

Czy przeszłość pomaga nam przewidzieć przyszłość lasów Karpat?

Nowe perspektywy w analizie i modelowaniu zmian powierzchni lasów

Katarzyna Ostapowicz¹, Agnieszka Wypych²

¹ Zakład GIS, Kartografii i Teledetekcji

² Zakład Klimatologii

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ SZWAJCARIĘ W RAMACH SZWAJCARSKIEGO
PROGRAMU WSPÓŁPRACY Z NOWYMI KRAJAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Konfederacja Szwajcarska



- 
- w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat powierzchnia obszarów leśnych w Europie znacząco wzrosła kosztem obszarów użytkowanych rolniczo
 - porzucanie ziemi rolniczej było szczególnie wyraźne na obszarach marginalnych, na przykład w górach
 - na znaczną skalę i następowało na przykład w Alpach i Karpatach, gdzie skutkiem spadku opłacalności ekonomicznej rolnictwa była redukcja powierzchni gruntów ornych i użytków zielonych oraz wzrost powierzchni lasów
 - równocześnie, w wyniku postępującego ocieplenia klimatu w górach podnosiła się górna granica lasu np. w Alpach



badania zmian powierzchni lasów w Alpach Szwajcarskich i Karpatach Polskich były do tej pory prowadzone najczęściej:

- w skali lokalnej
- z wykorzystaniem danych statystycznych
 - nie miały charakteru w pełni przestrzennego
- ograniczały się do ostatnich kilku dekad

przestrzennie dokładne długoterminowe rekonstrukcje zmian powierzchni lasów w skali regionalnej nie zostały do tej pory wykonane, dlatego też rozmiary, przestrzenne zróżnicowanie, dynamika oraz czynniki zmian powierzchni lasów w obu pasmach górskich są ciągle niedostatecznie poznane

- poprawa stanu wiedzy na temat przeszłych, współczesnych oraz przyszłych zmian powierzchni lasów w Alpach Szwajcarskich i **Karpatach Polskich**, w kontekście zachodzących w tych górach zmian użytkowania ziemi oraz zmian klimatycznych

początek XX wieku



początek XIX wieku



- określenie trendów i wielkość zmian w ciągu ostatnich 150 lat w obu regionach górskich.
- zbadanie wpływu zmian klimatycznych oraz zmian użytkowania na przeszłe zmiany powierzchni sów - ulepszenie dostępnych przestrzennych modeli zmian powierzchni lasów (przeszłych, teraźniejszych i przyszłych)
- określenie skutków zmian powierzchni lasów dla bioróżnorodności oraz wiązania węgla

początek XX wieku



początek XXI wieku



- określenie trendów i wielkość zmian w ciągu ostatnich 150 lat w obu regionach górskich.
- zbadanie wpływu zmian klimatycznych oraz zmian użytkowania na przeszłe zmiany powierzchni lasów (przeszłych, teraźniejszych i przyszłych)
- określenie skutków zmian powierzchni lasów dla bioróżnorodności oraz wiązania węgla

gdzie?, kiedy?, dlaczego?

początek XX wieku



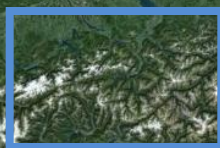
początek XXI wieku





<http://www.gis.geo.uj.edu.pl/FORECOM/index.html>

Obszar badań



powierzchnia: 20 000 km²
wysokość n.p.m. 200-2500

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat

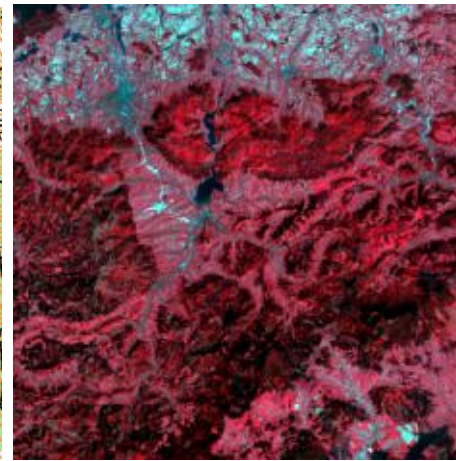
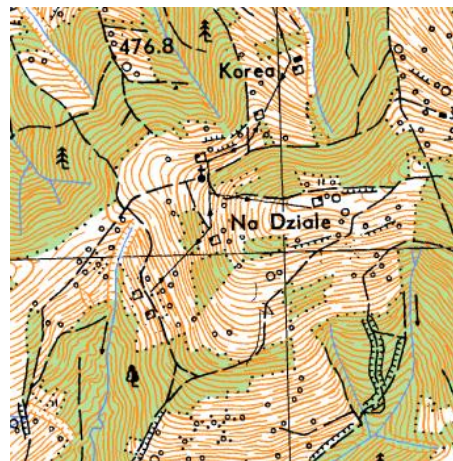
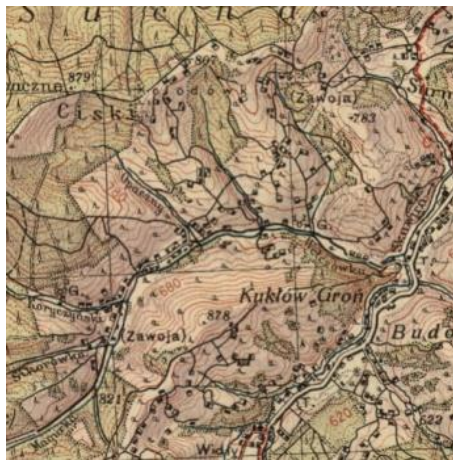
Google earth

Przewodnik

Data uzyskania obrazu: 4/10/2013 45°46'40.73"N 15°20'51.58"E wys. 587 m wysokość punktu widzenia 1829.51 km

