

Wykorzystanie danych wielospektralnych i systemów geoinformatycznych do identyfikacji i analizy zagrożeń zanieczyszczenia gleb metalami

Bernadetta Zawadzka

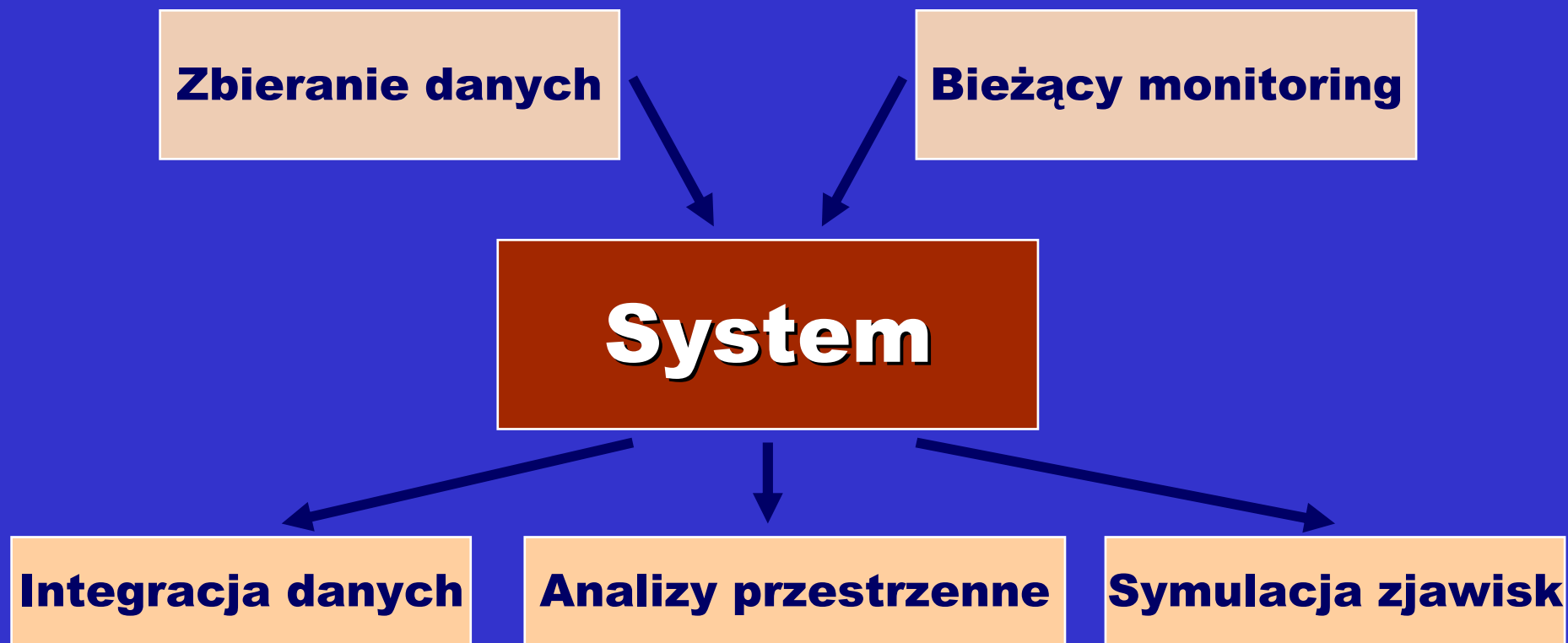
Tomasz Stuczyński

Jan Jadczyzyn

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów

IUNG PIB

FUNKCJE SYTEMU INFORMACJI



**Wsparcie procesu podejmowania decyzji
i zarządzanie na poziomie regionalnym**

ZASTOSOWANIA SYSTEMU

- Wsparcie działań PROW – uzasadnienie alokacji środków
- Bieżący monitoring zmian stanu użytkowania gruntów i degradacji gleb
- Kształtowanie zasad gospodarki rolnej i gospodarki przestrzennej
- Wsparcie planowania przestrzennego zgeneralizowane zasięgi klas bonitacyjnych, grunty organiczne itp..
- Wsparcie w zakresie opracowania i oceny oddziaływania na środowisko planów urządzeniowo-rolnych
- Organizacja i monitoring programów rolno-środowiskowych
- Pochodne do mapy sozologicznej – gleby zanieczyszczone, gleby zbyt suche, gleby zbyt mokre, gleby kwaśne, gleby alkaliczne, grunty erodowane, gleby organiczne
- Lokalizacja małej retencji
- Programy zalesień
- Wsparcie programów ochrony gruntów

Uzasadnienie podjęcia badań

- wzrost zapotrzebowania na ilościowe charakterystyki gleb w ujęciu przestrzennym
- większa dostępność danych satelitarnych
- duże możliwości określenia metali śladowych na podstawie analizy widma gleb w zakresie od pasma widzialnego do dalekiej podczerwieni – metoda spektroskopii
- wykorzystanie danych zdalnie pozyskanych do określenia zmienności przestrzennej wybranych właściwości gleb: składu granulometrycznego, wilgotności, materii organicznej, składu mineralogicznego, stopnia zasolenia

CEL I ZAKRES PRACY

Cel główny

określenie możliwości wykorzystania zdjęć satelitarnych do wydzielenia przestrzennej zmienności poziomego zanieczyszczenia gleb metalami śladowymi

Wyjaśnienie wpływu:

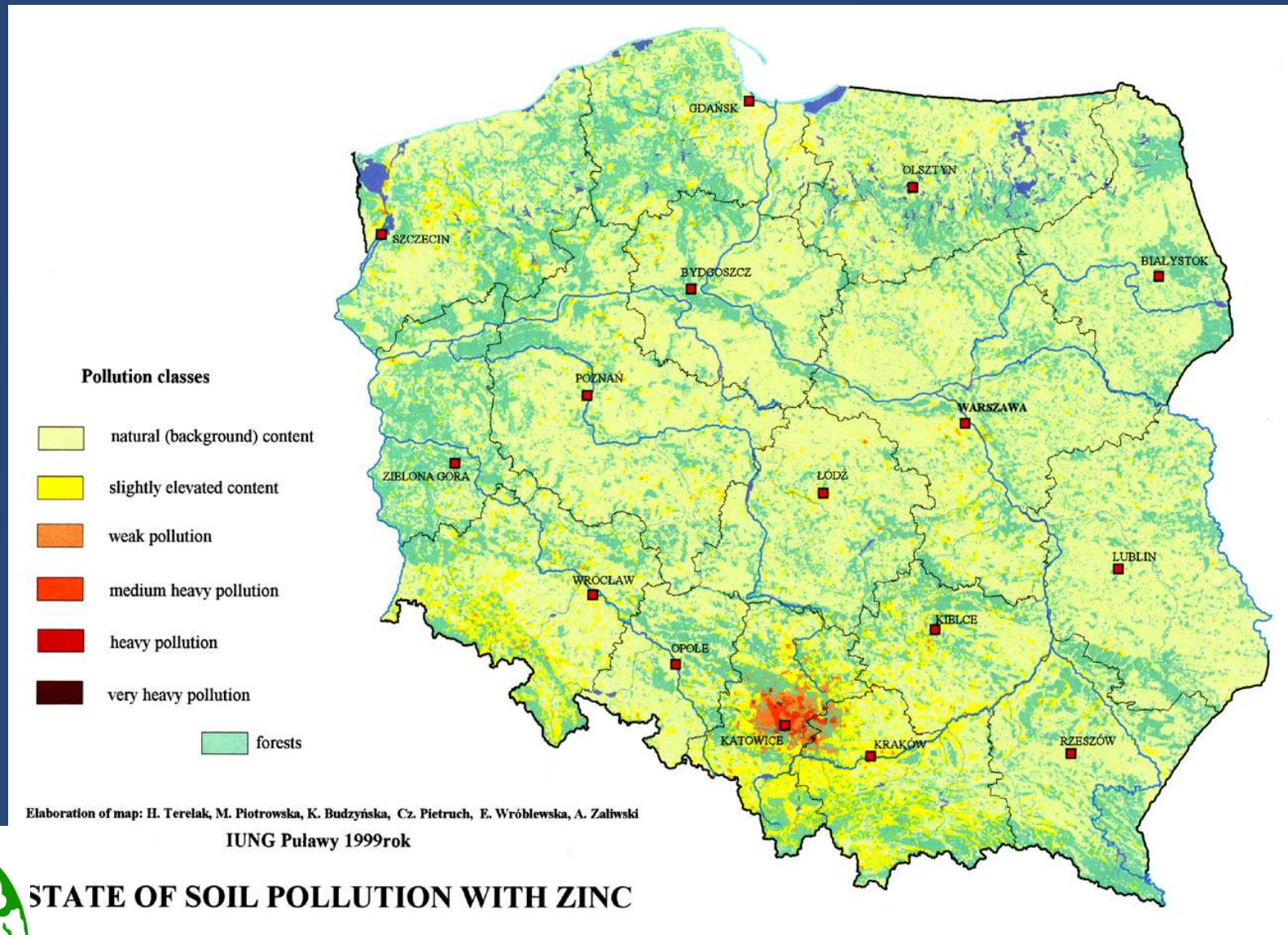
- wykorzystanych metod przetwarzania zdjęć na wiarygodność i dokładność wyników
- terminu pozyskania zdjęć satelitarnych na zawartość informacji spektralnej odnoszącej się **do zawartości metali śladowych w glebie**
- stopnia zanieczyszczenia gleb na siłę korelacji pomiędzy całkowitą zawartością metali śladowych w glebie a charakterystykami spektralnymi

OBSZAR BADAŃ

Szczegółowe badania przeprowadzono w obrębie dwóch obszarów testowych:

- rejonu Tarnowskich Gór (Górny Śląsk) charakteryzującego się wysoką zawartością metali śladowych w glebie,
- powiatów polkowickiego i lubińskiego (Dolny Śląsk), w którym zawartości metali śladowych kształtują się na poziomie naturalnym.

Zanieczyszczenie gleb metalami



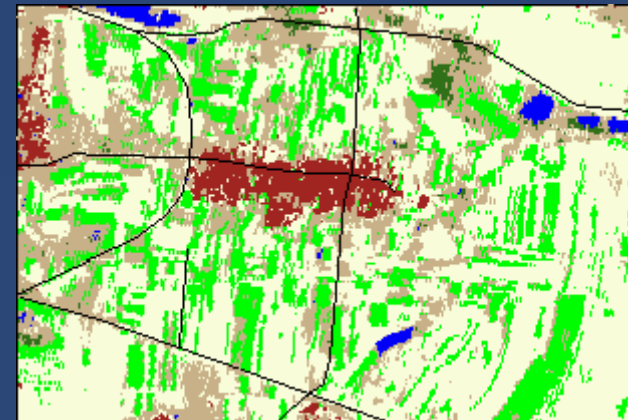
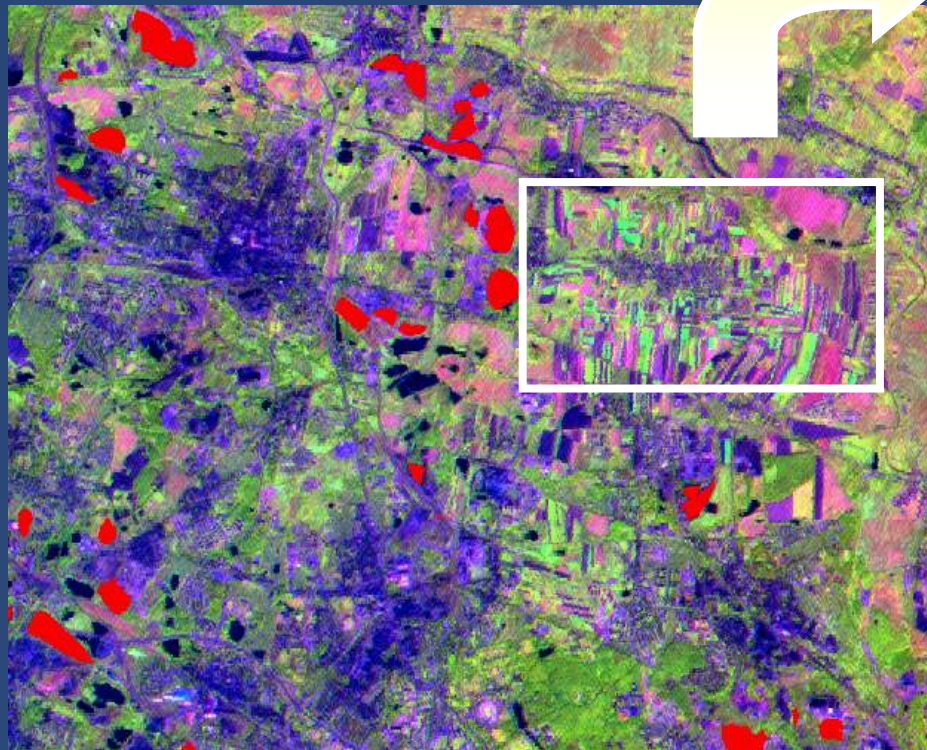
Składowiska odpadów metalonosnych




Ryzyko zdrowotne i środowiskowe



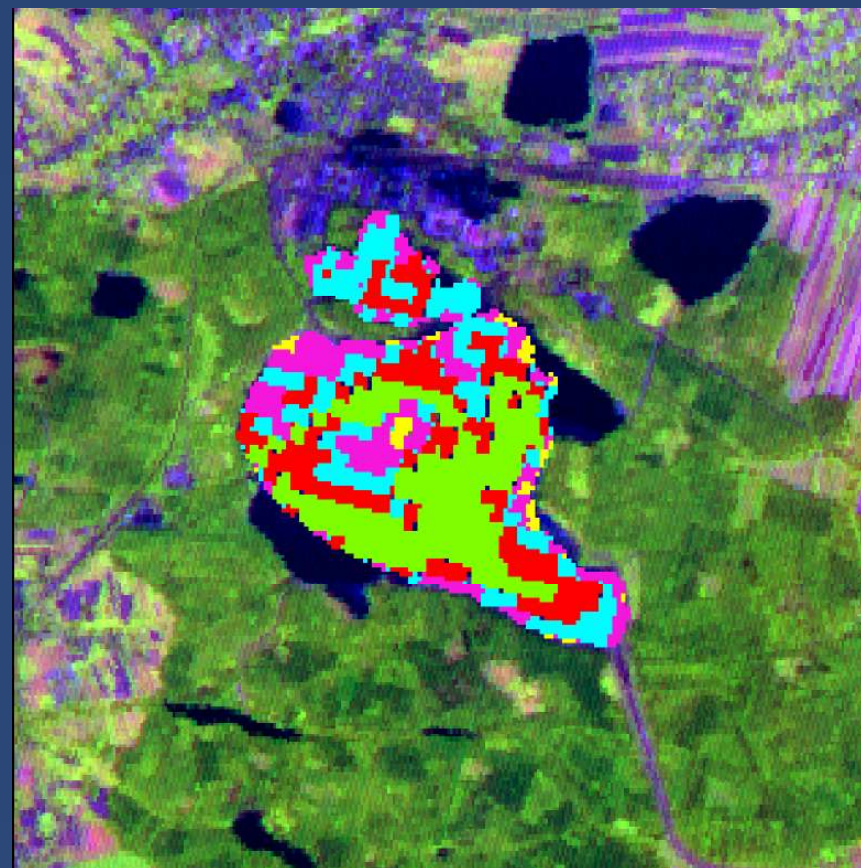
Klasyfikacja obrazów ASTER



 Smelter waste piles

-  Arable land
-  Grassland
-  Uncultivated agriculture land
-  Water
-  Urban settlement
-  Road and rail networks

Analiza skupień powierzchnie spektralnie podobne

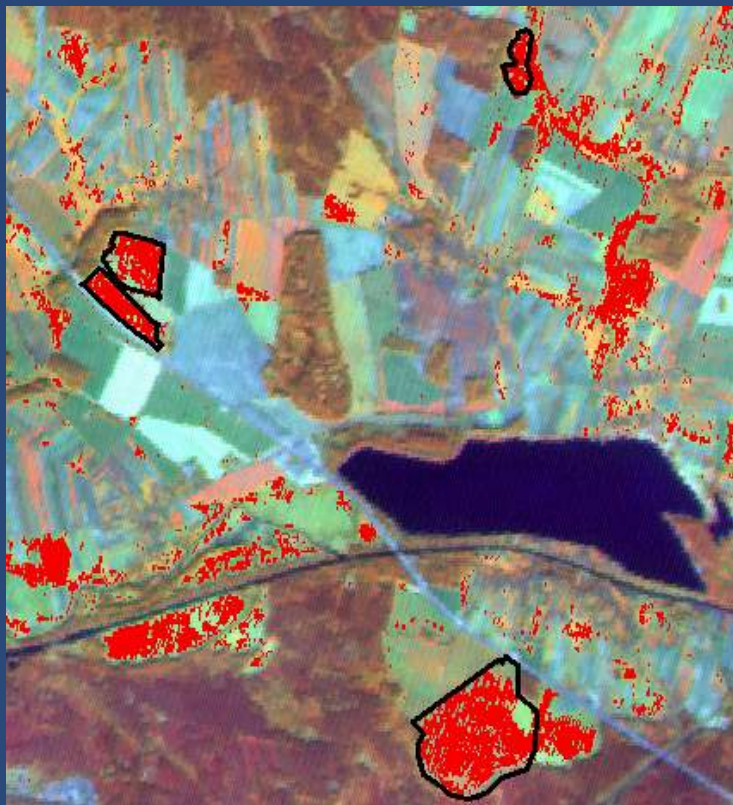


-  cluster 1
-  cluster 2
-  cluster 3
-  cluster 4
-  cluster 5

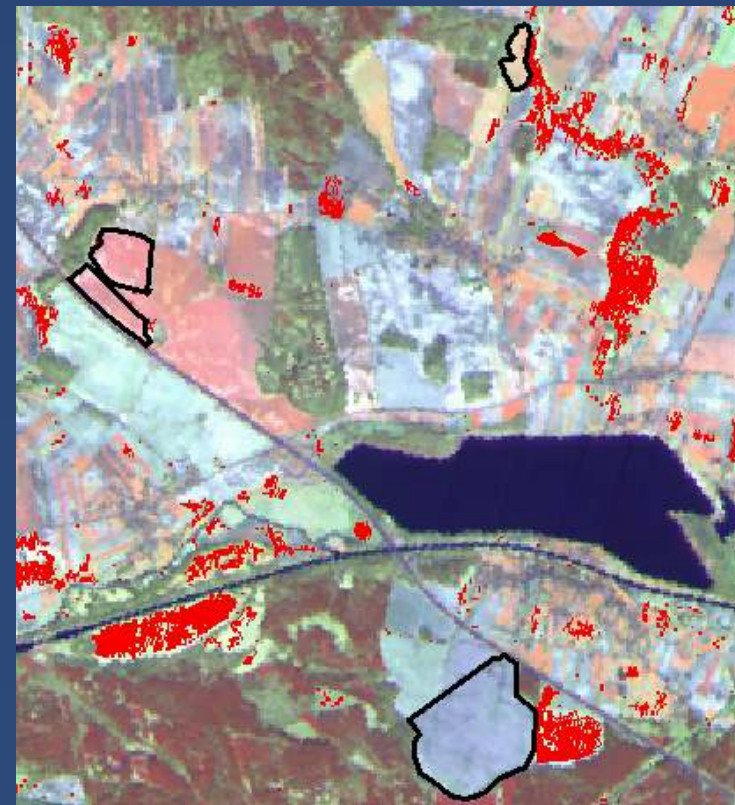
Obrazy satelitarne Aster 2002 i Spot 5 2005

