



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Doc. RNDr. Petr Anděl, CSc.

Ekotoxikologie terestrického ekosystému



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Posuzování vlivů na životní prostředí



Centrum pro výzkum
toxických látek



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem
České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Ekotoxikologie terestrického ekosystému



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

1. Úvod do ekotoxikologie terestrického ekosystému
2. Toxikant v terestrickém ekosystému
3. Biosystém ve vztahu k toxikantu
4. Expozice terestrického ekosystému
5. Osud toxikantů v terestrickém ekosystému
6. Účinky toxikantu na úrovni organismu
7. Účinky toxikantů na úrovni populace
8. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – energie, hmota
9. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – řízení, vývoj
10. **Metodika ekotoxikologického výzkumu**



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

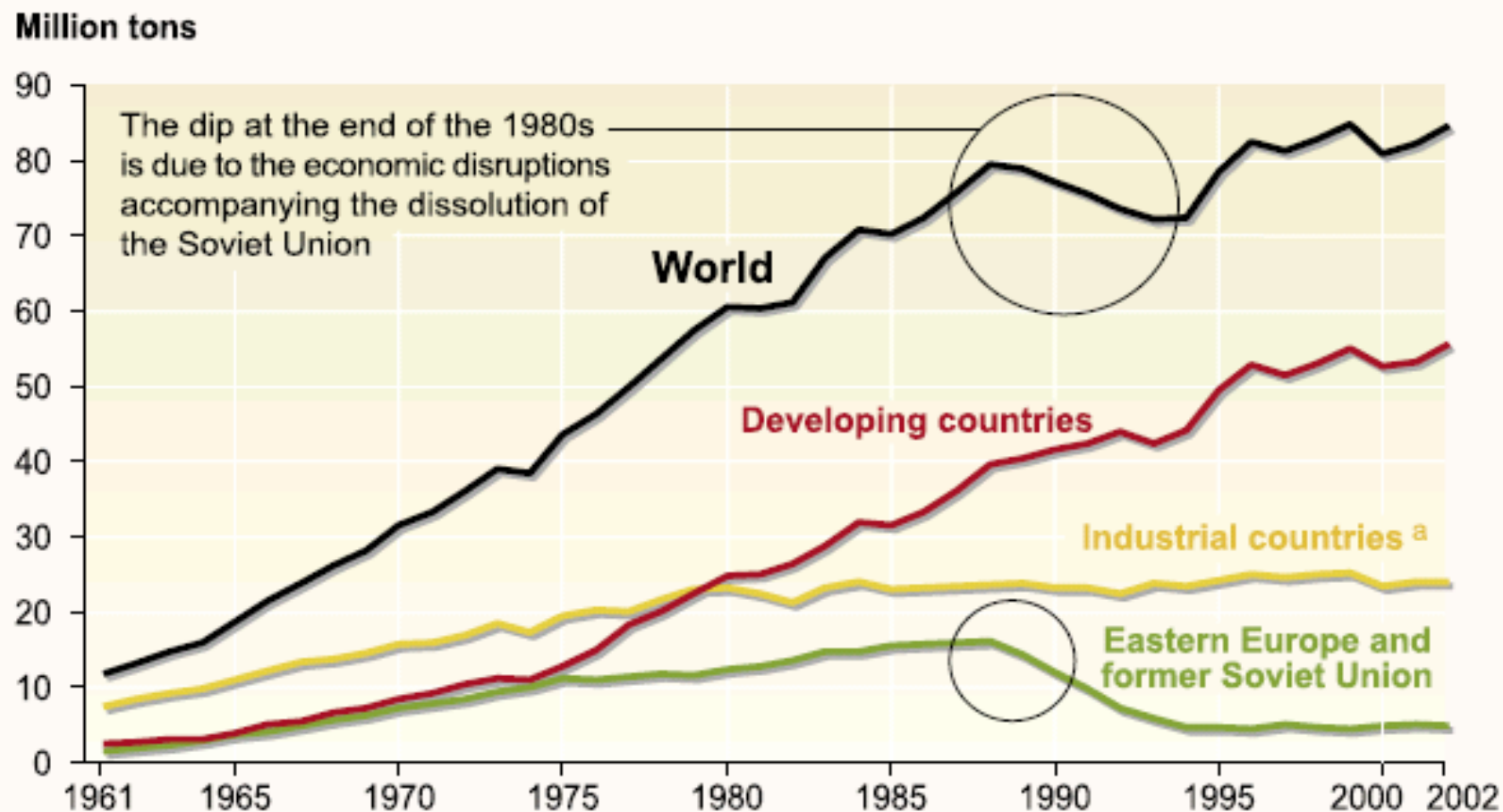


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

10.
METODIKA
EKOTOXIKOLOGIE

Globální používání dusíkatých hnojiv 1961 - 2001

Figure 3.17. TRENDS IN GLOBAL USE OF NITROGEN FERTILIZER, 1961–2001 (million tons) (S7 Fig 7.16)



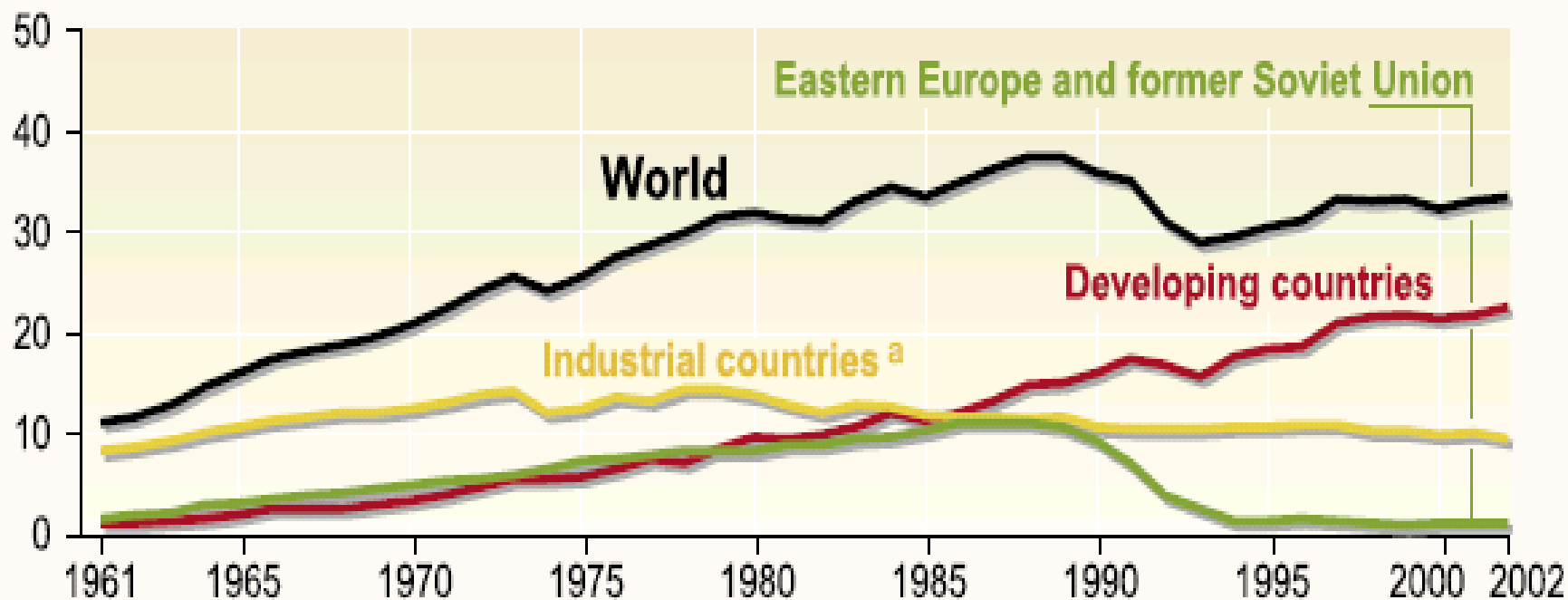
^a excluding Eastern Europe and former Soviet Union

Source: Millennium Ecosystem Assessment

Globální používání fosforečných hnojiv 1961 - 2001

Figure 3.18. WORLD PHOSPHATE FERTILIZER USE, 1961–2000
(million tons) (S7 Fig 7.18)

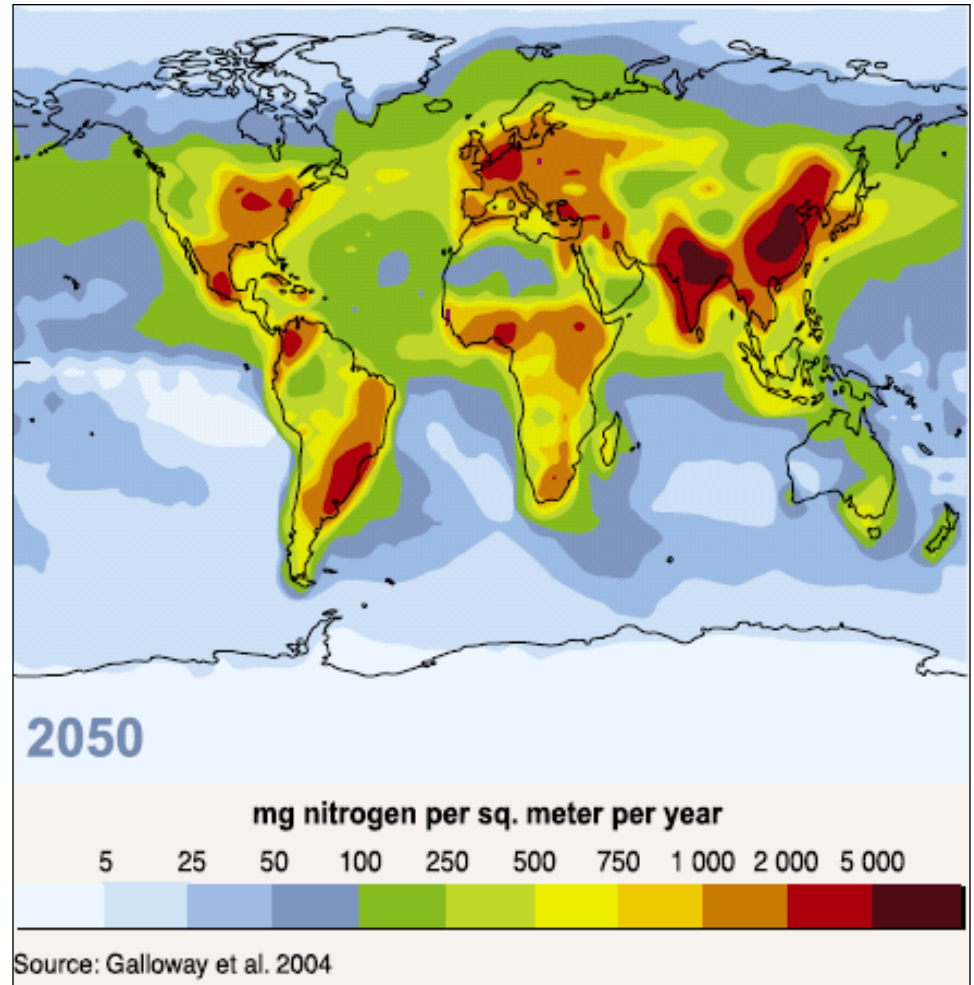
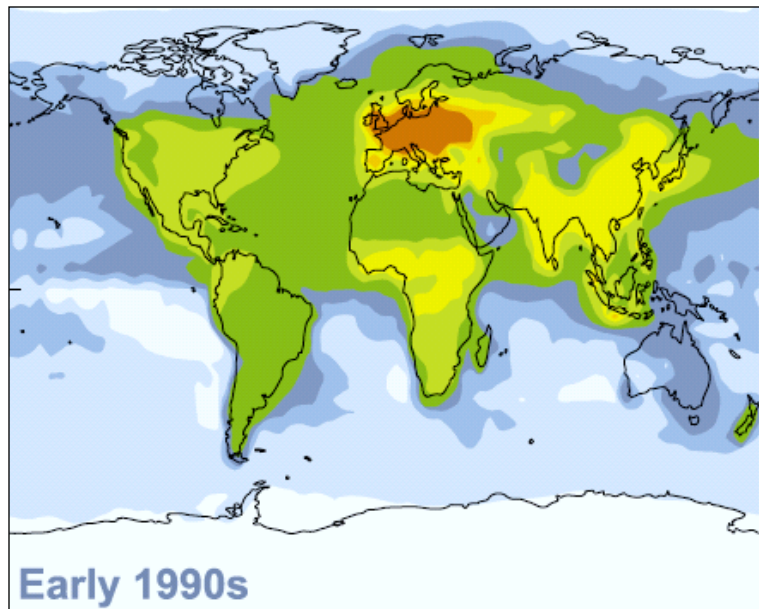
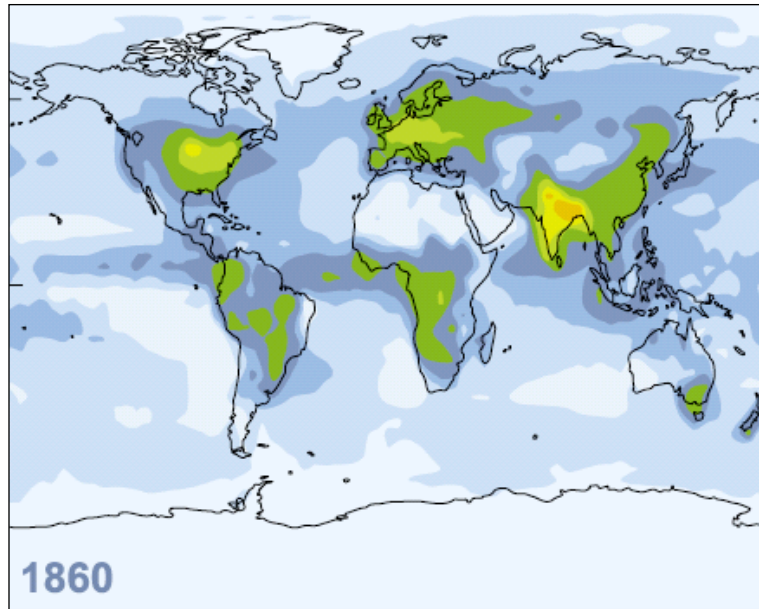
Million tons



^a excluding Eastern Europe and former Soviet Union

Source: Millennium Ecosystem Assessment

Depozice dusíků z atmosféry



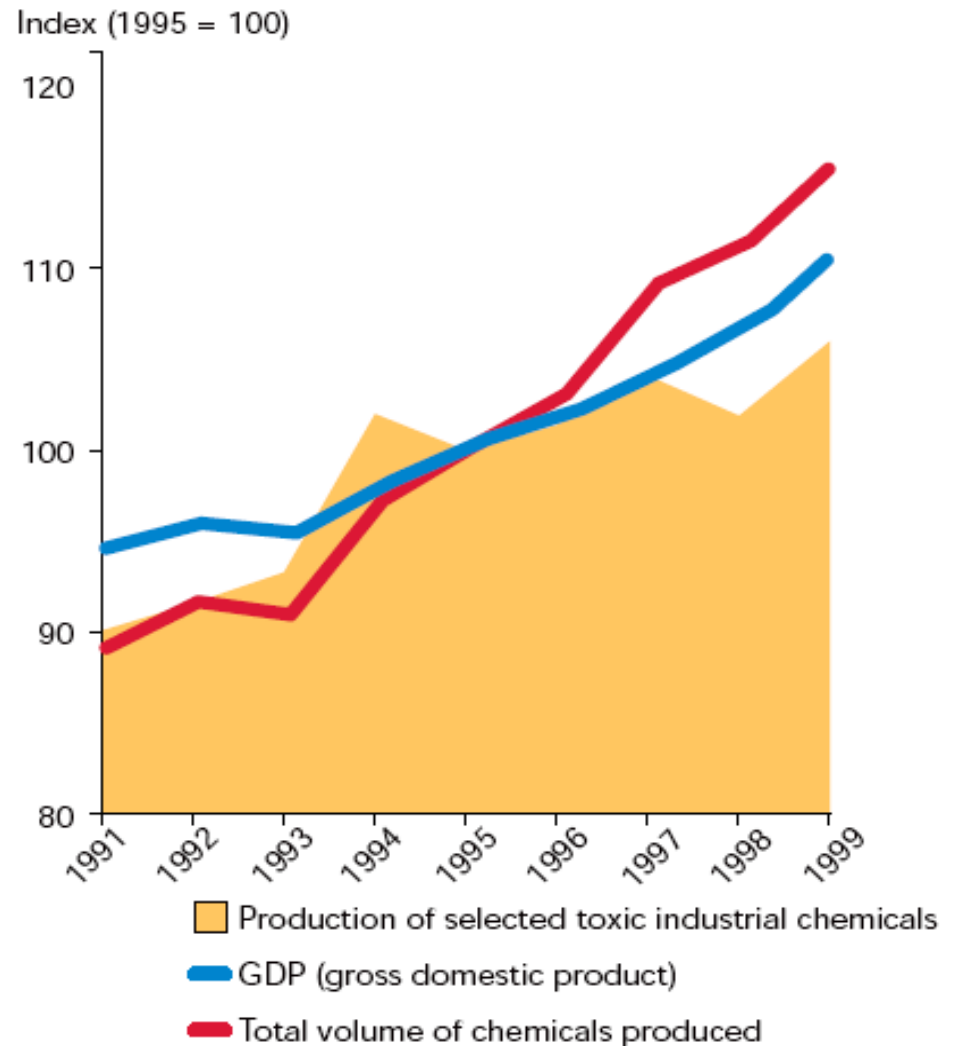
ESTIMATED TOTAL REACTIVE NITROGEN DEPOSITION FROM THE ATMOSPHERE (WET AND DRY) IN 1860, EARLY 1990s, AND PROJECTED FOR 2050 (milligrams of nitrogen per square meter per year) (R9 Fig 9.2)

Produkce chemikálií vzhledem k HDP 1991 - 1999

Figure 6.1.

Production volumes of chemicals relative to GDP for EU Member States 1991-1999

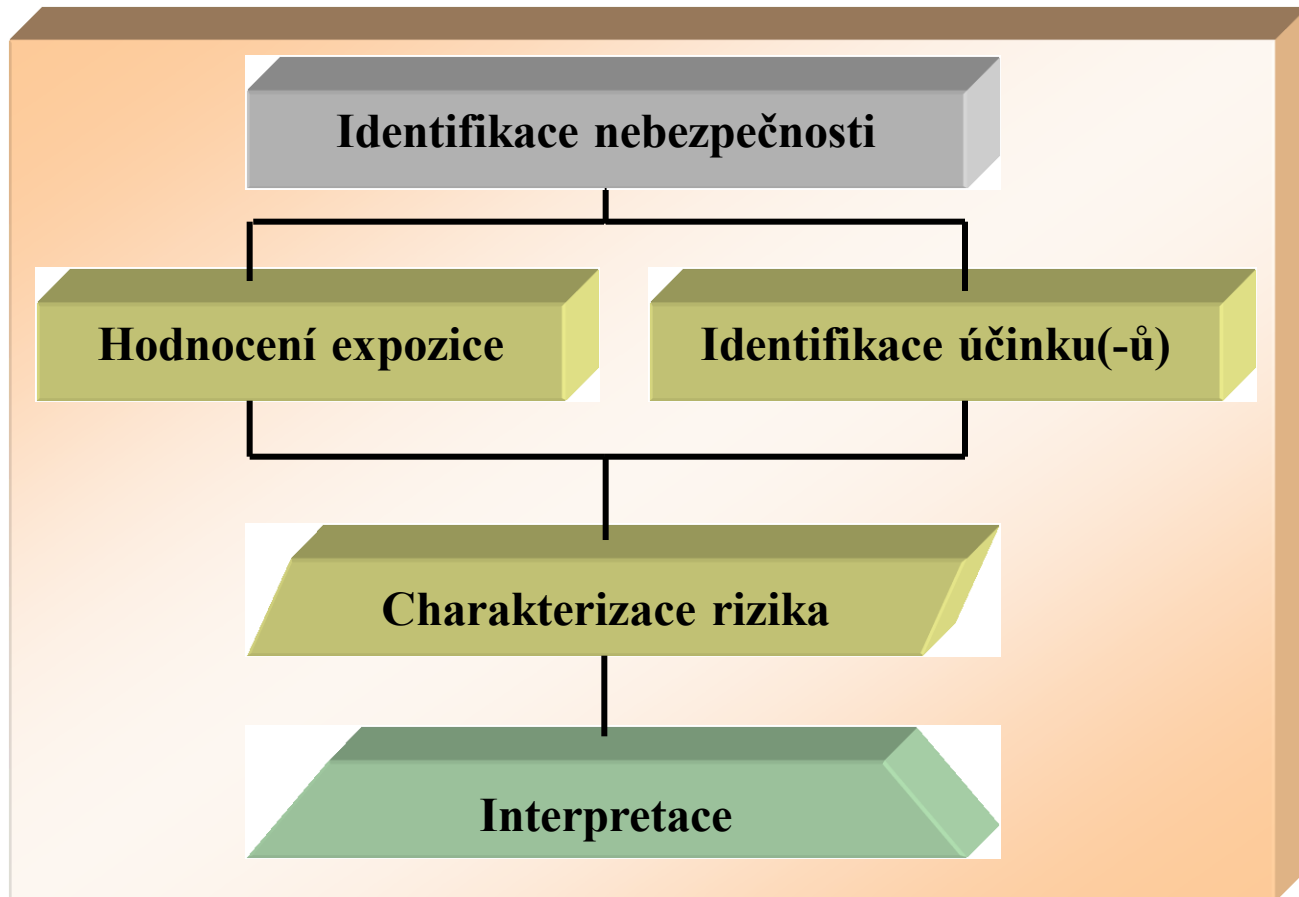
Sources: EU toxic CMR (carcinogenic, teratogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals) production data: Eurostat, 2001a; total EU chemical production volumes: CEFIC, 2000; GDP: Eurostat, 2001b



Chemical production within the EU is increasing faster than GDP, illustrating an increasing 'chemical intensity' of EU GDP. The volume of selected hazardous chemicals produced is also increasing, albeit at a slower rate than the production of all chemicals.