Zmiany powierzchni lasów w regionach górskich: przyczyny, trajektorie oraz skutki (FORECOM)

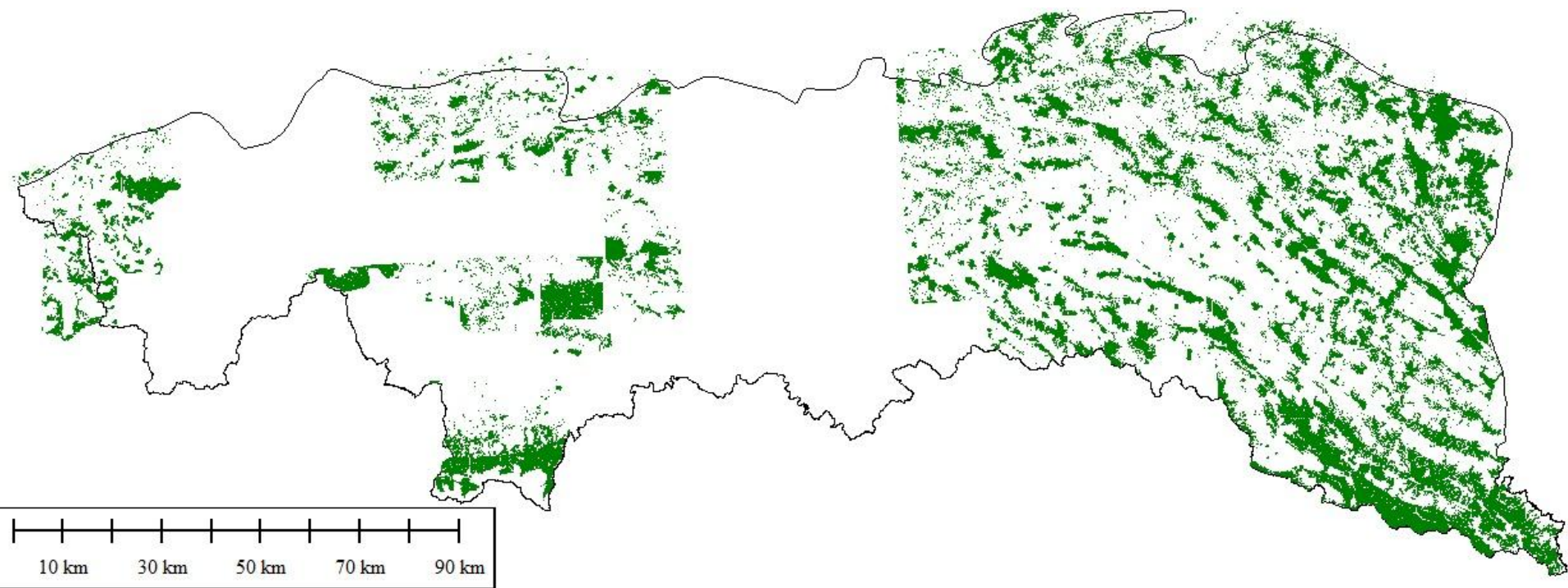
- drugie wojskowe zdjęcie topograficzne (~1850, skala 1:28 800)
- mapy topograficzne WIG (lata 30-te, 1:100 000)
- mapy topograficzne (lata 70-te, 1: 25 000)
- obrazy satelitarne Landsat (2011, rozdzielczość przestrzenna 30 m)



- drugie wojskowe zdjęcie topograficzne (~1850, skala 1:28 800)
- mapy topograficzne WIG (lata 30-te, 1:100 000)
- mapy topograficzne (lata 70-te, 1: 25 000)
- obrazy satelitarne Landsat (2011, rozdzielczość przestrzenna 30 m)



- rektyfikacja
- wektoryzacja lub automatyczne pozyskiwanie maski obszarów leśnych
- klasyfikacja obrazów satelitarnych



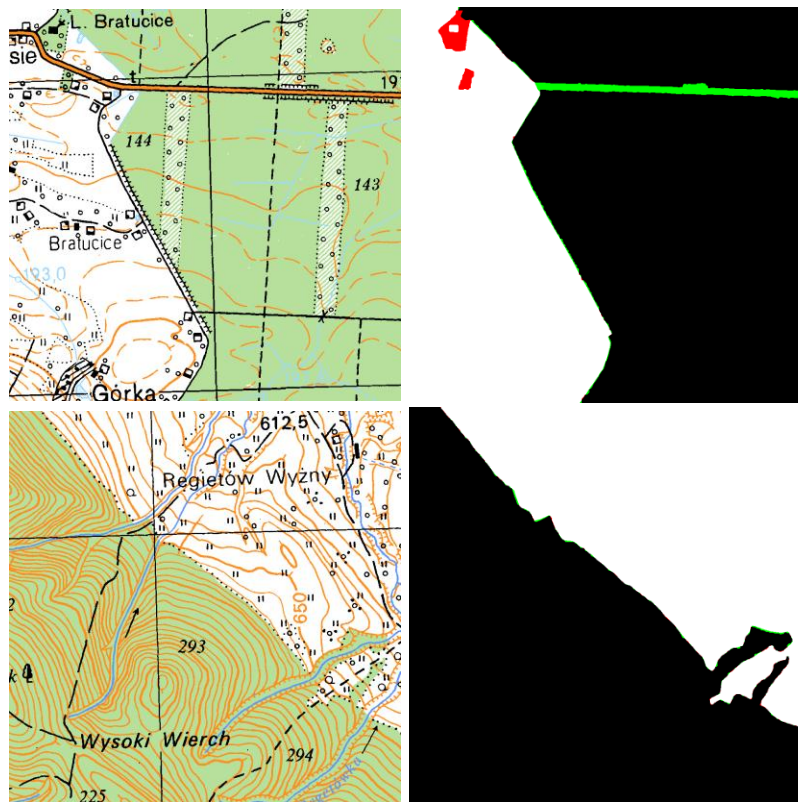
Automatyczne pozyskiwanie maski lasów Mapy topograficzne (1970-te, 1: 25 000)

