

Ekotoksykologia

Ekotoksykologia stosowana

Ocena ryzyka środowiskowego

Ocena skutków środowiskowych

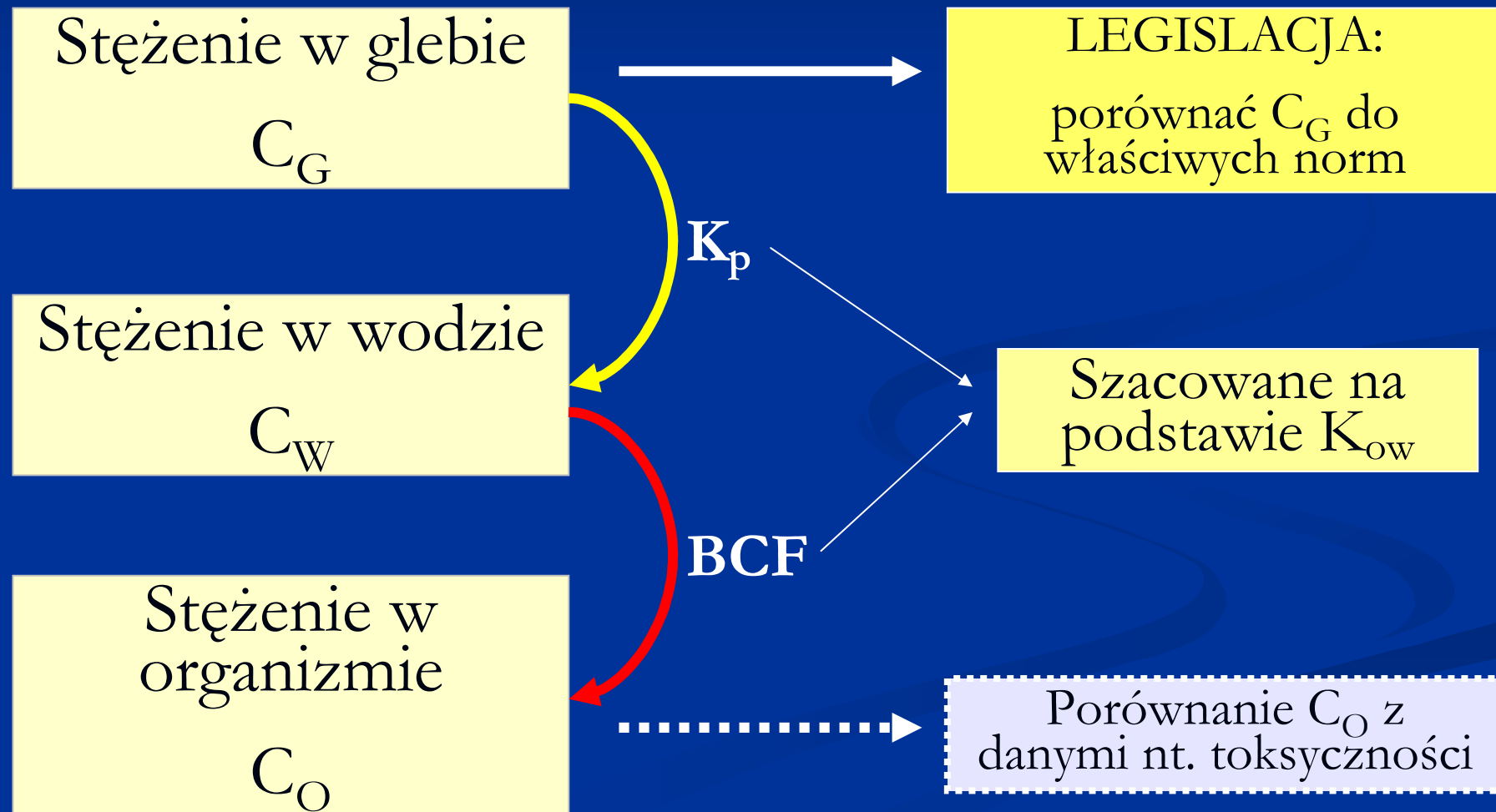
Prof. dr hab. Ryszard Laskowski
Instytut Nauk o Środowisku UJ
Ul. Gronostajowa 7, Kraków
pok. 2.1.2

<http://www.eko.uj.edu.pl/laskowski>

Problemy do omówienia

- Co to jest „ryzyko środowiskowe”, a co „skutki środowiskowe”
- Jak ocenić ryzyko środowiskowe, jakie niesie konkretne zanieczyszczenie środowiska?
 - Szczegółowe i ogólne indeksy ryzyka środowiskowego
 - Zintegrowane indeksy ryzyka środowiskowego
- Jak badać ekologiczne skutki zanieczyszczenia ekosystemów?
 - Wpływ zanieczyszczenia na procesy ekosystemowe
 - Przykłady badań