10.1. HODNOCENÍ RIZIKA

Základní etapy hodnocení rizika



Limity

Limity:

dané jednou hodnotou

Limity

Limity:

dané jednou hodnotou

dané sérií hodnot

A – pozadí

B – sledování

C – akce

Limity

Limity:

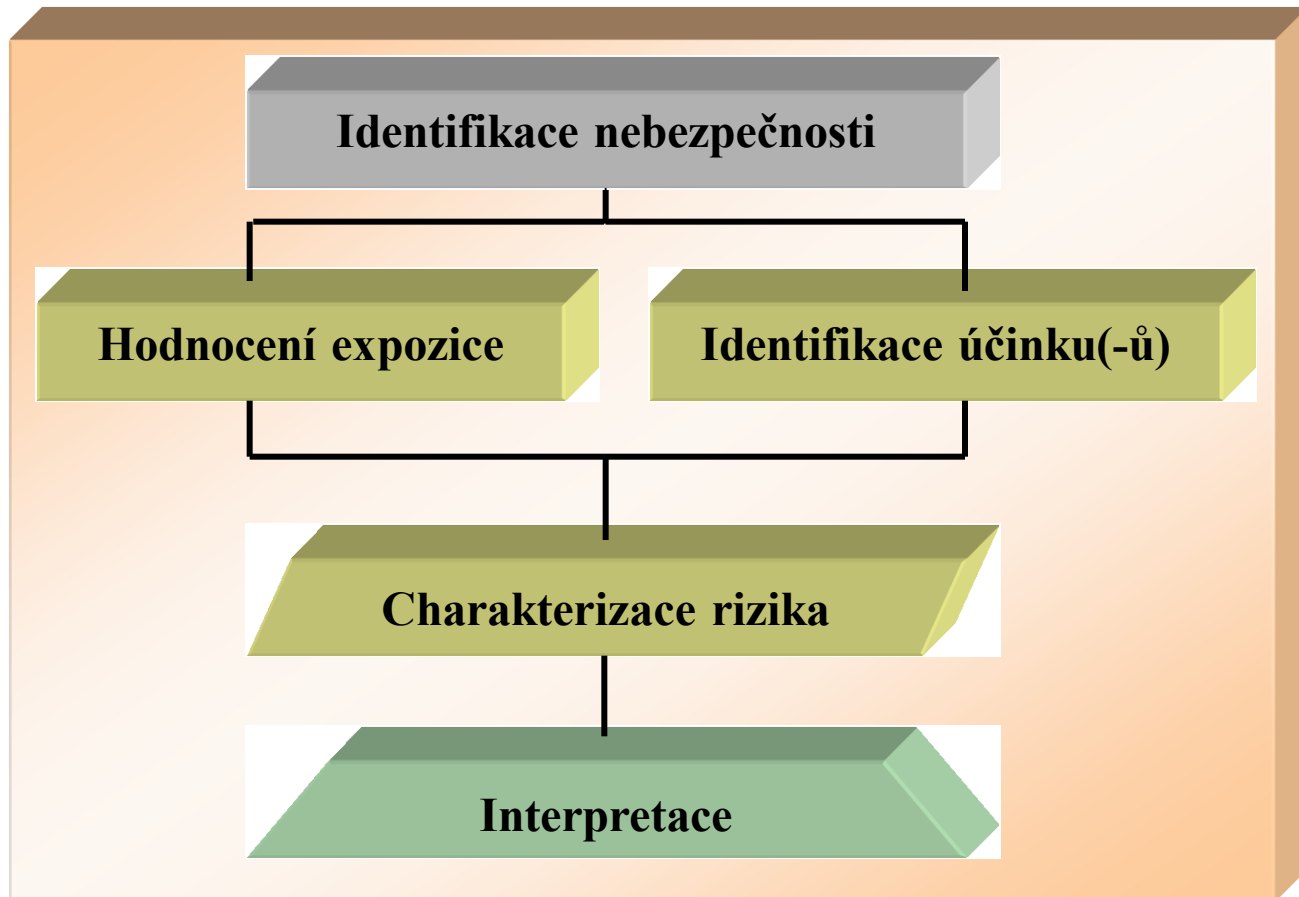
- dané jednou hodnotou

- dané sérií hodnot
 - A – pozadí
 - B – sledování
 - C – akce

- studiemí – hodnotí celkové riziko

10.2. ZÁKLADNÍ KLASIFIKACE METOD

Základní etapy hodnocení rizika



Klasifikace metod

Hlediska klasifikace metod:

- taxonomické zařazení modelového organismu
- biotická organizační úroveň
- metody biologické disciplíny (biochemické, anatomické)
- místo provedení
- časová náročnost
- opakovatelnost
- zařazení toxikantu
- aj.

Klasifikace metod

Rozdělení podle použití modelových nebo reálných systémů		BIOSYSTÉM	
		modelový	přirozený
TOXIKANT	modelový	A toxikologické testy	B terénní pokusy
	přirozený	C transplant. pokusy	D terénní studie bioindikace

10.3. METODY HODNOCENÍ EXPOZICE

KLASIFIKACE METOD HODNOCENÍ EXPOZICE

Klasifikace metod hodnocení expozice

- chemické analýzy složek životního prostředí
- experimentální hodnocení přestupu látek
- matematické modely pohybu látek v prostředí
- akumulční bioindikátory

Akumulační bioindikátory

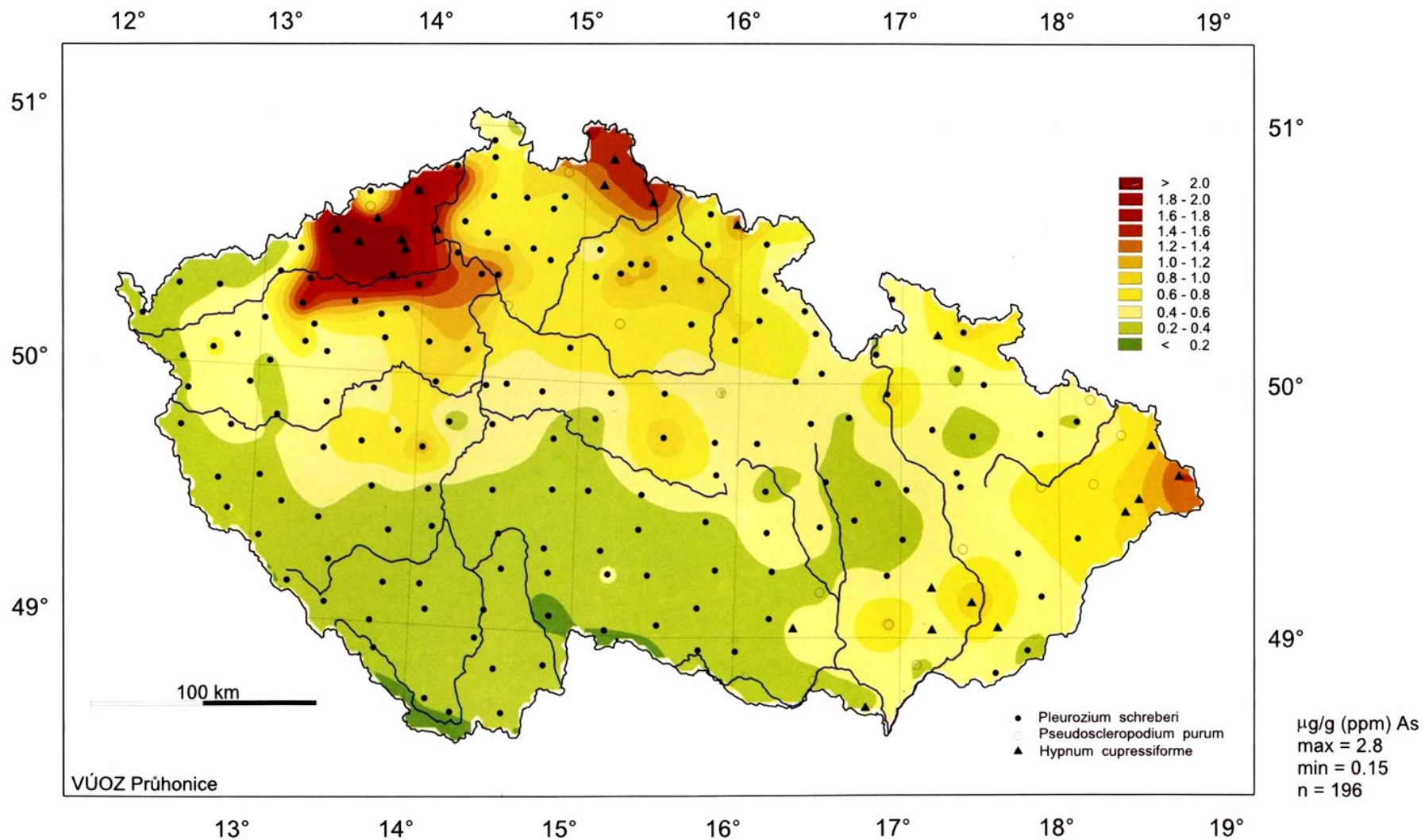
☐ mechorosty – bryomonitoring



Bryomonitoring - As

CZECH REPUBLIC - atmospheric deposition
Biomonitoring 1995

MOSS - ARSENIC



Akumulační bioindikátory

- ❑ mechorosty – bryomonitoring
- ❑ lišejníky – kumulace těžkých kovů a radionuklidů
- ❑ jehličí – smrk, borovice
kumulace těžkých kovů a persistentních org. látek
- ❑ mořští mlži – slávka jedlá
- ❑ žížaly
- ❑ vejíčka ptáků

Akumulační bioindikátory

vajíčka ptáků – analýzy skořápek a obalů po vylíhnutí



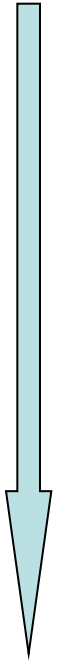
(foto V. Hlaváč)



Kritické zátěže ekosystémů

Koncept kritických zátěží

Imise

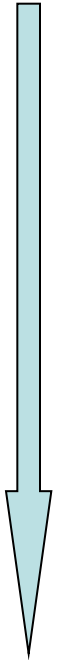


Ekosystém



Koncept kritických zátěží

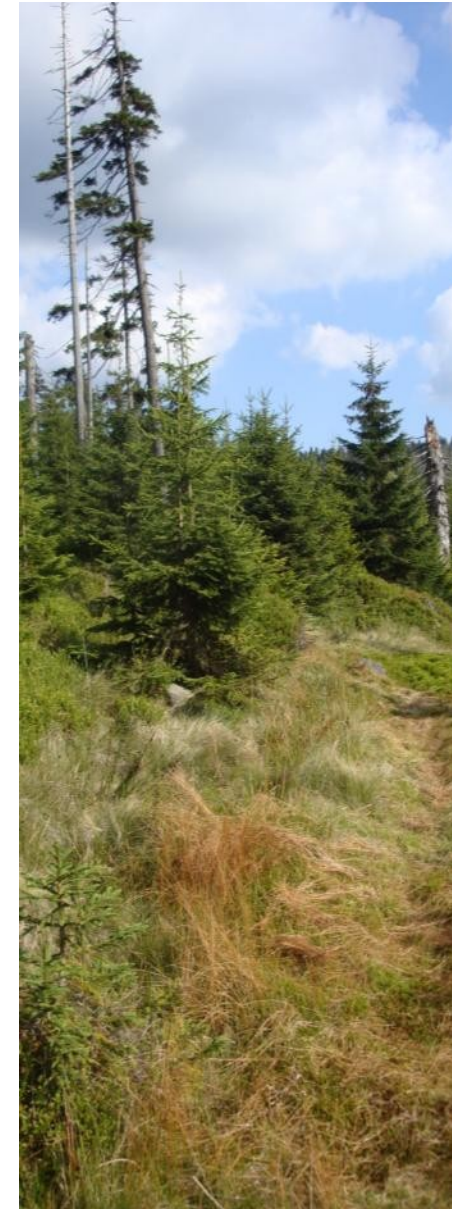
Imise



Ekosystém

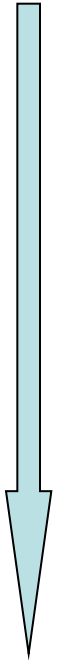
Reakce ekosystému závisí na:

- velikosti expozice
- pufrační kapacitě ekosystému



Koncept kritických zátěží

Imise



Ekosystém

Reakce ekosystému závisí na:

- velikosti expozice
- pufrační kapacitě ekosystému

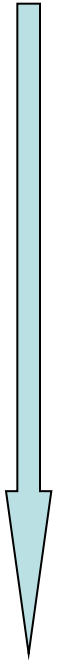
Ekosystém má schopnost vyrovnat se s určitou dávkou toxikantu.

Tato kapacita závisí na abiotických i biotických vlastnostech ekosystému.



Koncept kritických zátěží

Imise



Ekosystém

Reakce ekosystému závisí na:

- velikosti expozice
- pufrací kapacitě ekosystému

Ekosystém má schopnost vyrovnat se s určitou dávkou toxikantu.

Tato kapacita závisí na abiotických i biotických vlastnostech ekosystému.

Maximální dávka toxikantu, která ještě nezpůsobuje prokazatelné negativní účinky se nazývá **kritická zátěž**.

Kritická zátěž = kapacita daného ekosystému k vyrovnání se s toxikantem.



Výpočet kritických zátěží

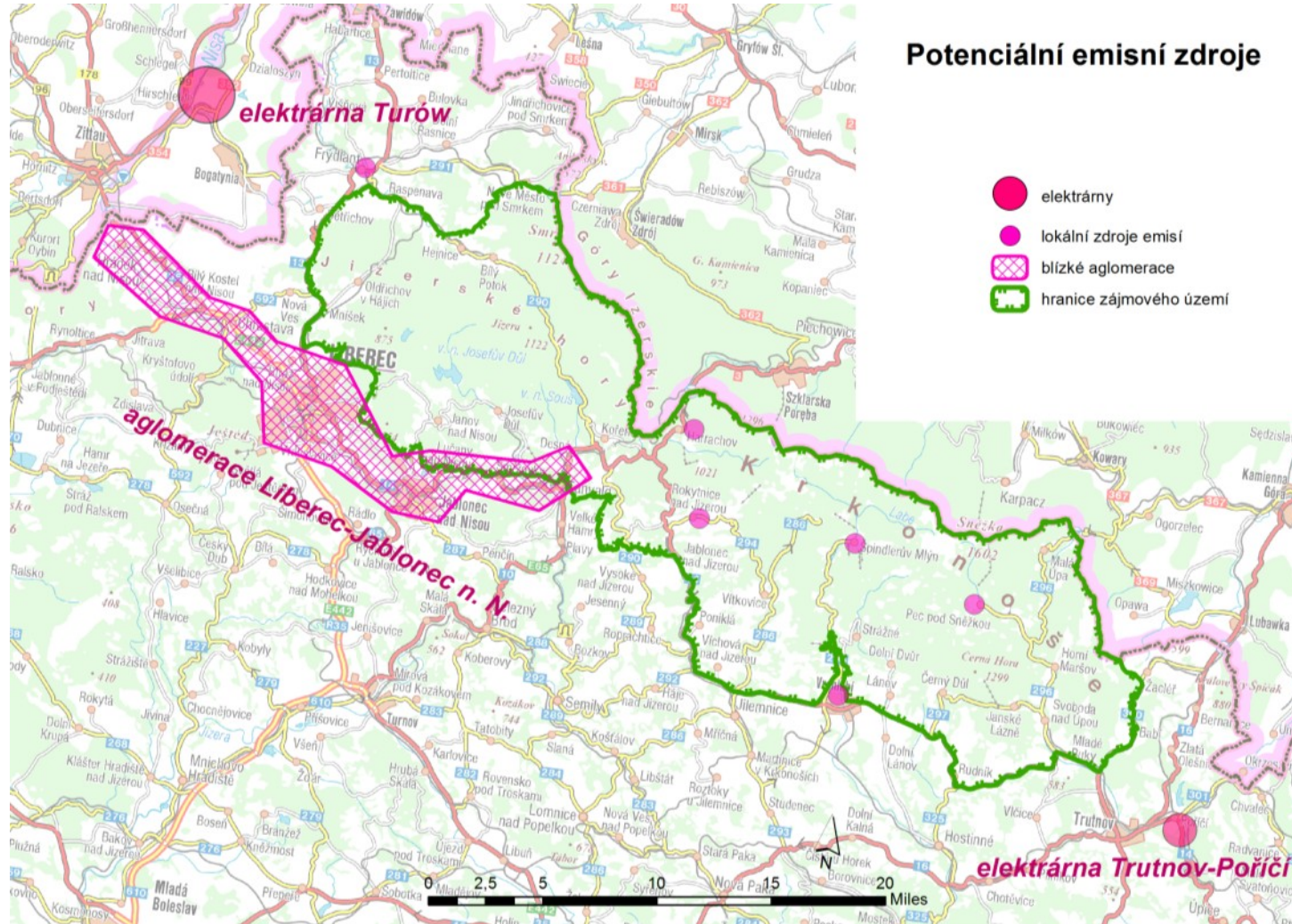
- matematický model založený na popisu osudu toxikantu v ekosystému (vstup – přeměny – výstup)
- pro každý toxikant musí být zpracován samostatně
- při kvantifikaci parametrů je třeba přijímat řadu zjednodušení → reálný pohled na výsledky modelu

Výpočet kritických zátěží ***příklad: Jizerské hory + Krkonoše***



Výsledky projektu VaV MŽP

Hlavní zdroje emisí



Výsledek projektu VaV MŽP

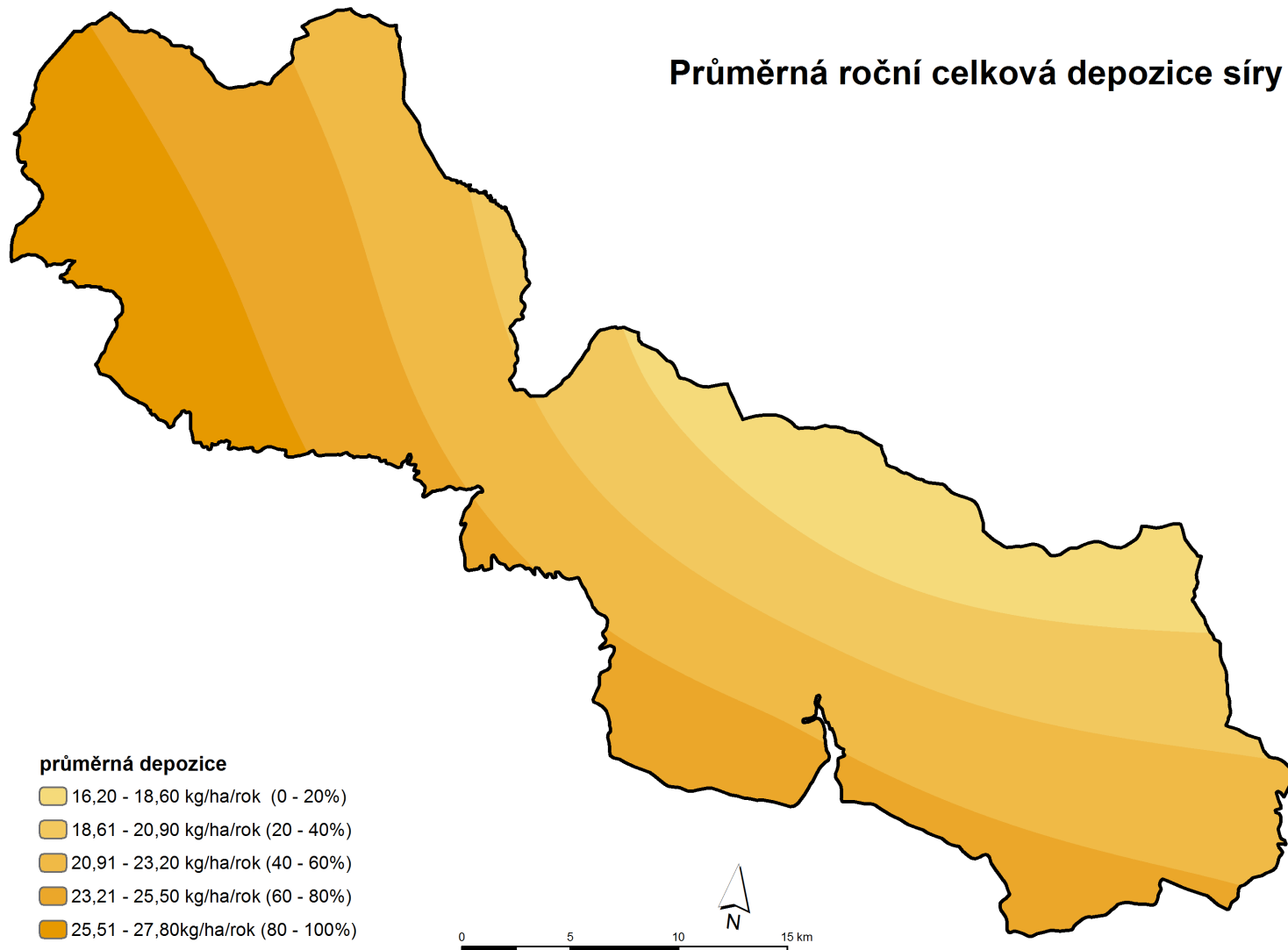
Model kritické zátěže síry

Základní parametry modelu:

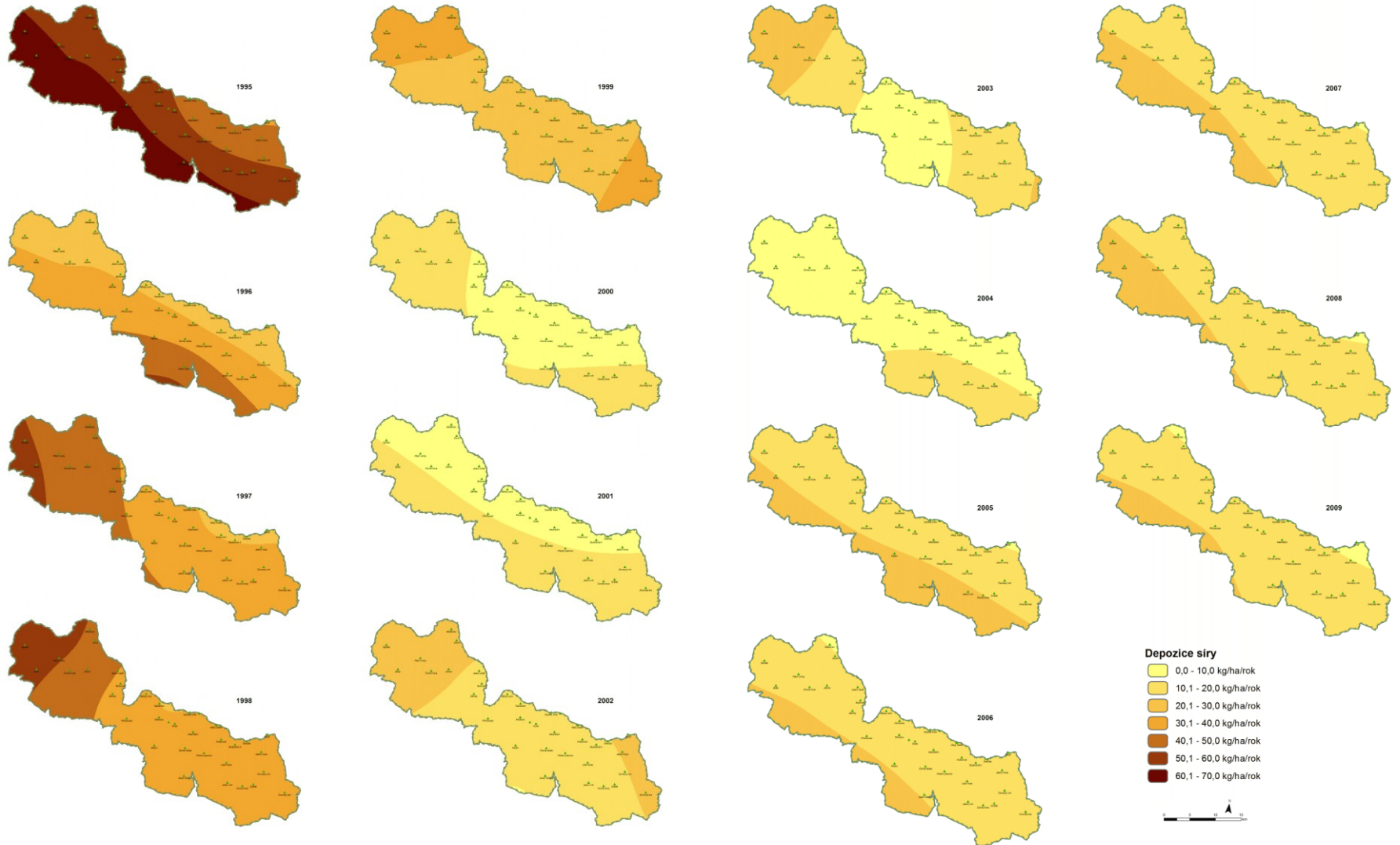
- depozice síry – reprezentant kyselinotvorných složek**

Průměrná roční celková depozice S

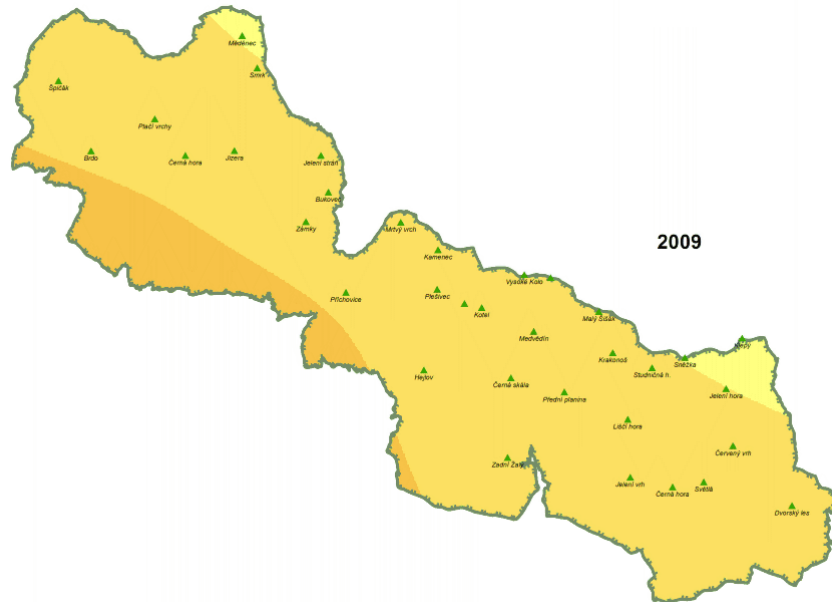
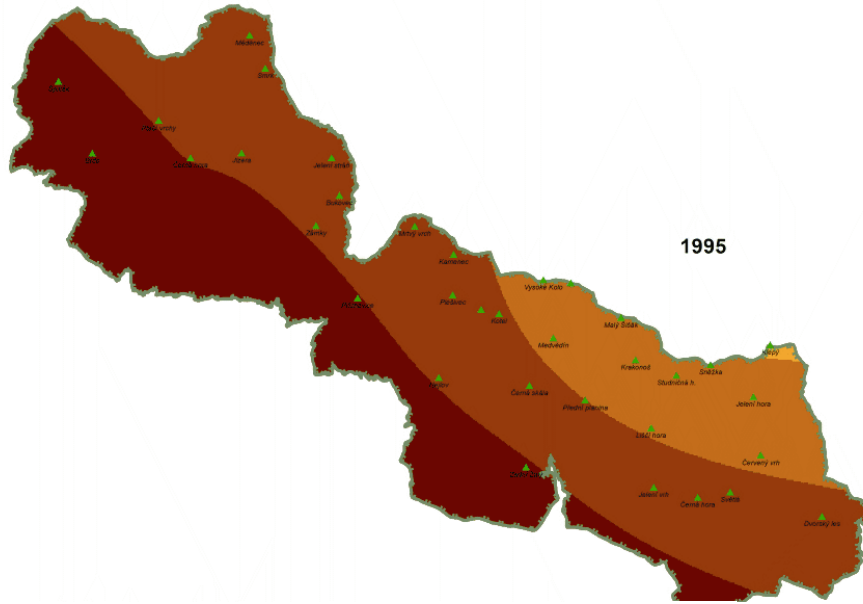
Průměrná roční celková depozice síry



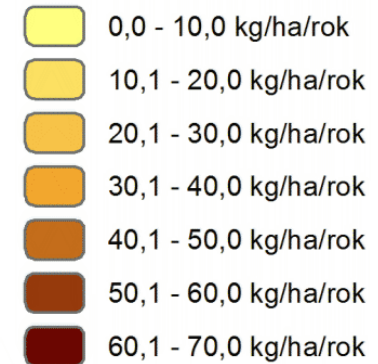
Vývoj roční celkové depozice S 1995 - 2009



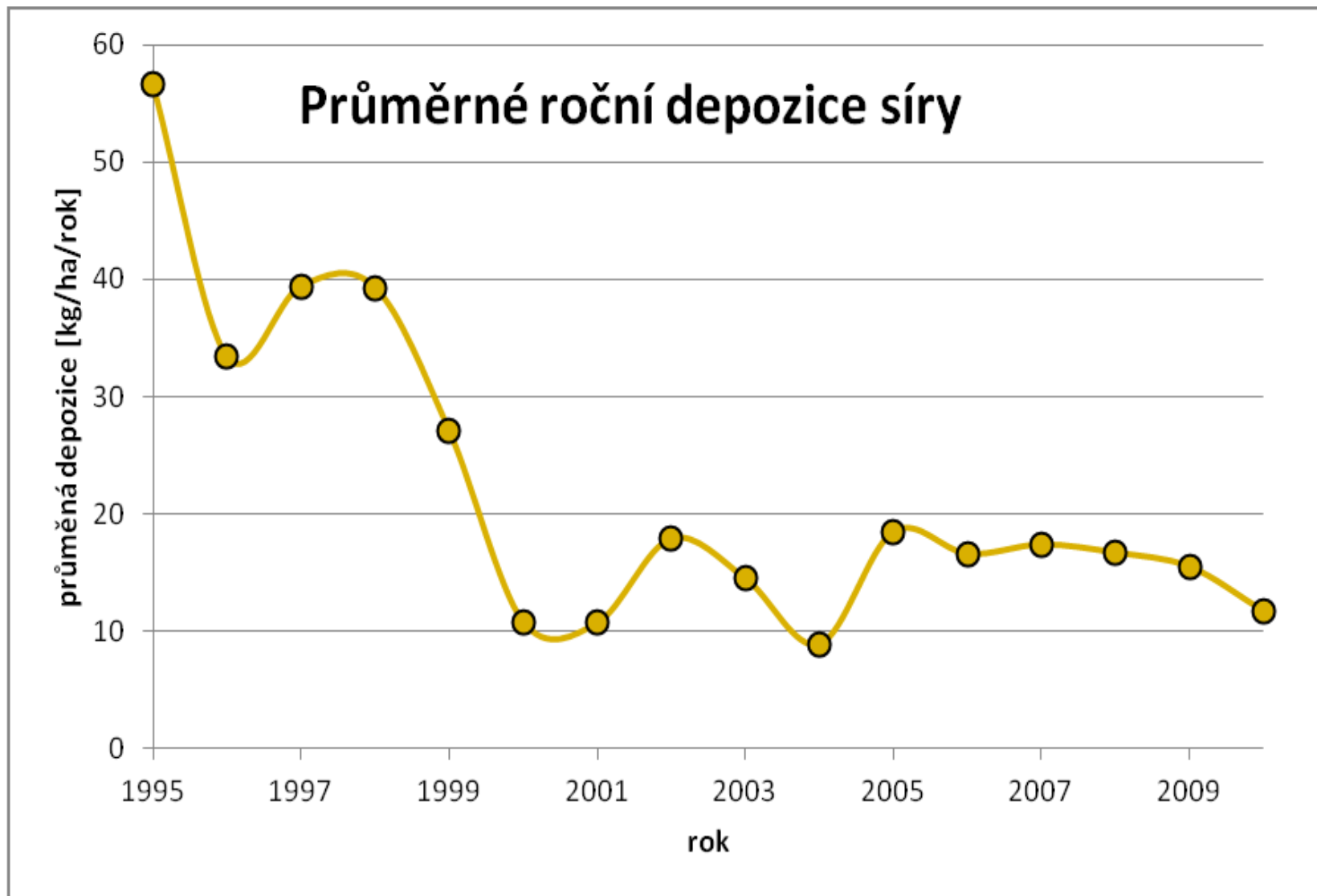
Vývoj roční celkové depozice S 1995 - 2010



Depozice síry



Vývoj depozice síry v letech 1995 - 2010

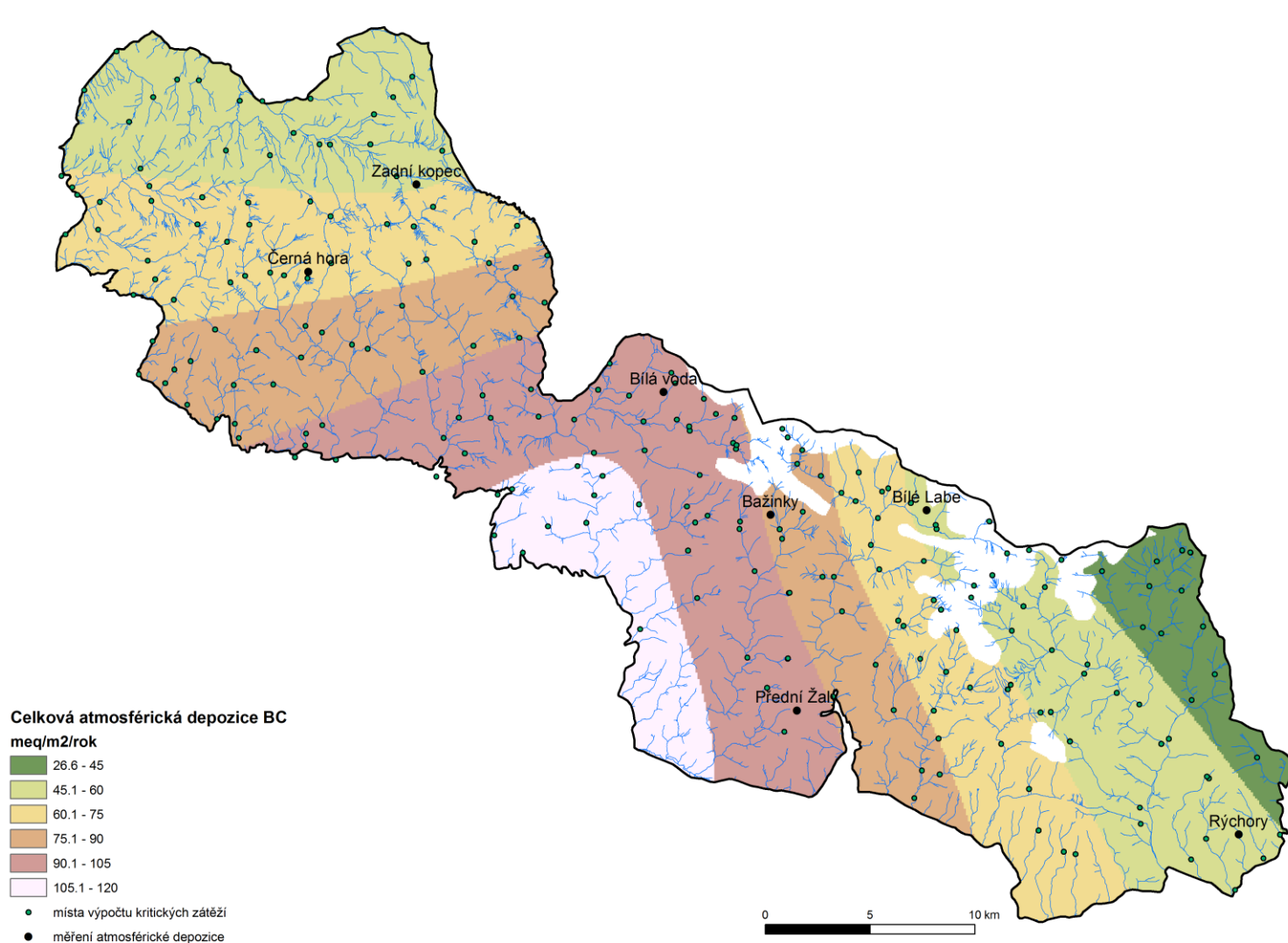


Model kritické zátěže síry

Základní parametry modelu:

- depozice síry – reprezentant kyselinotvorných složek**
- depozice alkalických kationtů: Ca, Mg, K, Na**

Depozice bazických kationtů



Model kritické zátěže síry

Základní parametry modelu:

- ☐ depozice síry – reprezentant kyselinotvorných složek**
- ☐ depozice alkalických kationtů: Ca, Mg, K, Na**
- ☐ zvětrávání alkalických kationtů – závisí na typu horniny a klimatu (s nadmořskou výškou rychlost zvětrávání klesá)**



Model kritické zátěže síry

Základní parametry modelu:

- depozice síry – reprezentant kyselinotvorných složek**
- depozice alkalických kationtů: Ca, Mg, K, Na**
- zvětrávání alkalických kationtů – závisí na typu horniny a klimatu (s nadmořskou výškou rychlost zvětrávání klesá)**
- příjem bazických kationtů stromy (s nadmořskou výškou význam tohoto parametru klesá)**



Model kritické zátěže síry

Základní parametry modelu:

- depozice síry – reprezentant kyselinotvorných složek**
- depozice alkalických kationtů: Ca, Mg, K, Na**
- zvětrávání alkalických kationtů – závisí na typu horniny a klimatu (s nadmořskou výškou rychlost zvětrávání klesá)**
- příjem bazických kationtů stromy (s nadmořskou výškou význam tohoto parametru klesá)**
- odtokové poměry – vyšší úhrn srážek zvyšuje kapacitu (vyšší intenzita odplavování toxického kationtu hliníku)**

Odtokové poměry



Model kritické zátěže síry

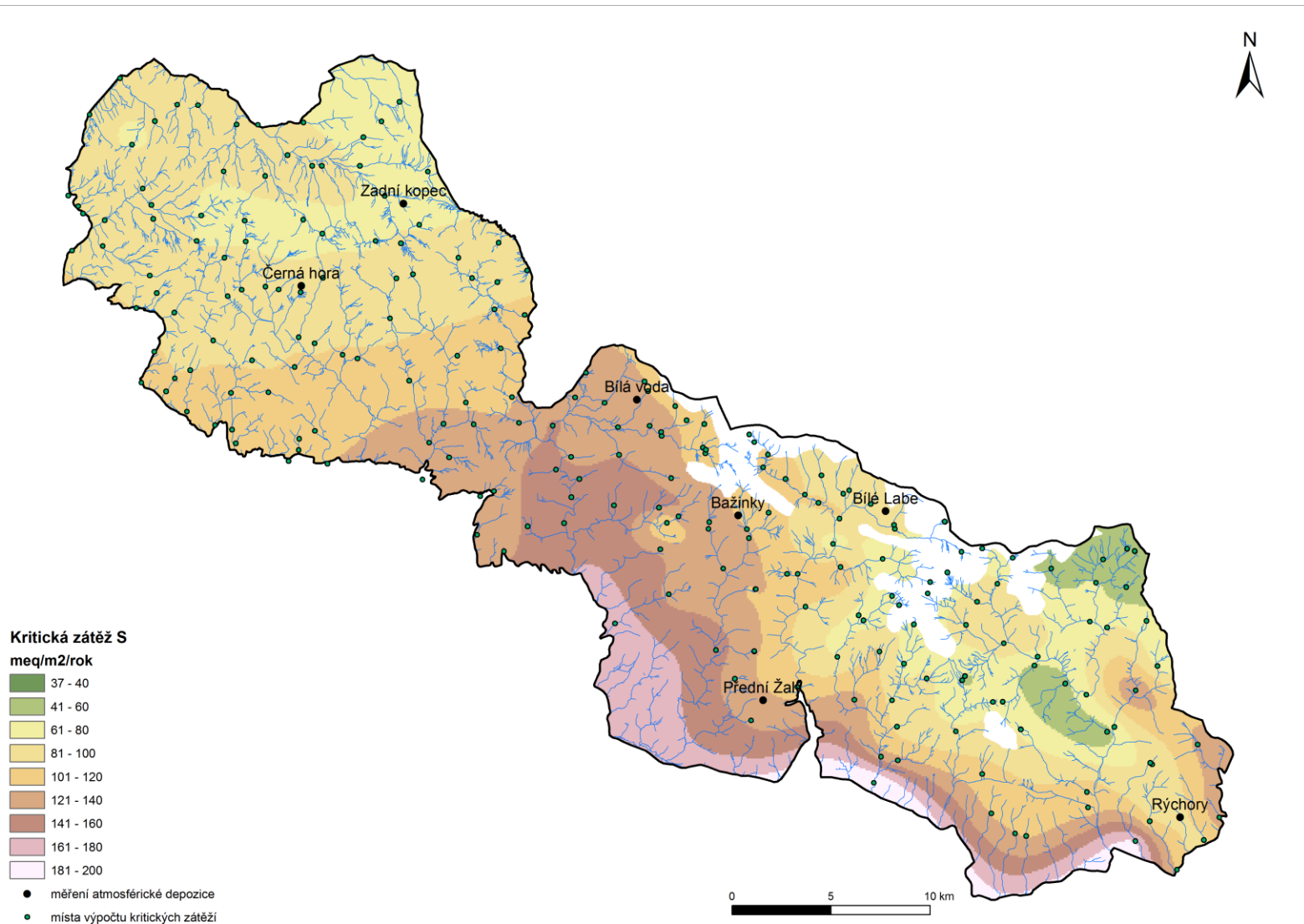
Základní parametry modelu:

- depozice síry – reprezentant kyselinotvorných složek
- depozice alkalických kationtů: Ca, Mg, K, Na
- zvětrávání alkalických kationtů – závisí na typu horniny a klimatu (s nadmořskou výškou rychlost zvětrávání klesá)
- příjem bazických kationtů stromy (s nadmořskou výškou význam tohoto parametru klesá)
- odtokové poměry – vyšší úhrn srážek zvyšuje kapacitu (vyšší intenzita odplavování toxického kationtu hliníku)
- kritické koncentrace vodíkových iontů a hliníkových kationtů pro kořenový systém stromů (H_{crit} 0,09 eq/m³, Al_{crit} 0,2 eq/m³)

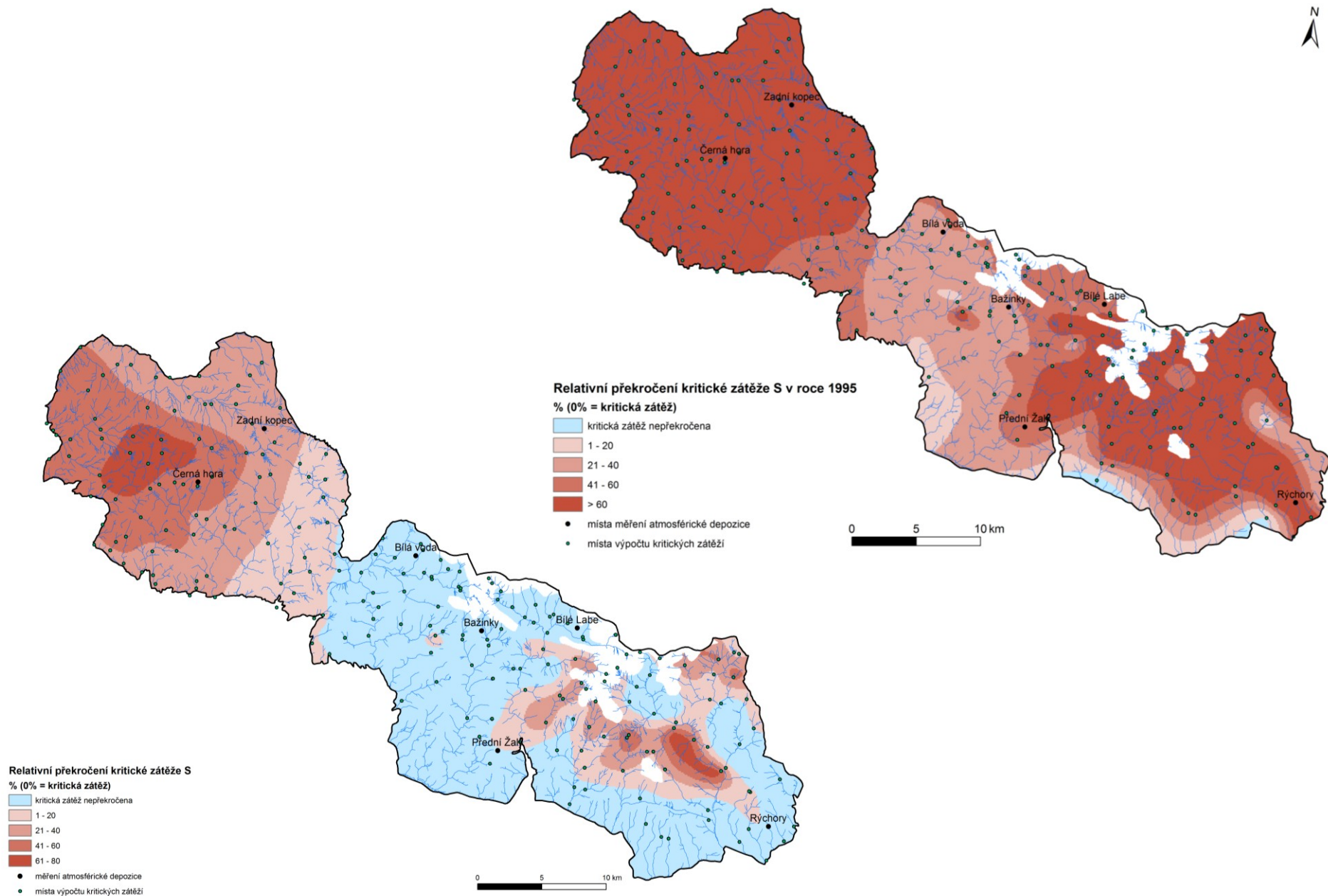
Toxicita kationtů hliníku



Kritická zátěž síry (meq/m²/rok)