- małe zmiany jakości na próbnych arkuszach

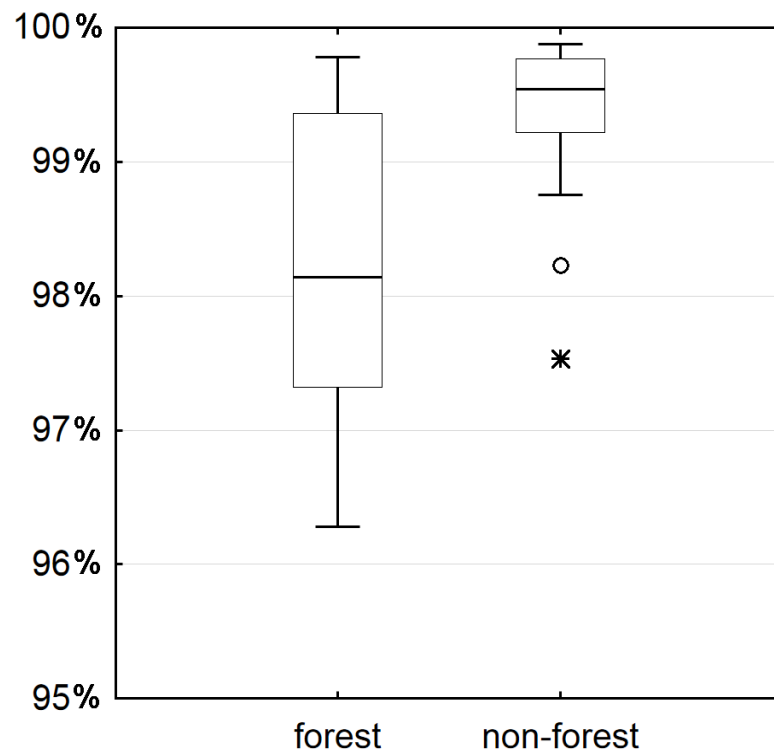
- średnia błędnie klasyfikowanych pikseli -
1,02%

- błędy na obszarach nieleśnych - 0,28%

- błędy na obszarach leśnych - 0,74%



Poprawnie rozpoznane piksele



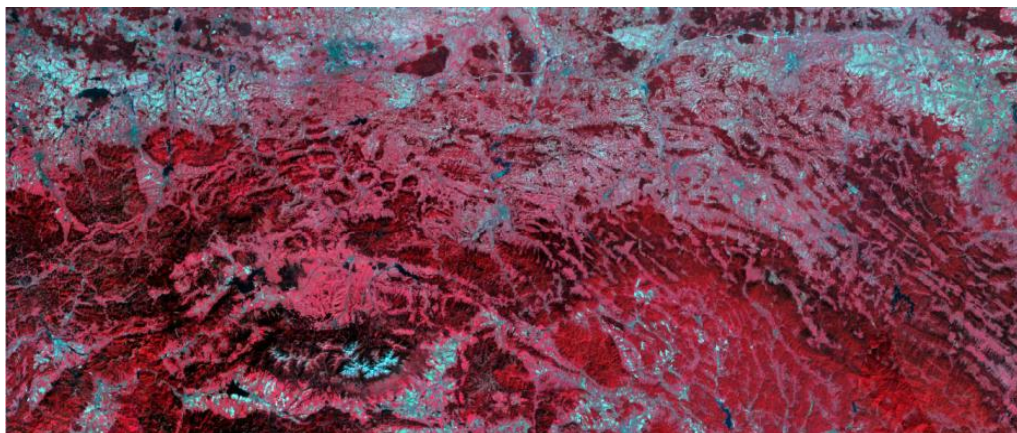
PRAWDA



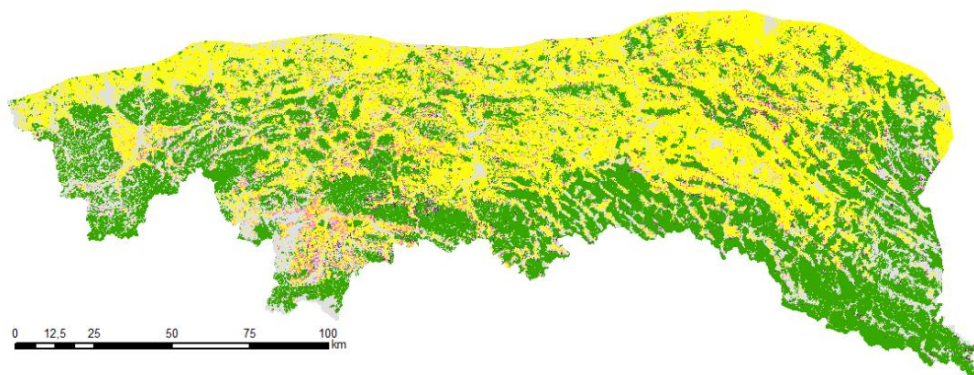
FAŁSZ



Klasyfikacja obrazów satelitarnych



*kompozyt obrazów
satelitarnych (2011)*



maska lasów (2011)