Rozmieszczenie odłogów w obszarze testowym 2002-2005

Aster 2002



Spot 2005



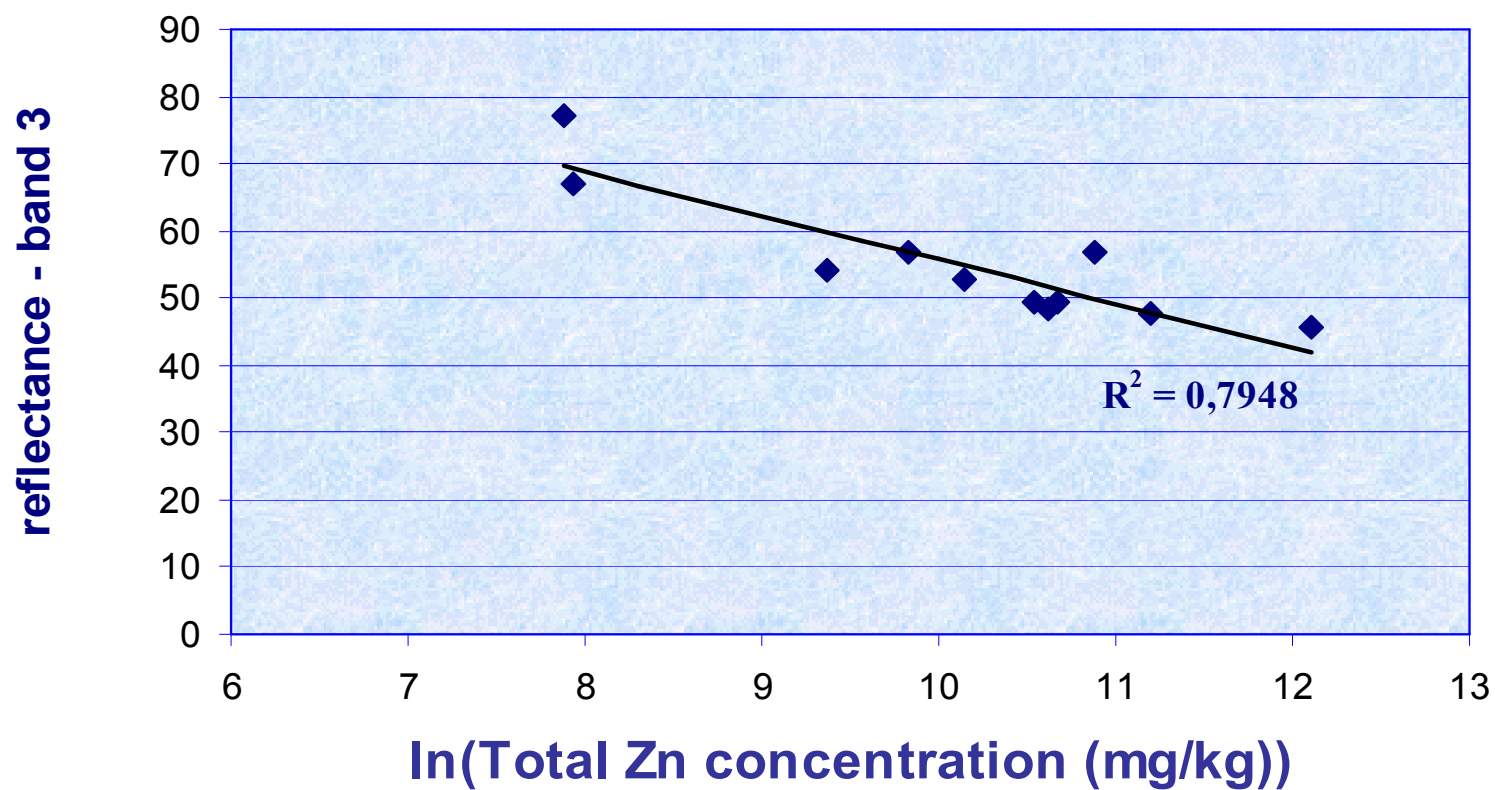
 odłogi

Zawartość metali w wierzchniej warstwie składowisk odpadów cynkowo-olowiowych

<i>Waste material</i>	<i>Zinc</i>		<i>Cadmium</i>		<i>Lead</i>	
	<i>ave rage</i>	<i>range</i>	<i>ave rage</i>	<i>range</i>	<i>ave rage</i>	<i>range</i>
<i>Welz</i>	30,9	6,9 – 128	0,54	0,06 – 2,76	7,9	2,6 – 16,5
<i>Doerschel</i>	75,1	13,0 - 126	2,31	0,66 – 3,46	23,8	7,1 – 40,6



Zależność refleksyjności od zawartości cynku w podłożu w zakresie $0,78-0,86 \mu\text{m}$ – hałdy cynkowe



WYKORZYSTANE MATERIAŁY

Rys. 1



Dane cyfrowe:

- 4 zdjęcia satelitarne ASTER pozyskane w dniach: 17.08.2002, 07.05.2003, 02.10.2003 dla regionu Tarnowskich Gór i 05.05.2003 dla powiatów polkowickiego i lubińskiego;
- mapa użytkowania ziemi wykonana na podstawie zdjęć satelitarnych ASTER;
- mapy topograficzne 1: 50 000.

Próbki glebowe:

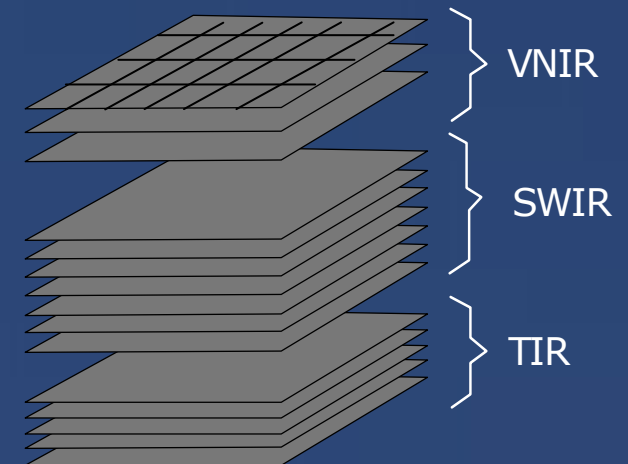
- 82 z Górnego Śląska (region Tarnowskich Gór);
- 300 z obszaru Dolnego Śląska (powiaty polkowicki i lubiński).

Zakresy spektralne kanałów rejestrowanych przez radiometr ASTER

Tabela 1

Subsystem	Nr	Zakres spektralny (μm)	Rozdzielczość przestrzenna (m)	Rozmiar pliku (rozdzielczość radiometryczna)
VNIR	1	0,52-0,60	15	8 bitów (0-255)
	2	0,63-0,69		
	3	0,78-0,86		
SWIR	4	1,60-1,70	30	8 bitów (0-255)
	5	2,145-2,185		
	6	2,185-2,225		
	7	2,235-2,285		
	8	2,295-2,365		
	9	2,360-2,430		
TIR	10	8,125-8,475	90	12 bitów (0-4096)
	11	8,475-8,825		
	12	8,925-9,275		
	13	10,25-10,95		
	14	10,95-11,65		

Rys. 2



METODY BADAŃ

Przetwarzanie i analiza zdjęć satelitarnych

Korekcja atmosferyczna

- przeskalowanie (*Rescale*)
- normalizacja równopowierzchniowa (*Normalize*)
- IARR (*Internal Average Relative Reflectance* - algorytm wewnętrznego uśredniania odbicia względnego)
- przeskalowanie (*Rescale*)

Korekcja geometryczna

- w oparciu o mapy topograficzne 1: 50 000

Obliczenie wskaźnika NDVI

(Znormalizowany Różnicowy Indeks Roślinności)

- $NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$

Przypisanie wartości kanałów spektralnych
każdemu punktowi poboru próbek glebowych
niepokrytych roślinnością

Liczba uwzględnionych punktów dla poszczególnych zdjęć ASTER:

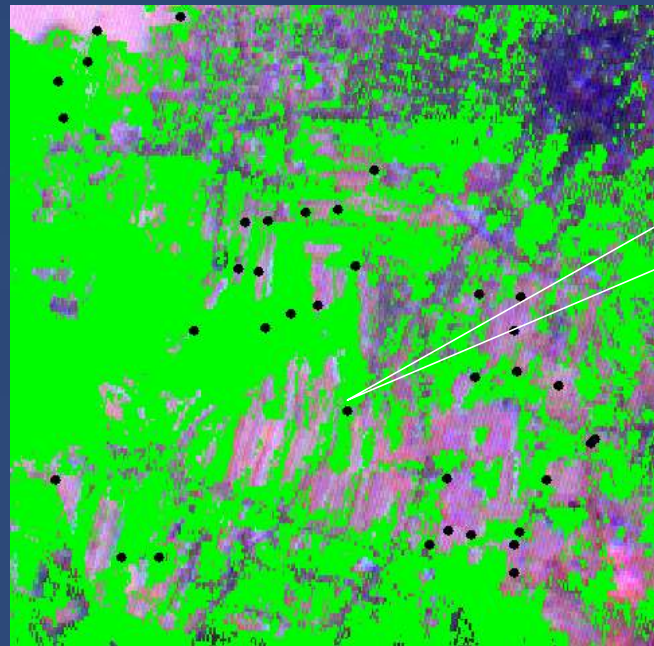
70 dla danych z dnia 17 sierpnia 2002 r.

19 dla danych z dnia 02 października 2002 r.

84 dla danych z dnia 05 maja 2003 r.

49 dla danych z dnia 07 maja 2003 r.

Rys. 4



 NDVI > 0

Nr. kanału	Wartości odbicia spektralnego
1	86
2	96
3	68
4	53
5	52
6	58
7	43
8	53
9	48
10	1368
11	1387
12	1390
13	1652
14	1622

Metody badań właściwości fizykochemicznych i chemicznych gleb

- skład granulometryczny oznaczano metoda areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego wykazując procentową zawartość poszczególnych frakcji cząstek gleby o rozmiarach 1-0,1mm (piasek), 0,1-0,02mm (pył), 0,02-0,002 (części spławialne), poniżej 0,002mm (części koloidalne).
- odczyn gleby oznaczano potencjometrycznie w 1M roztworze KCl.
- **zawartość próchnicy oznaczano metodą Tiurina i wyrażono w procentach powietrznie suchej masy.**
- całkowite zawartości metali śladowych oznaczano na drodze mineralizacji próbek w wodzie królewskiej (mieszanina stężonych kwasów azotowego i solnego) i analizy przesączy metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.

Metody statystyczne

- zależności pomiędzy charakterystykami spektralnymi a zawartością metali śladowych zbadano wykorzystując analizę korelacji, regresji i analizę kanoniczną
- przestrzenną zmienność metali śladowych określono dzięki zastosowaniu metody „kriging”

WYNIKI

Rejon Tarnowskich Gór

Tabela 2. Właściwości fizykochemiczne (N = 82)

Parametr	Min	Max
Piasek (%)	28	85
Pył (%)	6	32
Części sypialne (%)	8	44
Części koloidalne (%)	1	14
pH w KCl	3,8	7,1
PH w H ₂ O	4,5	7,7
Próchnica (%)	0,8	3,5

Tabela 3. Całkowite zawartości metali (mg/kg) w glebach powiatu tarnogórskiego (N = 82)

Metale śladowe	Wartości dopuszczalne*	Min	Max	Średnia arytm.	Mediana	Odchylenie std.
Ołów	100	43,2	1346,4	215,3	120,6	243,0
Cynk	300	52,3	2432,0	338,2	162,8	453,1
Miedź	150	3,7	57,6	9,6	8,1	7,2
Nikiel	100	1,6	26,1	8,6	6,9	5,6
Kadm	4	0,2	15,6	2,5	1,8	2,5
Chrom	150	4,7	31,6	11,8	10,2	5,8

* wartości dopuszczalne stężeń w glebie UR (Dz.U.02.165.1359 z 4 października 2002 r.)

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy całkowitymi zawartościami metali śladowych w glebie a wartościami spektralnymi w terminie wiosennym (ASTER 07.05.2003, N= 49)

Nr kanału	Zakres spektralny (μm)	Ołów (ln Pb)	Cynk (ln Zn)	Miedź (ln Cu)	Nikiel (ln Ni)	Kadm (ln Cd)	Chrom (ln Cr)	
		mg/kg						
1	VNIR	0,52-0,60	-0,65	-0,66	-0,70	-0,42	-0,51	-0,42
2		0,63-0,69	-0,60	-0,56	-0,60	-0,37	-0,48	-0,31
3		0,78-0,86	-0,44	-0,31	-0,48	-0,11	-0,15	0,01
4	SWIR	1,60-1,70	-0,49	-0,43	-0,58	-0,29	-0,36	-0,33
5		2,145-2,185	-0,32	-0,42	-0,27	-0,43	-0,29	-0,37
6		2,185-2,225	-0,36	-0,39	-0,31	-0,39	-0,32	-0,44
7		2,235-2,285	-0,39	-0,39	-0,27	-0,35	-0,30	-0,38
8		2,295-2,365	-0,26	-0,29	-0,19	-0,29	-0,37	-0,39
9		2,360-2,430	-0,29	-0,29	-0,11	-0,12	-0,25	-0,11
10	TIR	8,125-8,475	0,73	0,69	0,69	0,49	0,58	0,49
11		8,475-8,825	0,74	0,71	0,70	0,51	0,59	0,51
12		8,925-9,275	0,73	0,70	0,69	0,51	0,57	0,50
13		10,25-10,95	0,73	0,70	0,70	0,49	0,56	0,47
14		10,95-11,65	0,71	0,70	0,69	0,50	0,56	0,48

zależność istotna na poziomie istotności 0,05

Tabela 5. Współczynniki korelacji pomiędzy całkowitymi zawartościami metali śladowych w glebie a wartościami spektralnymi odczytanymi ze zdjęcia **przed wykonaniem korekcji geometrycznej** (ASTER 07.05.2003, N = 49)

Nr kanału	Zakres spektralny (μm)	Ołów (ln Pb)	Cynk (ln Zn)	Miedź (ln Cu)	Nikiel (ln Ni)	Kadm (ln Cd)	Chrom (ln Cr)	
		mg/kg						
1	VNIR	0,52-0,60	-0,63	-0,58	-0,67	-0,35	-0,45	-0,36
2		0,63-0,69	-0,59	-0,57	-0,58	-0,41	-0,47	-0,33
3		0,78-0,86	-0,40	-0,25	-0,47	0,06	-0,02	0,06
4	SWIR	1,60-1,70	-0,57	-0,46	-0,63	-0,20	-0,37	-0,32
5		2,145-2,185	-0,18	-0,24	-0,23	-0,39	-0,18	-0,40
6		2,185-2,225	-0,47	-0,48	-0,37	-0,41	-0,43	-0,44
7		2,235-2,285	-0,42	-0,40	-0,27	-0,34	-0,33	-0,33
8		2,295-2,365	-0,22	-0,24	-0,17	-0,29	-0,30	-0,35
9		2,360-2,430	-0,24	-0,30	-0,17	-0,24	-0,24	-0,22
10	TIR	8,125-8,475	0,72	0,67	0,69	0,47	0,52	0,48
11		8,475-8,825	0,74	0,68	0,72	0,46	0,54	0,48
12		8,925-9,275	0,72	0,67	0,70	0,46	0,53	0,49
13		10,25-10,95	0,73	0,67	0,72	0,45	0,52	0,46
14		10,95-11,65	0,72	0,69	0,71	0,47	0,52	0,48

zależność istotna na poziomie istotności 0,05

Tabela 6. Współczynniki korelacji pomiędzy całkowitymi zawartościami metali śladowych w glebie a wartościami spektralnymi w terminie letnim (ASTER 17.08.2002, N = 70)

Nr kanału	Zakres spektralny (μm)	Ołów (ln Pb)	Cynk (ln Zn)	Miedź (ln Cu)	Nikiel (ln Ni)	Kadm (ln Cd)	Chrom (ln Cr)	
		mg/kg						
1	VNIR	0,52-0,60	-0,29	-0,14	-0,32	0,02	-0,13	-0,09
2		0,63-0,69	-0,37	-0,21	-0,29	0,06	-0,23	-0,09
3		0,78-0,86	-0,26	-0,22	-0,24	-0,07	-0,23	-0,11
4	SWIR	1,60-1,70	-0,53	-0,45	-0,44	-0,09	-0,22	-0,17
5		2,145-2,185	-0,50	-0,46	-0,34	-0,16	-0,25	-0,29
6		2,185-2,225	-0,52	-0,41	-0,36	-0,11	-0,12	-0,19
7		2,235-2,285	-0,41	-0,28	-0,23	-0,01	-0,01	-0,11
8		2,295-2,365	-0,37	-0,23	-0,32	-0,02	-0,07	-0,12
9		2,360-2,430	-0,23	-0,03	-0,23	0,09	-0,03	0,03
10	TIR	8,125-8,475	0,55	0,40	0,44	0,05	0,24	0,20
11		8,475-8,825	0,58	0,41	0,46	0,06	0,24	0,19
12		8,925-9,275	0,54	0,38	0,42	0,04	0,22	0,20
13		10,25-10,95	0,59	0,43	0,48	0,07	0,26	0,19
14		10,95-11,65	0,60	0,44	0,49	0,06	0,26	0,18

Tabela 7. Współczynniki korelacji pomiędzy całkowitymi zawartościami metali śladowych w glebie a wartościami spektralnymi w terminie jesiennym (ASTER 02.10.2002, N = 19)

Nr kanału	Zakres spektralny (μm)	Ołów (ln Pb)	Cynk (ln Zn)	Miedź (ln Cu)	Nikiel (ln Ni)	Kadm (ln Cd)	Chrom (ln Cr)	
		mg/kg						
1	VNIR	0,52-0,60	-0,34	-0,40	-0,51	-0,06	-0,42	-0,14
2		0,63-0,69	-0,55	-0,62	-0,71	-0,35	-0,59	-0,47
3		0,78-0,86	-0,03	-0,15	-0,25	0,12	-0,24	-0,04
4	SWIR	1,60-1,70	-0,59	-0,36	-0,48	0,00	-0,17	-0,34
5		2,145-2,185	-0,52	-0,34	-0,31	-0,38	-0,27	-0,40
6		2,185-2,225	-0,73	-0,57	-0,43	-0,57	-0,48	-0,60
7		2,235-2,285	-0,49	-0,48	-0,24	-0,60	-0,51	-0,54
8		2,295-2,365	-0,73	-0,68	-0,59	-0,38	-0,55	-0,48
9	2,360-2,430	-0,37	-0,29	-0,23	-0,24	-0,09	-0,06	
10	TIR	8,125-8,475	0,72	0,70	0,70	0,37	0,63	0,53
11		8,475-8,825	0,71	0,66	0,69	0,38	0,59	0,51
12		8,925-9,275	0,71	0,69	0,70	0,39	0,61	0,53
13		10,25-10,95	0,68	0,62	0,65	0,36	0,55	0,48
14		10,95-11,65	0,66	0,61	0,63	0,33	0,54	0,45

zależność istotna na poziomie istotności 0,05

Powiaty polkowicki i lubiński

Tabela 8. Właściwości fizykochemiczne gleb (N = 84)

Parametr	Min	Max
Piasek (%)	38	89
Pył (%)	5	29
Części splawialne (%)	5	48
pH w KCl	3,6	8,6
Próchnica (%)	0,78	5,88

Tabela 9. Całkowite zawartości metali (mg/kg) w glebach (N = 84)

Metale śladowe	Wartości dopuszczalne*	Min	Max	Średnia aryt.	Mediana	Odchylenie std.
Ołów	100	9,70	63,00	18,97	16,45	8,63
Cynk	300	19,20	126,70	41,64	38,30	20,09
Miedź	150	5,80	44,20	14,06	13,15	6,35
Kadm	4	0,08	0,68	0,24	0,21	0,10

* wartości dopuszczalne stężeń w glebie UR (Dz.U.02.165.1359 z 4 października 2002 r.)