Překročení kritické zátěže S (%) 1995 a 2010

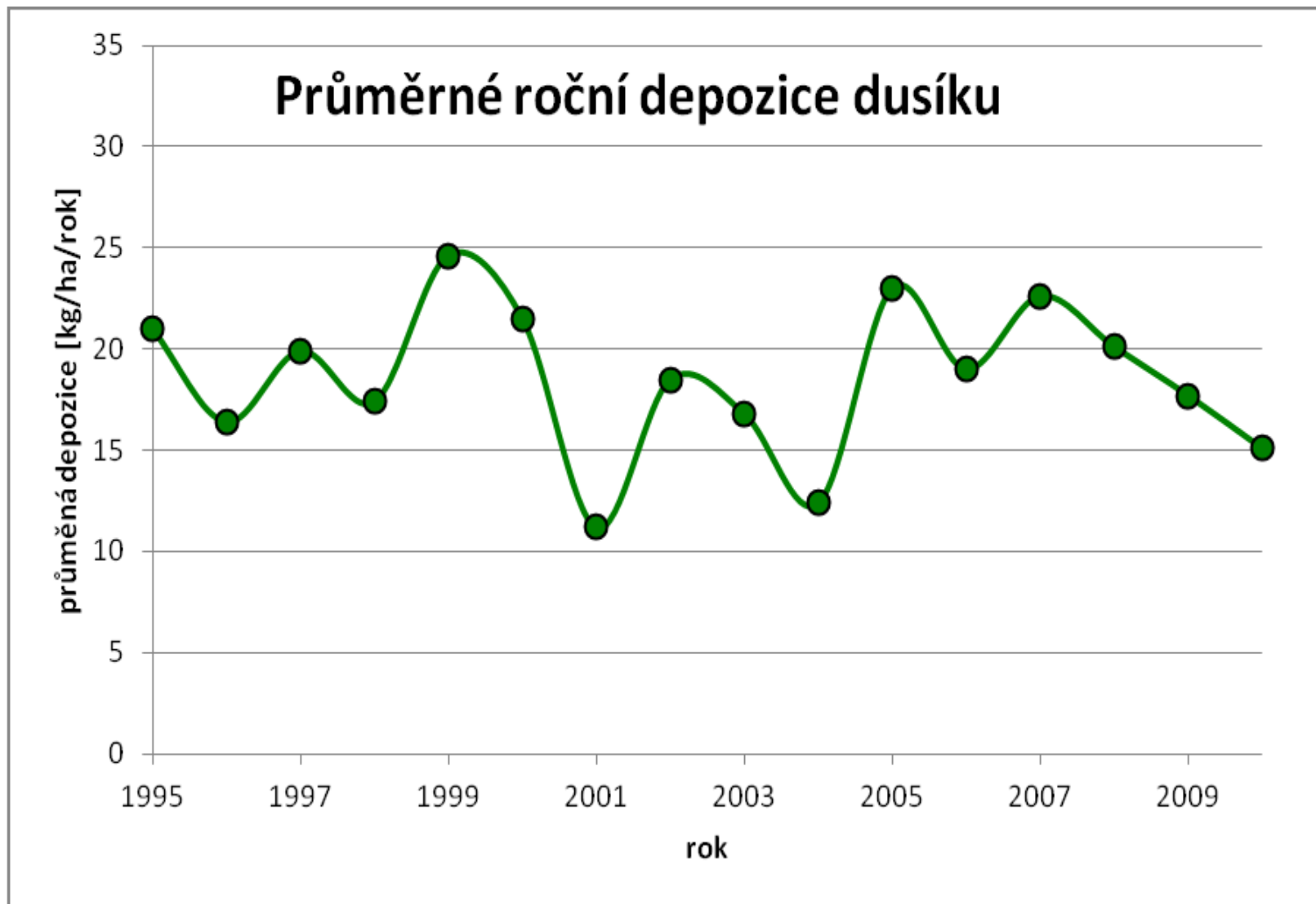


Model kritické zátěže dusíku

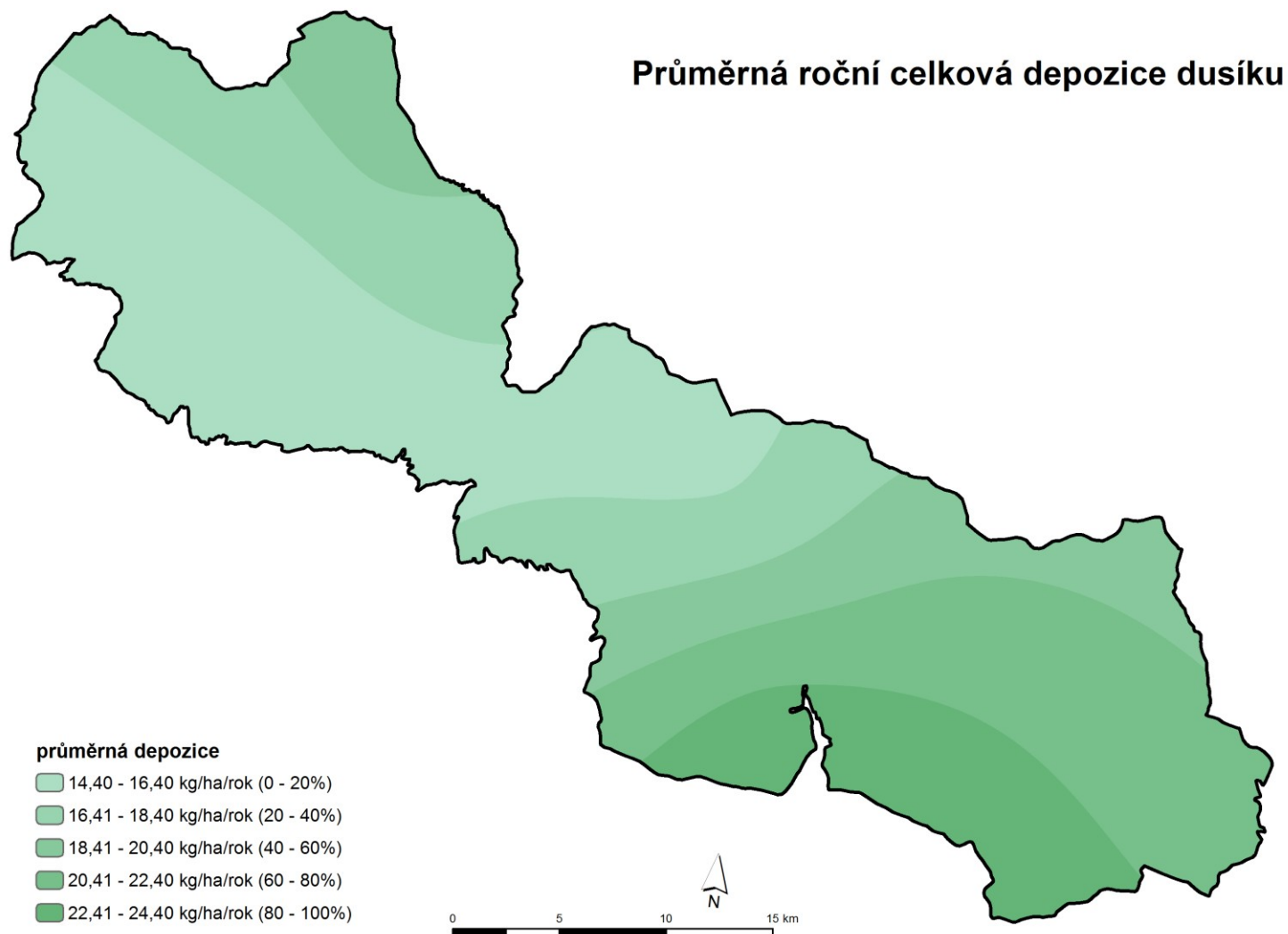
Základní parametry modelu:

- depozice dusíku**
- imobilizace dusíku v půdě**
- spotřeba dusíku vegetací**
- denitrifikační faktor**

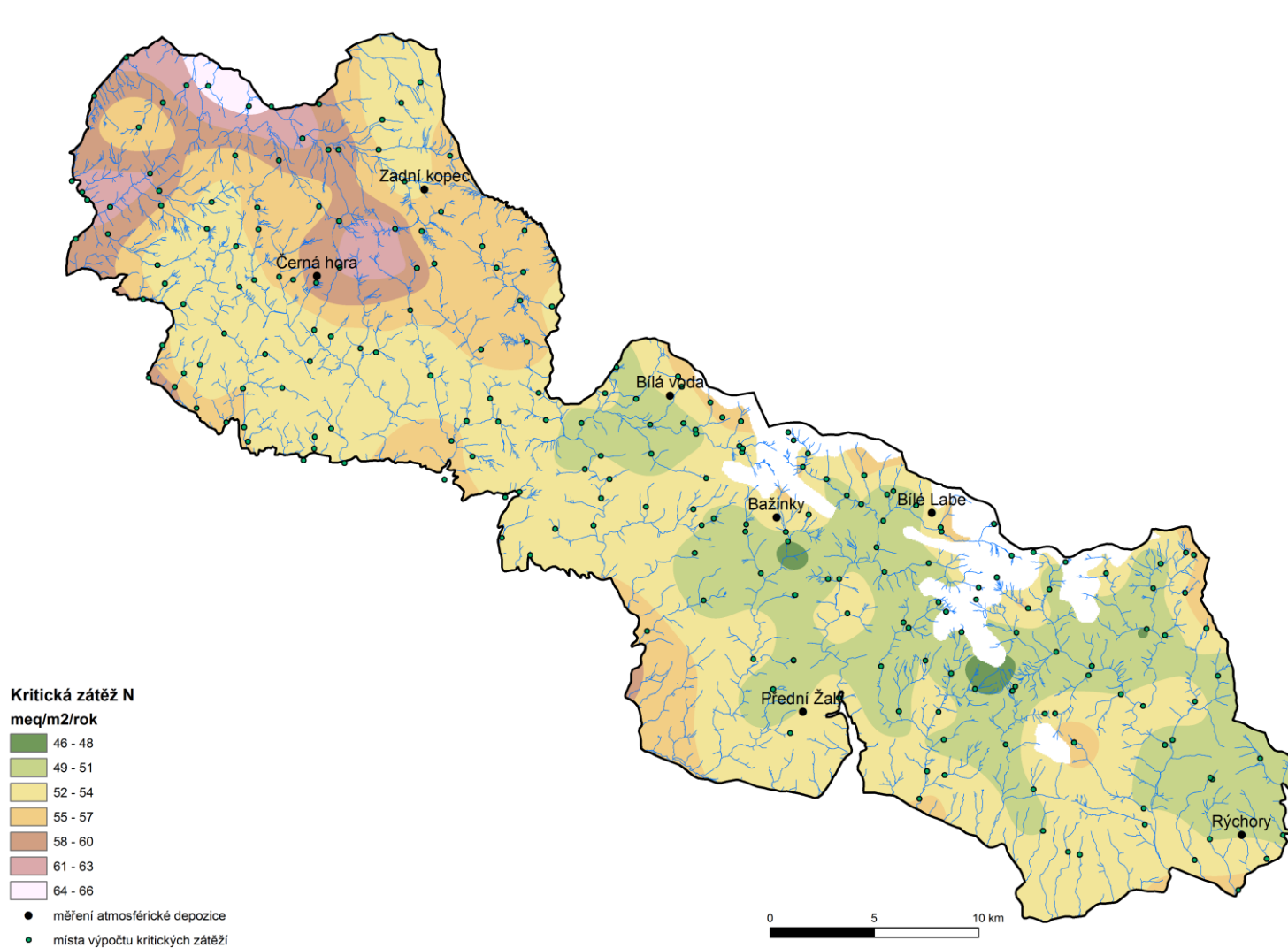
Vývoj depozice dusíku v letech 1995 - 2010



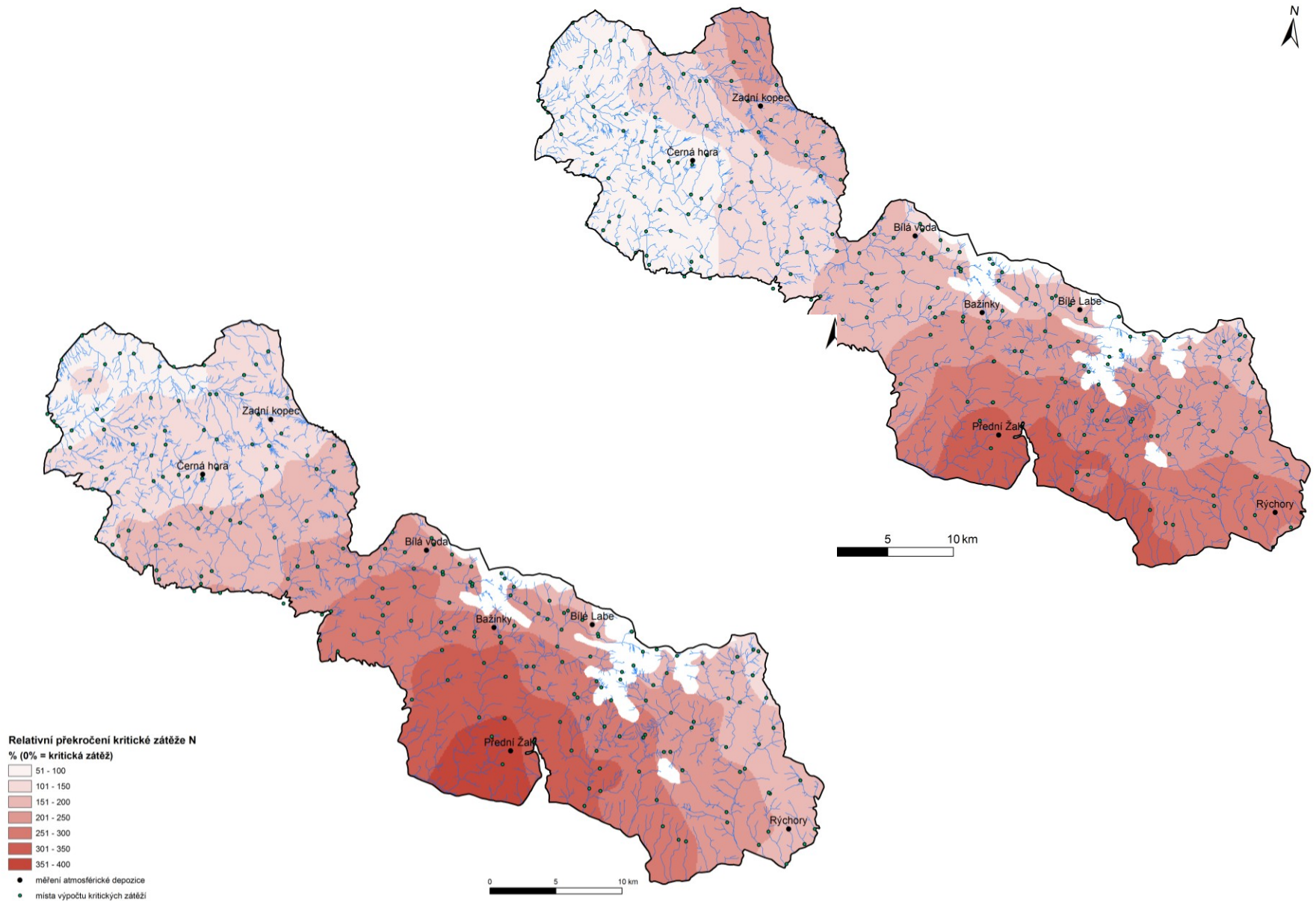
Průměrná depozice N v letech 1995 - 2010



Kritická zátěž dusíku



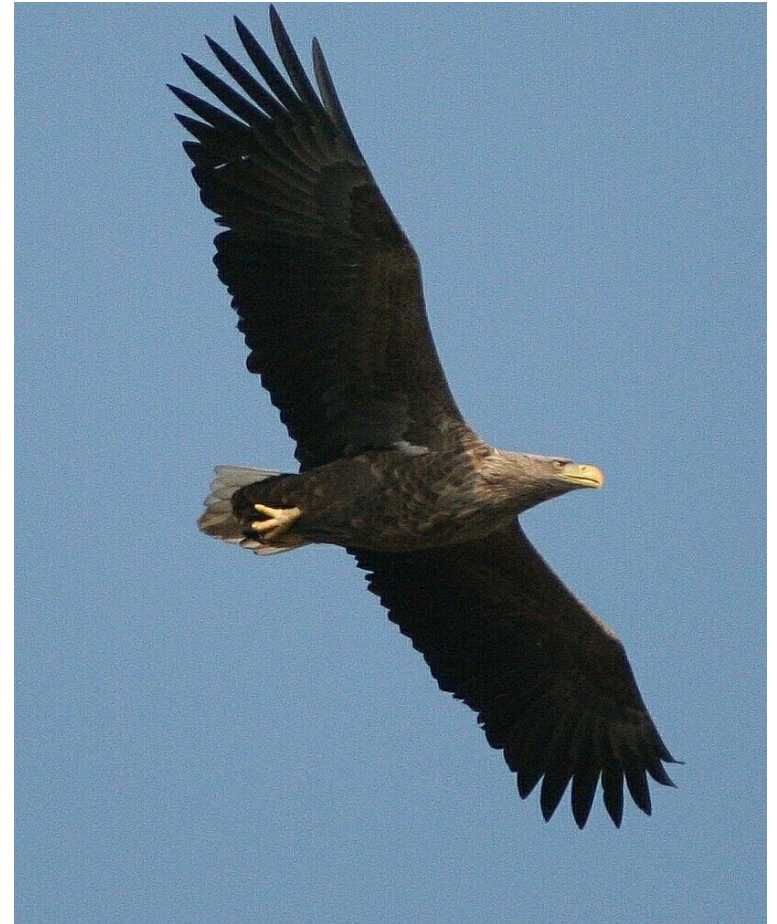
Překročení kritické zátěže N (%) 1995 a 2010



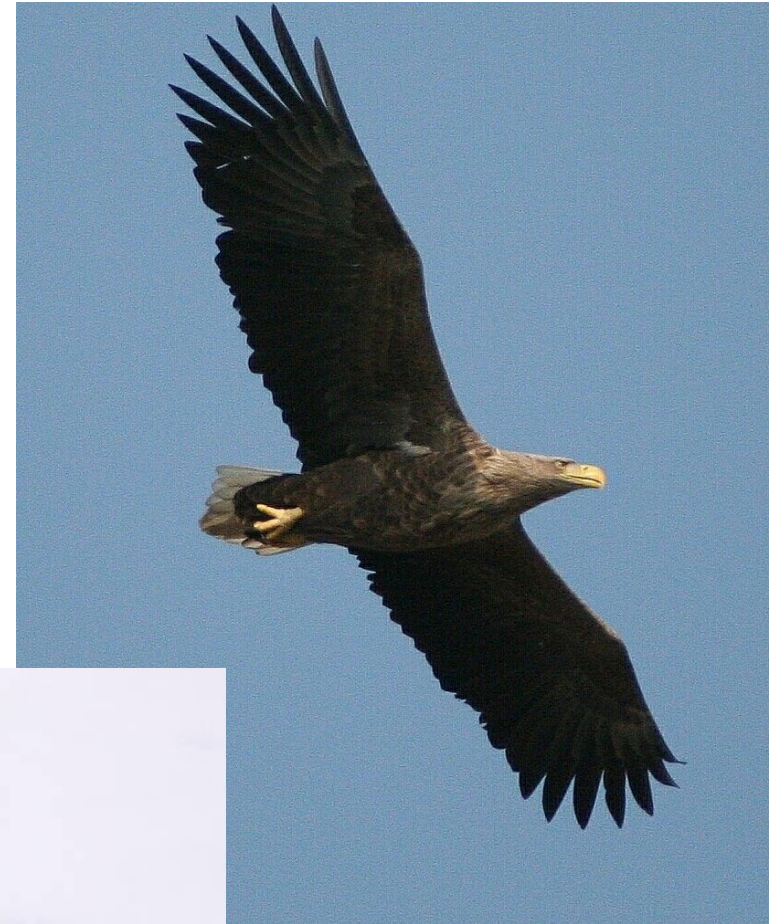
10.4. METODY HODNOCENÍ ÚČINKU

VZTAH DÁVKA X ÚČINEK

Orel mořský a karbofuran



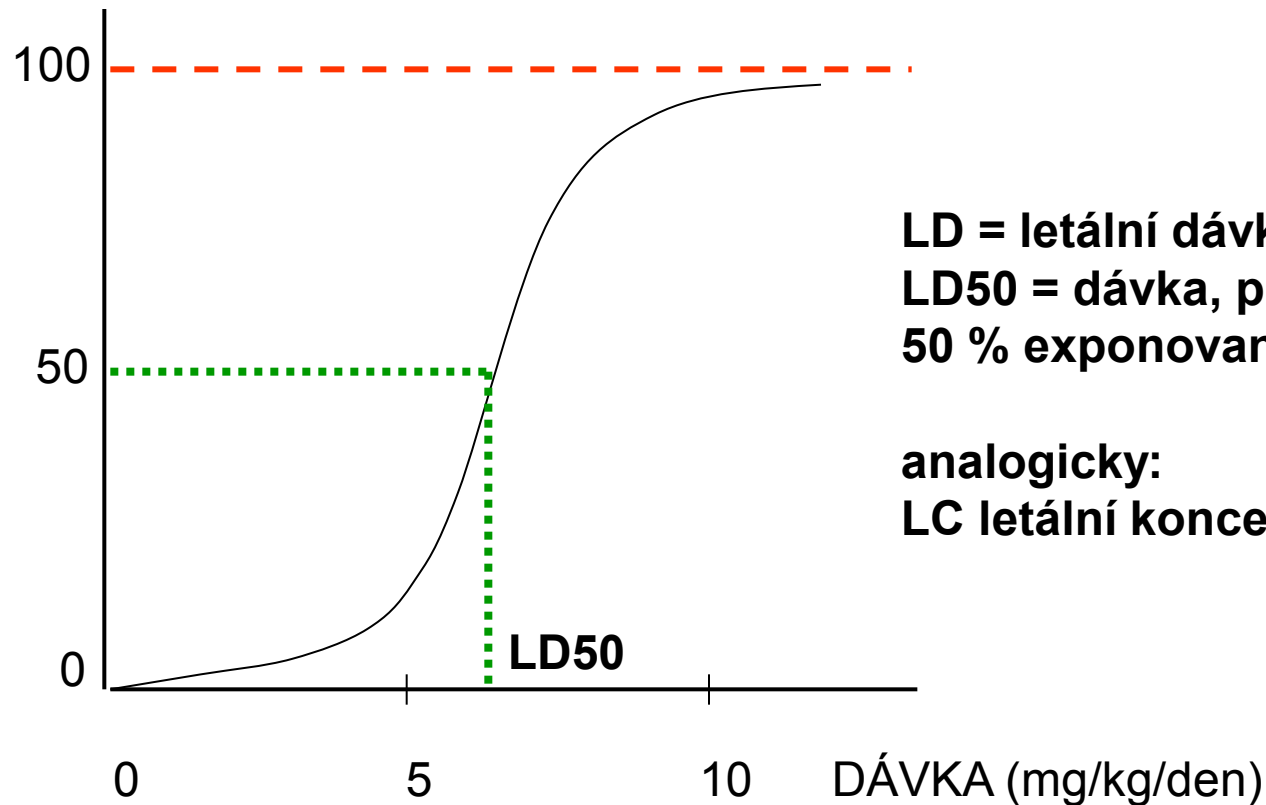
Orel mořský a karbofuran



Křivka dávka - odpověď

Základní metodický přístup – vyhodnocení křivek dávka - odpověď

KUMULATIVNÍ
ÚČINEK (%)