ogólna dokładność klasyfikacji: 97%

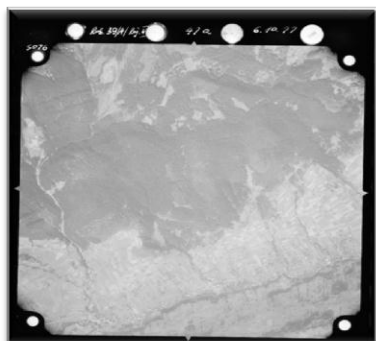
Mapy i wyzwania

- skala
- prawdopodobieństwo trajektorii
- porównywanie niezależnych źródeł

trajektoria (1850-1930-1970-2011)	lesistość 2011	Σ
1111	45.5%	90.0%
0111	12.7%	
0011	16.8%	
0001	15.0%	
1001	1.7%	91.7%
1011	4.9%	97.9%
1101	1.2%	
0101	2.1%	100.0%



	lata 70-te			lata 90-te			2009			TIN	
gminy	liczba	skala	rozdzielczość przestrzenna	liczba	skala	rozdzielczość przestrzenna	liczba	skala	rozdzielczość przestrzenna	liczba	skala
Budzow	11	1:6000	0.30	9	1:10000	0.75	25	1:5000	0.25	9	1:10000
Milowka	24	1:6000	0.30	12	1:10000	0.75	35	1:5000	0.25	12	1:10000
Niedzwiedz	11	1:6000	0.30	8	1:10000	0.75	25	1:5000	0.25	8	1:10000
Rzepiennik Strzyzewski	16	1:6000	0.30	12	1:10000	0.75	29	1:5000	0.25	12	1:10000
Szczawnica	14	1:6000	0.30	9	1:10000	0.75	28	1:5000	0.25	9	1:10000
Zawoja	15	1:6000	0.30	14	1:10000	0.75	25	1:5000	0.25	14	1:10000