Tabela 10. Współczynniki korelacji pomiędzy całkowitymi zawartościami metali śladowych w glebie w a wartościami spektralnymi (ASTER 05.05.2003, N=84)

Nr kanału	Zakres spektralny (μm)	Ołów (ln Pb)	Cynk (ln Zn)	Miedź (ln Cu)	Kadm (ln Cd)	
		mg/kg				
1	VNIR	0,52-0,60	-0,39	-0,26	-0,32	-0,23
2		0,63-0,69	-0,50	-0,32	-0,43	-0,27
3		0,78-0,86	0,17	0,01	0,07	0,22
4	SWIR	1,60-1,70	-0,55	-0,33	-0,58	-0,32
5		2,145-2,185	-0,58	-0,40	-0,58	-0,32
6		2,185-2,225	-0,61	-0,39	-0,58	-0,37
7		2,235-2,285	-0,59	-0,39	-0,55	-0,35
8		2,295-2,365	-0,58	-0,40	-0,51	-0,36
9		2,360-2,430	-0,55	-0,39	-0,48	-0,36
10		TIR	8,125-8,475	0,63	0,44	0,59
11	8,475-8,825		0,63	0,45	0,59	0,34
12	8,925-9,275		0,62	0,44	0,58	0,35
13	10,25-10,95		0,64	0,44	0,61	0,36
14	10,95-11,65		0,64	0,44	0,62	0,37

zależność istotna na poziomie istotności 0,05

Zestawienie danych uwzględnionych w analizie kanonicznej (Tarnowskie Góry, ASTER 07.05.2003, N=49)

Tabela 11

Nazwa zbioru	Symbol zbioru	Liczba zmiennych	Zmienne	Opis zmiennych
Wartości kanałów spektralnych	K	7	kanał 1	Wartości kanałów (1,2) w zakresie fal widzialnych 0,52-0,60 μm i 0,63-0,69 μm oraz kanałów (10-14) rejestrujących promieniowanie w dalekiej podczerwieni w zakresie fal 8,125 – 11,65 μm .
			kanał 2	
			kanał 10	
			kanał 11	
			kanał 12	
			kanał 13	
			kanał 14	
Całkowita zawartość metali śladowych	M	4	ln Pb	Całkowita zawartość ołowiu, cynku, miedzi i kadmu w glebie (mg/kg). Wartości zlogarytmowane.
			ln Zn	
			ln Cu	
			ln Cd	

Wykres rozrzutu korelacji kanonicznych

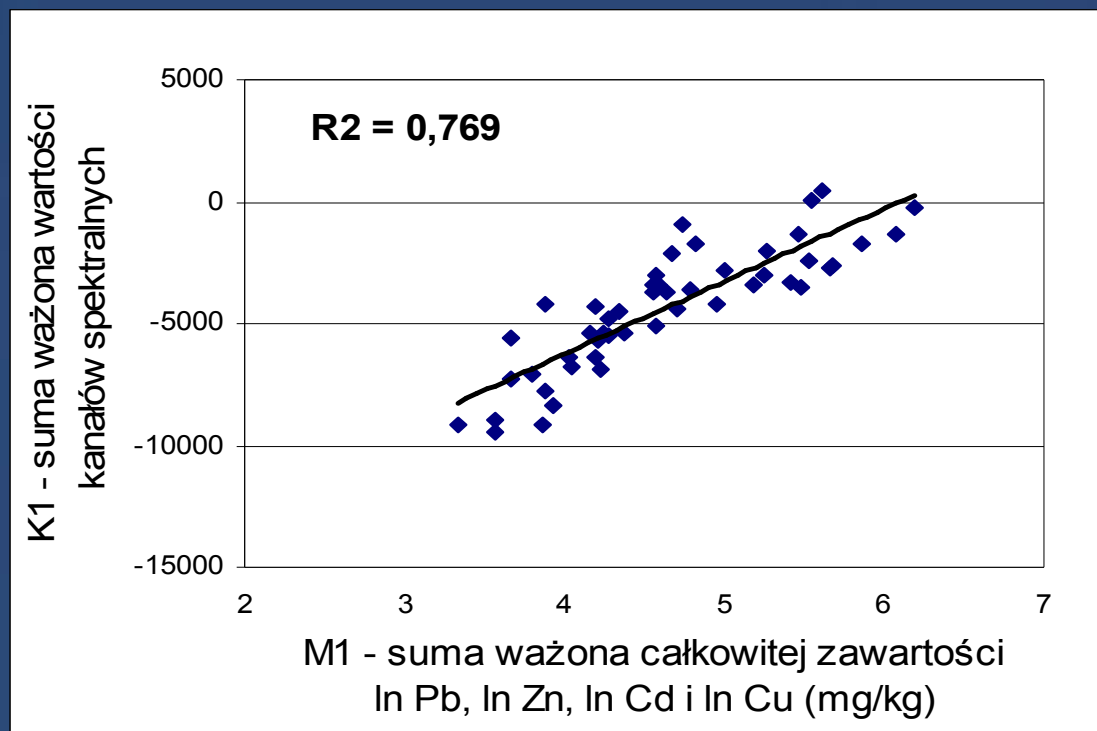
Pierwsza zmienna kanoniczna

$$K1 = -0,4953*(\text{kanał 1}) - 0,1309*(\text{kanał 2}) - 0,6146*(\text{kanał 10}) + 1,1736*(\text{kanał 11}) + 0,7279*(\text{kanał 12}) - 0,4961*(\text{kanał 13}) - 0,2755*(\text{kanał 14})$$

$$M1 = 0,0828*(\ln \text{Pb}) + 0,6960*(\ln \text{Zn}) + 0,6600*(\ln \text{Cu}) + -0,1896*(\ln \text{Cd})$$

Kanoniczne R: 0,877, p = 0,000005

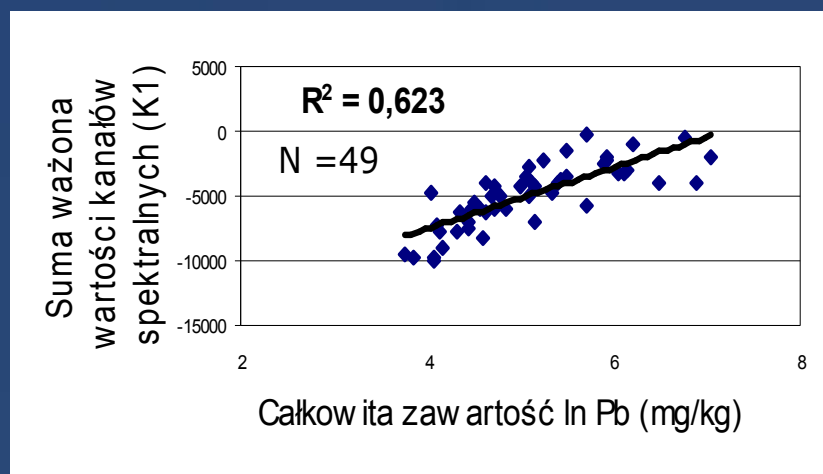
Rys. 5.



Zależność pomiędzy całkowitą zawartością ołowiu a wartościami spektralnymi:

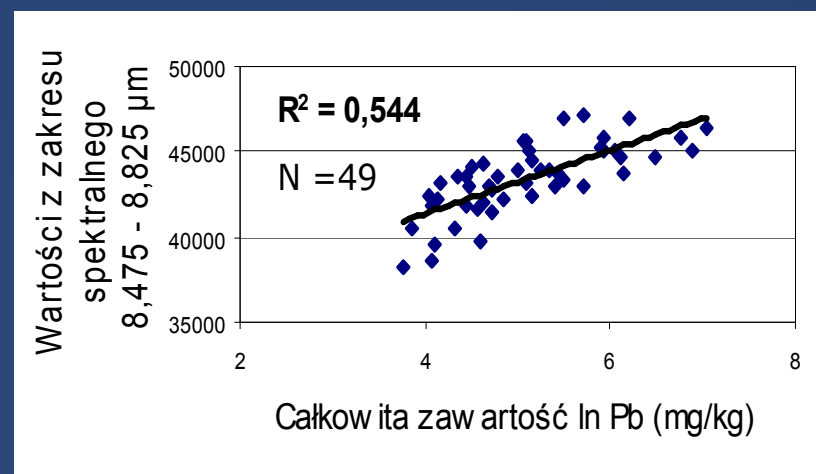
- kanałów widzialnych i termalnych(K1)

Rys. 6

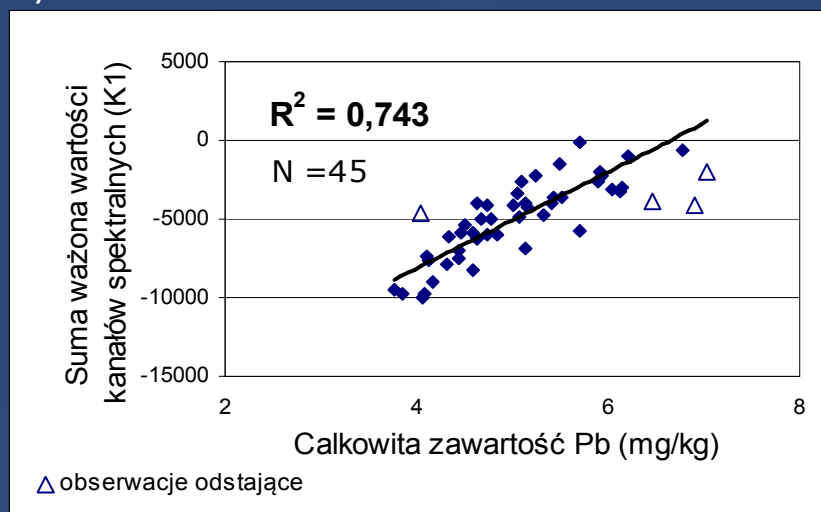


- zakresu 8,475 - 8,825 μm

Rys. 8



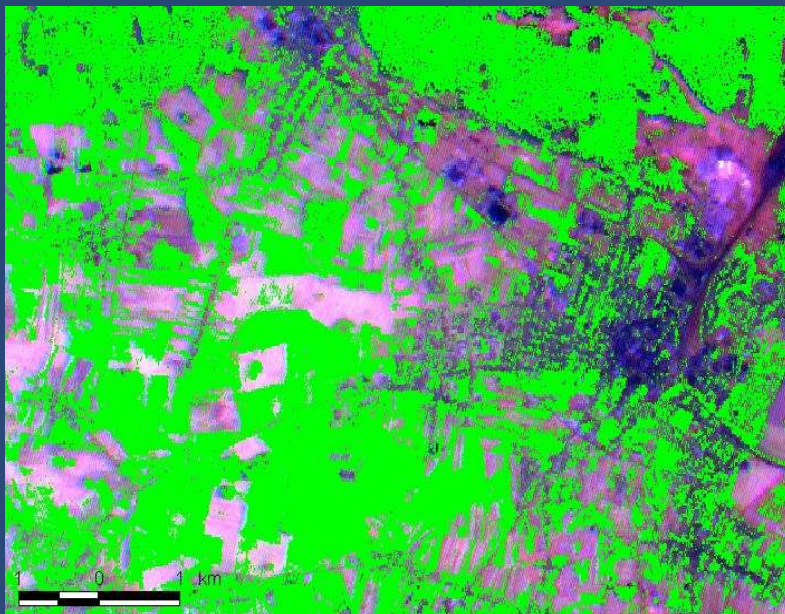
Rys. 7



ETAPY WYKONANIA MAPY CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI OŁOWIU W GLEBIE

1. Wyłączenie ze zdjęcia satelitarnego obszarów pokrytych roślinnością na podstawie wskaźnika NDVI

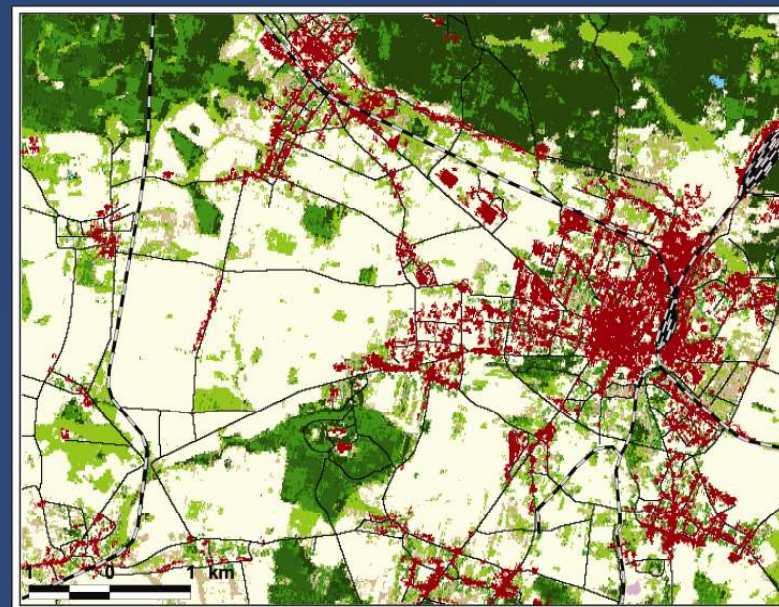
Rys. 9



 NDVI > 0

2. Wyłączenie terenów zabudowanych i zurbanizowanych wydzielonych na podstawie mapy użytkowania ziemi

Rys. 10

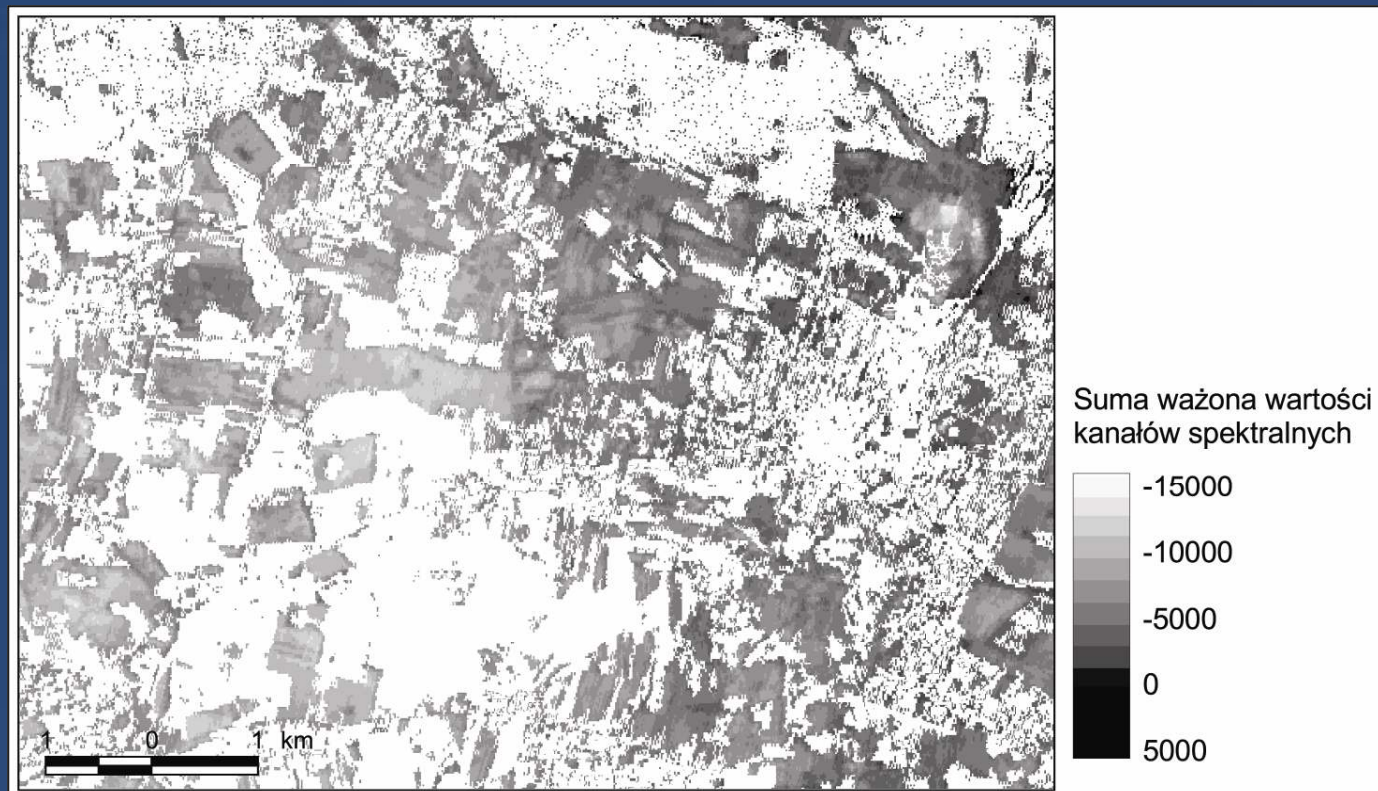


 Zabudowa

3. Obliczenie dla każdego piksela zdjęcia wartości zagregowanej zmiennej spektralnej

$$K1 = -0,4953 * (\text{kanał 1}) - 0,1309 * (\text{kanał 2}) - 0,6146 * (\text{kanał 10}) + 1,1736 * (\text{kanał 11}) + 0,7279 * (\text{kanał 12}) - 0,4961 * (\text{kanał 13}) - 0,2755 * (\text{kanał 14})$$

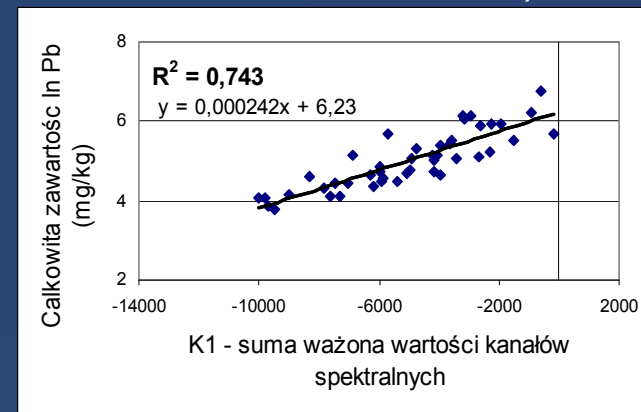
Rys. 11



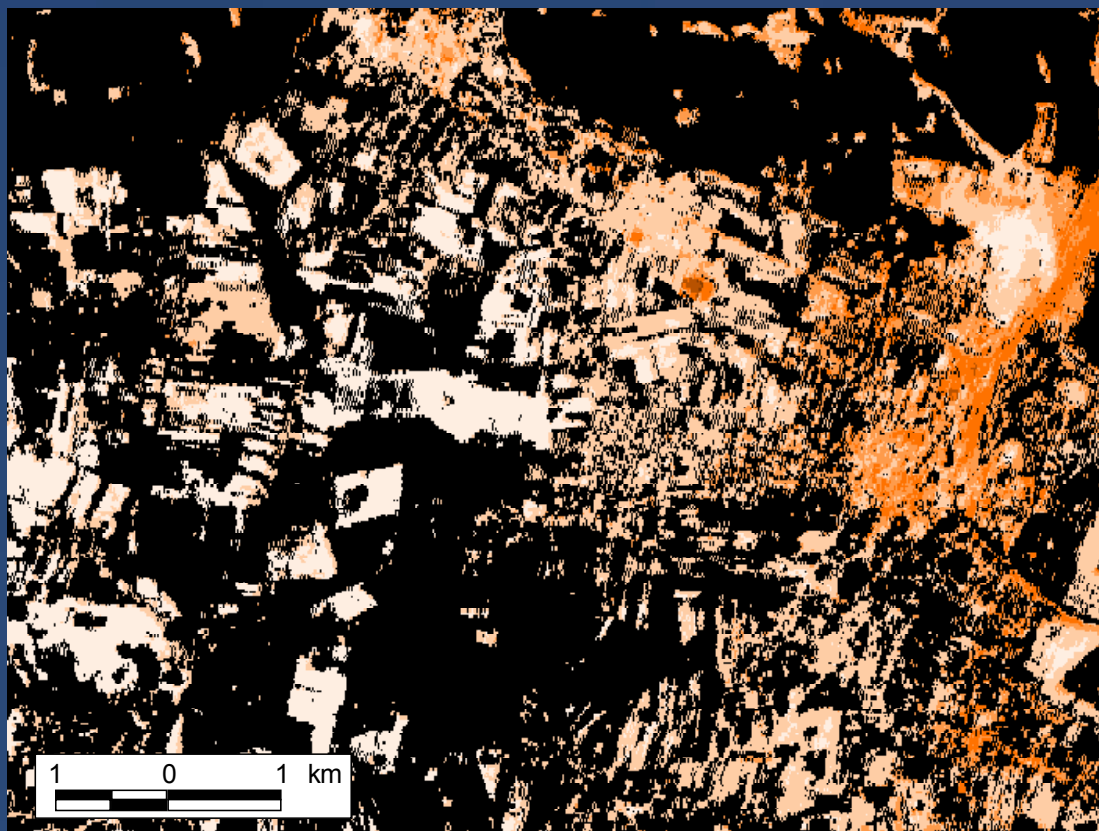
4. Wyliczenie dla każdego piksela zdjęcia całkowitej zawartości ołowiu za pomocą równania prostej regresji

$$y = 0,000242x + 6,23$$

Rys. 12



Rys. 13



Zawartość całkowita ołowiu (mg/kg)