Procedura stosowana obecnie do oceny toksyczności substancji chemicznych



Problemy z obowiązującymi normami

- Do celów legislacyjnych stosowane są stężenia w środowisku, a nie w organizmach → ze względu na różnice w biodostępności substancji w różnych środowiskach wyniki mogą poważnie odbiegać od rzeczywistości
- Współczynniki podziału (K_p) mogą być znacznie wyższe niż przewidywane na podstawie K_{ow} ze względu na:
 - Efekt „starzenia” (stopniowe wiązanie coraz większej frakcji)
 - Obecność silnie absorbujących materiałów (np. sadza, węgiel drzewny, pozostałości ropy naftowej itp.)

Metody alternatywne – wskaźniki ryzyka

- Indeksy (wskaźniki) ryzyka środowiskowego
 - wskaźniki to zmienne dostarczające informacji na temat innych, trudnych do pomiaru zmiennych
 - dostarczają informacji o złożonych systemach w uproszczonej i łatwiejszej do zrozumienia formie
 - przedstawiają informację o złożonym systemie w syntetycznej postaci
 - są już stosowane w wielu dyrektywach Komisji Europejskiej jako procedury do charakterystyki ryzyka (PEC/PNEC)
 - stanowią kombinację informacji o stężeniu substancji w środowisku i jej toksyczności

Po co nam indeksy ryzyka?

- Cele prawne: np. rejestracja pestycydów
- Klasyfikacja substancji chemicznych pod względem niebezpieczeństw, jakie niosą dla środowiska
- Identyfikacja obszarów szczególnie wrażliwych
- Wyznaczanie priorytetów w monitoringu środowiska i ochronie przyrody
- Dostarczanie informacji użytkownikom w „strawnej” formie
- Wybór pestycydów mniej szkodliwych dla środowiska

Ekologiczna ocena ryzyka

Ecological Risk Assessment (ERA)

Indeksy szczegółowe: PEC/NOEC

Ocena stężenia w środowisku

→ PEC (Predicted Environmental Concentration)

Ocena toksyczności

→ NOEC

(No-observed Effect Concentration)

Ocena ryzyka (ERA)
dla gatunku

PEC/NOEC

Ekologiczna ocena ryzyka

Ecological Risk Assessment (ERA)

Indeksy ogólne: PEC/PNEC

Ocena stężenia w
środowisku

→ PEC (Predicted
Environmental
Concentration)

Ocena skutków

→ PNEC (Predicted
No-observed Effect
Concentration)

Ocena ryzyka (ERA)
dla „zespołu”

PEC/PNEC

Ekologiczna ocena ryzyka

Ecological Risk Assessment (ERA)

Indeksy zintegrowane

- Obliczane na podstawie prostych algorytmów, uwzględniających przewidywane stężenie w środowisku oraz różnorodne efekty substancji toksycznych u różnych grup organizmów.
- Z reguły poszczególnym efektom przypisywane są różne wagi (np. ze względu na znaczenie dla funkcjonowania ekosystemu lub dla człowieka).

Przykłady indeksów zintegrowanych

Short Term Pesticides Risk Index for the Hypogean Soil System (PRIHS-1)

$$\text{PEC (mg/kg gleby)} = \text{MA}/750$$

MA: maksymalna aplikacja (dawka) na ha

(750 bo: $10\ 000\ \text{m}^2 \times 5\ \text{cm} \times 1,5\ \text{g/m}^3 = 750\ 000\text{kg}$)

Dżdżownice (A)		Pożyteczne stawonogi (B)		Ssaki (C)	
EC50/PEC	RANGA	x MA = % efektu	RANGA	LD50/PEC	RANGA
>1000	0	2 MA = 0	0	>1000	0
1000 – 100	1	0 <MA<30	2	1000 - 100	1
100 – 10	2	MA>30	4	100 - 10	2
10 – 1	4	0,5 MA>30	8	10 - 1	4
<1	8			<1	8
W = 5.5		W = 5		W = 2	

$$\text{PRIHS-1} = (\text{A} \times 5.5) + (\text{B} \times 5) + (\text{C} \times 2) \quad \rightarrow \text{zakres } 0 - 100$$

Przykłady indeksów zintegrowanych

Long Term Pesticides Risk Index for the Hypogean Soil System (PRIHS-2)

$$PEC_{LT} \text{ (mg/kg gleby)} = PEC_0 (1 - e^{-kt}) / kt$$

t: czas trwania testu ekotoksykologicznego (np. 14 dni dla dżdżownic); $k = \ln 2 / DT50$