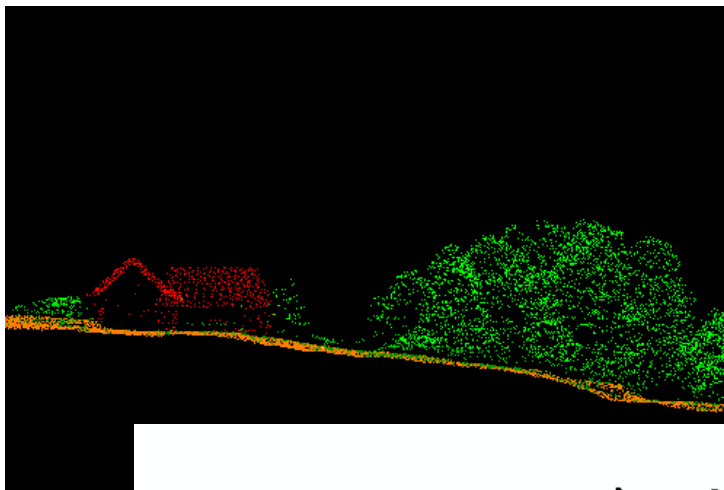
1977 aerial photographs



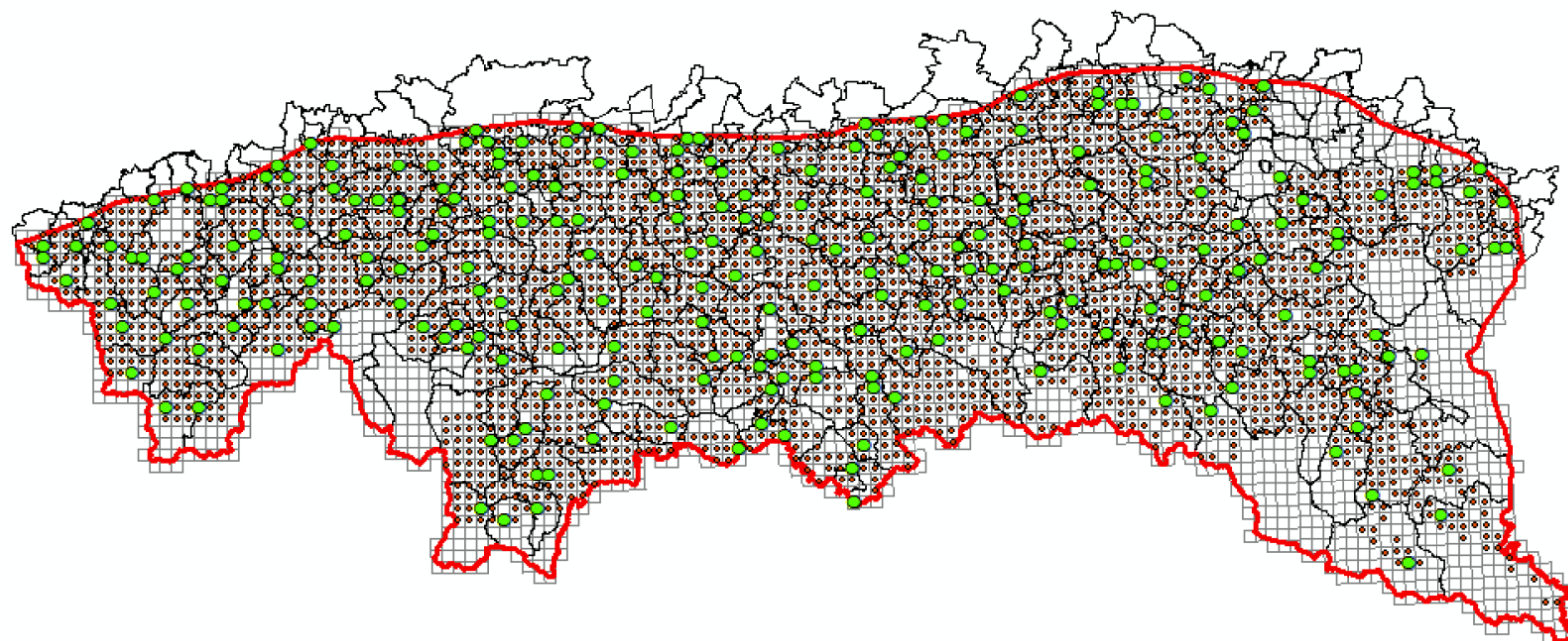
1998-2003 orthophotomaps

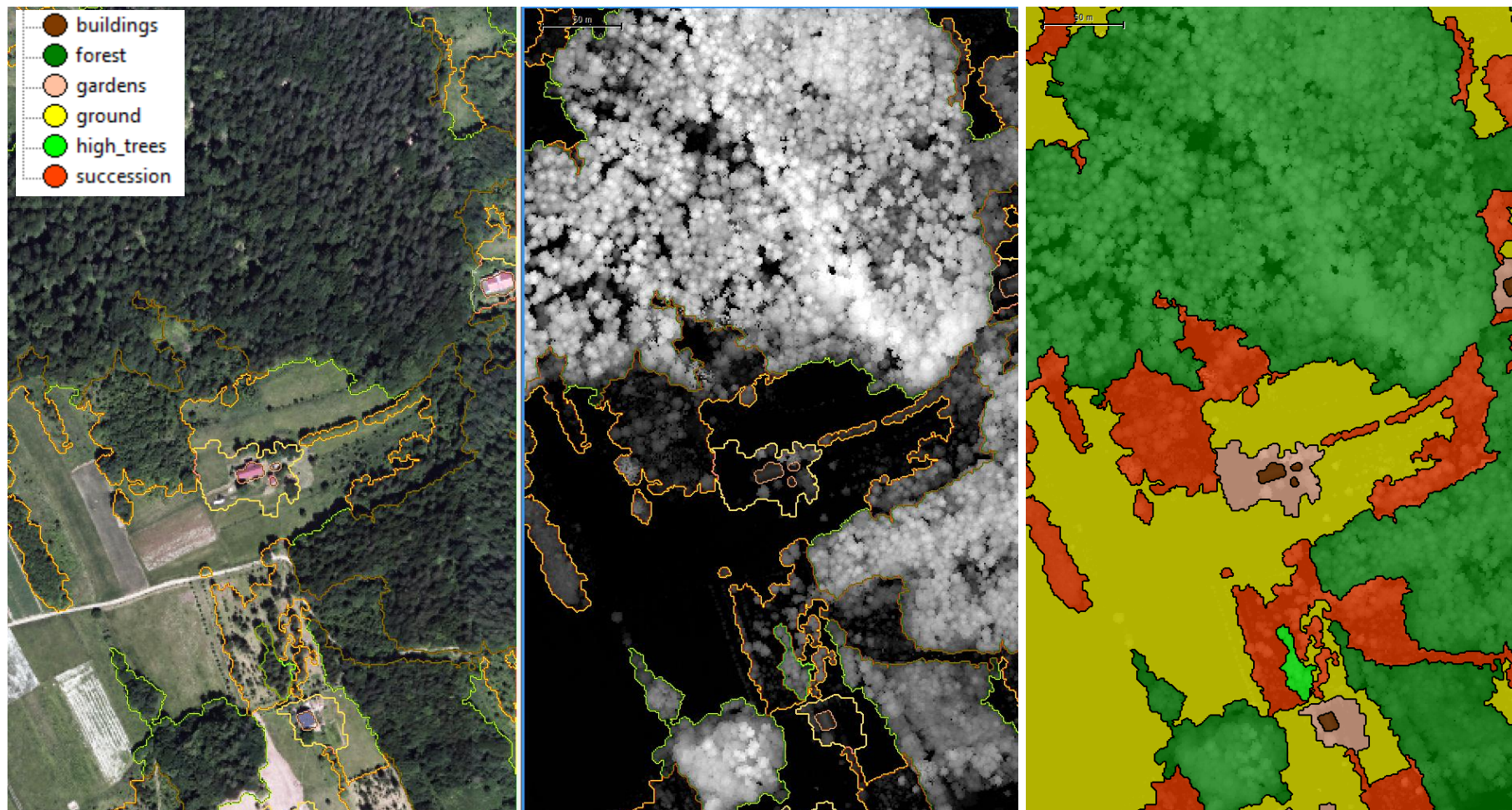


2009 orthophotomaps

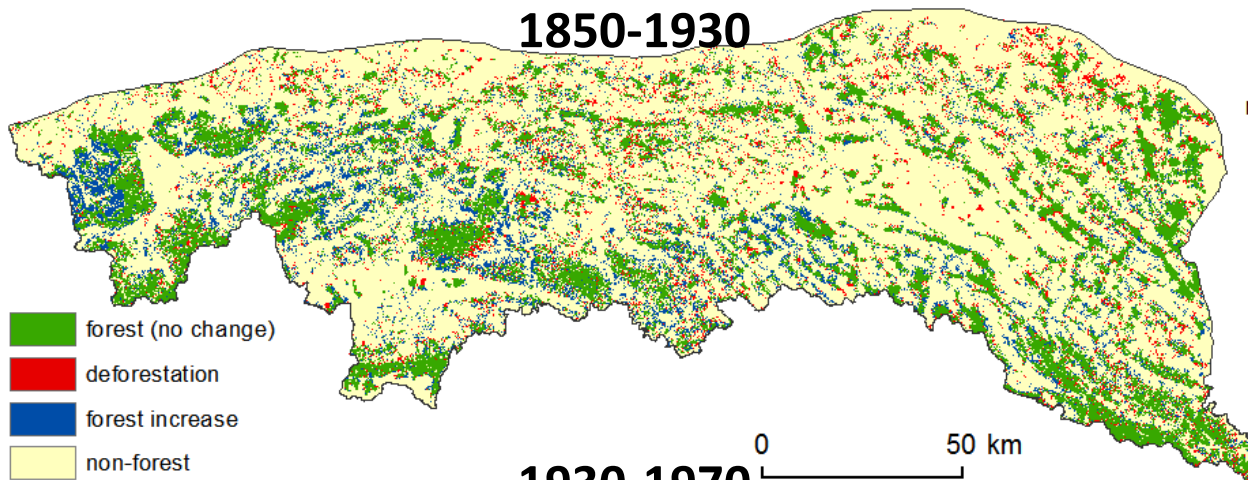


- lotniczy skaning laserowy
(źródło: ISOK)