5. Interpolacja zawartości ołowiu wyznaczonych na podstawie wskaźników spektralnych

Analiza zmienności przestrzennej

Model sferyczny:

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= C_0 + C[1,5(h/A_0) - 0,5(h/A_0)^3] && \text{dla } h \leq A_0 \\ \gamma(h) &= C_0 + C && \text{dla } h > A_0, \end{aligned}$$

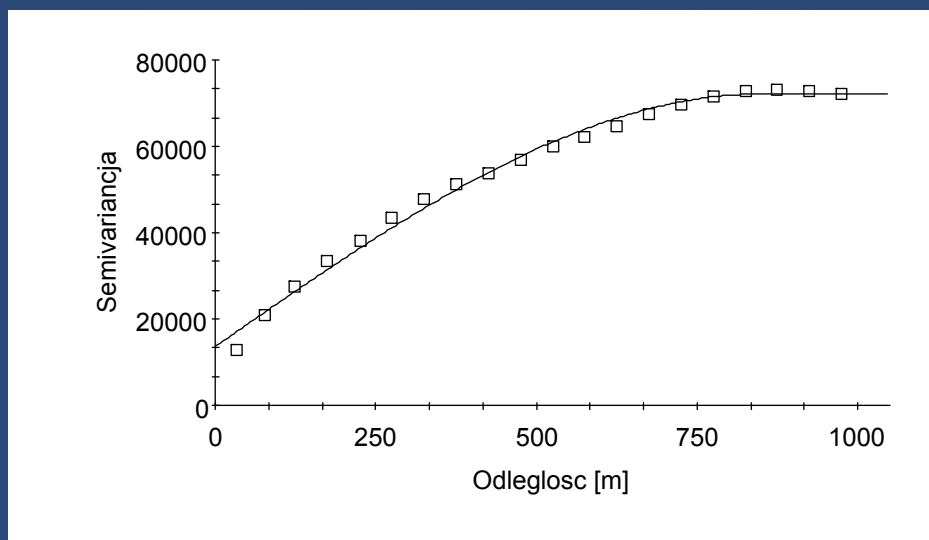
gdzie:

h jest odległością (m), $C_0 = 13600$, $C = 58570$, $A_0 = 849$

$R^2 = 0,992$,

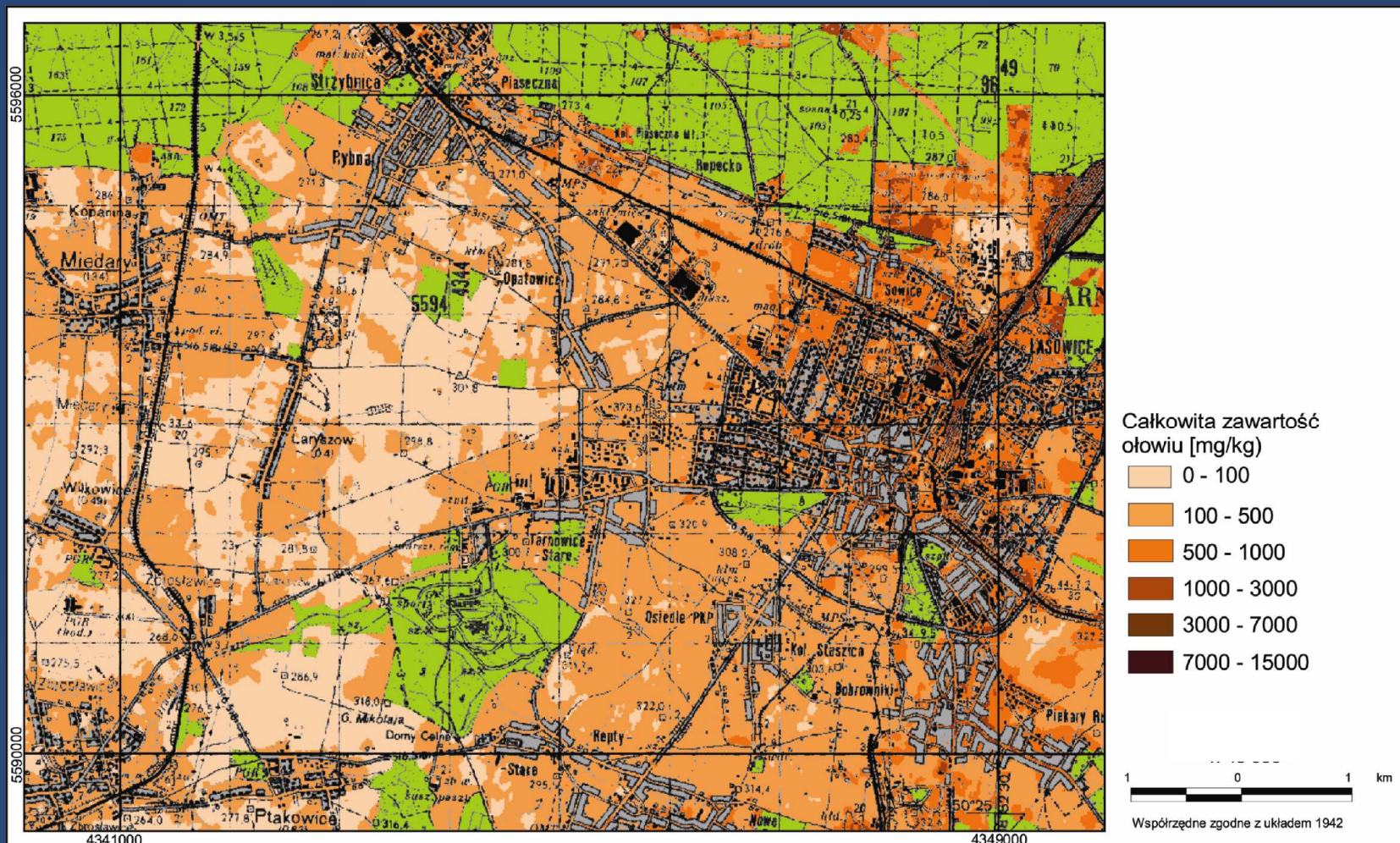
błąd RSS = 5,310E+07

Rys. 14. Semiwariogram całkowitej zawartości ołowiu w glebie



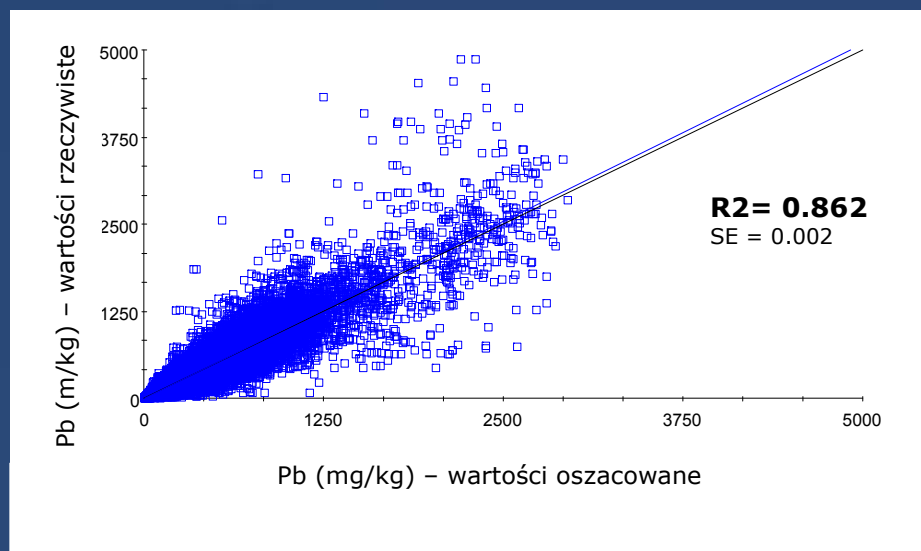
Mapa całkowitej zawartości ołowiu w glebie wygenerowana na podstawie interpolacji wskaźników spektralnych

Rys. 15

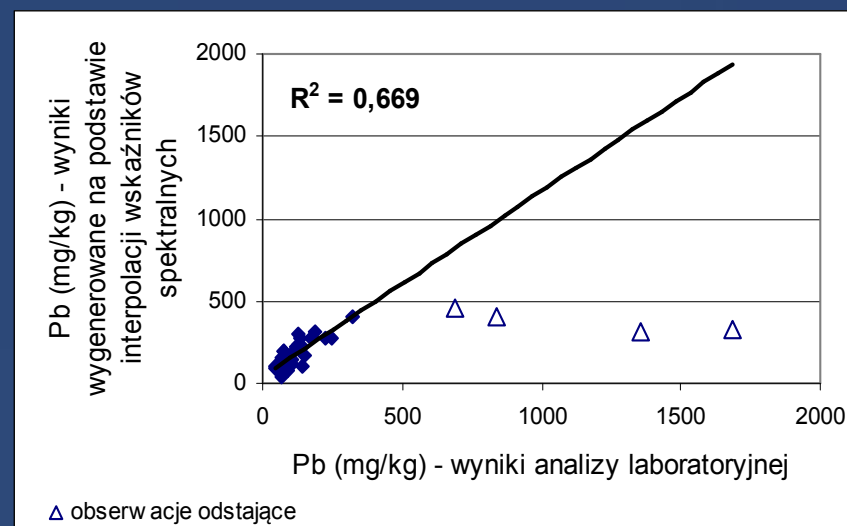


6. Weryfikacja estymacji przestrzennych

Rys. 16. Wykres zależności pomiędzy zawartościami ołowiu (mg/kg) oszacowanymi rzeczywistymi – analiza *cross-validation* (N = 89343)

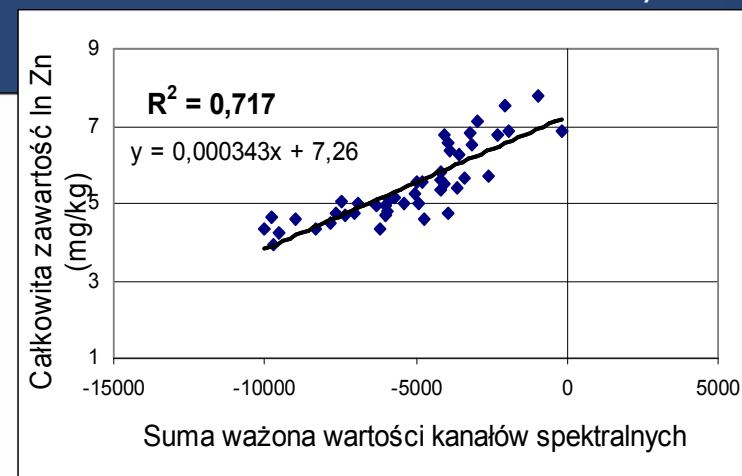
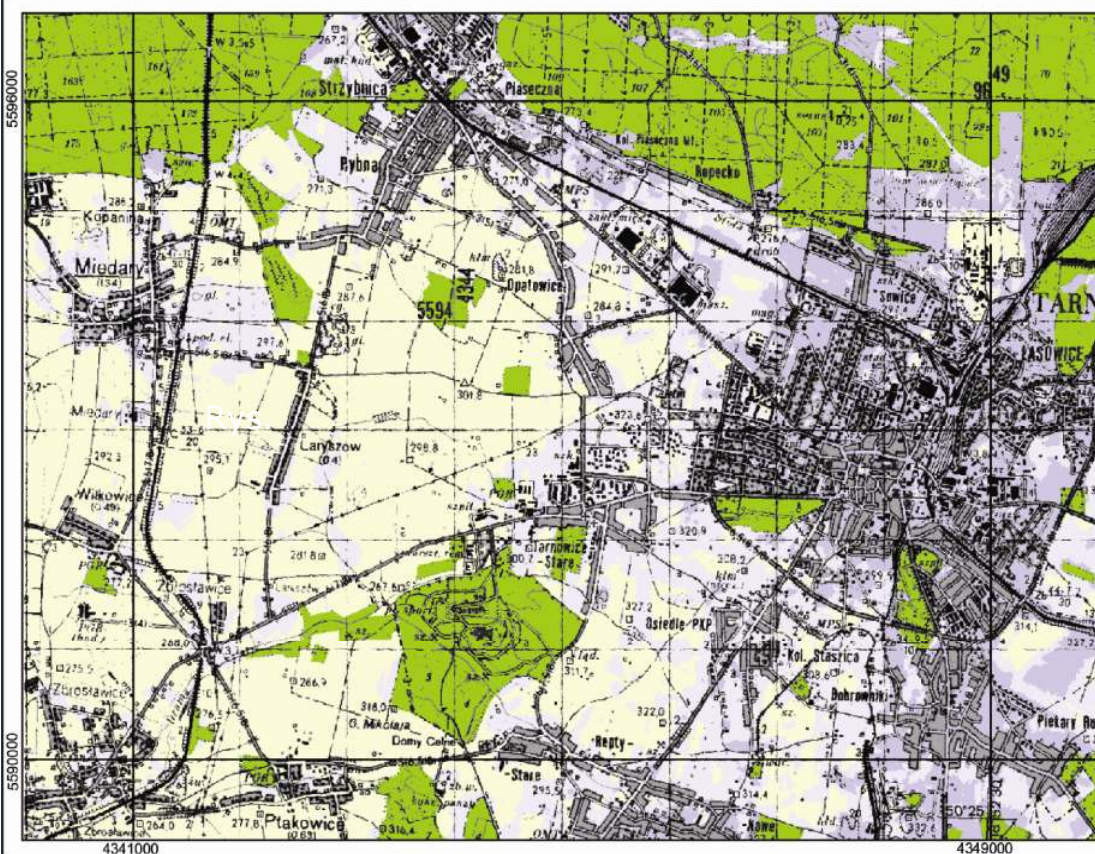


Rys. 17. Porównanie całkowitej zmierzonej zawartości ołowiu z wartościami oszacowanymi na podstawie danych spektralnych i interpolacji – weryfikacja niezależna (punkty nieuwzględnione w analizie kanonicznej) (N=29)



Mapa całkowitej zawartości cynku w glebie wygenerowana na podstawie interpolacji wskaźników spektralnych

Rys. 19



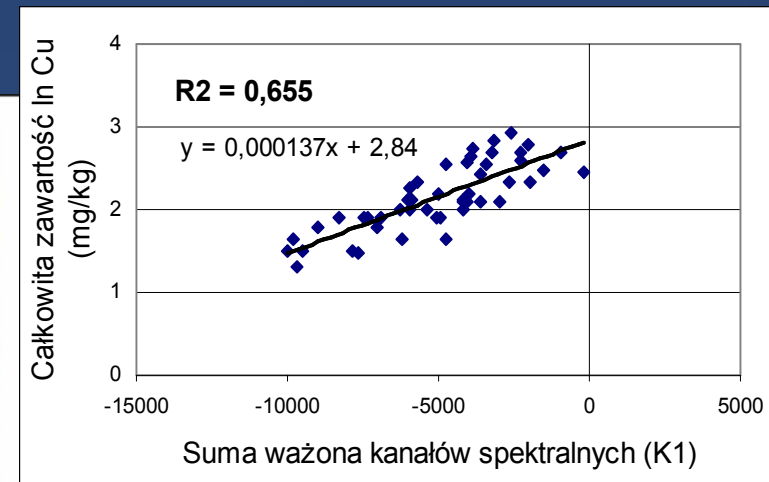
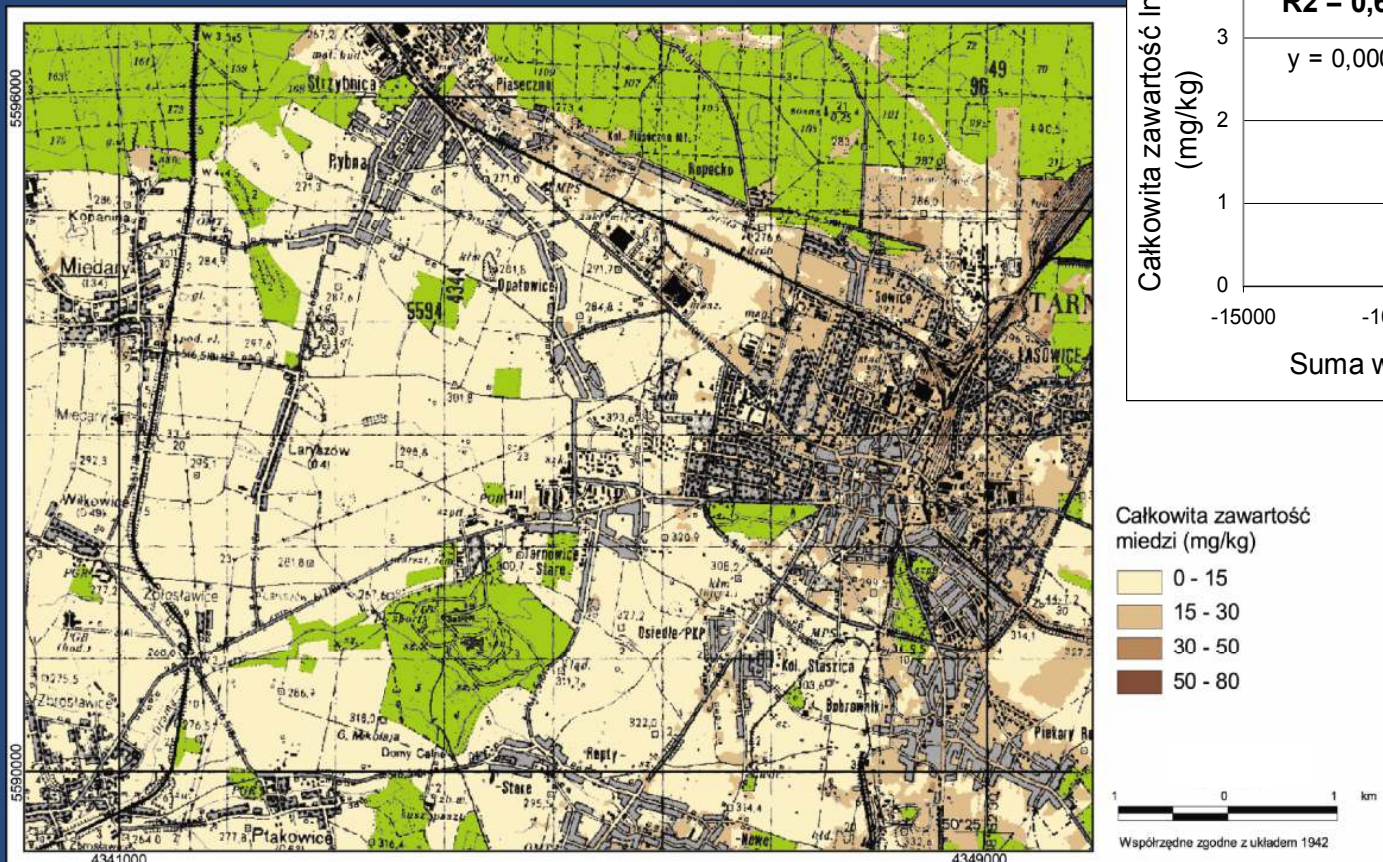
Weryfikacja estymacji przestrzennych