Dżdżownice (A)		Mikroorganizmy (B)		Pożyteczne stawonogi (C)		Ssaki (D)	
NOEC/ PEC (14 d)	ranga	x MA = %efektu	ranga	x MA = %efektu	ranga	NOEL/ DietC	ranga
>1000	0	2 MA = 0	0	2 MA = 0	0	>1000	0
1000-100	1	0 < MA < 25	2	0 < MA < 30	2	1000-100	1
100-10	2	MA >25	4	MA >30	4	100-10	2
10-1	4	0,5 MA >25	8	0,5 MA >30	8	10-1	4
>1	8					>1	8
W = 4		W = 4		W = 3		W = 1.5	

$$PRIHS-2 = (A \times 4) + (B \times 4) + (C \times 3) + (D \times 1.5) \rightarrow \text{zakres } 0 - 100$$

Problemy z indeksami tego rodzaju

- **Arbitralność indeksów:** wartości rang i wag są nadawane arbitralnie → konieczność walidacji tych wartości przy pomocy licznych testów.
- **Brak danych** dla bardzo wielu gatunków i całych grup organizmów (np. mikroorganizmy, pożyteczne stawonogi).
- **Wiarygodność danych:** bardzo znaczne rozbieżności publikowanych danych dla tego samego organizmu i tych samych substancji.

Zalety indeksów ogólnych i zintegrowanych

- Wygodne do wstępnej klasyfikacji substancji chemicznych pod kątem ich toksyczności względem „uogólnionej biocenozy” → możliwość względnej oceny ryzyka ekologicznego.
- Pozwalają na porównanie ryzyka, jakie niosą różne substancje chemiczne w tym samym środowisku.
- Pozwalają na porównanie ryzyka, jakie powoduje ta sama substancja w różnych środowiskach.

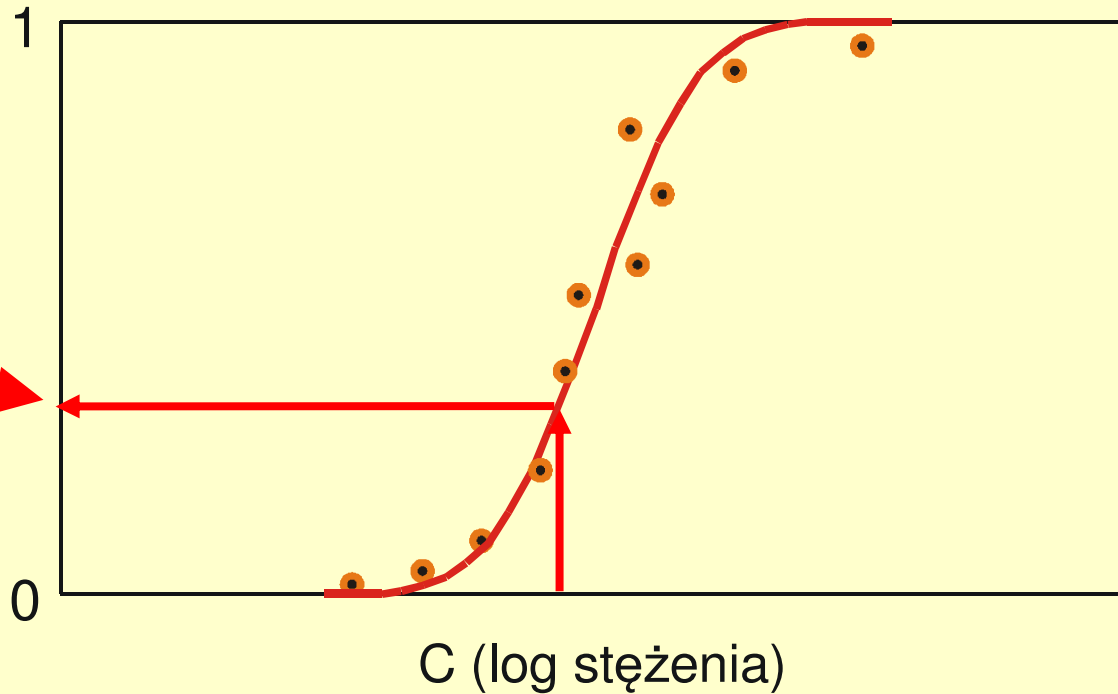
Wady indeksów ogólnych i zintegrowanych

- Są **zbyt ogólne** – nie biorą pod uwagę specyfiki odmiennych siedlisk.
- Opierają się na standardowych danych (eko)toksykologicznych.
- Nikt nie wie, co naprawdę oznaczają dla biocenozy.
- Nie wiadomo jak dalece mechanizmy homeostatyczne biocenozy mogą zmieniać wnioski oparte na testach laboratoryjnych.

