)	Conc 1 (ug/L)	Conc 1 Min Op	Conc 1 (ug/L)	Conc 1 Max Op	Conc 1 (ug/L)	Conc Units	Media Type	Test Location	Reference	Author	Title	Source	Publication Year	pos	
536	Palaemonetes	Crustaceans	Crustaceans	LC50	MOR	MORT	1	NR	NR	d	S	INC	NR	F	>	5600		NR		NR	ug/L	FW	LAB	6797	F.L.Jr.,	Manual of Acute Toxicity	Resour.Publ.No.1	1986	con	
185	Notropis atherino	Shiner	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	S	NR	NR	F	>	18000		NR		NR	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide	Pesticide	Environmental	2000	con	
175	Carassius	Goldfish	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	S	NR	NR	F	>	32000		NR		NR	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide	Pesticide	Environmental	2000	con	
187	Oncorhynchus	Rainbow Trout	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	R	NR	NR	F	>	82000		NR		NR	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide	Pesticide	Environmental	2000	con	
525	Pseudokirchneriella	Green Algae	Algae	EC50	PHY	PSYN	1	NR	NR	d	S		NR	A		2.24		1.74		2.90	ug/L	FW	LAB	11780	Turbak, S.C., S.B. Bednarz,	Comparison of The	Water Res. Acta	1986		
617	Spirulina platensis	Blue-Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F							ug/L	FW	LAB	17259	T.	Effect of Additive	Hydrobio Sci.Total	1981		
611	Chlorococcum sp.	Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F							ug/L	FW	LAB	4332	Faust, M., R.	Effect of Additive	Environ. Bull.	1993		
614	Oscillatoria sp.	Blue-Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F							ug/L	FW	LAB	84045	Kamaya, Y., T.	Effect of Medium	Environ. Cont.	2004		
158	Anabaena	Blue-Green Algae	Moss, Algae	EC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		73.6		NR		NR	ug/L	FW	LAB	61983	Ma, J., W. Liang,	Acute Toxicity	Bull. Environ. Cont.	2001		
88	Selenastrium sp.	Green Algae	Moss, Algae	IC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F							ug/L	FW	LAB	17259	T.	The Effect of Pesticide	Hydrobio	1981		
123	Chlorella fusca	Green Algae	Moss, Algae	EC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F							ug/L	FW	LAB	17259	T.	Effect of Pesticide	Environ. Cont.	2004		
85	Selenastrium sp.	Green Algae	Moss, Algae	IC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F							ug/L	FW	LAB	17259	T.	Effect of Pesticide	Environ. Cont.	2004		
616	Scenedesmus	Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		65		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T.	Effect of Additive	Hydrobio Sci.Total	1981		
441	Chlorella fusca	Green Algae	Moss, Algae	EC50	POP	GPOP	1	NR	NR	d	S	NR	NR	F		73		NR		NR	ug/L	FW	LAB	4332	M., R.	Effect of Additive	Environ. Bull.	1993		
90	Selenastrium sp.	Green Algae	Moss, Algae	IC50	POP	ABND	3	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		73.6		NR		NR	ug/L	FW	LAB	84045	Y., T.	Effect of Medium	Environ. Cont.	2004		
124	Chlorella pyrenoid	Green Algae	Moss, Algae	EC50	POP	PGRT	4	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		82		NR		NR	ug/L	FW	LAB	61983	Ma, J., W. Liang,	Acute Toxicity	Bull. Environ. Cont.	2001		
608	Ankistrodesmus	Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		87		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T.	The Effect of Pesticide	Hydrobio	1981		
160	Navicula pelliculo	Diatom	Moss, Algae	EC50	POP	ABND	5	NR	NR	d	S	NR	NR	F		90		80		100	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide	Pesticide	Environmental	2000		
773	Perca sp.	Perch	Fish	LC50	MOR	MORT	4	NR	NR	d	S		NR	F		90		NR		NR	ug/L	FW	LAB	7199	Bathe, R., K.	The Evaluation	Proc. Eur. Soc. Toxic	1975		
613	Hormidium	Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		90		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T.	Effect of Pesticide	Hydrobio	1981		
495	Pseudokirchneriella	Green Algae	Moss, Algae	EC50	POP	ABND	4	NR	NR	d	NR	DEC	NR	A		100		85		107	ug/L	FW	LAB	17639	Versteeg, D.J.	Comparison of	In: W. Wang,	1990	exp	
162	Pseudokirchneriella	Green Algae	Moss, Algae	EC50	POP	ABND	5	NR	NR	d	S	NR	NR	F		100		90		110	ug/L	FW	LAB	344	Office of Pesticide	Pesticide	Environmental	2000		
527	Chlorella pyrenoid	Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	BMAS	42	NR	NR	d	E		NR	F		100		NR		NR	ug/L	FW	FIELDA	12264	Goldsborough, Bednarz,	Changes in The Acta	Hydrobio	1986		
609	Chlorella pyrenoid	Green Algae	Moss, Algae	LC50	POP	PGRT	14	NR	NR	d	S	DEC	NR	F		100		NR		NR	ug/L	FW	LAB	17259	T.	Effect of Pesticide	Hydrobio	1981		