- metoda *cross-validation*: $R^2 = 89\%$
- weryfikacji niezależna na punktach nieuwzględnionych w analizach: $R^2 = 0,60$

Mapa całkowitej zawartości miedzi w glebie wygenerowana na podstawie interpolacji wskaźników spektralnych

Rys. 20

Rys. 21

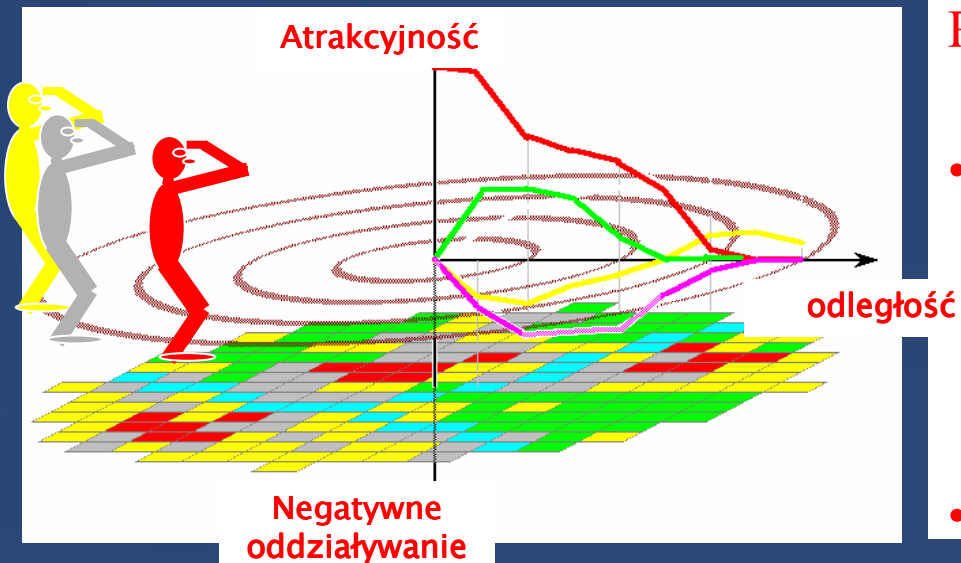


Weryfikacja estymacji przestrzennych

- metoda *cross-validation*: $R^2 = 89\%$
- weryfikacji niezależna na punktach nieuwzględnionych w analizach: $R^2 = 0,62$

37

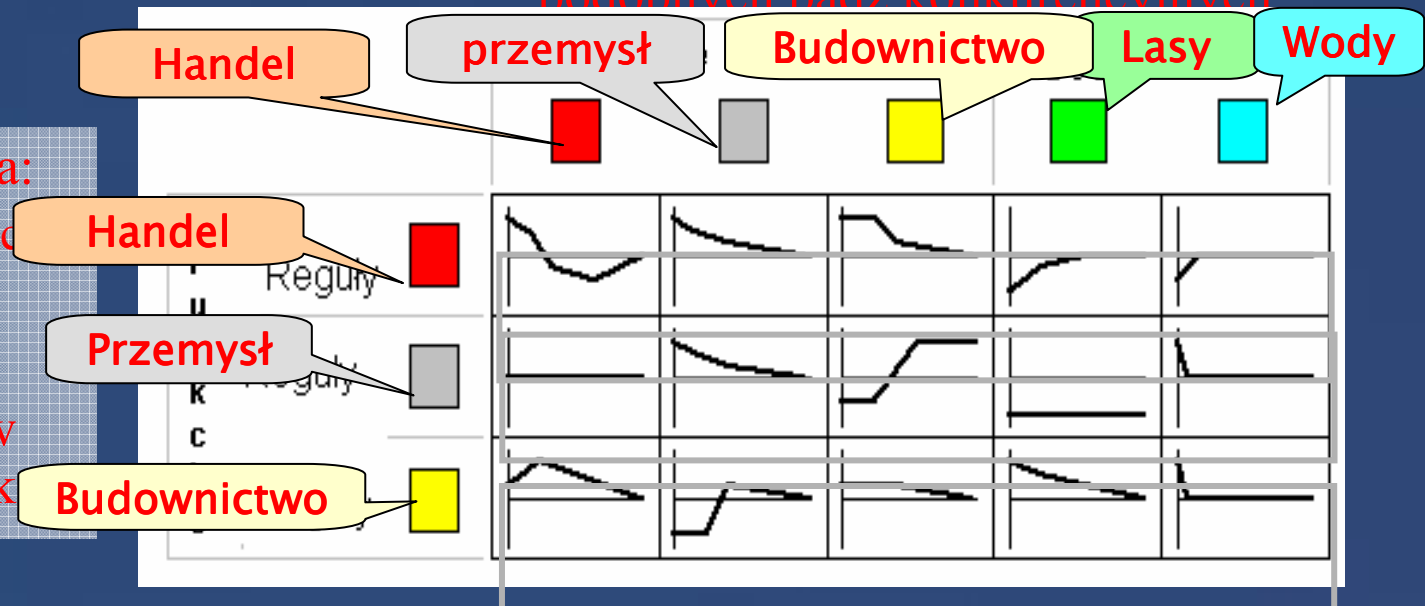
Prognozowanie zmian użytkowania gruntów - automaty komórkowe



Reguły przewidywania zmiany funkcji uwzględniają:

- Lokalne preferencje funkcji i ich wzajemną konkurencję o przestrzeń
- Łatwość na rozwinięcie określonej funkcji lub jej likwidację w określonym miejscu
- Role odległości od innych podobnych bądź konkurencyjnych

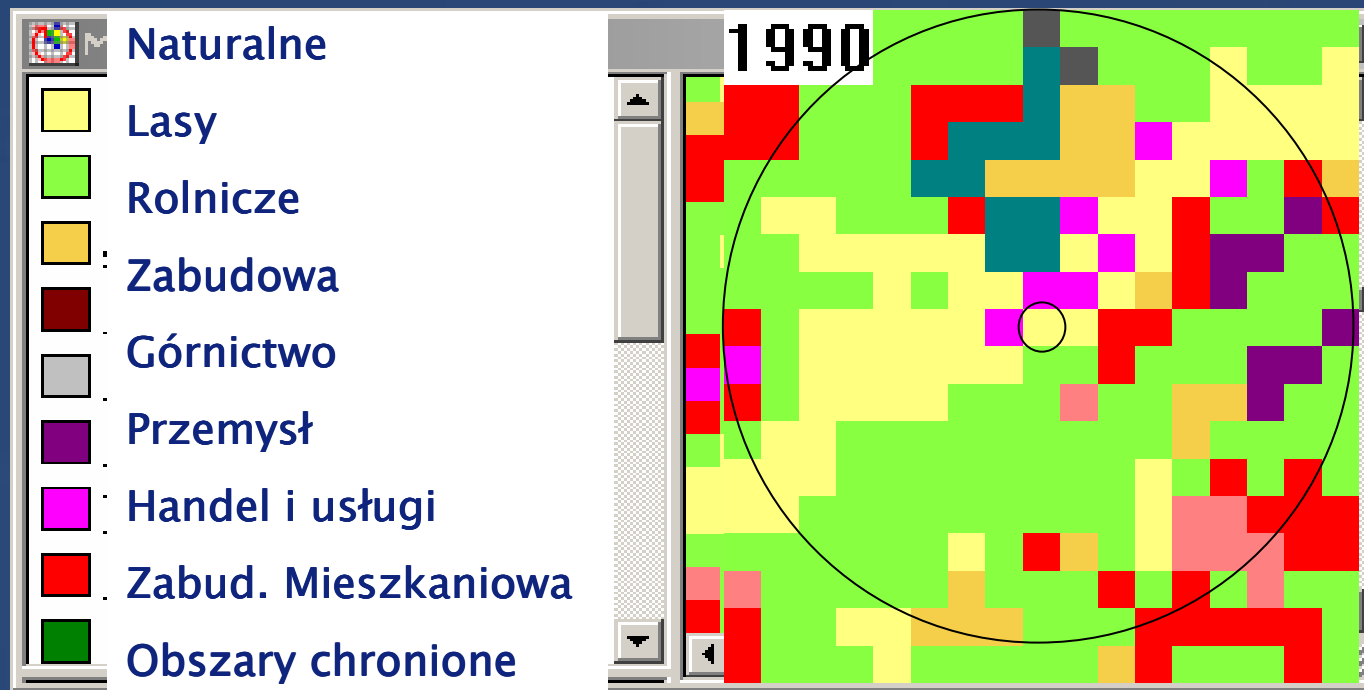
- 32 klasy użytkowania:
 - Funkcje transformacji
 - Stany dostępności
 - Cechy stałe;
- Analiza sąsiedztwa w promieniu 8 komórek grida



Podsumowanie i wnioski

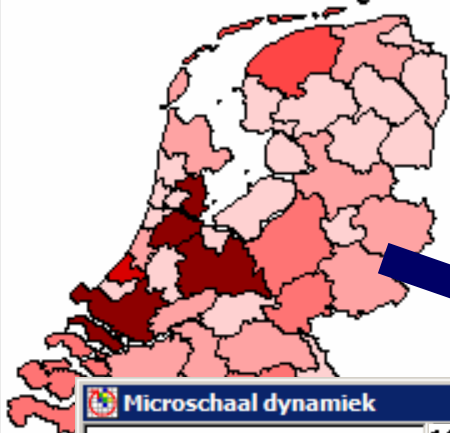
1. Wielospektralne zdjęcia satelitarne ASTER zawierają dane umożliwiające określenie przestrzennej zmienności zawartości metali śladowych w glebie.
2. Nie stwierdza się wpływu korekcji geomotrycznej na jakość oszacowań zawartości metali w glebach na podstawie wartości widma.
3. Siła związku pomiędzy wartościami widma rejestrowanymi w poszczególnych kanałach a stopniem zanieczyszczenia gleb jest uzależniona od terminu pozyskania zdjęcia oraz poziomu zanieczyszczenia gleb.
4. Dane spektralne i chemiczne odnoszące się do gleb o wysokiej zawartości metali śladowych wykazują najsilniejsze związki. Najwięcej informacji odnoszącej się do właściwości chemicznych gleb zawierają kanały rejestrujące promieniowanie termalne w zakresie fal od 8,125 do 11,65 μm .
5. Zmienna kanoniczna dla termalnych i widzialnych kanałów spektralnych traktowana jako zmienna niezależna wyjaśnia blisko 77 % łącznej zmienności kadmu, miedzi, cynku i ołowiu w glebach.
6. Opracowana metoda umożliwia wiarygodne oszacowanie przestrzennej zmienności ołowiu, cynku i miedzi w glebach i wykonanie map tematycznych obrazujących trendy przestrzenne.
7. Opracowania takie mają praktyczną wartość jako wstępne rozpoznanie prawdopodobnych zasięgów zanieczyszczeń gleb przy typowaniu obszarów do badań szczegółowych.

Lokalne zmiany użytkowania – automat komórkowy

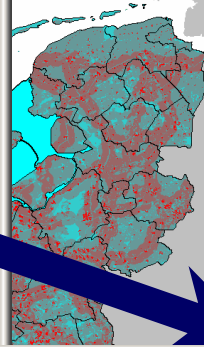


Popyt regionalny

Diensten regionaal



Wraaijgaten



Modelowanie dynamik użytkowania

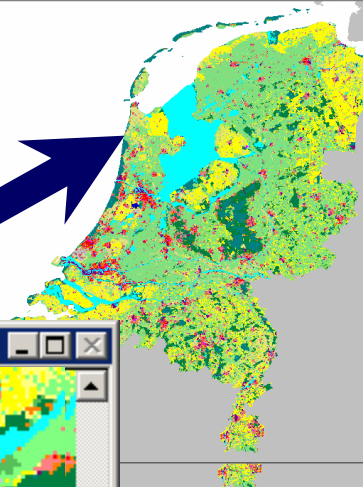
Szacowanie niepewności

&

$$v = 1 + (-\ln[\text{rand}])^\alpha$$

&

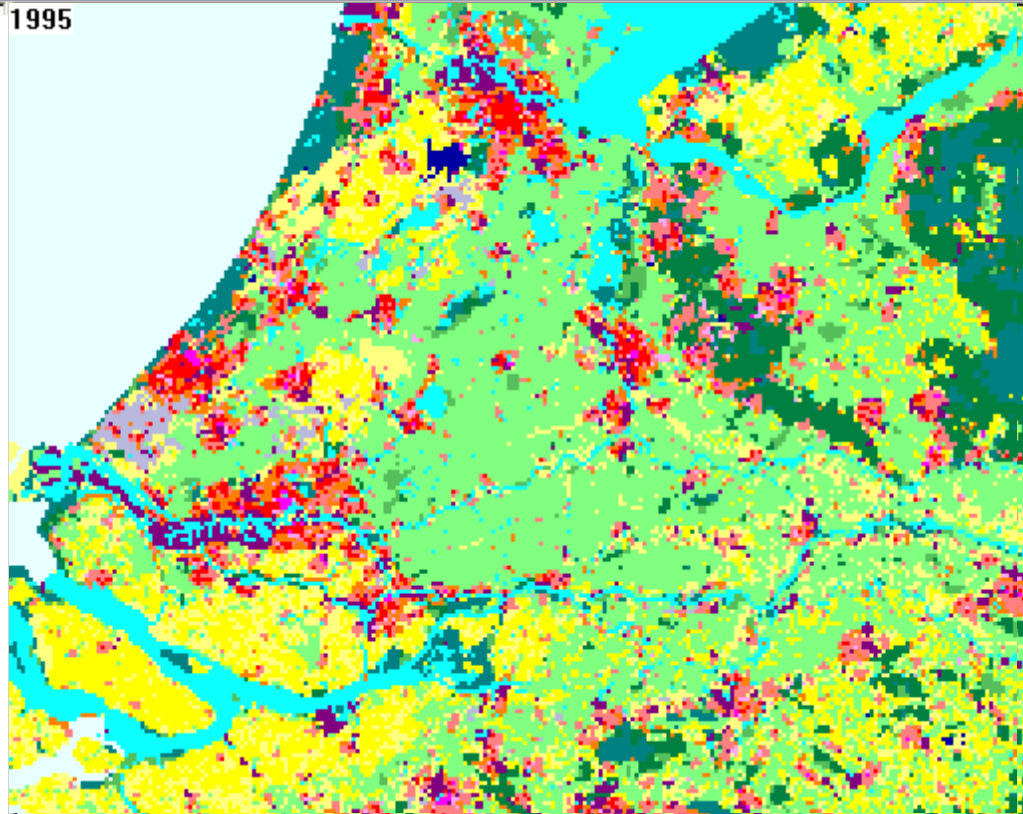
Użytkowanie po czasie T+1



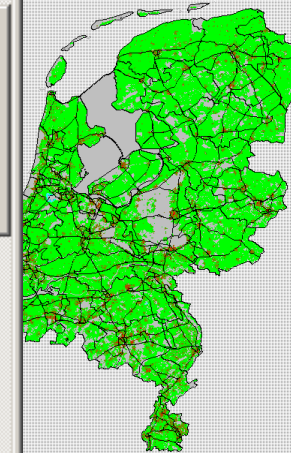
Microschaal dynamiek

1995

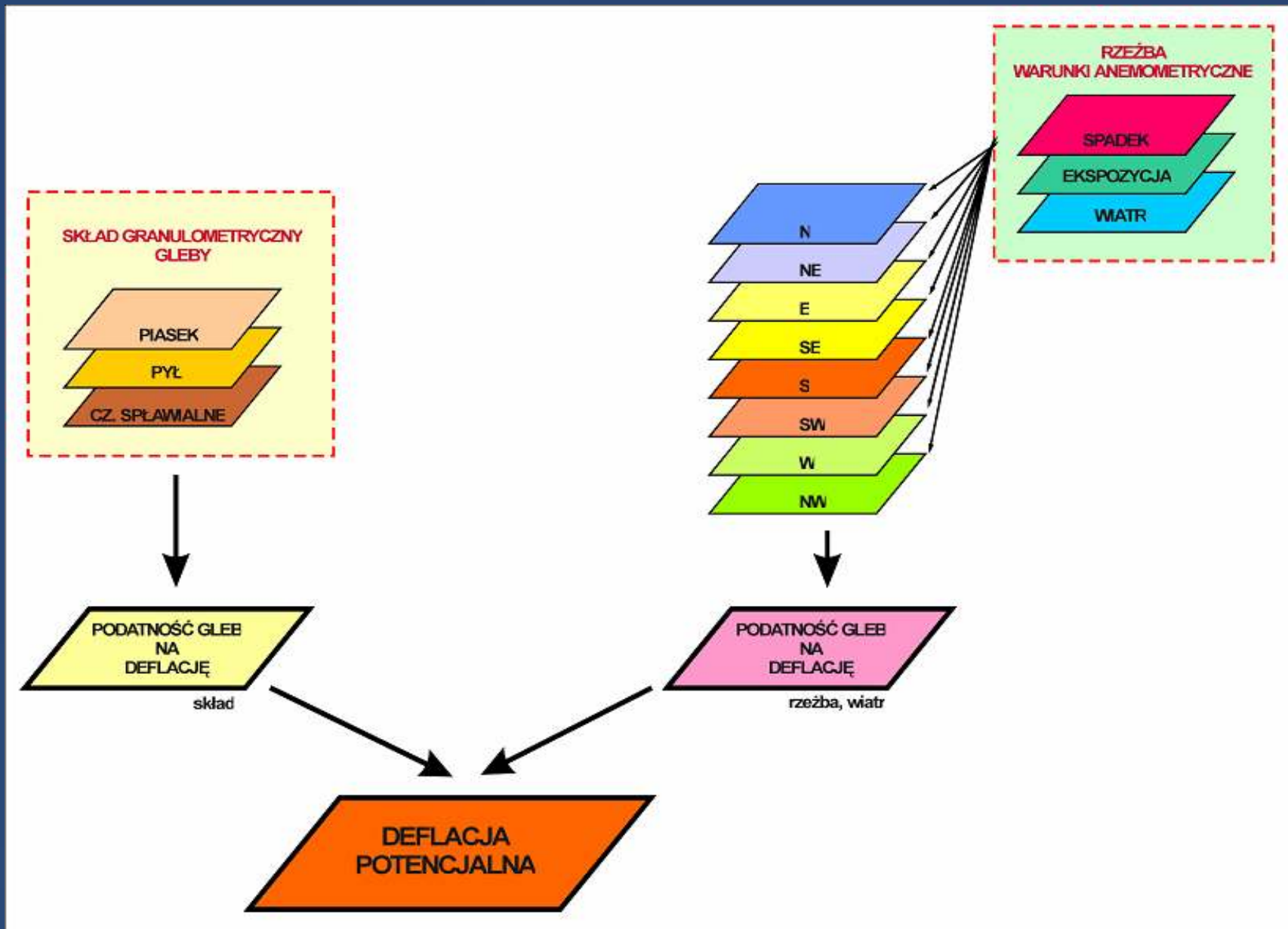
- Rolnicze
- U. zielone
- Orne
- Pod oslonami
- Zabudowa rozp.
- Zabudowa gęsta
- Przemysłowa
- Usługi
- Place zabaw
- Lasy
- Łąki ekstensywne
- Nieprzekształcone
- Rekreacyjne
- Lotniska
- Cieki
- Wody otwarte
- Zabudowa