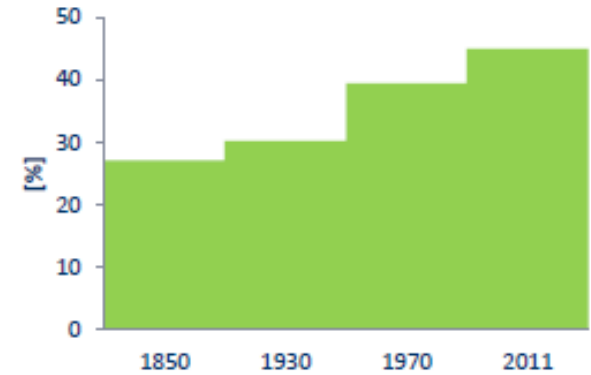


1850-1930

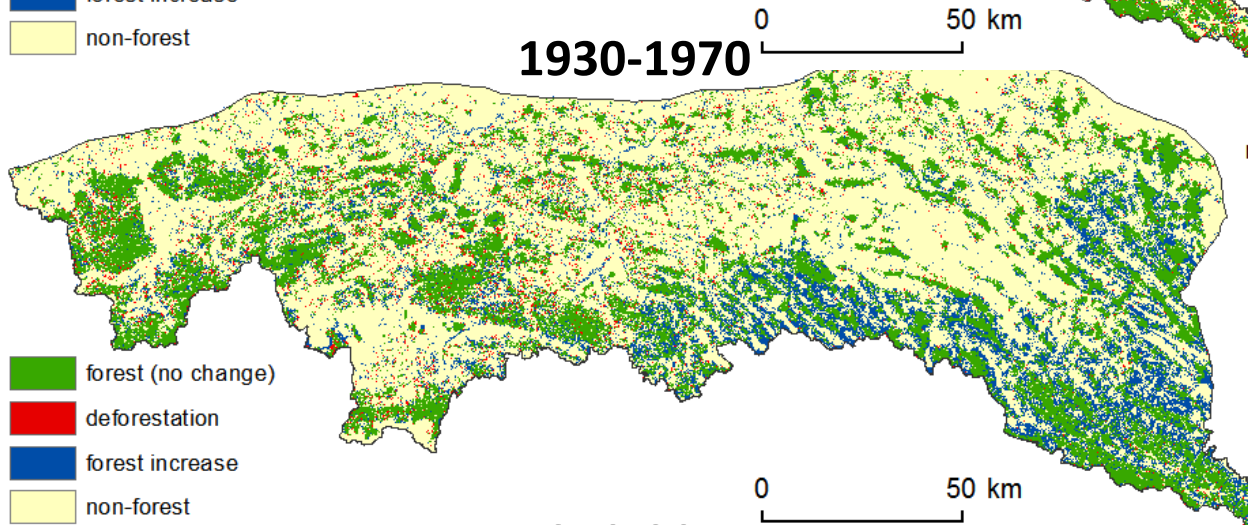


Zmiany powierzchni leśnej 1850-2011

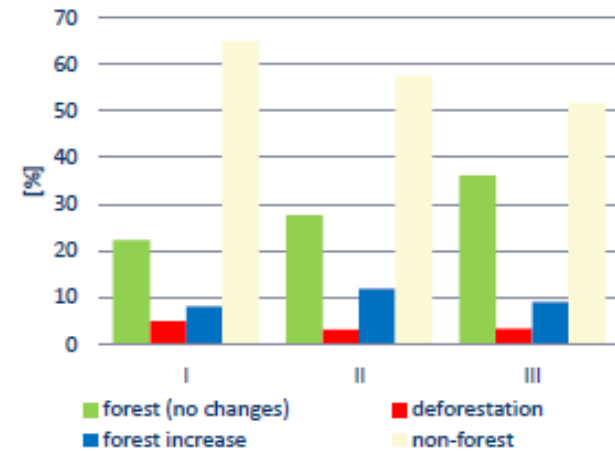
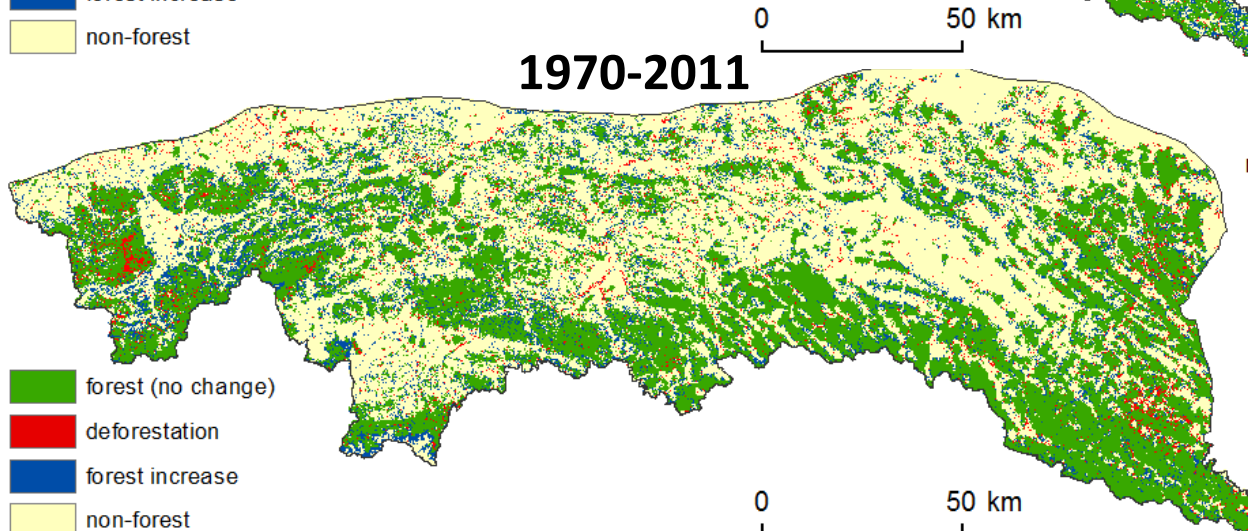
Forest cover 1850-2011