LD = letální dávka
LD50 = dávka, při které uhyne
50 % exponovaných jedinců

analogicky:
LC letální koncentrace

Křivka dávka - odpověď

Další pojmy:

EC – efektivní koncentrace

NOEL No-observed-effect level

NOAEL No-observed-adverse-effect-level

LOEC Lowest-observable effect-concentration

KLASIFIKACE METOD HODNOCENÍ ÚČINKU

Klasifikace metod hodnocení účinku

- ekotoxikologické testy
- baterie testů
- mikrokosmy
- transplantační pokusy
- mesokosmy a polní studie
- terénní studie

Roste proveditelnost
a reprodukovatelnost



Roste ekologická
relevantnost



EKOTOXIKOLOGICKÉ TESTY

Kurare

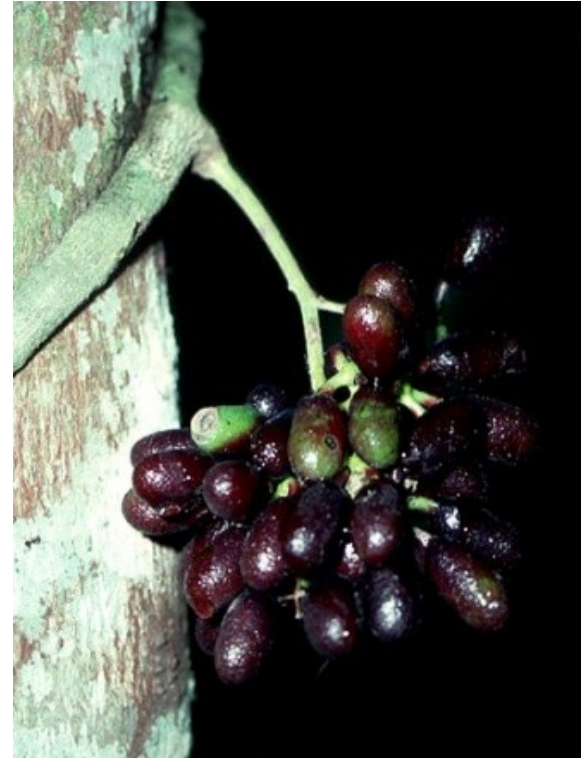
Albert Vojtěch Frič (1882 – 1944)

ZOO Lešná u Zlína, Neotropická oblast



**Vynikající český botanik,
etnograf a cestovatel**

Šípový jed kurare



Řada receptur, mezi hlavní suroviny pro výrobu patří liána
Chondrodendron plstnatý (Chondrodendron tomentosum)

Mechanismus účinku

Neurotoxický:

- **Blokování přenosu nervového signálu na synapsích**
- **Příčinou smrti je udušení**

Testování účinnosti jedu

Indiáni testovali účinnost jedu na opicích:

- „jed jednoho skoku“ – prvotřídní kvalita
- „jed dvou skoků“ – nižší kvalita, ale přijatelné
- „jed tří skoků“ – podřadná kvalita, nevyhovující



Příklad „testů toxicity“

Růstový test s řasami

Endpoint: růstová rychlost



(Foto Benediktová – EMPLA)

Příklad standardizovaného testu

Řasový test toxicity *ISO 8692 (ČSN EN 28692)*

☐ metoda stanovení toxických účinků sloučenin na růst planktonních sladkovodních řas

Postup:

☐ vzorek je po sterilizaci naočkován zkušebním organismem a potřebnou dobu kultivován

☐ modelové organismy: *Raphidocelis subcapita*, *Chlorella kessleri*, *Scenedesmus subspicatus*, *S. quadricauda*, *Chlamydomonas reinhardtii*

☐ testuje se koncentrační řada zkoumané látky a inokulum

☐ inhibice se měří jako snížení růstu nebo růstové rychlosti v poměru ke kontrolní kultuře za stejných podmínek

☐ s použitím probitové analýzy se stanoví hodnota EC_{50}

Testy trofie

Endpoint: růstová rychlost

Hodnotí se potenciál vody k eutrofizaci



Test se žížalami

Endpoint: mortalita, reprodukční cyklus



(Foto: Hofman, RECETOX)

Test s chvostokoky

Endpoint: mortalita



(Foto Benediktová – EMPLA)

Test s hořčicí bílou

Endpoint: klíčivost semen, růst kořene



(Foto Benediktová – EMPLA)

Test s perloočkami

Endpoint: imobilizace (mortalita)



(Foto Benediktová – EMPLA)



Žábřenožka

Neziderské jezero - Rakousko



Významná ornitologická lokalita

Neziderské jezero



Husa divoká (*Anser anser*)

Neziderské jezero



Volavka bílá (*Egretta alba*)

Neziderské jezero



Slaniska – přirozený biotop slanomilných žábřonožek

Neziderské jezero



Slaniska – přirozený biotop slanomilných žábřonožek

**Žábřonožka
slanisková
(*Artemia salina*)**

Kmen: Členovci
Podkmen: Korýši
Třída: Žábřonožci
Řád: Žábřonožky

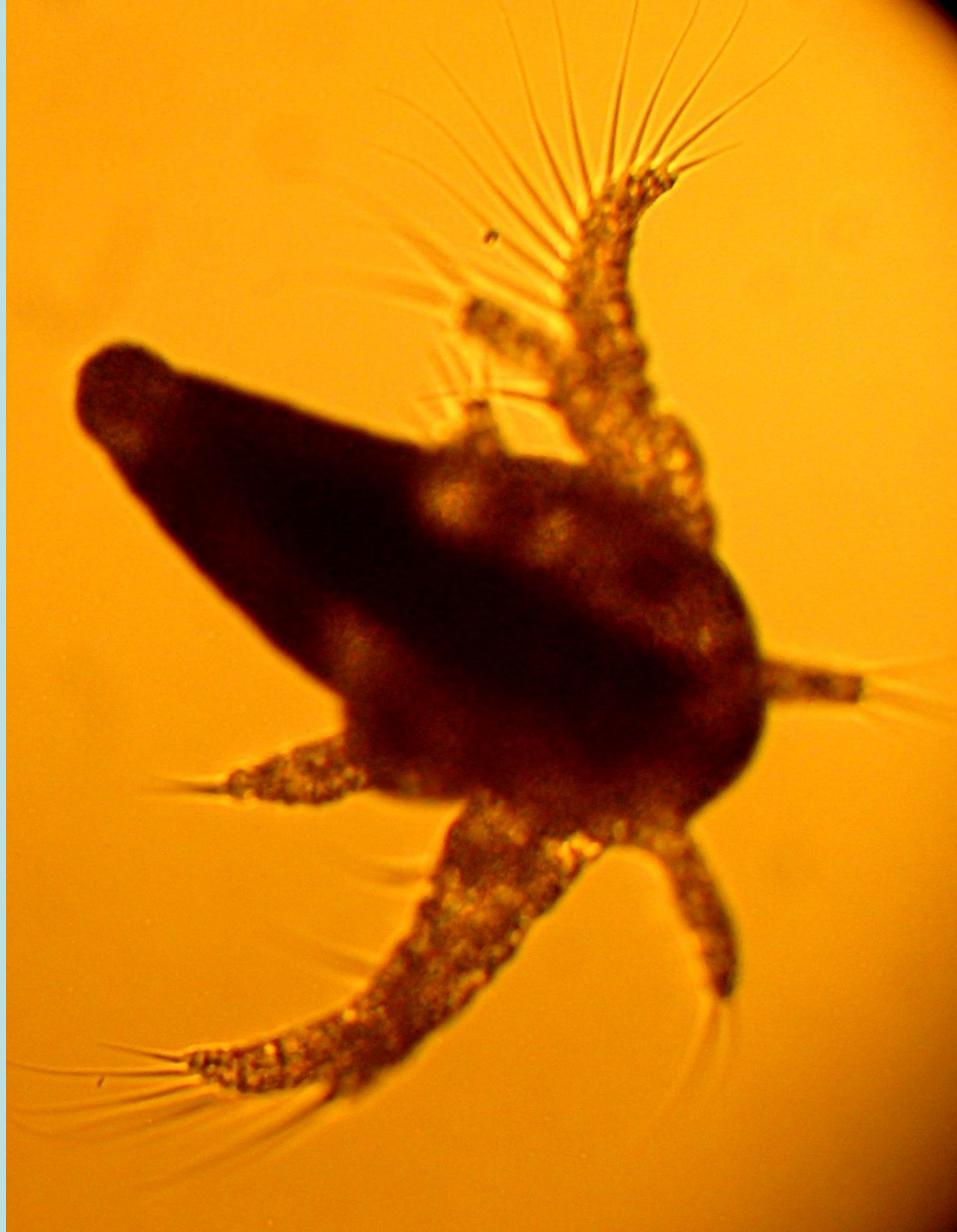
Foto Kateřina Benediktová



**Žábřonožka
slanisková
(*Artemia salina*)**

- velikost 1 – 1,5 cm
- snáší salinitu až 20 %
- vyschlá vajíčka přežijí i 10 let

Foto Kateřina Benediktová



BATERIE TESTŮ

Baterie testů

Baterie jednotlivých testů sestavená podle typu studie:

- potravní řetězec: producenti – konzumenti – destruenti**
- typy prostředí: voda, sedimenty, souš, půda**

MIKROKOSMY

Mikrokosmy

- ❑ voda – akvária
- ❑ půda – půdní jádro (někdy včetně povrchové vegetace)

TRANSPLANTAČNÍ POKUSY

Transplantační pokusy

Toxikant – reálný

Biosystém – modelový

Experimenty v přírodních podmínkách

- přenesení organismů do prostředí s různou kontaminací
- př. rostliny v květináčích – vliv ozonu (tabák)

MESOKOSMY

Mesokosmy, polní studie

- reálné podmínky, včetně klimatu
- malé vodní nádrže
- pokusná pole

TERÉNNÍ STUDIE

Terénní studie

Toxikant – reálný

Biosystém – reálný

Analýza v přírodních podmínkách

sledování vlivu toxikantů v reálných podmínkách

- chemické analýzy toxikantů v různém prostředí
- vyhodnocení odpovídajících reakcí biosystémů

zvláštním význam mají bioindikační metody

Sledování výskytu

Modelové organismy:

- mykorhitické houby
- lišejníky
- svařtělka javorová



Sledování zdravotního stavu

Modelové organismy:

- hraboš polní
- zajíc polní

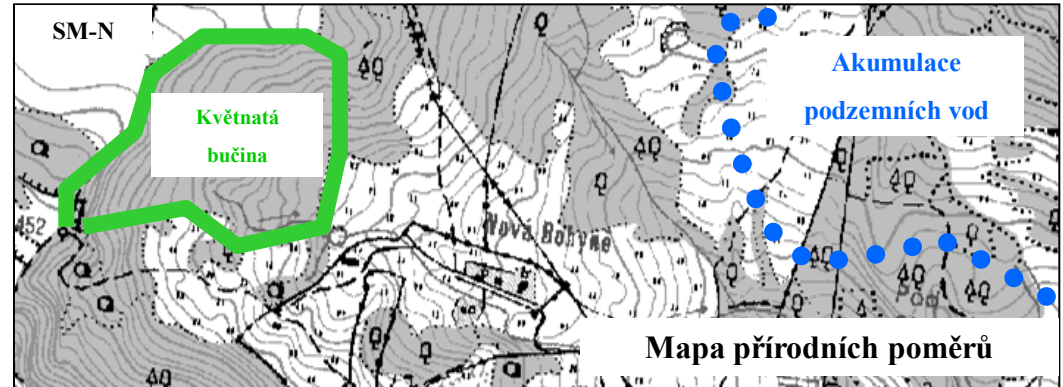


Plánování terénních studií

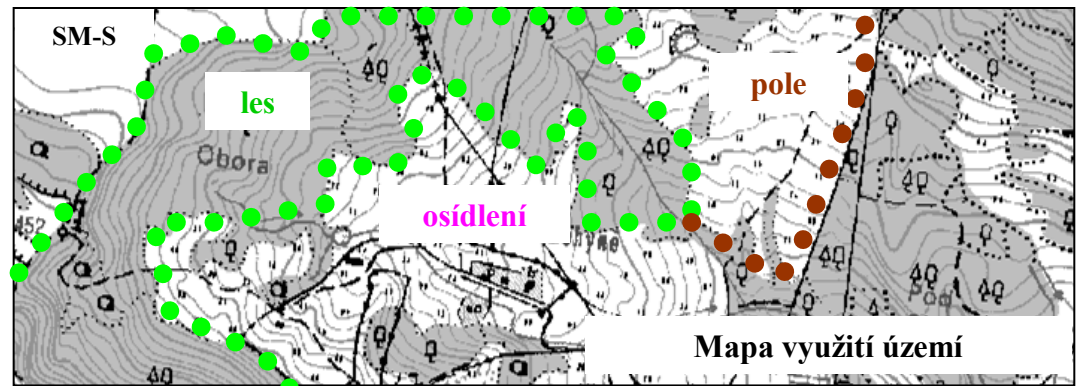
- analýza území
- odhad potenciálů území
- návrh vzorkovacího plánu

Analýza území

**Přírodní subsystém
(N)**

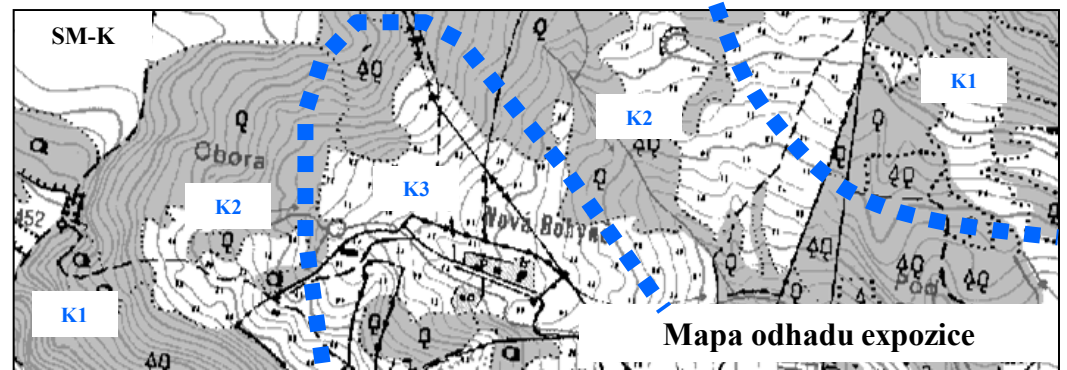


**Ekonomický
subsystém (S)**

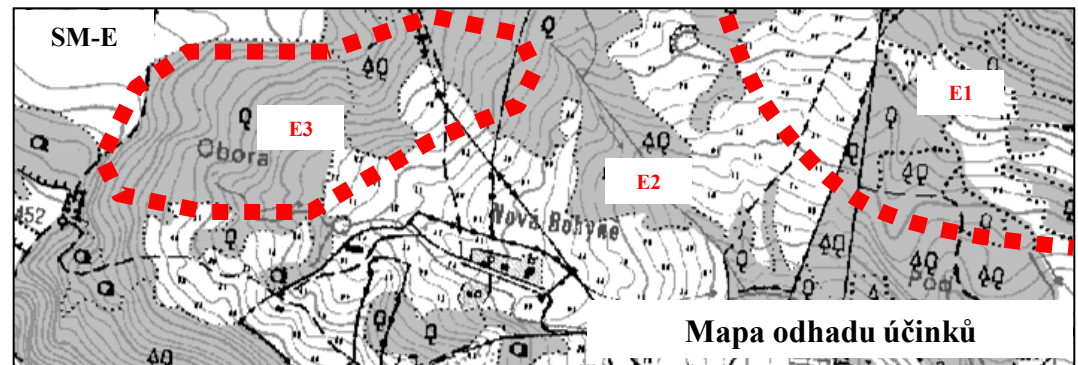


Odhad potenciálů území

Odhad expozice (K)

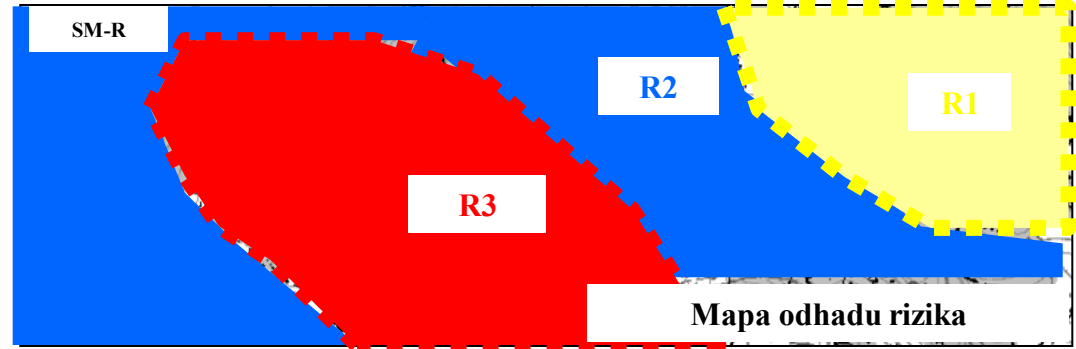


Odhad účinků (E)