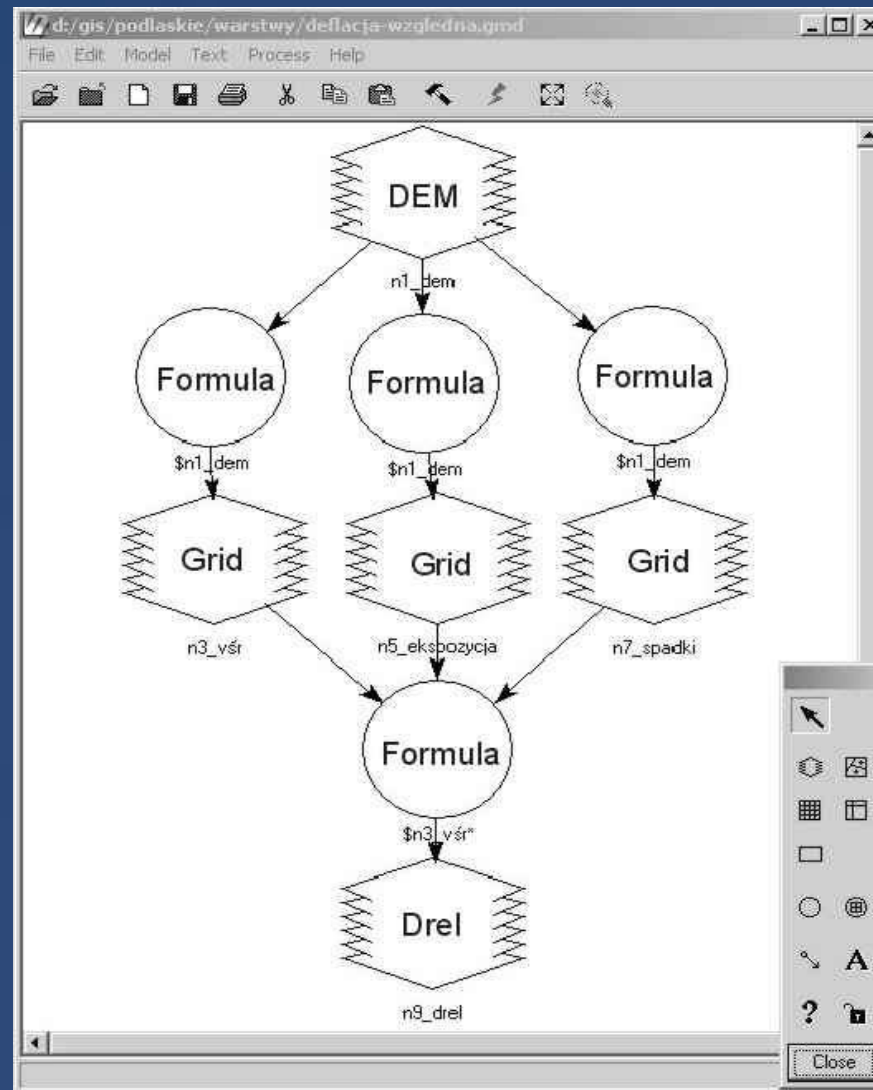
otencjał transformacji



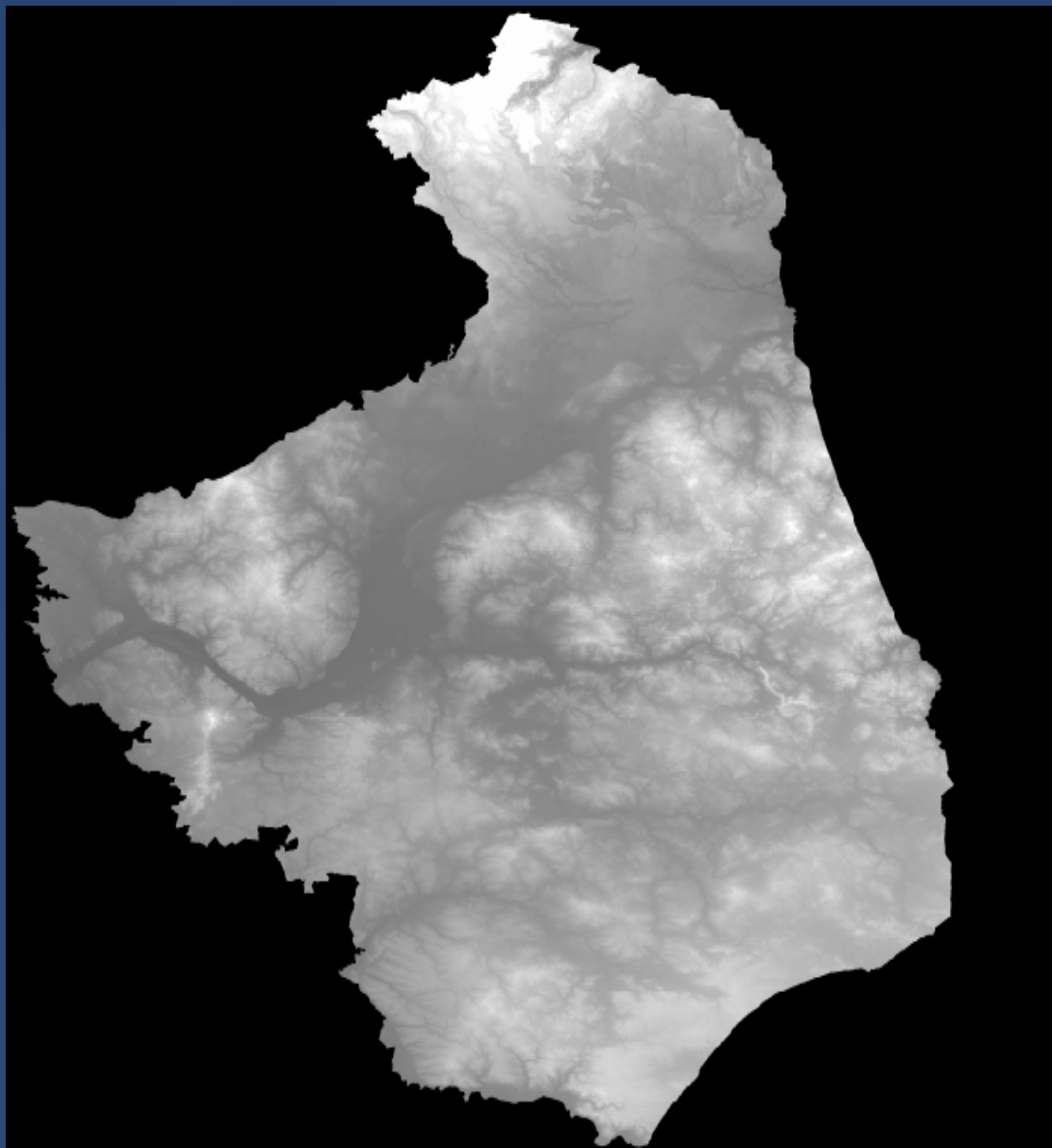
Algorytm wyliczania deflacji potencjalnej



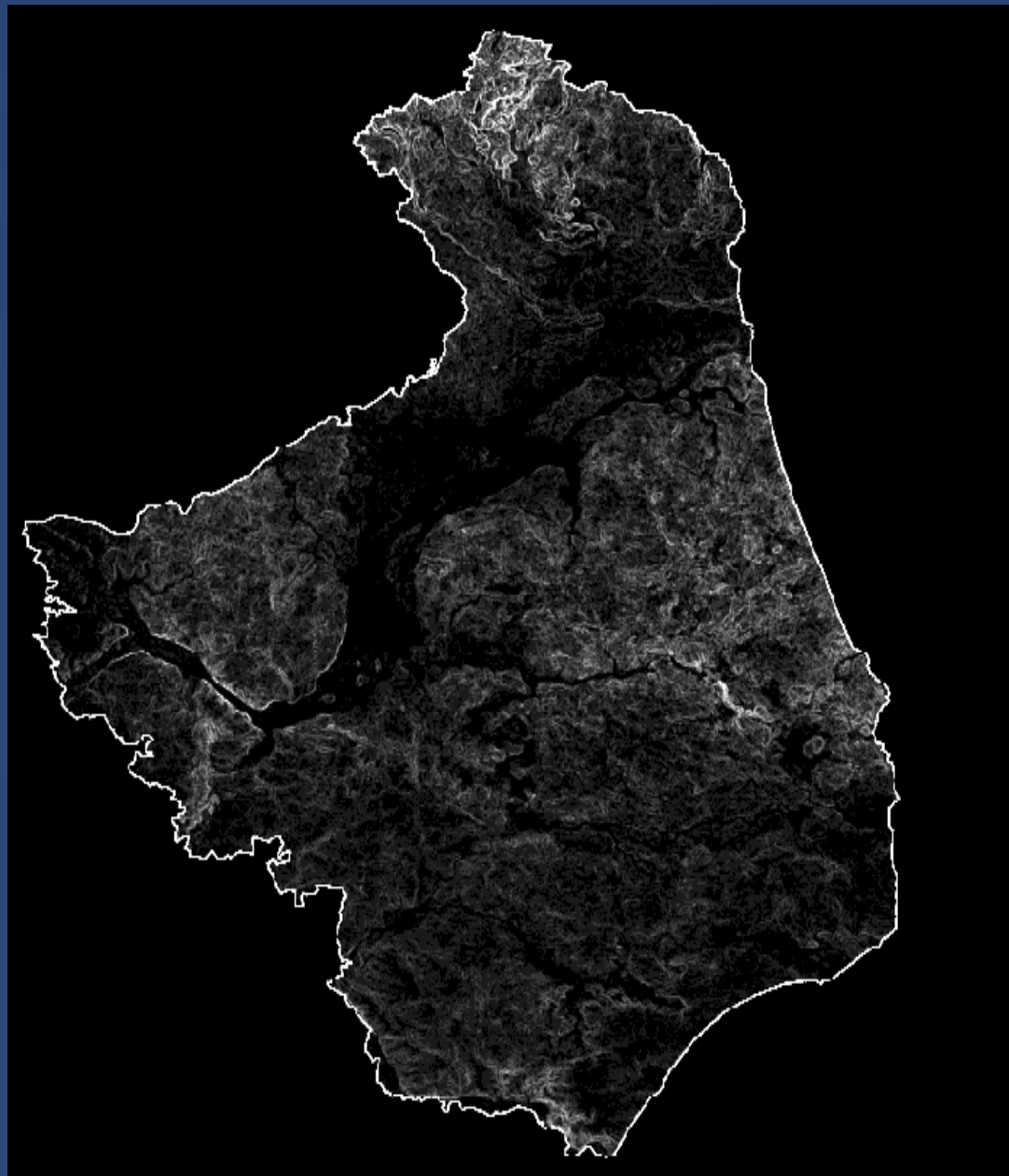
Schemat algorytmu obliczenia składowej deflacji dla jednego z 8 kierunków wiatru w programie Modeler – ERDAS IMAGINE