• do SSD vždy pouze jedna EC50 (NOEC) hodnota pro jeden druh



- a) Druhová EC50 s nejnižší hodnotou
- b) průměr všech EC50 hodnot pro tento druh

Tvorba SSD modelu – aproximace Gaussovou distribucí



μ ... aritmetický průměr
 σ ... směrodatná odchylka
 x ... hodnota na ose x
(hodnota $\log(\text{EC50})$ z databáze), pro kterou funkce vypočítá hustotu pravděpodobnosti $f(x)$

→ ETX 2.0 software / Statistica software



Tvorba SSD modelu – ověření normality

a) Testy normality

(Anderson-Darling nebo Kolgomorov-Smirnov test)

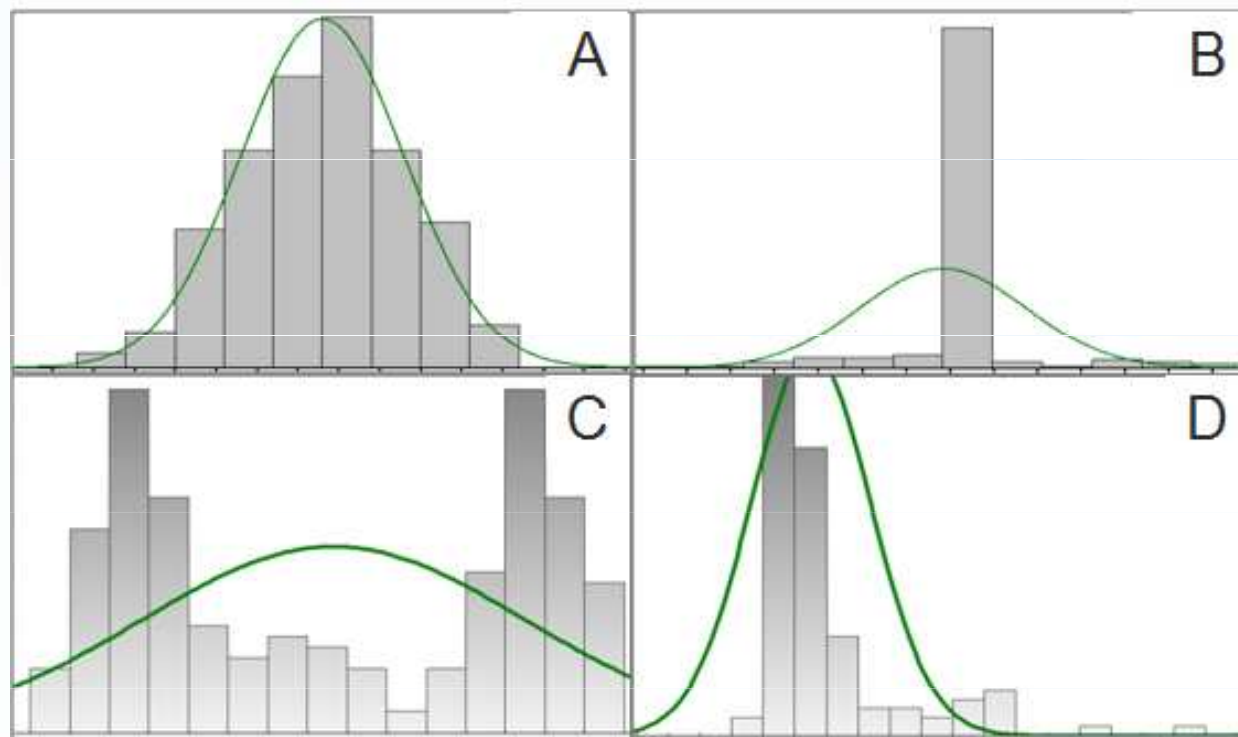
- $p \geq 0,05 \rightarrow$ použitá data logEC50 (či logNOEC) splňují normalitu a aproximace Gaussovou (normální) distribucí je adekvátní
- $p < 0,05 \rightarrow$???