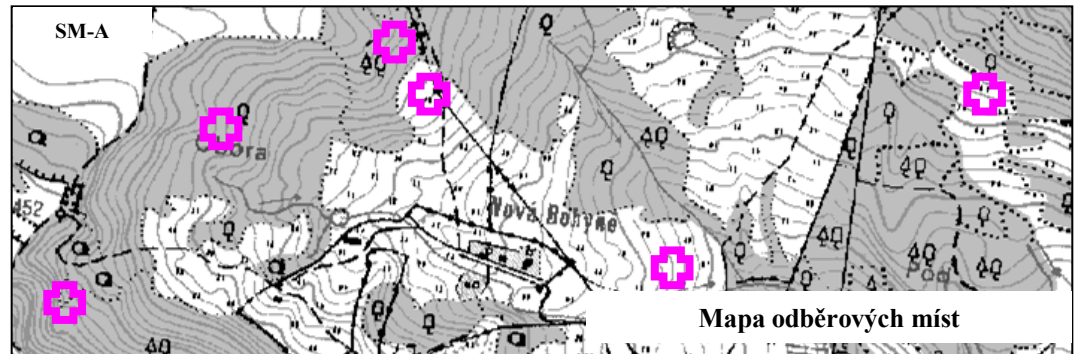


Vzorkovací plán

CHARAKTERIZACE RIZIKA



VZORKOVACÍ PLÁN



PŘÍPADOVÁ STUDIE LIŠEJNÍKY

LIŠEJNÍKY

=

**MODELOVÉ ORGANISMY
PRO HODNOCENÍ IMISNÍ ZÁTĚŽE**

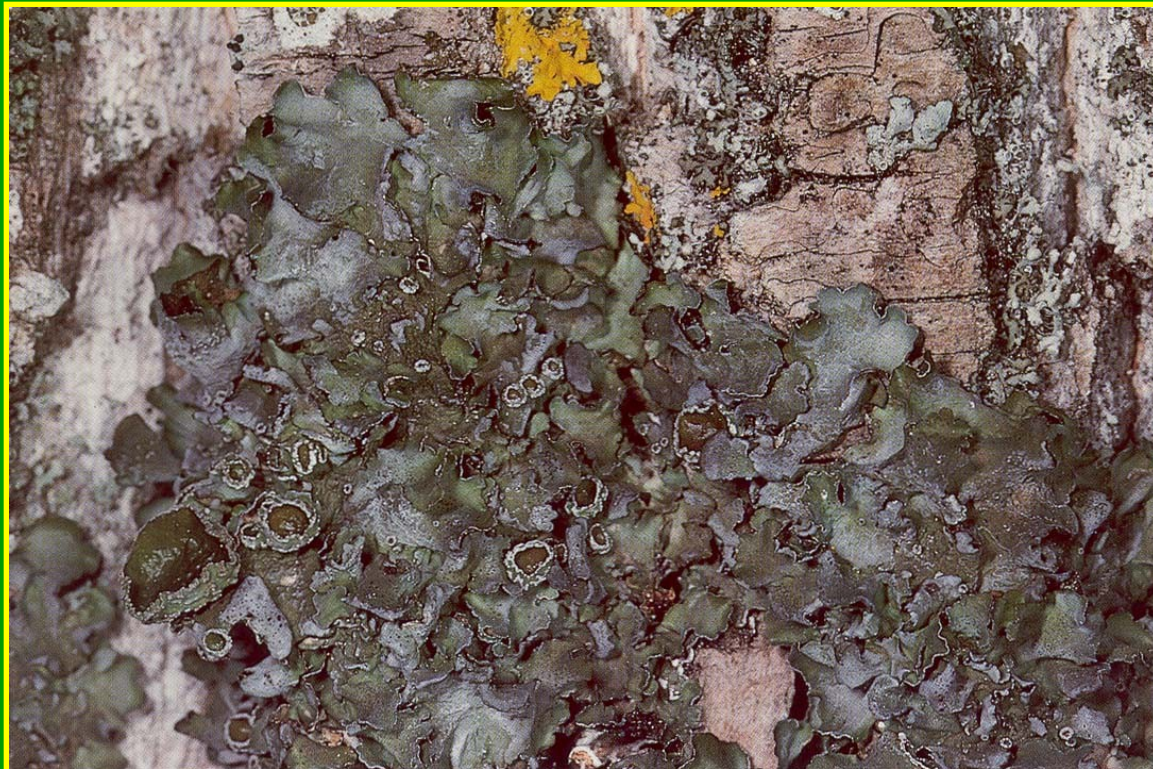




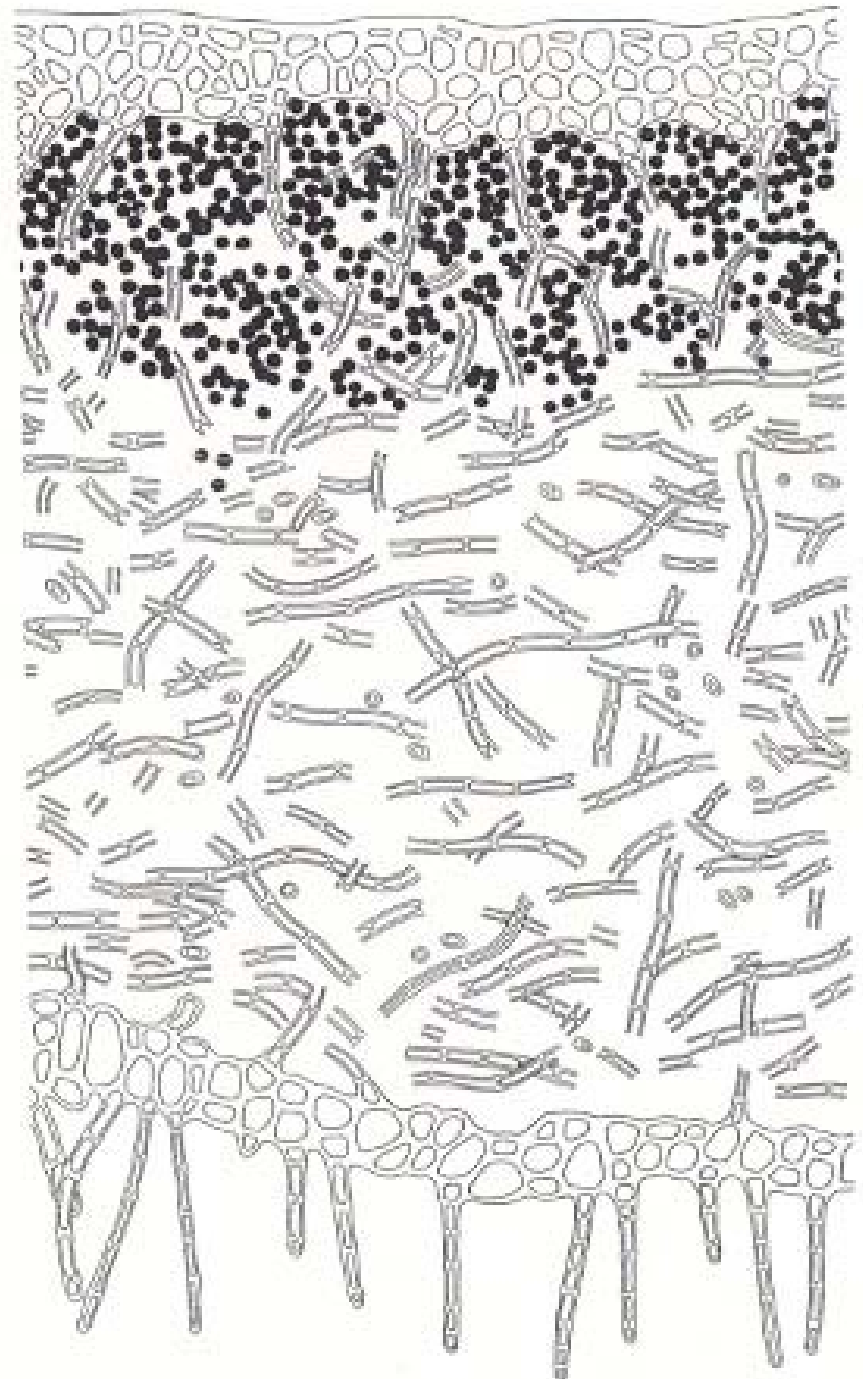


CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO ORGANISMU

fykobiont + mykobiont



Průřez stélkou



PŘÍČINY CITLIVOSTI K IMISÍM

- (1) Zvýšený přístup imisí**
- (2) Anatomická stavba stélky**
- (3) Vodní režim**
- (4) Intenzita metabolismu**
- (5) Symbiotická podstata lišejníků**

(1) Zvýšený přístup imisí



PŘEDMĚT LIŠEJNÍKOVÉ ANALÝZY

= integrace imisní zátěže

- a) látková
- b) koncentrační
- c) časová



HLAVNÍ METODICKÉ POSTUPY

- 1) Metody fyziologické
- 2) Metody morfologicko – anatomické
- 3) Metody floristické – chorologické
- 4) Metody fytocenologické
- 5) Metody chemicko-analytické

1) Metody fyziologické

- (a) pokles intenzity fotosyntézy, dýchání a čisté produkce,
- (b) snížení obsahu chlorofylu a přítomnost feofytinu,
- (c) stanovení pH a vodivosti lišejníkové stélky,
- (d) redukce fosfatázové aktivity,
- (e) metabolismus aminokyselin.

2) Metody morfologicko - anatomické

VITALITA

- 1,0 stélky normálně vyvinuté
- 0,8 stélky zakrnělé, případně mírně poškozené
- 0,6 stélky s výraznými stopami poškození
- 0,4 stélky z velké části odumřelé
- 0,2 stélky zcela odumřelé

Parmelia sulcata



3) Metody floristické – chorologické

- mapování rozšíření indikačních druhů
- stupnice citlivosti indikačních druhů



**Lecanora
conizaeoides**



Hypogymnia physodes



Parmelia exasperulata



Parmelia caperata



Pseudevernia furfuracea



Ramalina fraxinea



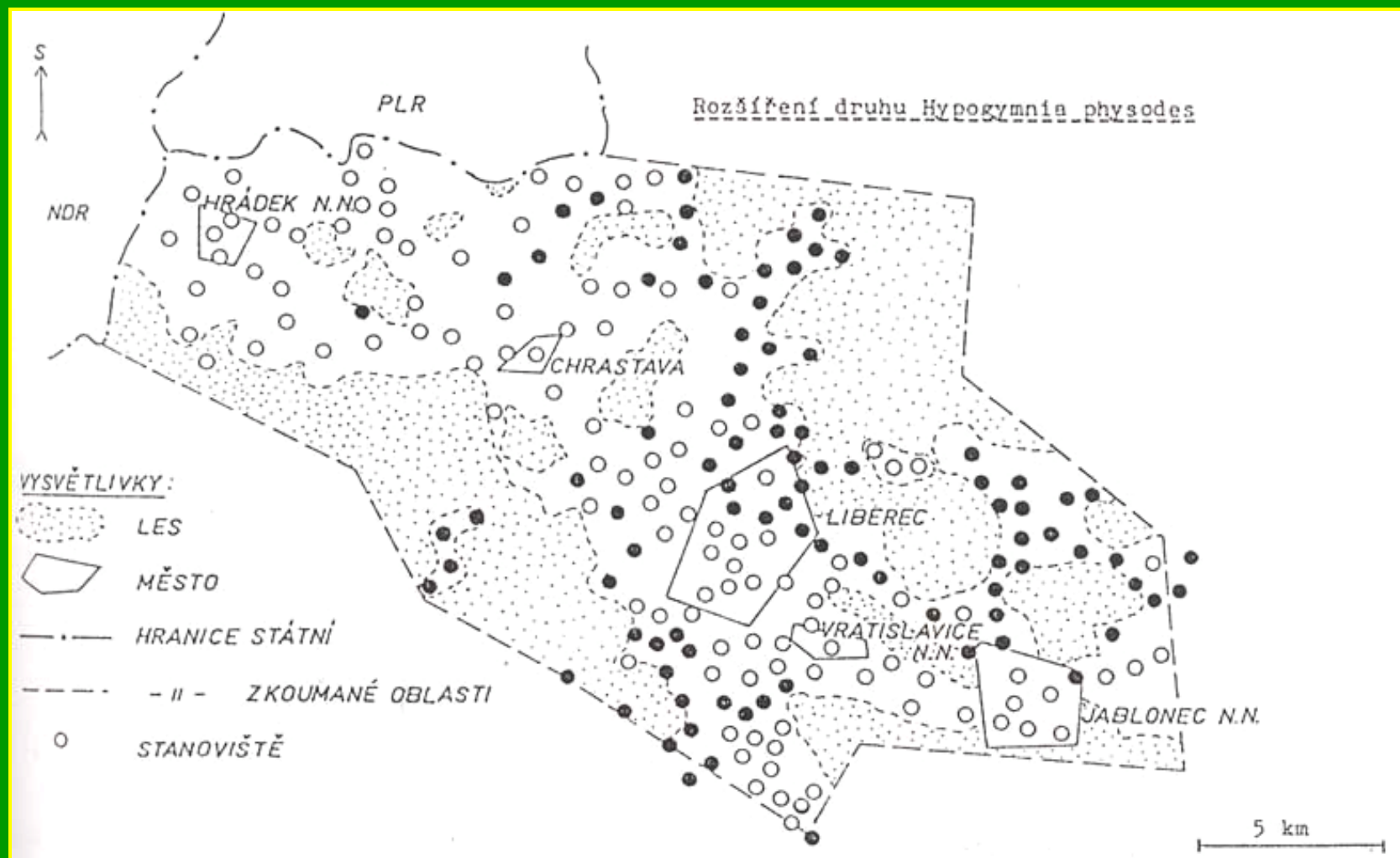
Usnea sp.



Skupina	Citlivost k imisím	Druh
I	silně toxitolerantní	Lecanora conizaeoides
		Lepraria sp.
II	málo citlivé	Bacidia chlorococca
		Lecidea scalaris
		Hypogymnia physodes
III	středně citlivé	Lecanora subfusca sp. agg.
		Parmelia sulcata
		Parmelia saxatilis
		Parmeliopsis ambigua
		Parmelia exasperatula
		Plastismatia glauca
IV	velmi citlivé	Parmeliopsis hyperopta
		Cetraria chlorophylla
		Lecanora varia
		Pseudoevernia furfuracea
		Evernia prunastri
		Ramalina farinacea

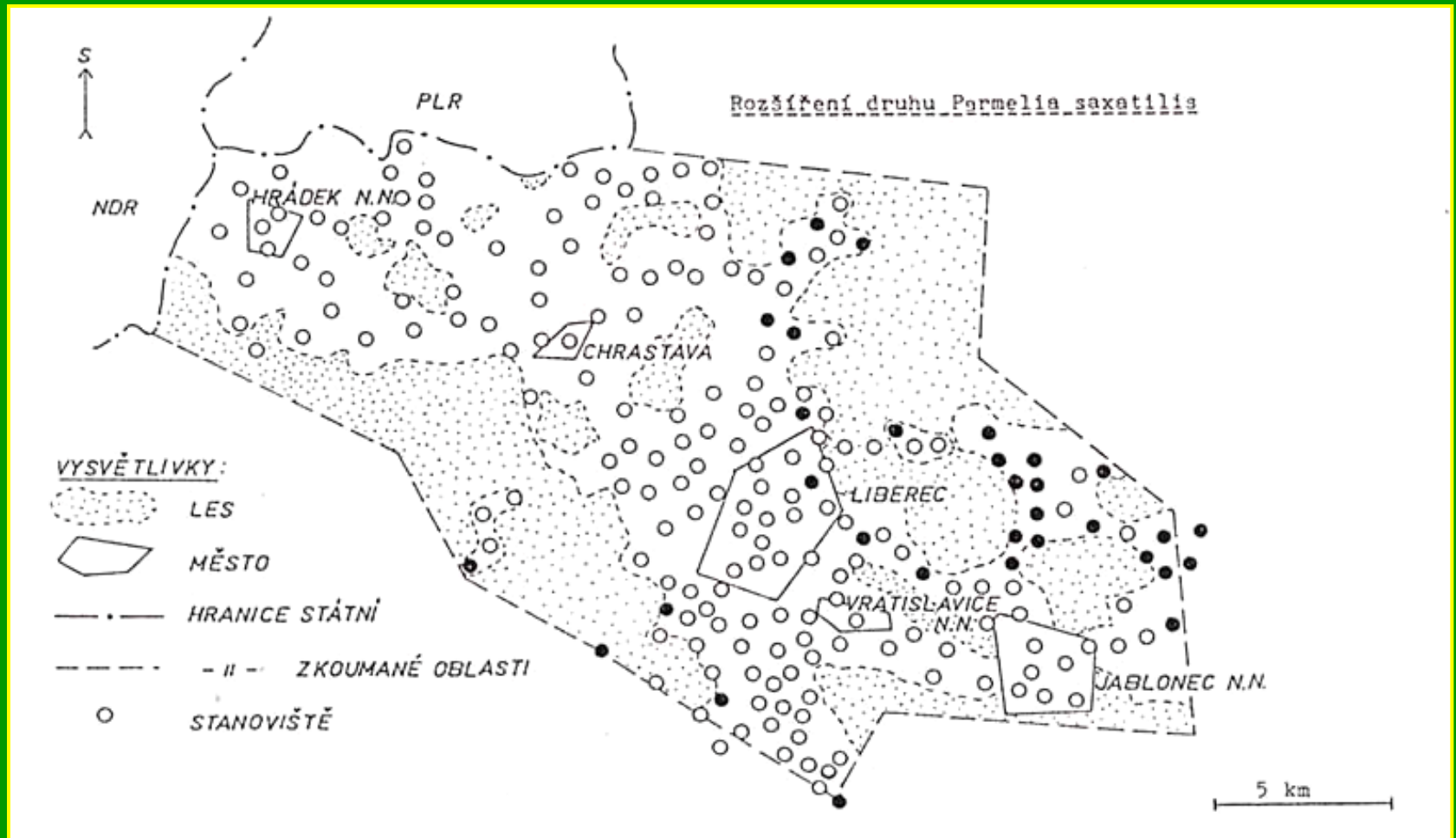
Rozšíření druhů v Liberecké kotlině

Hypogymnia physodes - značně toxitolerantní druh



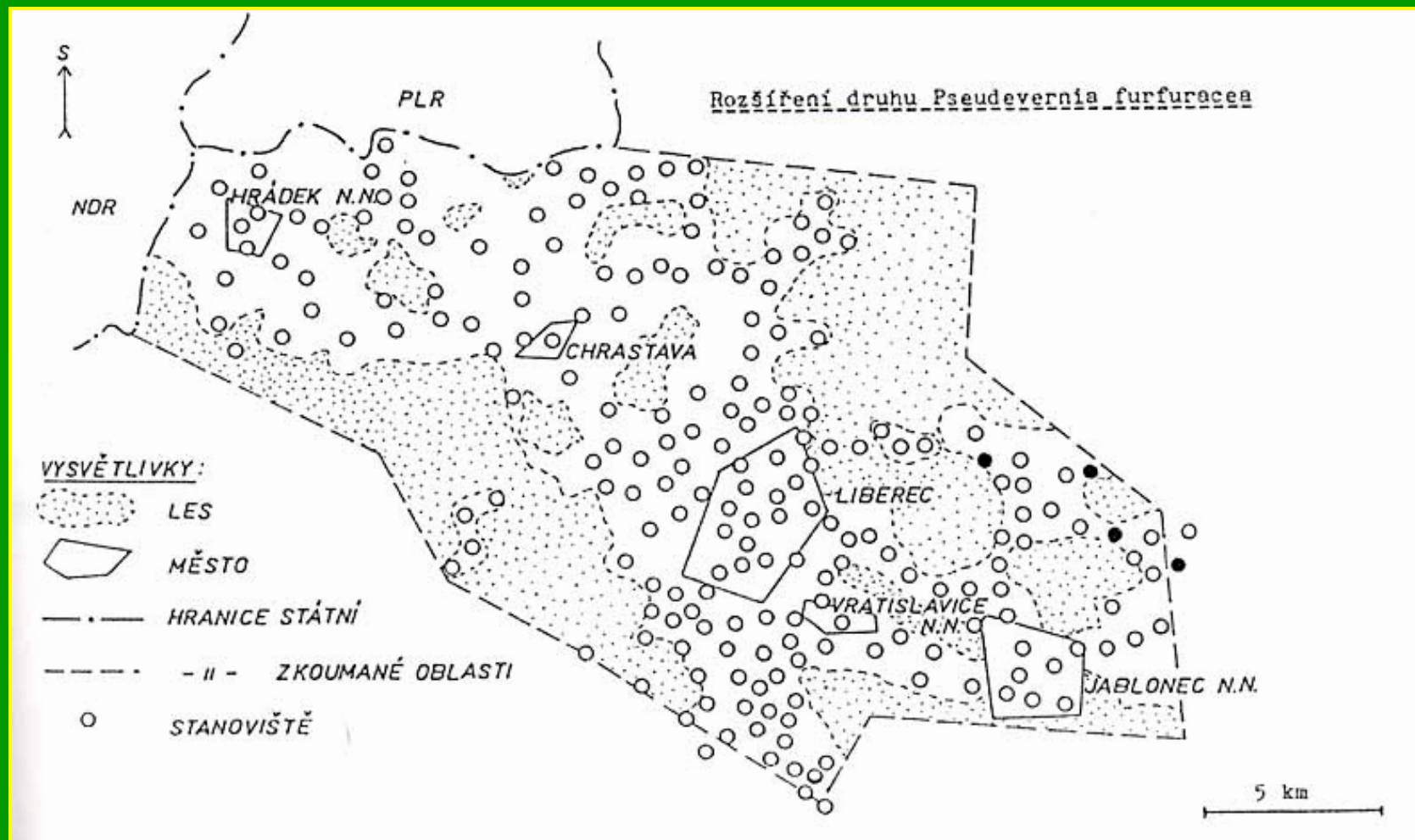
Rozšíření indikačních druhů v Liberecké kotlině

Parmelia saxatilis – středně citlivý druh



Rozšíření indikačních druhů v Liberecké kotlině

Pseudevernia furfuracea - velmi citlivý druh



4) Metody fytoocenologické

výpočty syntetických indexů



(a) index IAP (Index of Atmospheric Purity)

$$\text{IAP} = \frac{\sum_1^n (Q \cdot f)}{10}$$

n - celkový počet nalezených druhů lišejníků na daném stromě

Q - ekologický index každého druhu lišejníku, udávající průměrný počet doprovodných druhů na všech stanovištích, kde se nacházel

f - hodnota abundance nebo frekvence podle odhadové stupnice

(b) Index L

$$\sum_1^m q \cdot f \cdot v$$

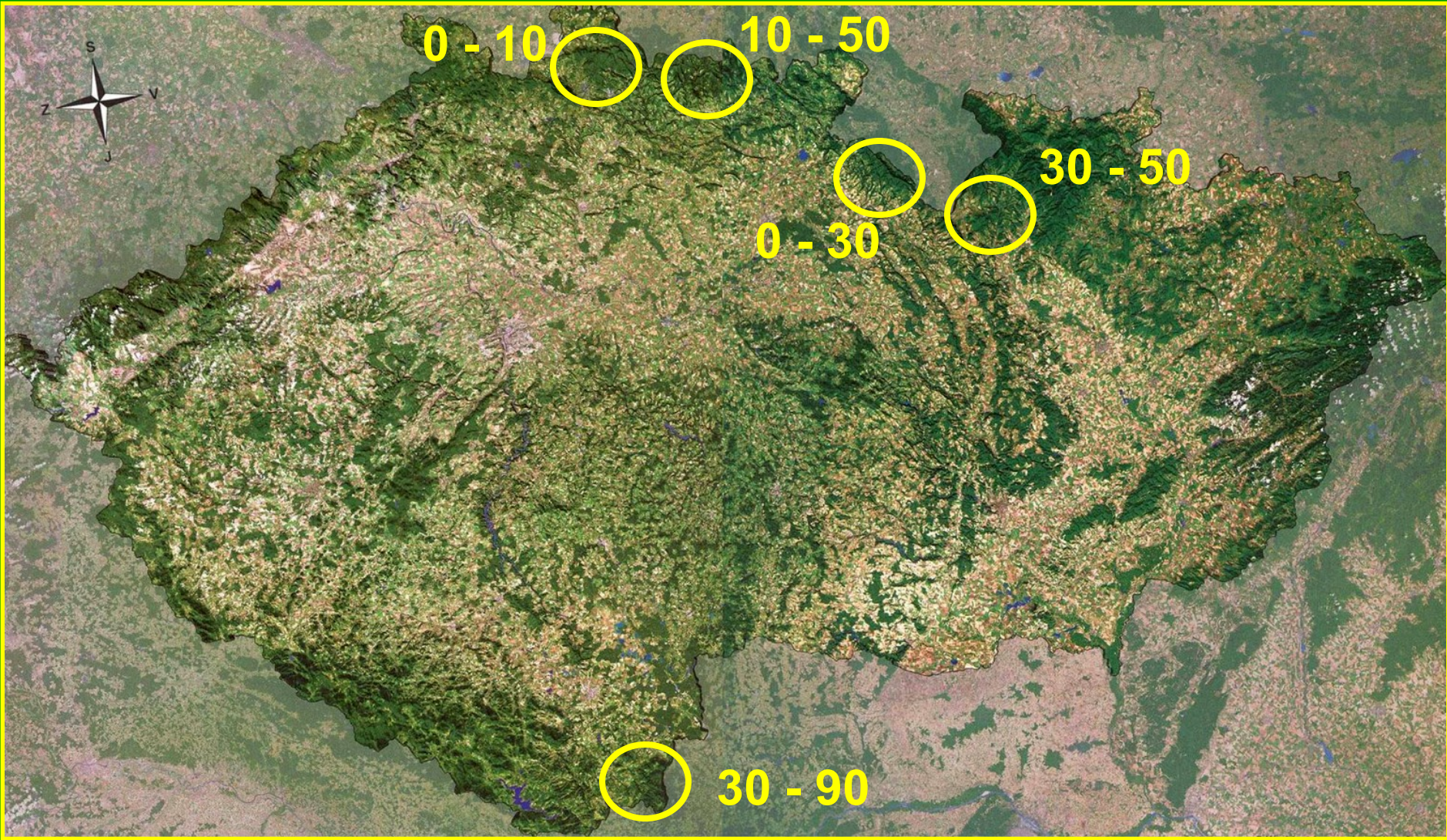
m - počet indikačních druhů nalezených na daném stromě

q - ekologický index citlivosti druhu k imisím
(vyšší q = vyšší citlivost)

f - kvantitativní zastoupení druhu podle odhadové stupnice

v - vitalita druhu podle odhadové stupnice

Index L



c) indikační kapacity



Etapy ústupu:

1. snižování vitality **v**
2. snižování abundance **f**
3. snižování počtu druhů **q**

$$C = \sum_1^m q \cdot f \cdot V$$

m - počet indikačních druhů na daném stromě

q - ekologický index citlivosti každého indikačního druhu k imisím

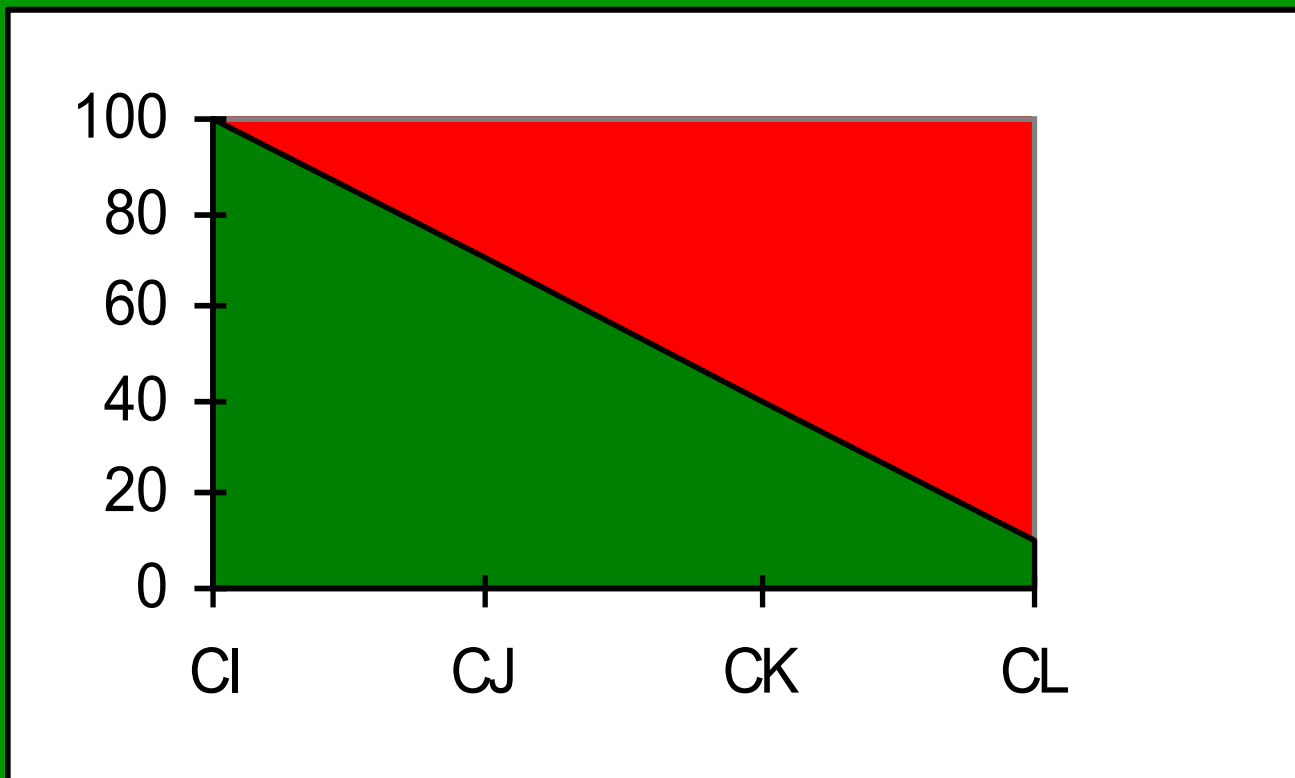
f - hodnota určující kvantitativní zastoupení druhu

v - hodnota určující vitalitu druhu

Definice jednotlivých lišejníkových indikačních kapacit

Indikační kapacita	zastoupení druhů (m,q)	abundance	vitalita	charakteristika
		(f)	(v)	
CI	modelové	modelové	modelové	„původní stav bez imisí“, stav bez dlouhodobých vlivů
CJ	reálné	modelové	modelové	stav bez krátko- a střednědobých vlivů
CK	reálné	reálné	modelové	stav bez krátkodobých vlivů
CL	reálné	reálné	reálné	současný stav, CL je totožná s indexem L

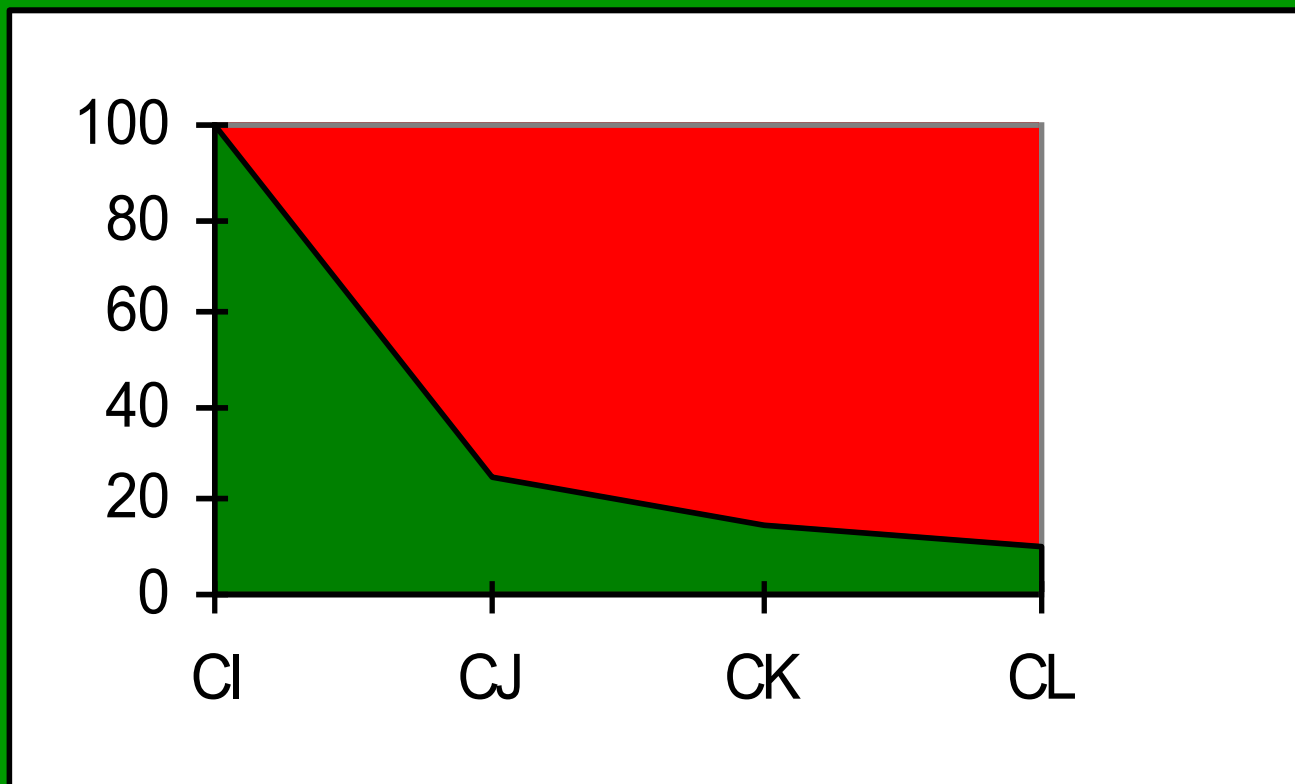
Modelové příklady dynamiky ústupu lišejníků



rovnoměrný ústup

*současný ústup na úrovni druhů, abundance i vitality

Modelové příklady dynamiky ústupu lišejníků

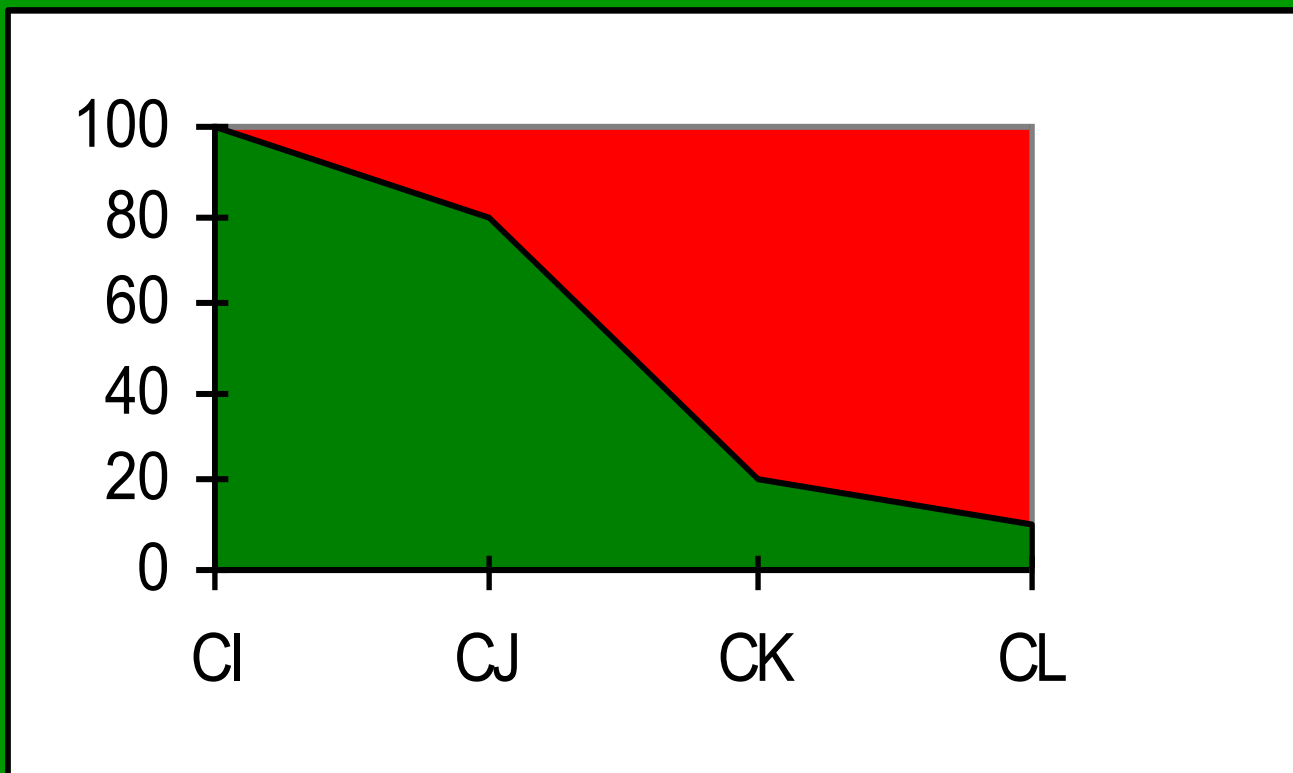


dlouhodobý ústup

*převažuje ústup na úrovni druhů

*předpoklad dlouhodobého působení imisí

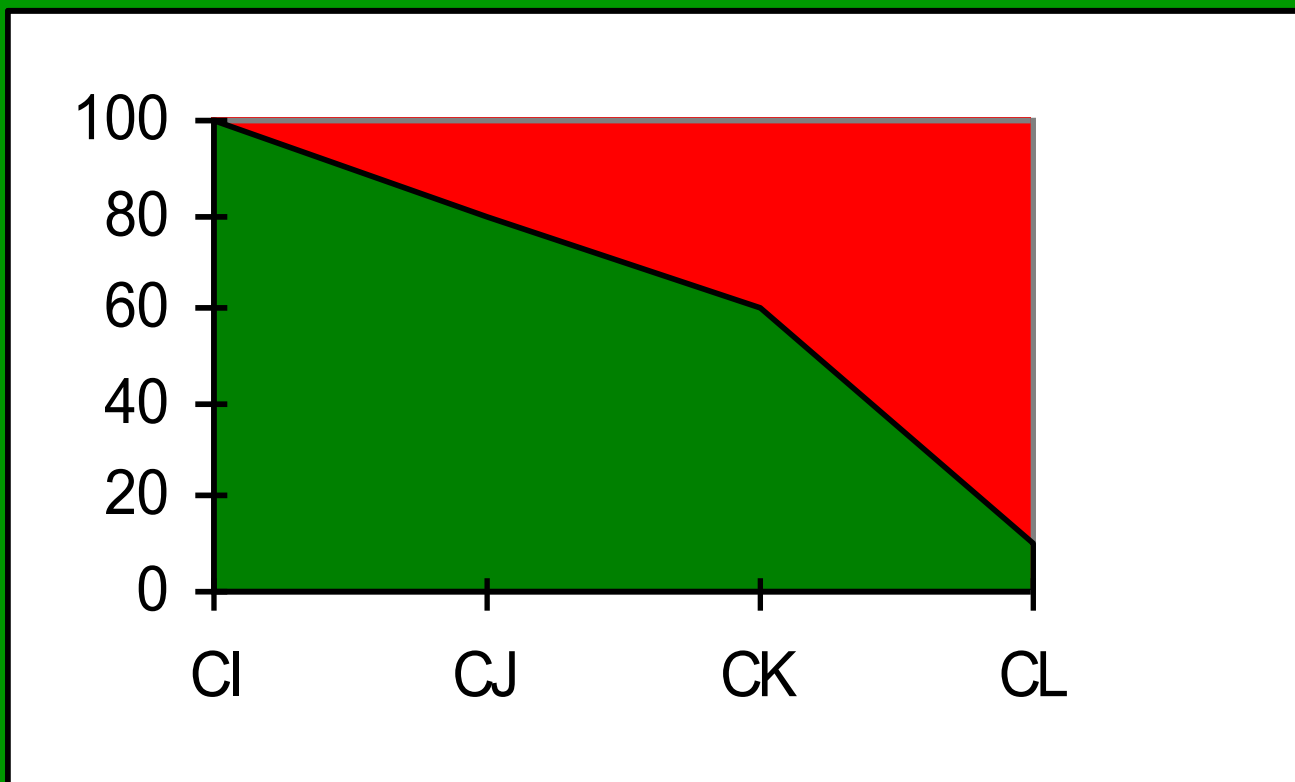
Modelové příklady dynamiky ústupu lišejníků



střednědobý ústup

*převažuje ústup na úrovni abundance

Modelové příklady dynamiky ústupu lišejníků



krátkodobý ústup

*převažuje ústup na úrovni vitality

*předpoklad náhlého zvýšení imisní zátěže v nedávné době

Krkonošský národní park



A detailed topographic map of the Karkonosze National Park region in the Czech Republic. The map shows various towns, roads, and geographical features. Five red dots are placed on the map, each with a corresponding yellow label in Czech. The labels are: 'Zadní Plech' (top left), 'Přední Planina' (center), 'Slunečné údolí' (top right), 'Rýchory' (bottom right), and 'Krkonošský národní park' (center, partially overlapping the 'Přední Planina' label). The map also shows the 'Karkonoski Park Narodowy' and 'Krkonošský národní park' in English.