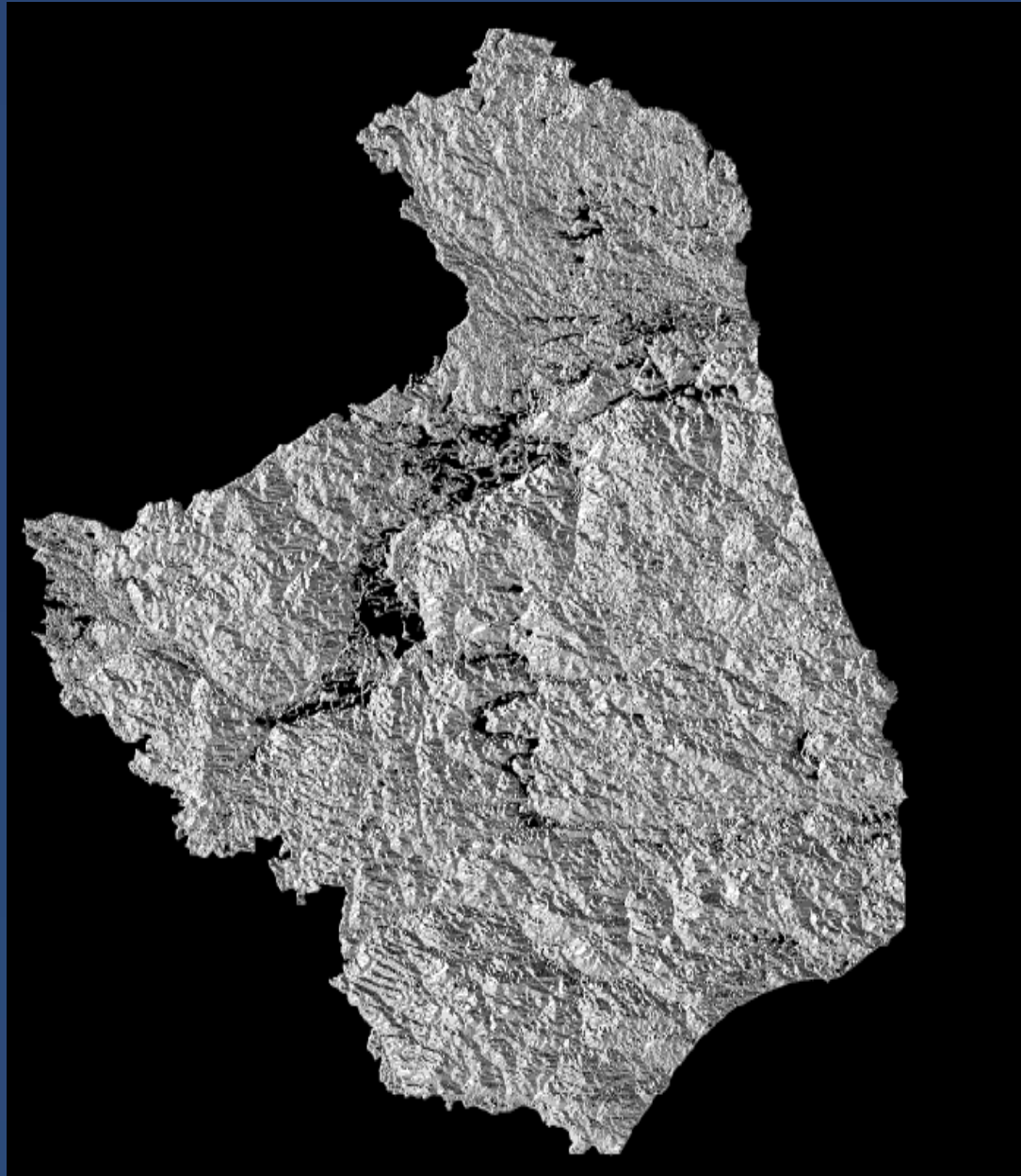
Numeryczny Model Terenu



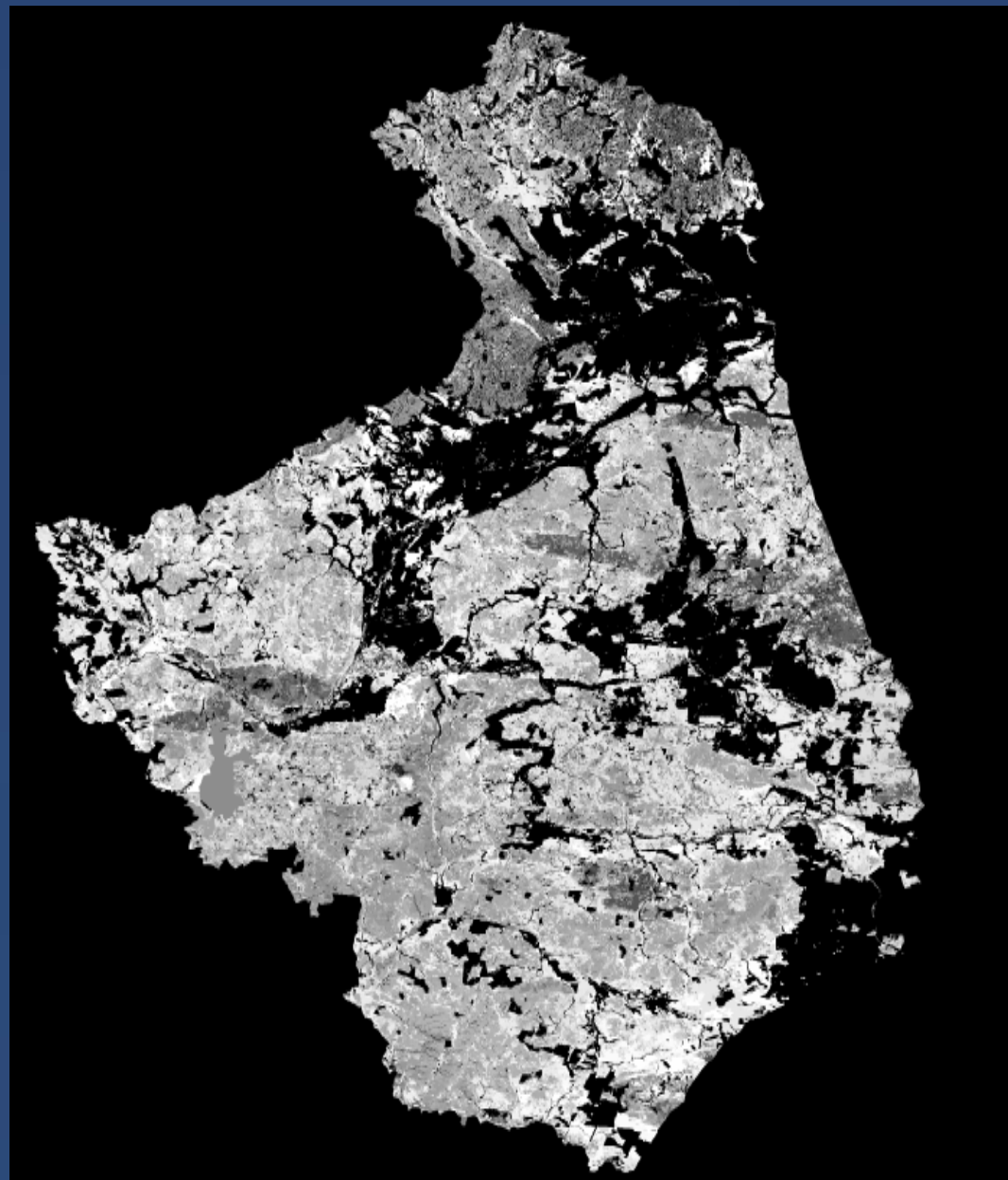
Spadki terenu



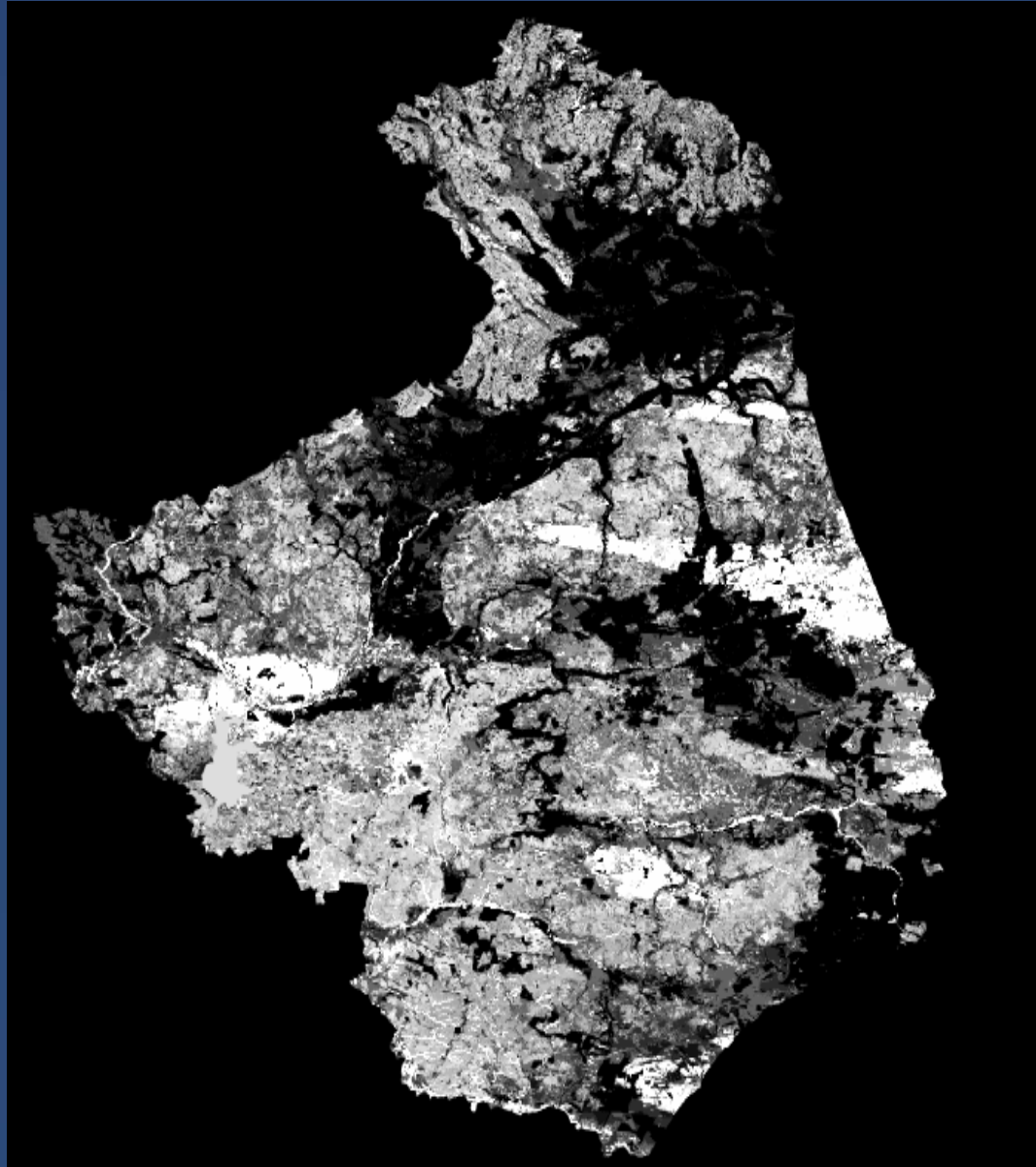
Ekspozycje terenu



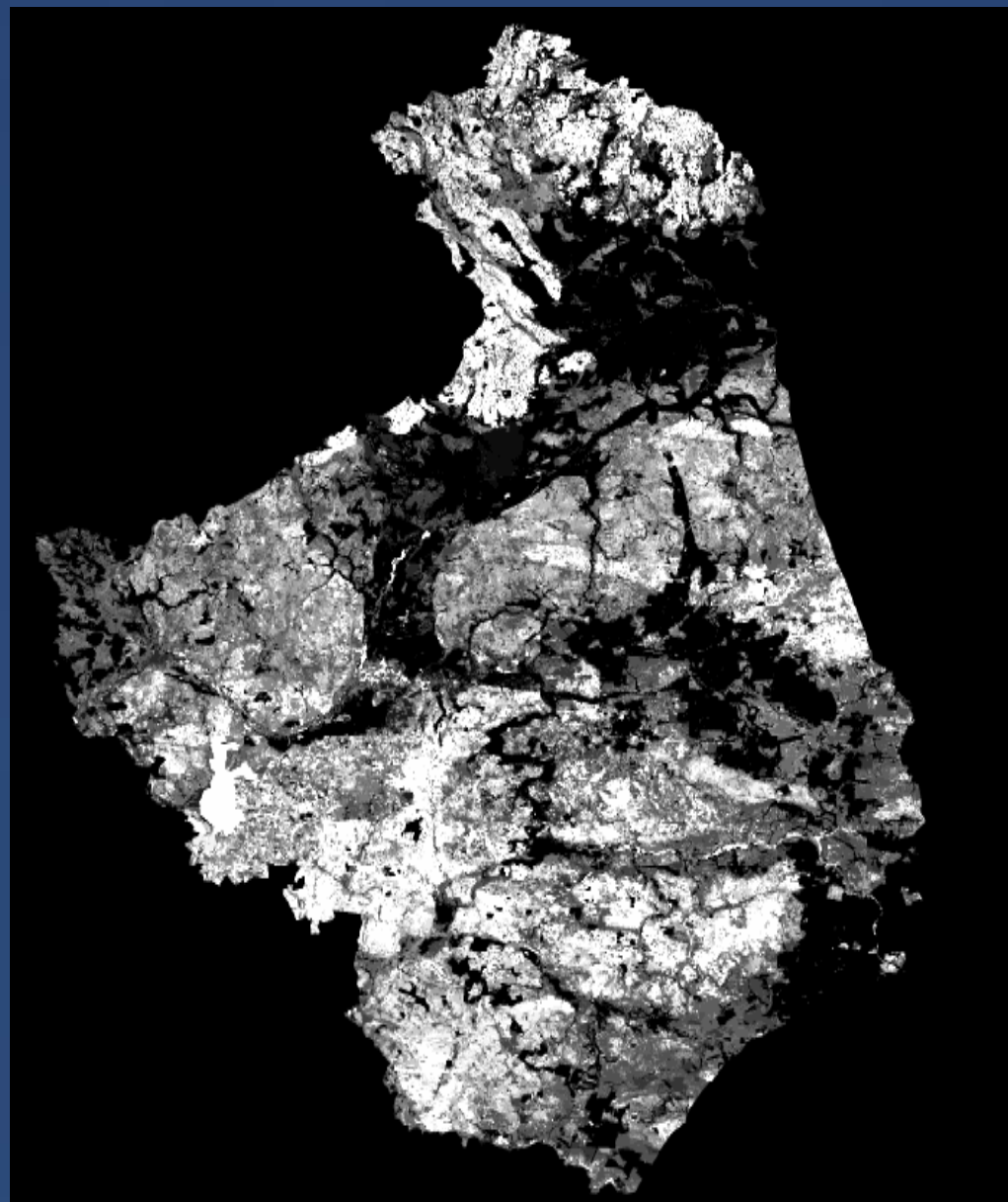
Zawartość frakcji piasku w glebie



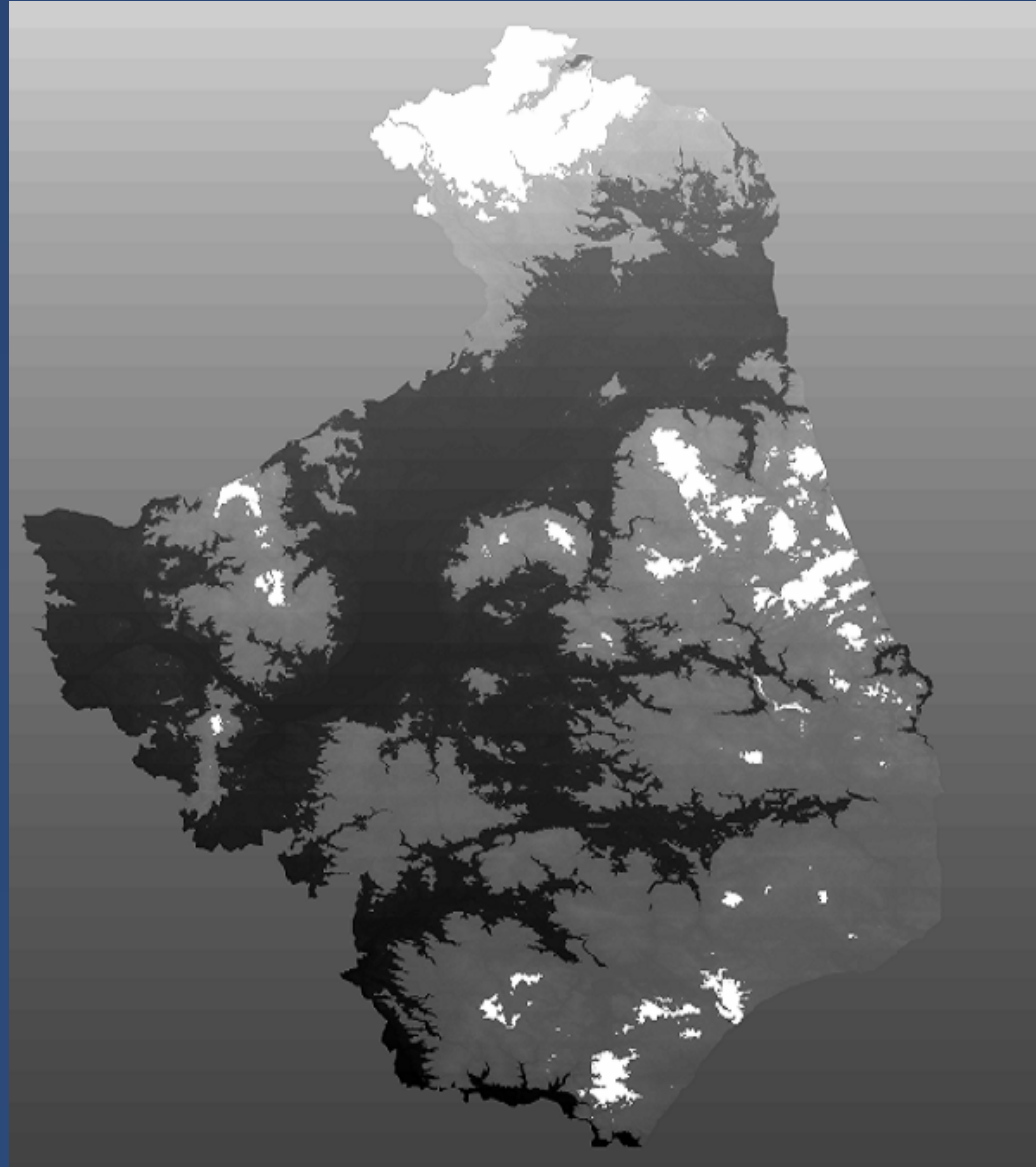
Zawartość frakcji pyłu w glebie



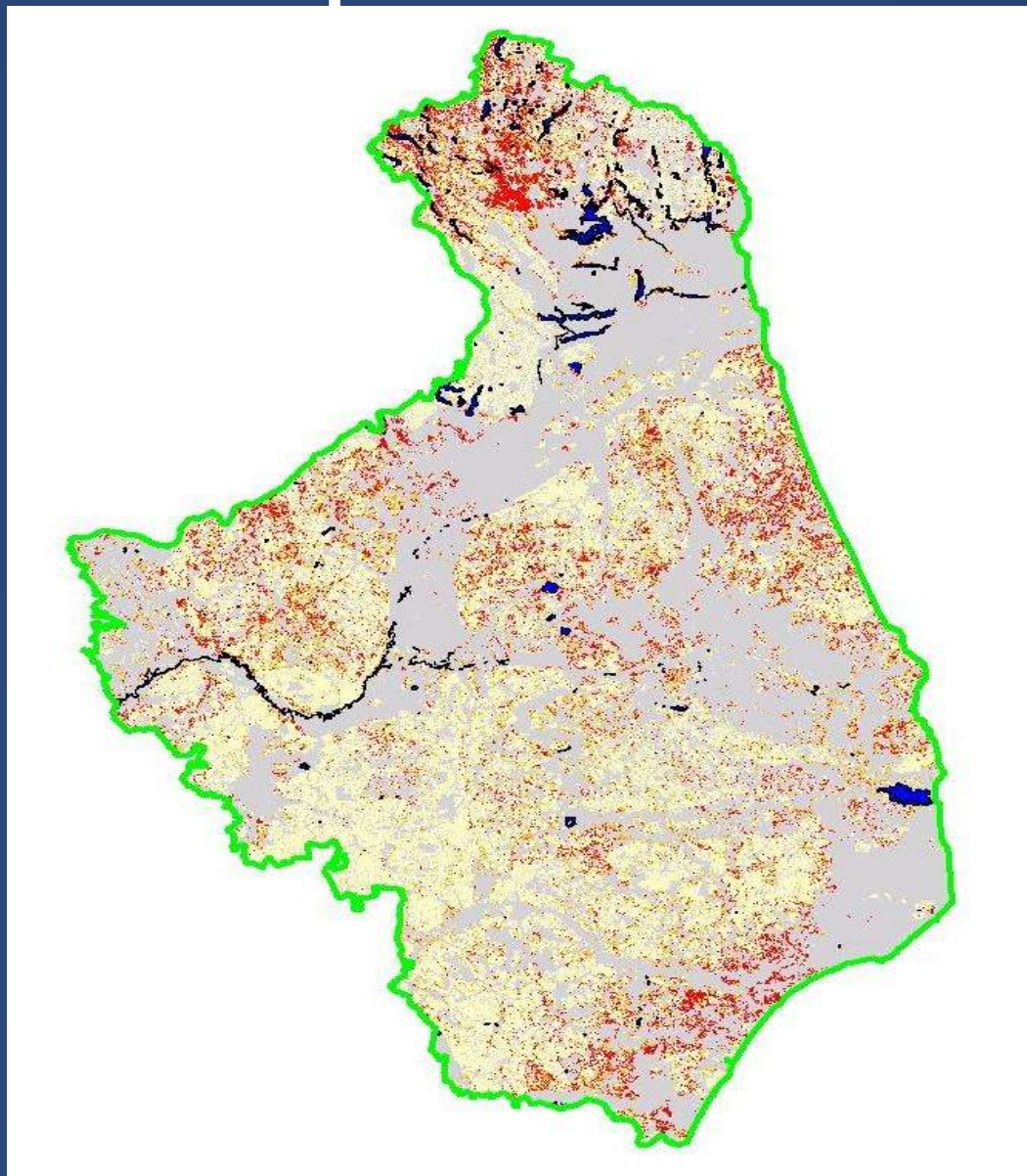
Zawartość części spławialnych w glebie



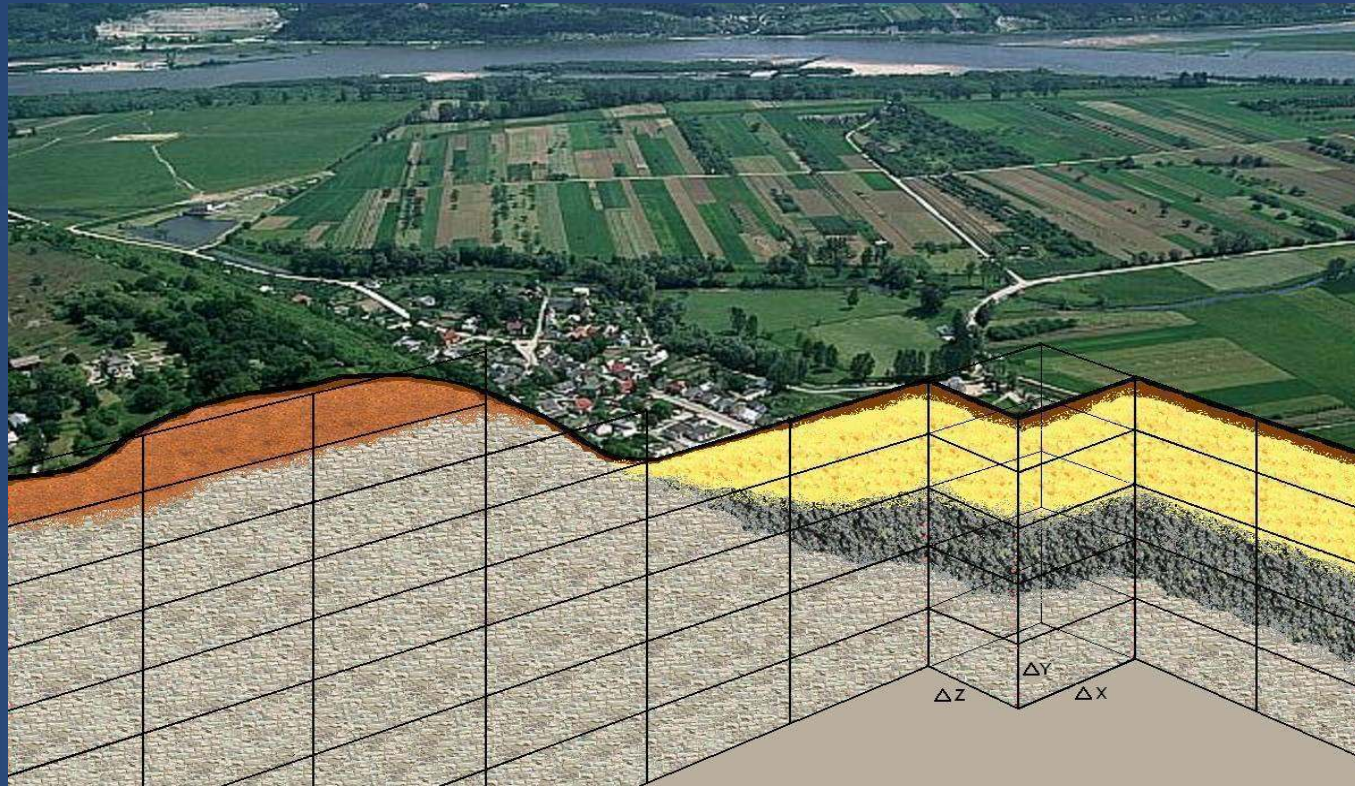
Średnia wartość prędkości wiatru w województwie podlaskim