b) Optické posouzení



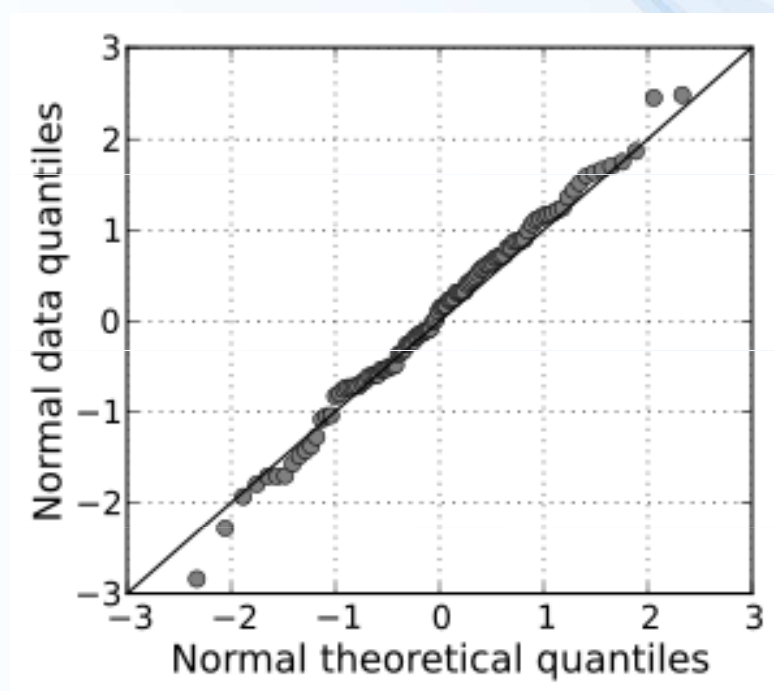
Tvorba SSD modelu – ověření normality

b) Optické posouzení – z histogramu



Tvorba SSD modelu – ověření normality

b) Optické posouzení – z P-P plotu či Q-Q plotu



Q-Q plot

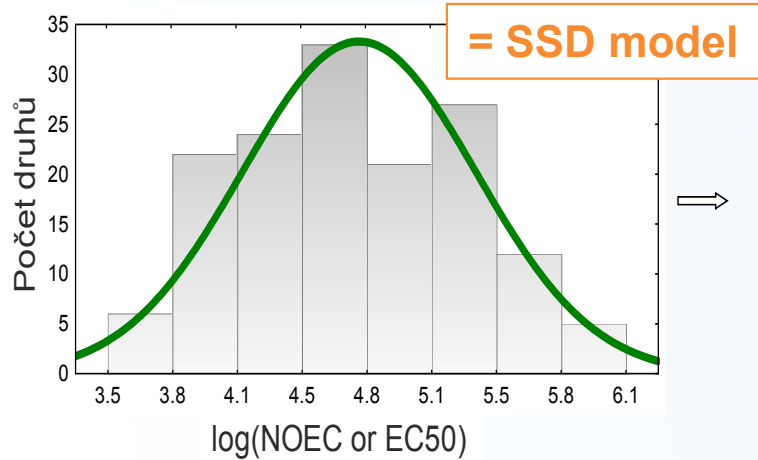


Tvorba SSD modelu – výpočet HCp a PAF

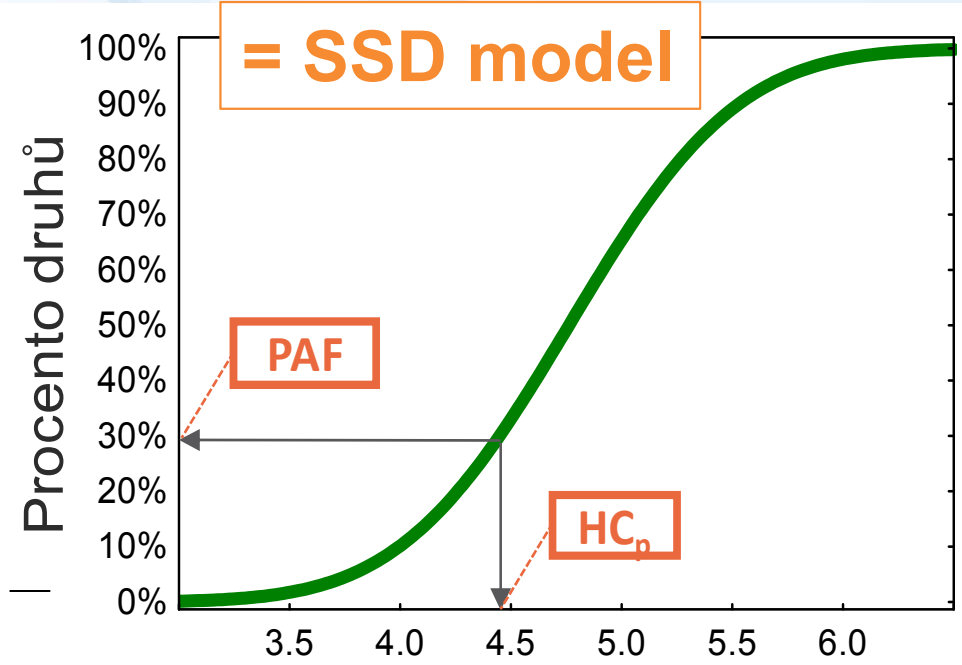
Hustotní funkce



Kumulativní distribuční funkce



$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$$

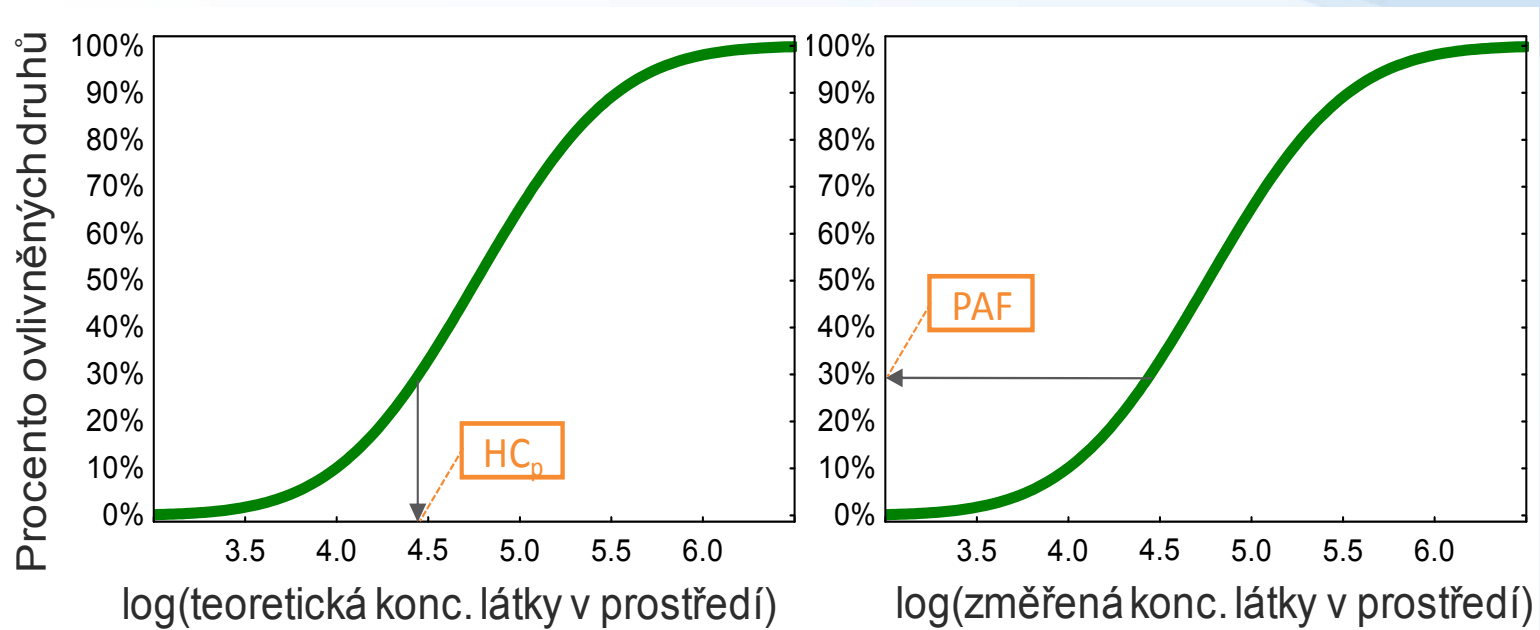


Tvorba SSD modelu – výpočet HCp a PAF

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

○ ... známé parametry modelu

!! Změna významu osy x (už ne logEC50 či logNOEC) !!



Tvorba SSD modelu – výpočet HCp a PAF

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

Výpočet PAF (tj. F(x)) a HCp (tj. 10^x) ne úplně triviální



ETX 2.0

Excel (funkce NORMDIST a NORMINV)



Modifikace SSD modelu