Wskaźniki dla konkretnych środowisk

Przewidywana
frakcja
zagrożonych
gatunków
(PAF)

Skumulowana proporcja
gatunków, dla których $C > \text{NOEC}$



Zalety PAF

- Możliwość stosowania krzywych SSD dla konkretnych zespołów organizmów (różne środowiska, poziomy troficzne i grupy taksonomiczne).
- Możliwość sprawdzenia, czy w ocenie ryzyka uwzględniono gatunki zwornikowe.
- Możliwość oceny wpływu na bioróżnorodność.
- Możliwość (teoretycznie) oceny wpływu na funkcjonowanie ekosystemu.

Wady PAF

- SSD jest konstruowana, a w konsekwencji PAF jest obliczana, na podstawie mało wiarygodnej miary NOEC, pochodzącej z prostych laboratoryjnych testów.
- Oszacowanie SSD dla każdego ekosystemu z osobna wymaga zgromadzenia ogromnej ilości danych.

Bazy danych do wykorzystania przy konstruowaniu krzywych SSD

- EXTOXNET (<http://extoxnet.orst.edu>)
- EPA – AQUIRE (<http://www.epa.gov/ecotox>)
- RIVM (<http://www.rivm.nl>)
- PAN (<http://www.pesticideinfo.org>)

Programy badawcze w UE (i w ZE)



ALARM:

Assessing Large-Scale Environmental Risks with Tested Methods (*Ocena zagrożeń środowiska na wielką skalę za pomocą testowanych metod*) – 12 mln Euro/5 lat



NoMiracle:

Novel Methods for Integrated Risk Assessment of Cumulative Stressors in Europe (*Nowe metody zintegrowanej oceny ryzyka skumulowanego działania czynników stresogennych w Europie*) – 10 mln Euro/5 lat

Przykłady z naszego podwórka: cena skutków skażenia środowiska przez Hutę Bolesław

- Huta Bolesław → skażenie gleb na wielkim obszarze wokół huty głównie metalami (Zn, Cu, Pb itp.), ale także zakwaszenie środowiska, zmiany w bilansie siarki i azotu.
 - → Czy zanieczyszczenie spowodowało uszkodzenie funkcjonowania ekosystemów?
 - → Które czynniki najsilniej wpływają na funkcjonowanie środowiska glebowego?
 - → Jakie wskaźniki mierzyć?

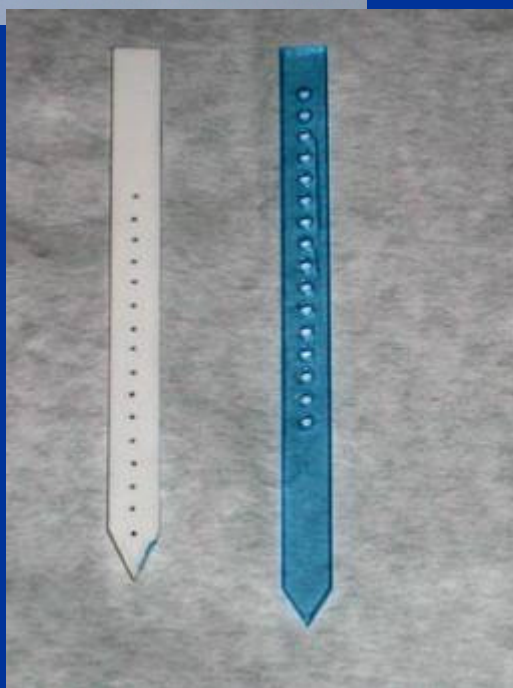
Wpływ Huty Bolesław na subsystem glebowy

- Analizy chemiczne
- Pomiar całkowitej aktywności mikroorganizmów glebowych
- Pomiar biomasy mikroorganizmów glebowych
- Pomiar funkcjonalnego zróżnicowania zespołów organizmów glebowych
- Pomiar łącznej aktywności zespołu destruentów
- Badania nad wpływem skażenia na zespoły bezkręgowców