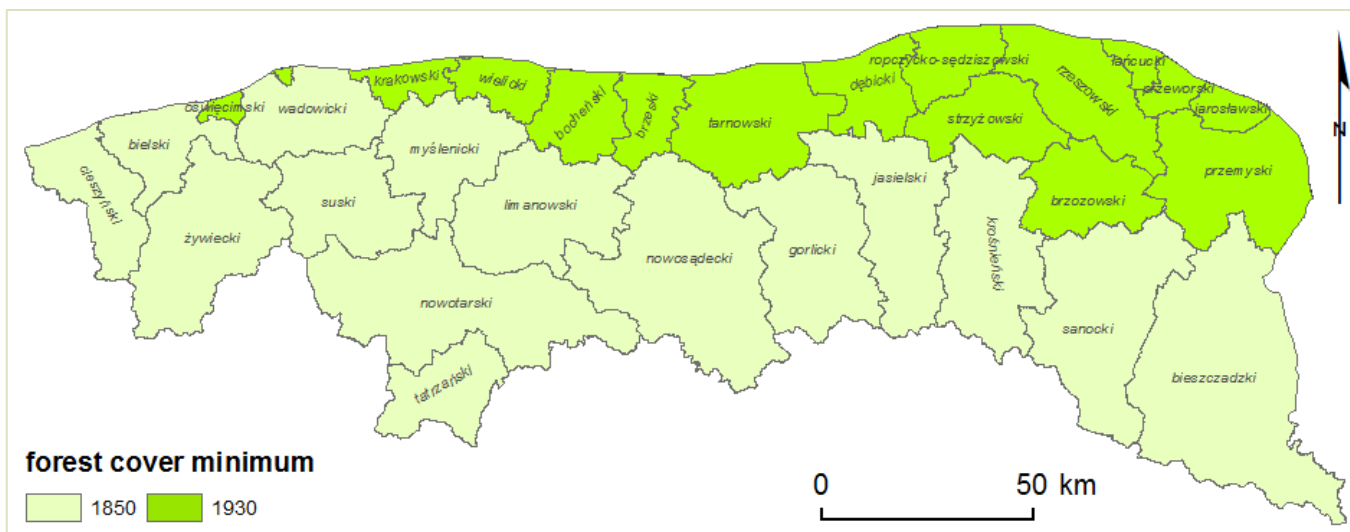
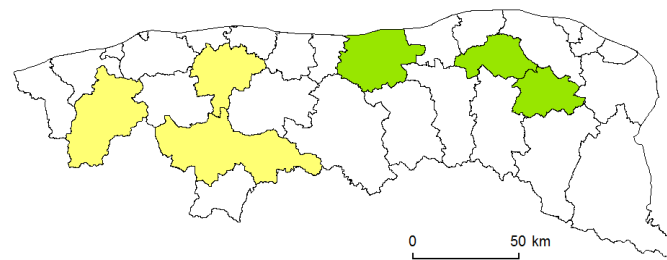
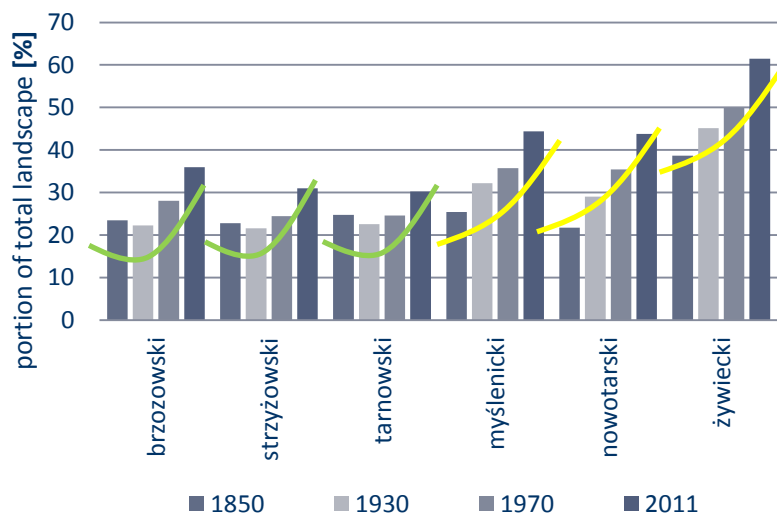
1930-1970