- Aproximace rozložení $\log(\text{EC}_{50})$ či $\log(\text{NOEC})$ hodnot jinou než Gaussovou (normální) distribucí : logistická, triangulární, ...
- Použití neparametrických technik či Bayesovské statistiky pro tvorbu SSD modelu
 - Použití pouze vybraných taxonomických skupin (např. primárních producentů v případě tvorby SSD modelu pro herbicid)



Limitace SSD modelu

- Je HC₅ opravdu dostatečný limit ?
- Jaké je minimální množství druhových dat sensitivity (např. hodnot logEC50), aby z nich vytvořený SSD model nebyl výrazně zkreslený?
(EU doporučuje minimálně 10 hodnot z různých taxonomických skupin)
- Jsou splněny základní předpoklady SSD metody?
(resp. Vadí jejich nesplnění?)



Základní předpoklady SSD metody

- Hodnoty EC50 (či NOEC) v databázi pro SSD popisují citlivost náhodného a reprezentativního výběru společenstva organismů
 - Laboratorní sensitivita odpovídá reálné
 - Neexistují „důležitější“ druhy
 - Neexistují interakce mezi druhy
 - Neexistují další environmentální faktory ovlivňující sensitivitu



Limitace SSD modelu

„Všechny modely jsou špatně.
Některé ale mohou být užitečné.“

George E. P. Box

... A model Species Sensitivity Distribution se užitečným být zdá...



Závěr – návrat k teoretickému příkladu

U jedné továrny vyrábějící insekticid XY leží chráněné jezero, ve kterém žijí velmi vzácné druhy organismů.



Byla vytvořena databáze vhodných akutních EC50 hodnot látky XY pro různé sladkovodní druhy a z logaritmů těchto hodnot byl vytvořen model SSD, kterým byla stanovena bezpečná koncentrace nepoškozující ekosystém **neboli HC₅ (XY)** na 1,8 µg/l



Jednoho dne se v továrně stala nehoda, insekticid XY unikl do okolí a jeho koncentrace v jezeře byla 1 den zvýšená na 9,6 µg/l. Poté začala klesat.



Podle již vytvořeného SSD modelu bylo nejen rychle zjištěno, že bezpečný limit látky XY byl překročen, ale dokonce i to, že tato koncentrace bude mít potenciálně negativní akutní vliv na 74% druhů žijících v jezeře (**PAF = 74%**)