Zadní Plech

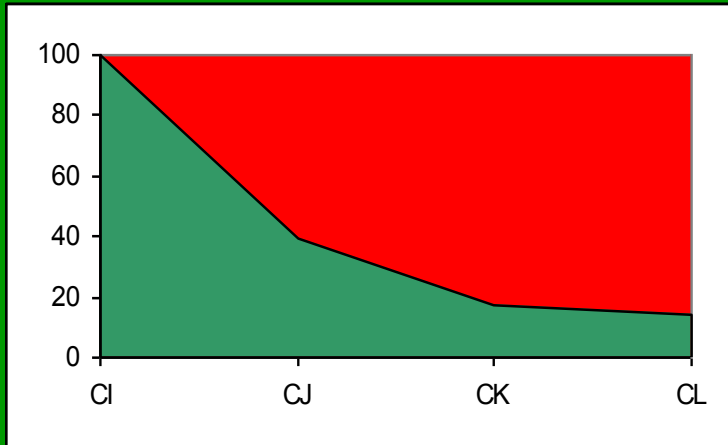
Přední Planina

Slunečné údolí

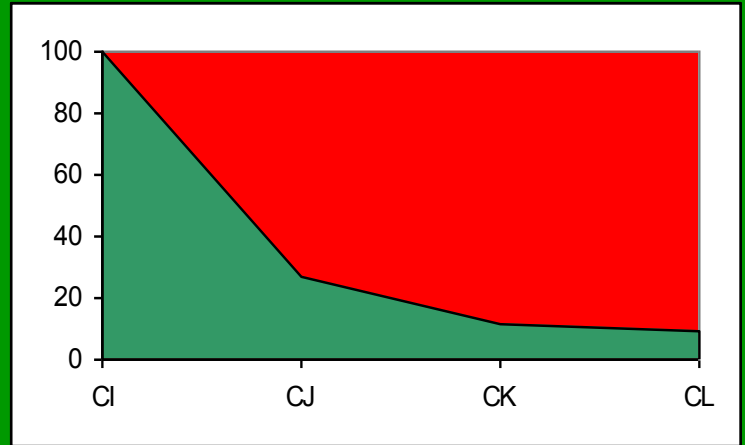
Rýchory

ZADNÍ PLECH

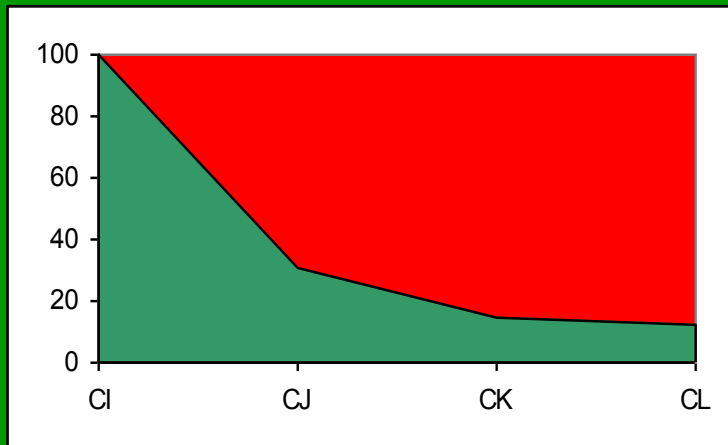
1982



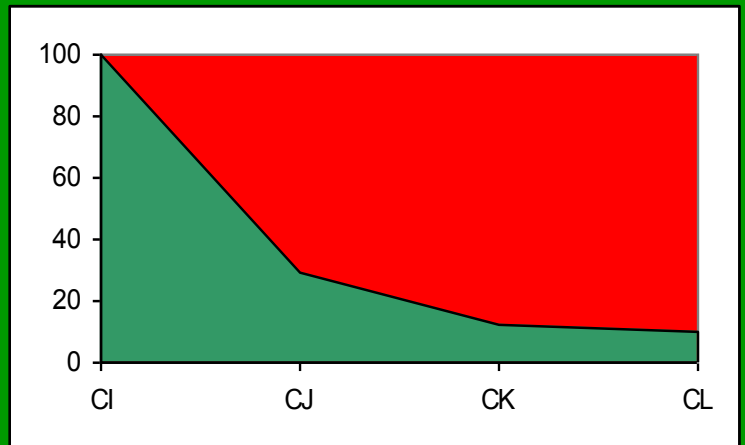
1993



1987

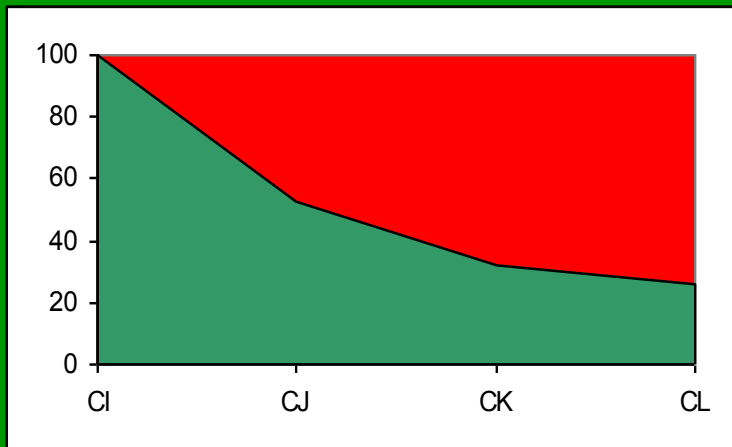


1997

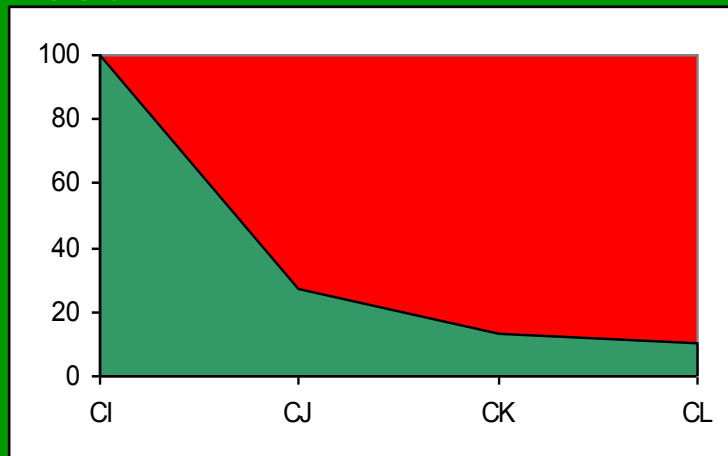


PŘEDNÍ PLANINA

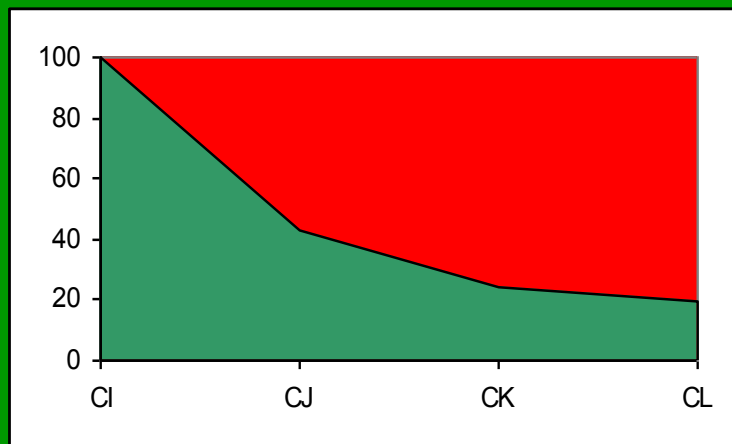
1982



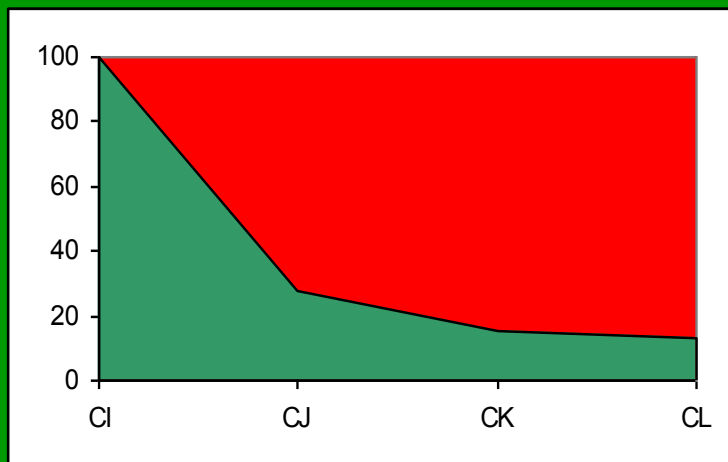
1993



1987

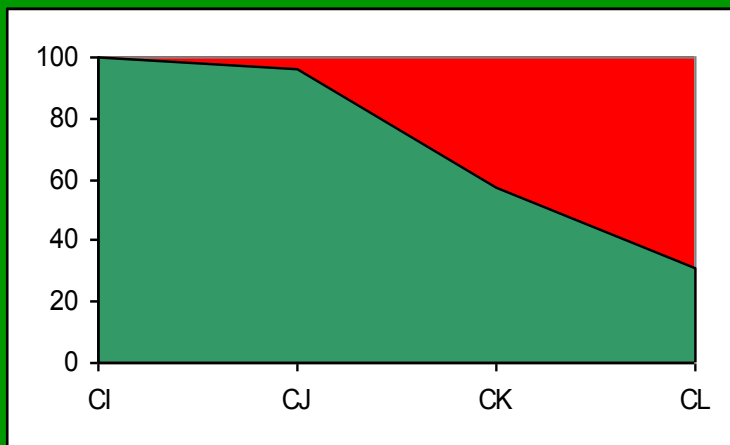


1997

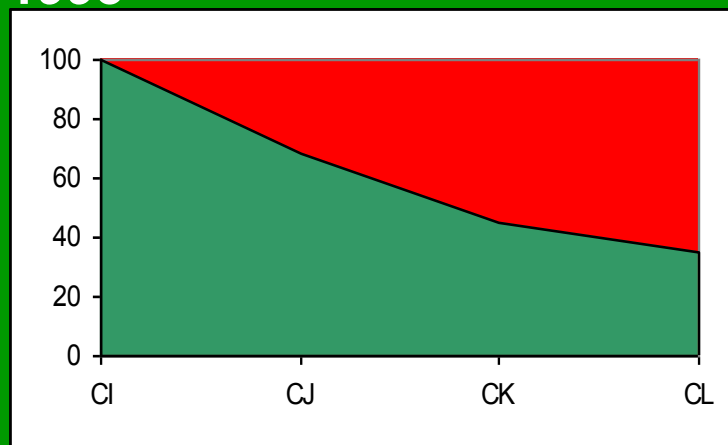


SLUNEČNÉ ÚDOLÍ

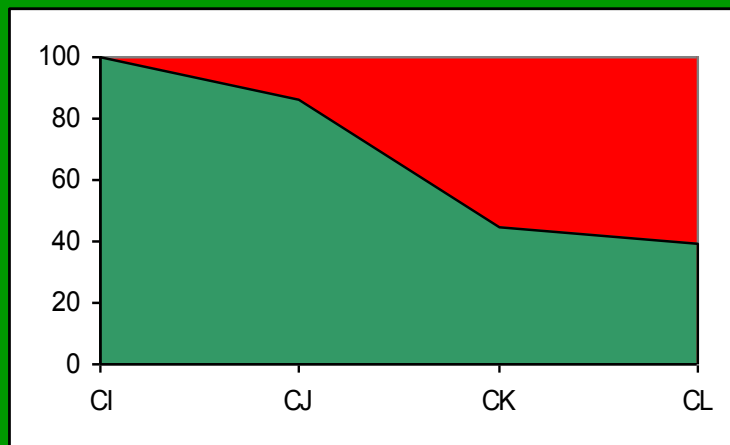
1982



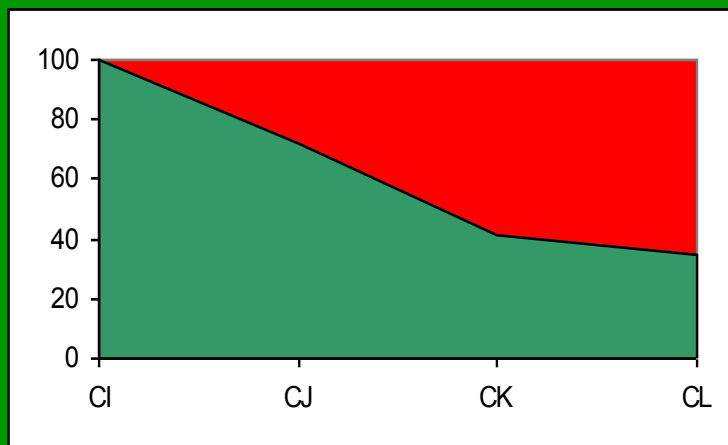
1993



1987

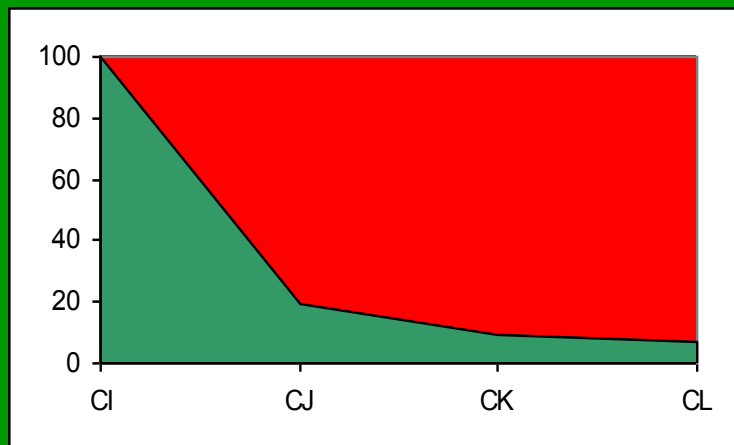


1997



RÝCHORY

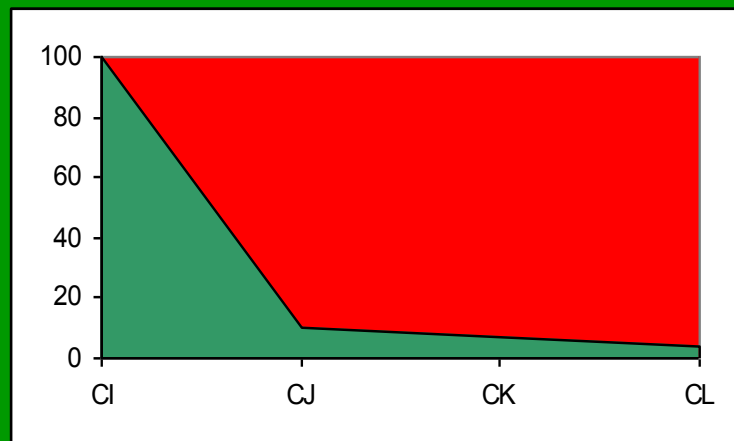
1982



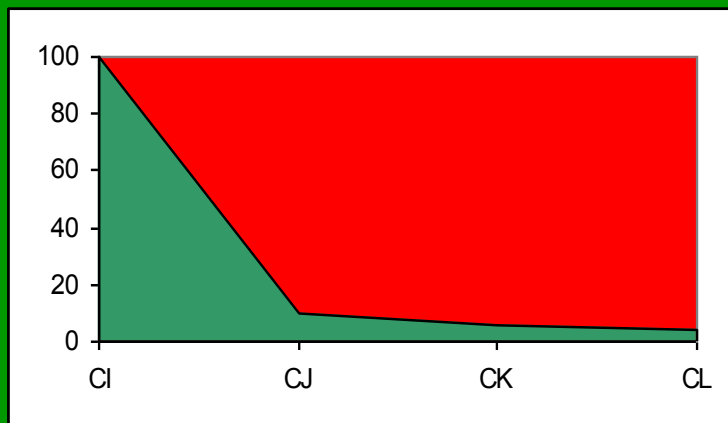
1993



1987



1997

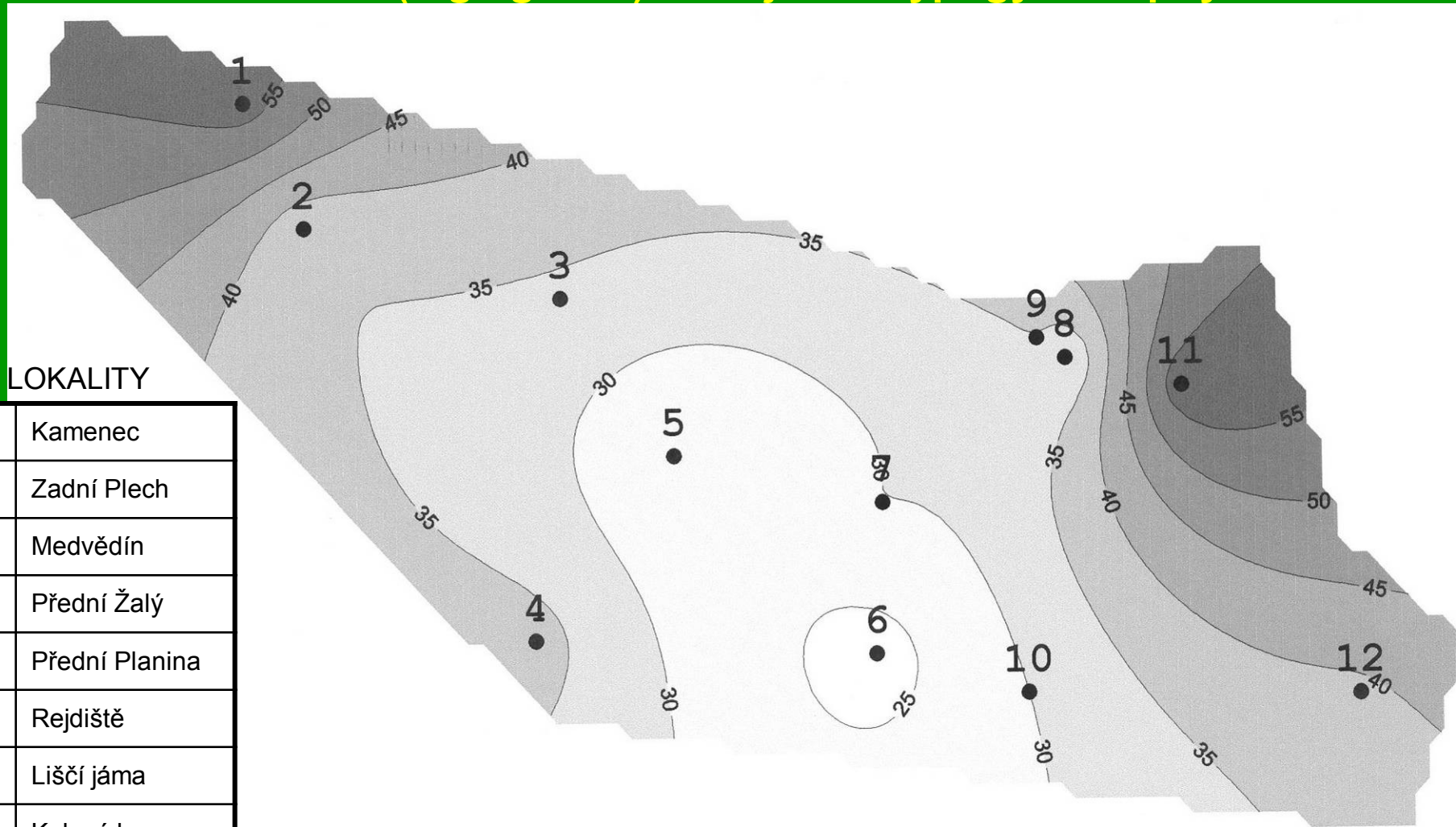


5) Metody chemicko-analytické

lišejníky jako materiál pro chemickou analýzu



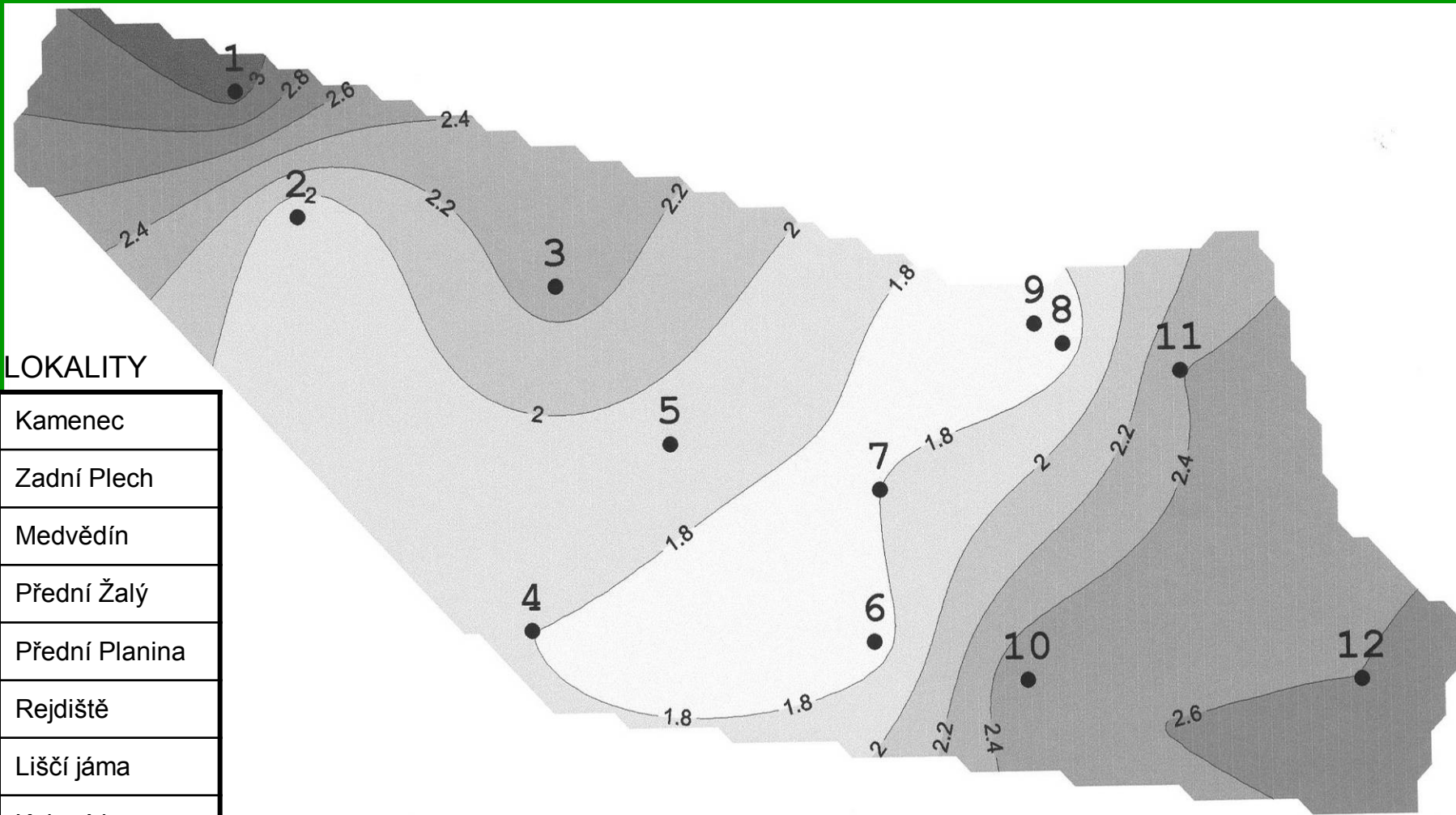
Koncentrace Pb (mg/kg suš.) v lišejníku *Hypogymnia physodes*



LOKALITY

1	Kamenec
2	Zadní Plech
3	Medvědín
4	Přední Žalý
5	Přední Planina
6	Rejdiště
7	Liščí jáma
8	Kulová hora
9	Prostřední hora
10	Černá hora
11	Kraví hora
12	Rýchory

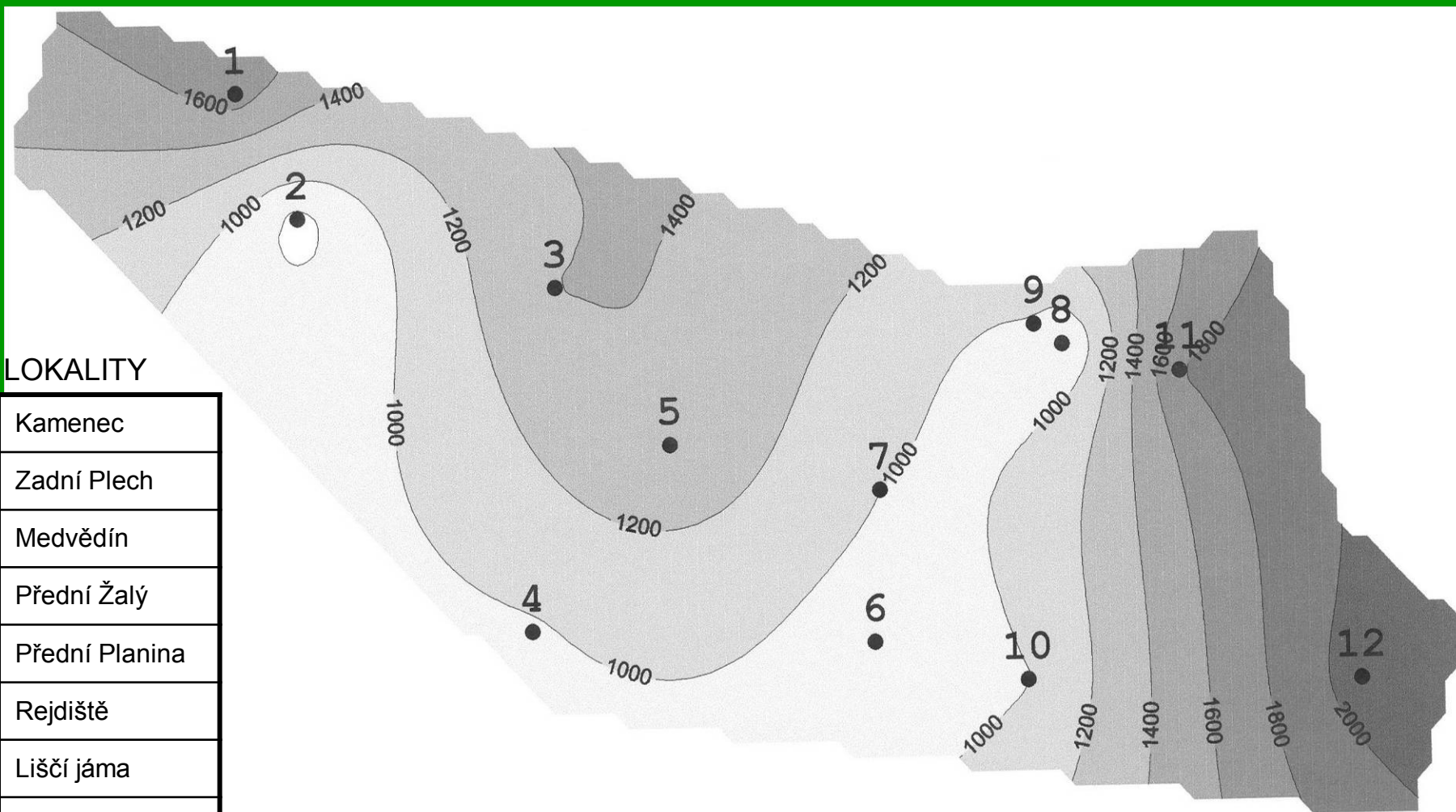
Koncentrace As (mg/kg suš.) v lišejníku *Hypogymnia physodes*



LOKALITY

1	Kamenec
2	Zadní Plech
3	Medvědín
4	Přední Žalý
5	Přední Planina
6	Rejdiště
7	Liščí jáma
8	Kulová hora
9	Prostřední hora
10	Černá hora
11	Kraví hora
12	Rýchory

Koncentrace Fe (mg/kg suš.) v lišejníku *Hypogymnia physodes*



LOKALITY

1	Kamenec
2	Zadní Plech
3	Medvědín
4	Přední Žalý
5	Přední Planina
6	Rejdiště
7	Liščí jáma
8	Kulová hora
9	Prostřední hora
10	Černá hora
11	Kraví hora
12	Rýchory

STANDARDIZACE PODMÍNEK

(1) Životní podmínky pro lišejníky

- a) substrát
- b) světelné poměry
- c) dostupnost vody

(2) Přístup imisí k lišejníkům



Ekotoxikologie terestrického ekosystému



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

1. Úvod do ekotoxikologie terestrického ekosystému
2. Toxikant v terestrickém ekosystému
3. Biosystém ve vztahu k toxikantu
4. Expozice terestrického ekosystému
5. Osud toxikantů v terestrickém ekosystému
6. Účinky toxikantu na úrovni organismu
7. Účinky toxikantů na úrovni populace
8. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – energie, hmota
9. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – řízení, vývoj
10. **Metodika ekotoxikologického výzkumu**



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