Zestaw do pomiarów
tempa respiracji
mikroorganizmów
glebowych

„Mezokosmos” do
doświadczeń na
zespołach organizmów

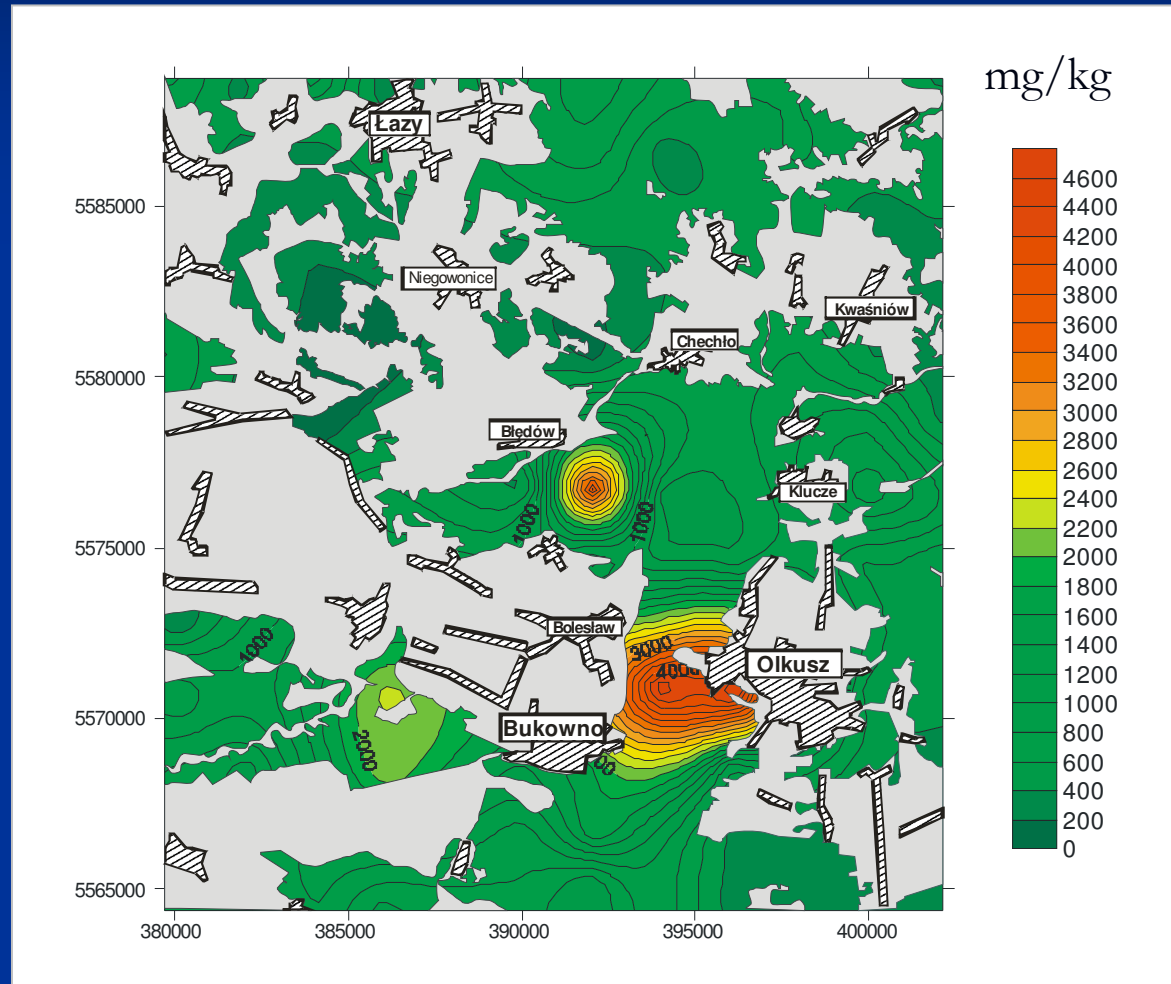