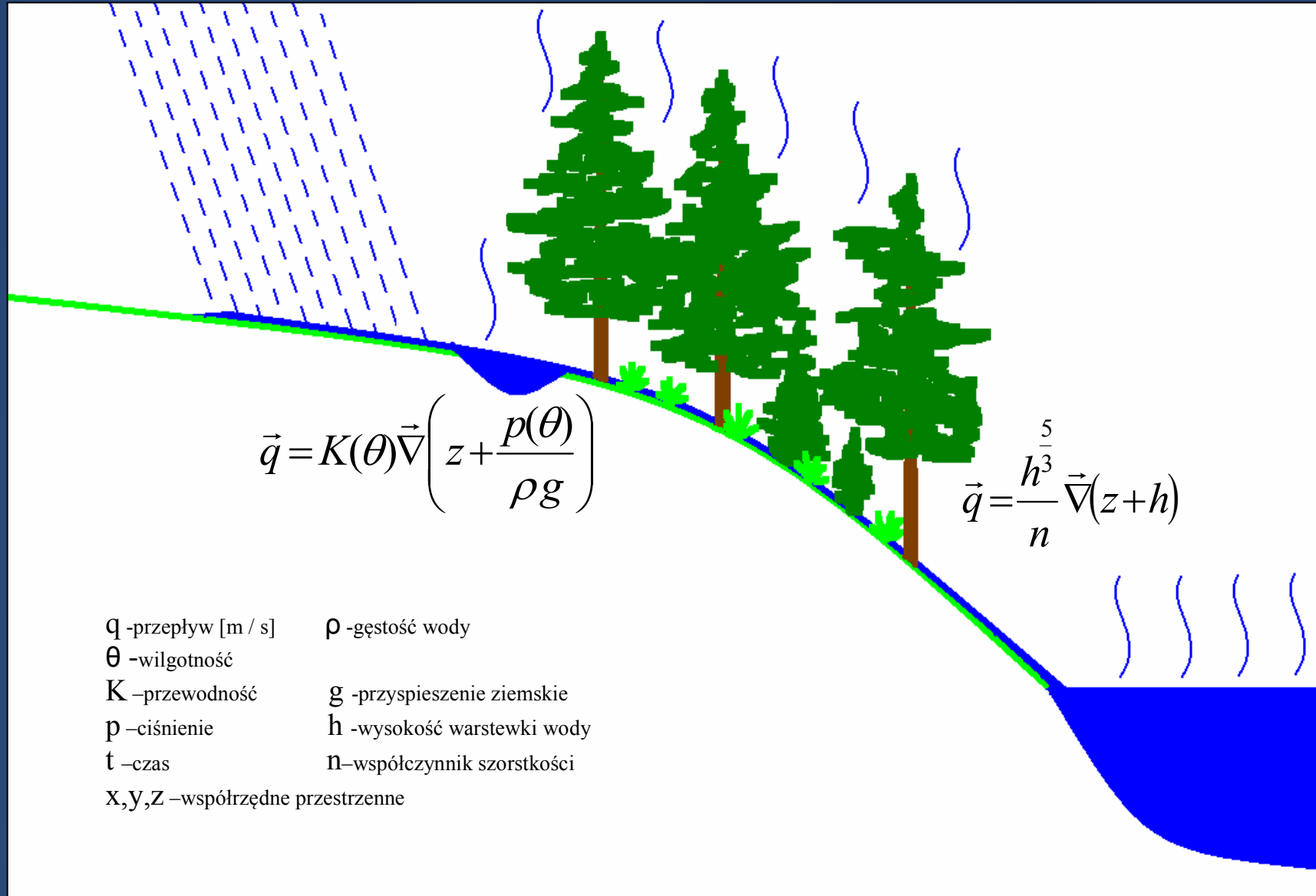
Erozja wietrzna potencjalna w województwie podlaskim



Wyznaczanie obszarów narażonych na zjawiska suszy glebowej w oparciu o bilans wodny w województwie



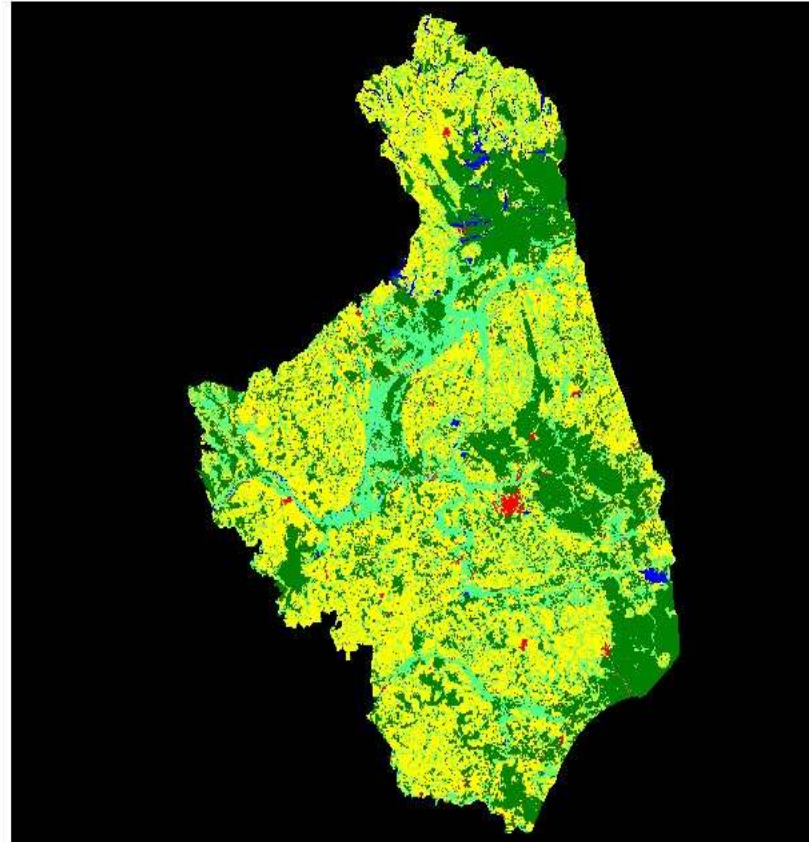
Obieg wody w krajobrazie



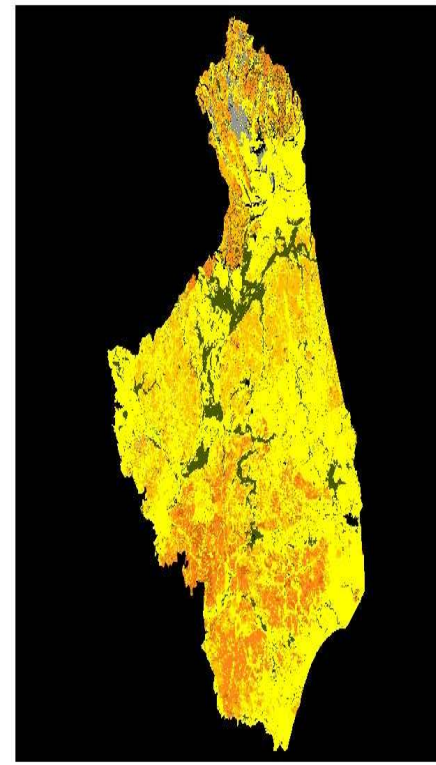
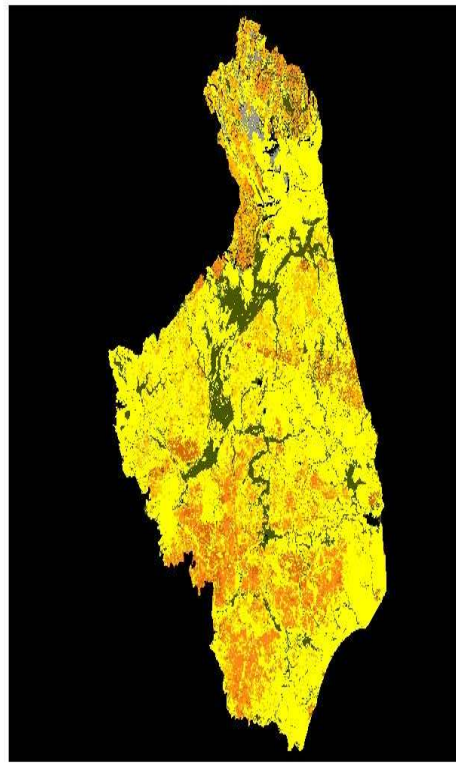
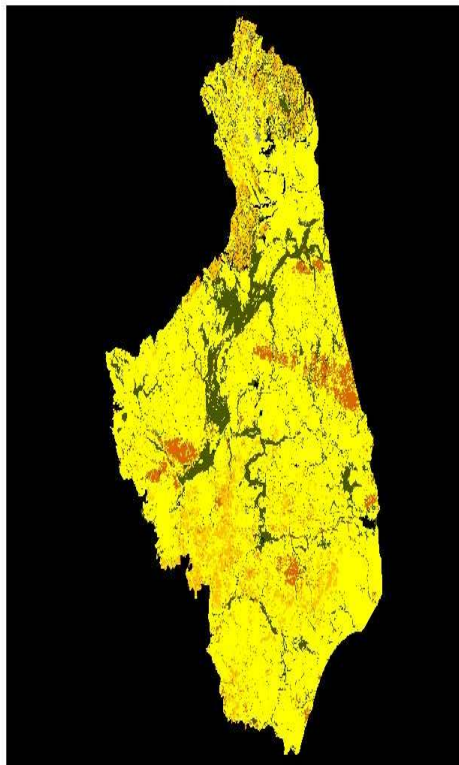
- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| Q - przepływ [m / s] | ρ - gęstość wody |
| θ - wilgotność | |
| K - przewodność | g - przyspieszenie ziemskie |
| p - ciśnienie | h - wysokość warstewki wody |
| t - czas | n - współczynnik szorstkości |
| X, Y, Z - współrzędne przestrzenne | |

Dane wejściowe:

- kompleksy przydatności rolniczej

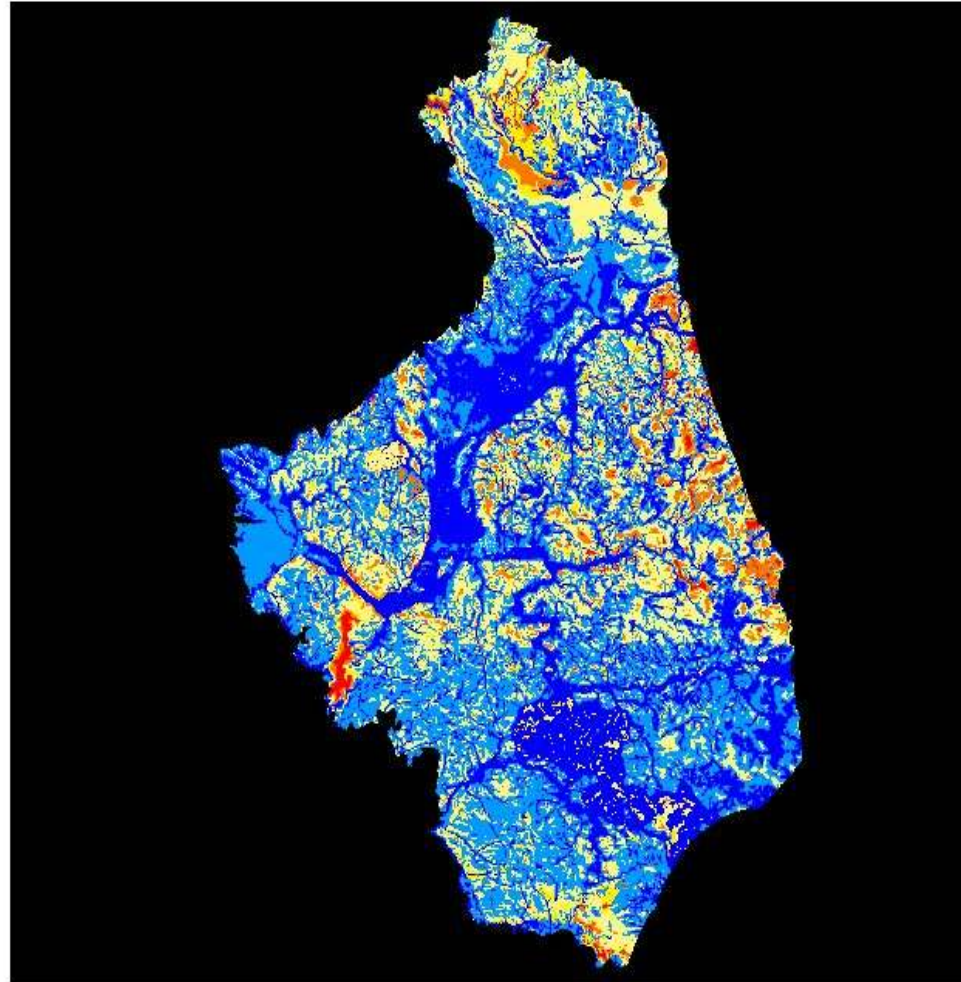


Dane wejściowe: - gatunki gleb



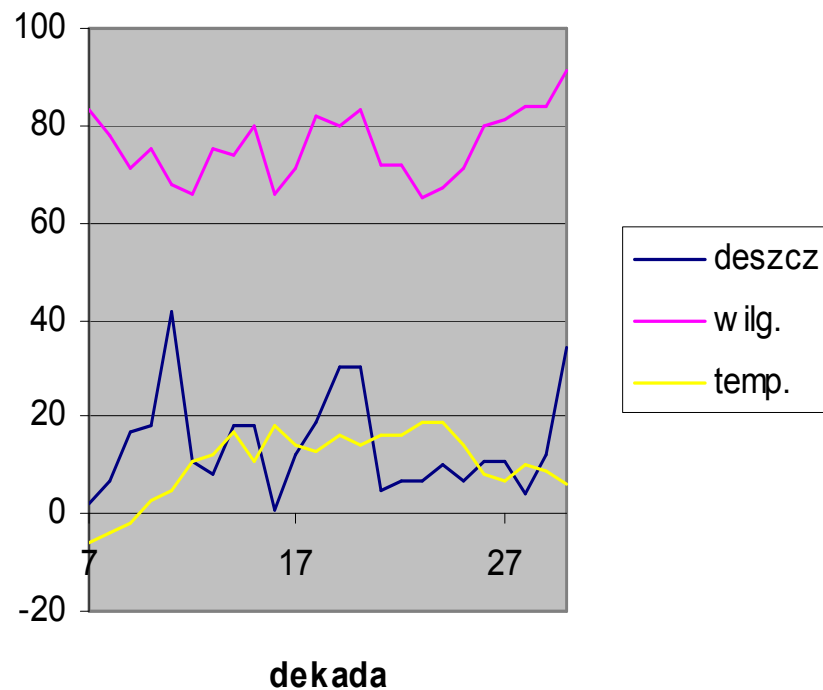
Dane wejściowe:

- poziom wód gruntowych

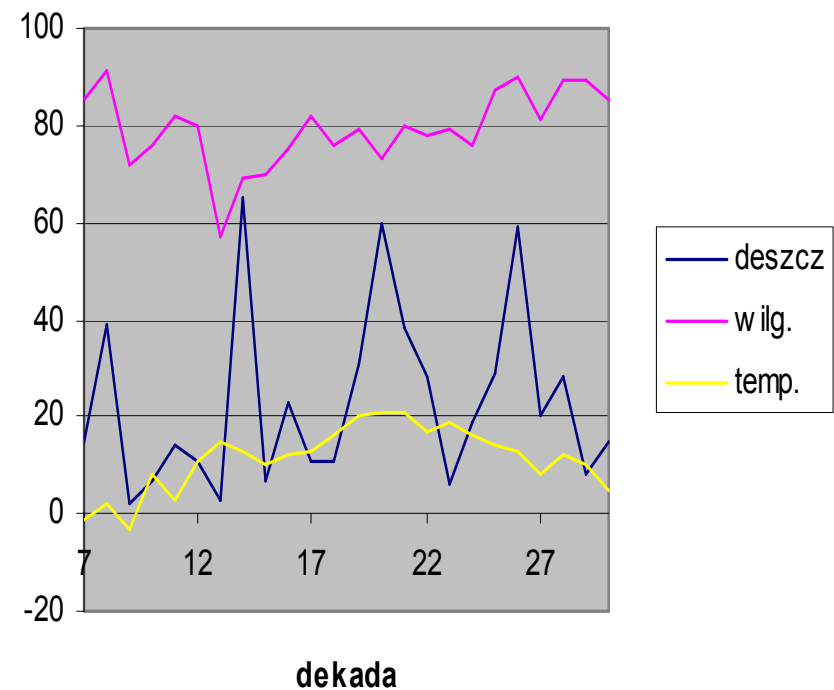


Dane wejściowe: - dane meteorologiczne

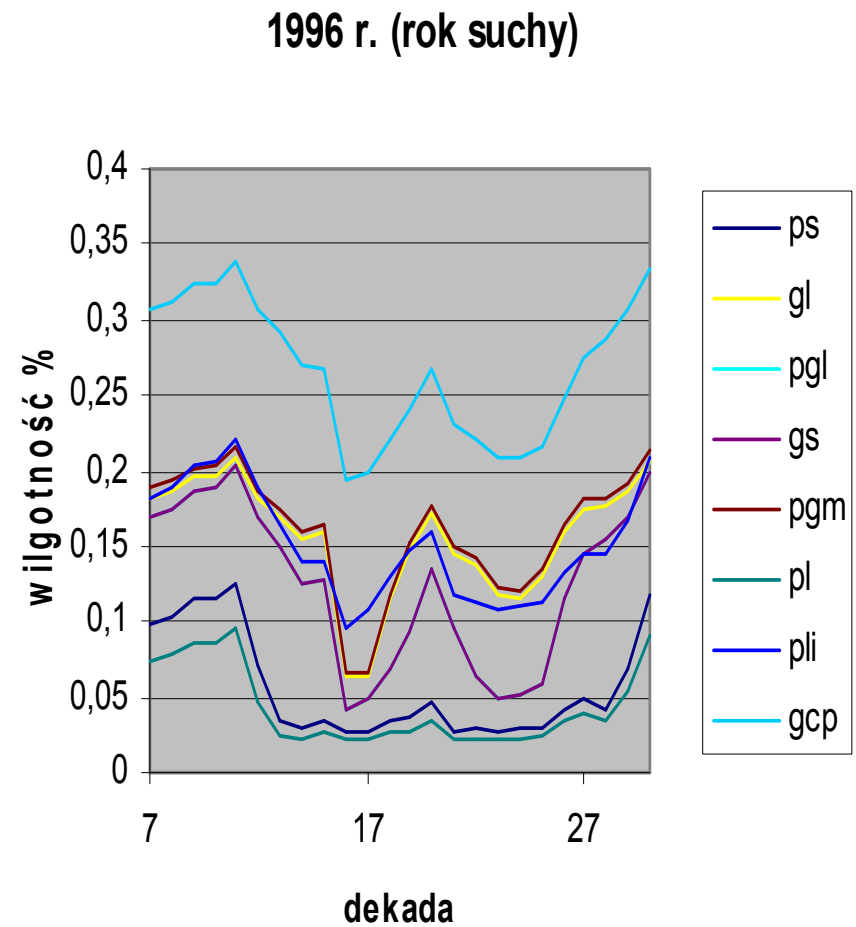
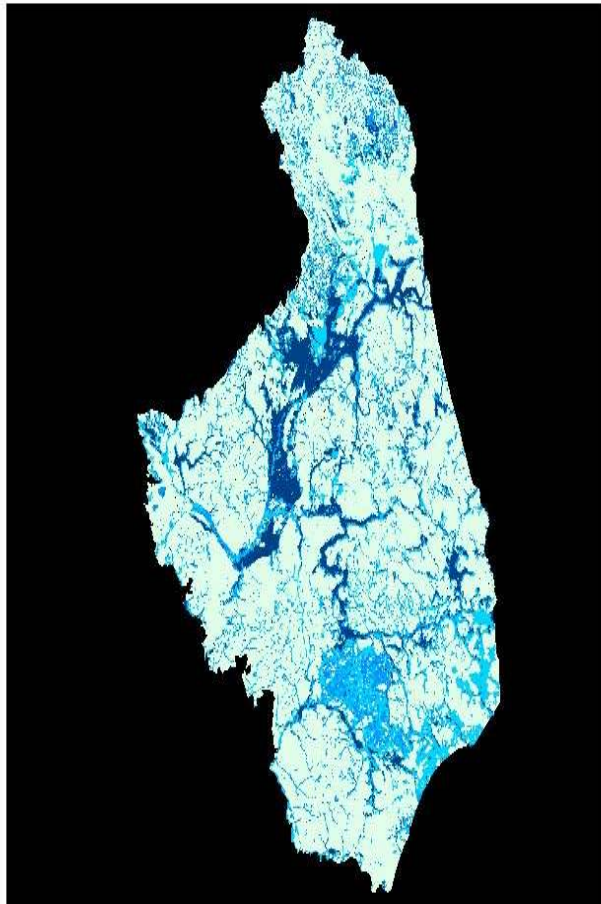
1996 r. (rok suchy)



2001 r. (rok mokry)



Dane wyjściowe: -wilgotność objętościowa gleb



Dane wyjściowe: -wilgotność objętościowa gleb