Paski z przynętą do
pomiaru aktywności
destruentów

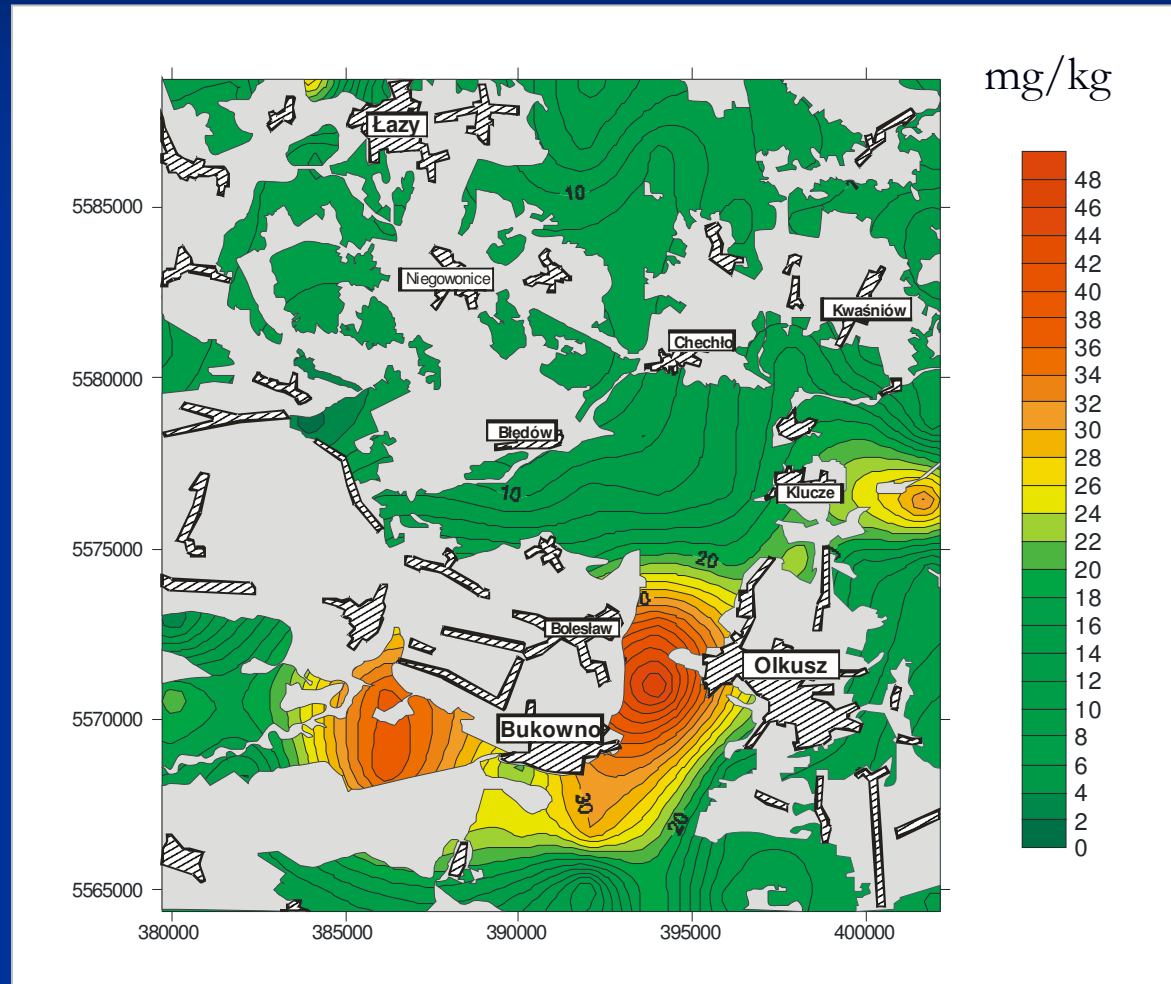
Płytki BIOLOG do
pomiaru aktywności
różnych grup
mikroorganizmów



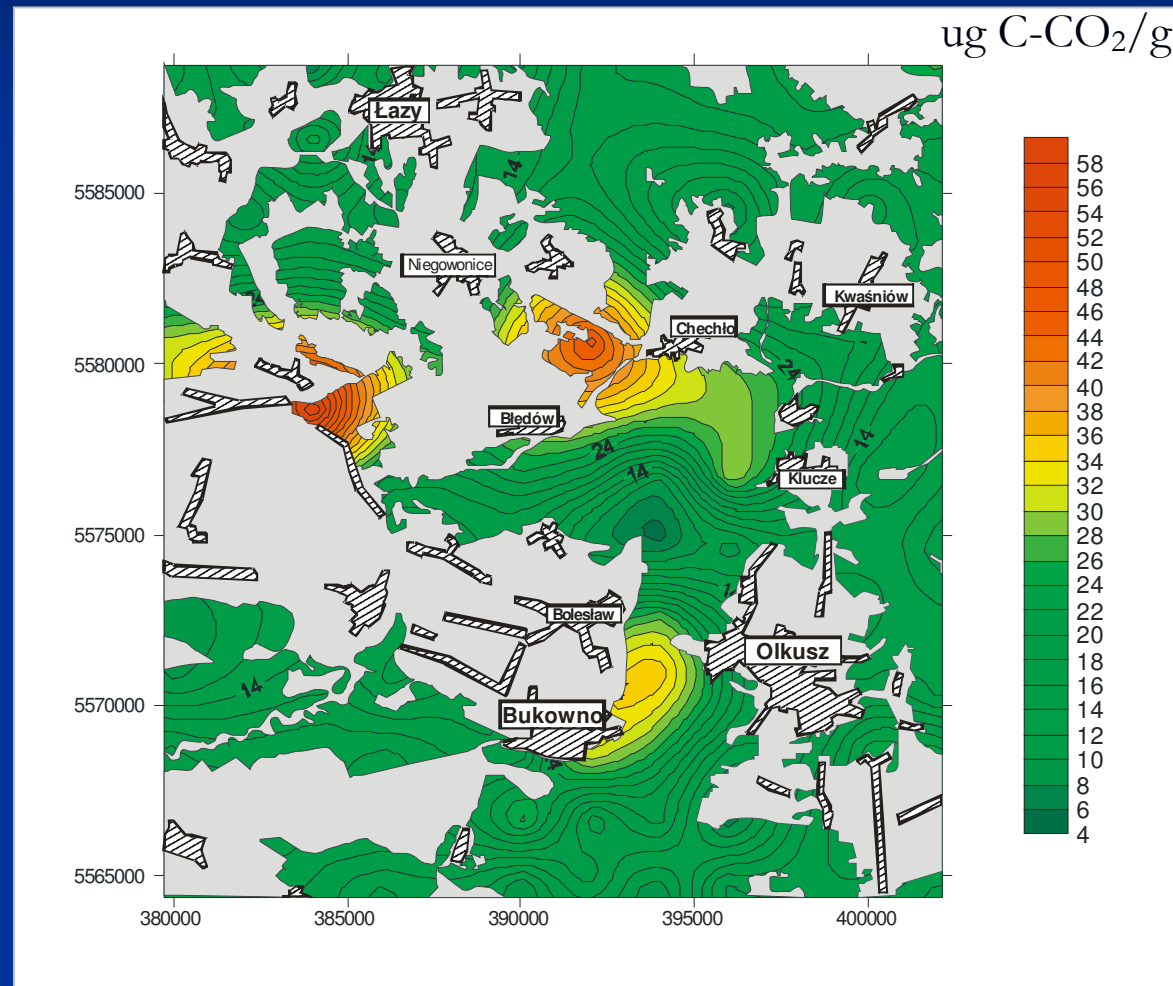
Skazenie okolic Huty Bolesław cynkiem



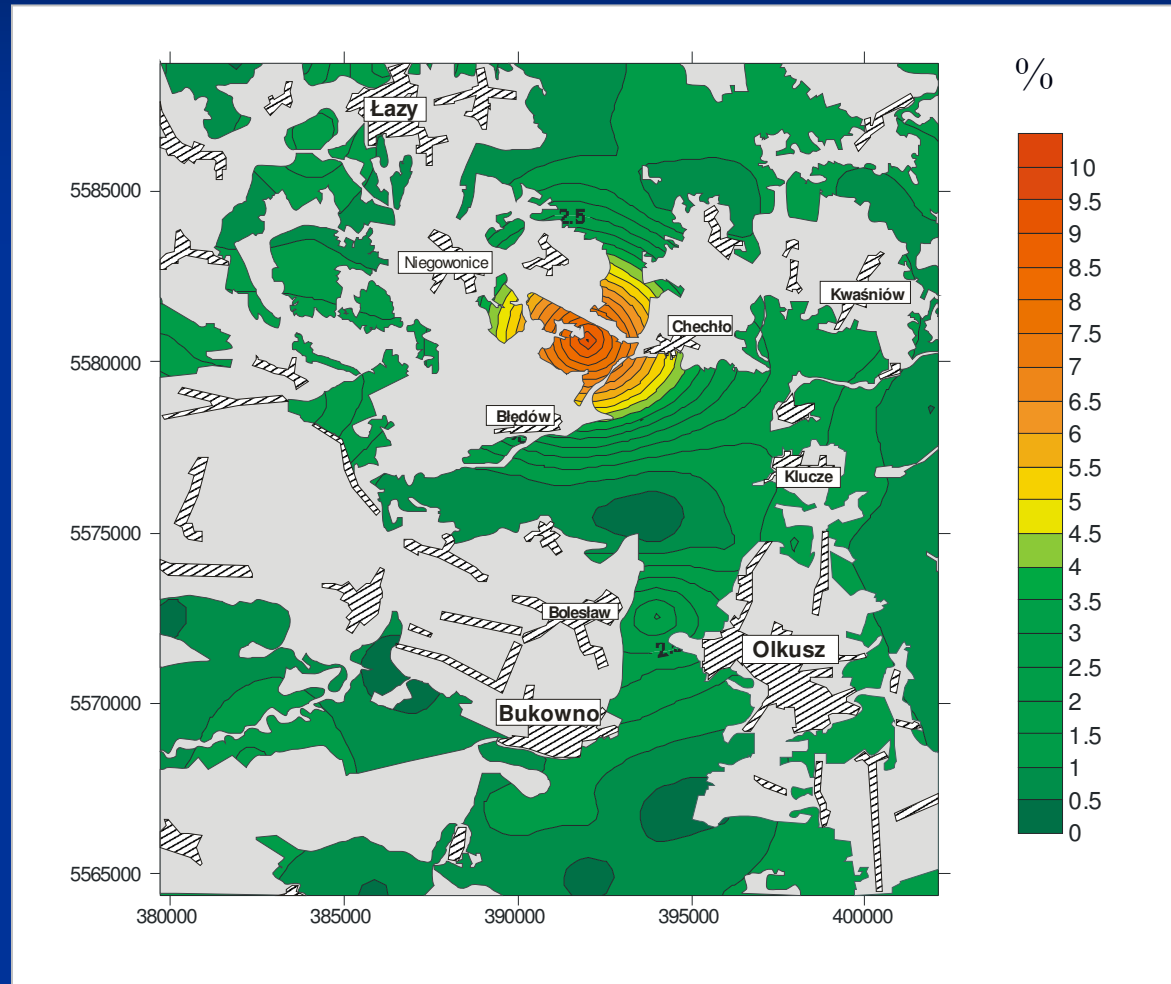
Skazenie okolic Huty Bolesław kadmem



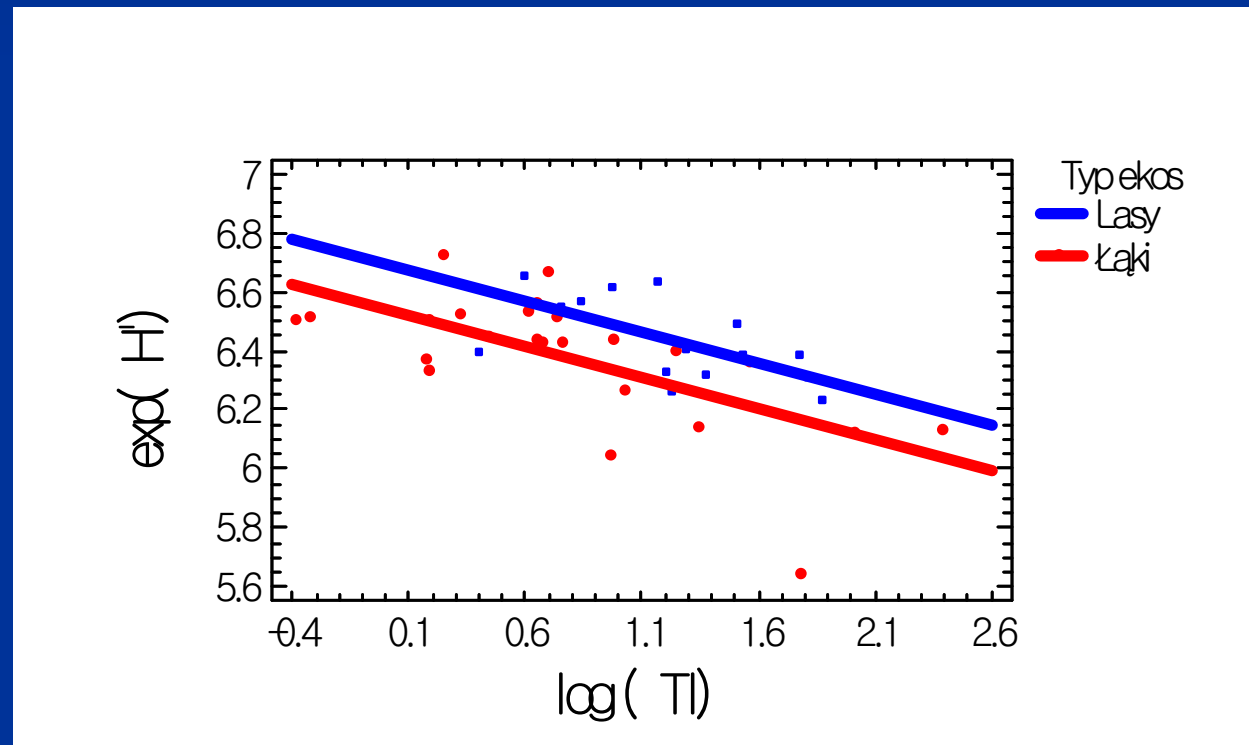
Tempo respiracji mikroorganizmów w glebach w okolicach Huty Bolesław



Węgiel mikrobiologiczny jako % węgla organicznego w glebach w okolicy Huty Bolesław



Wpływ skażenia metalami na różnorodność funkcjonalną zespołów mikroorganizmów gleb łąkowych i leśnych (dla 4 hut w PL i UK)



Podsumowanie

- W ekologicznej ocenie ryzyka środowiskowego niezbędne jest stosowanie pewnych wskaźników (indeksów) oczekiwanego efektu.
- Wskaźniki ryzyka mogą być ogólne (ale mniej precyzyjne) lub szczegółowe (bardziej precyzyjne).
- Jednym z najogólniejszych i powszechnie stosowanych jest wskaźnik PEC/PNEC.
- Indeksy zintegrowane pozwalają na uwzględnienie rozmaitych cech środowiska.
- Ocena skutków środowiskowych powinna uwzględniać skutki funkcjonalne – np. zróżnicowanie procesów mikrobiologicznych w ekosystemach.