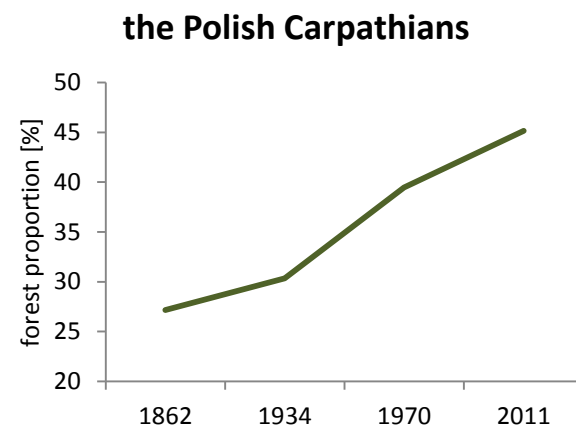
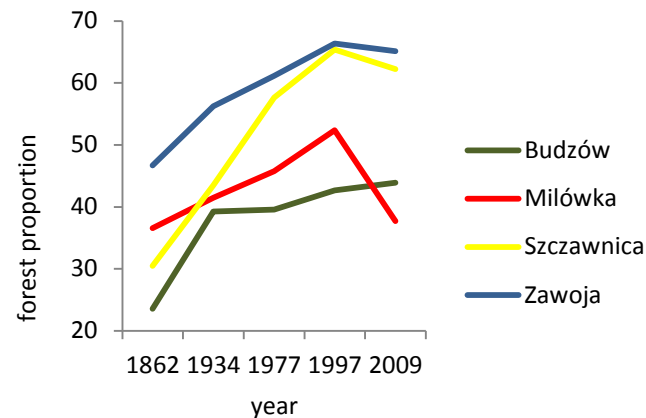
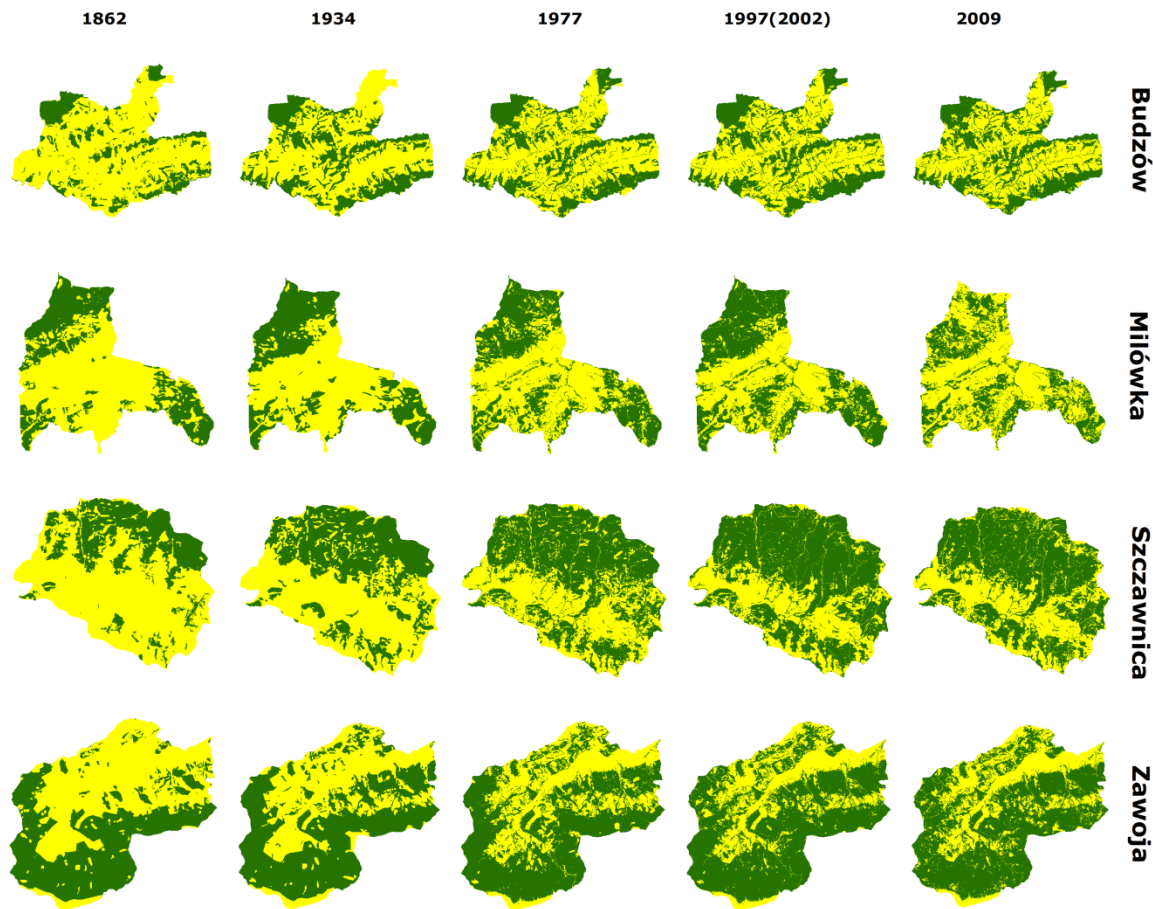
1970-2011



Zmiany powierzchni leśnej 1850-2011

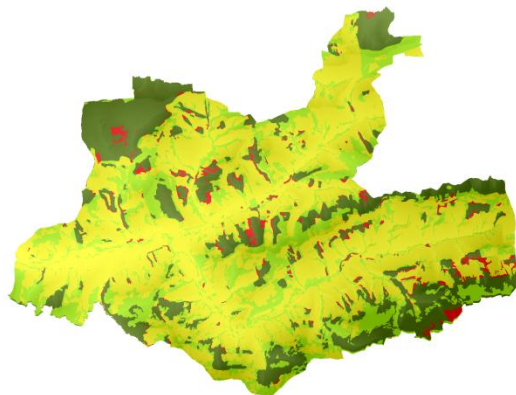
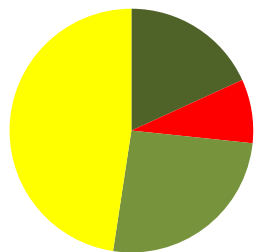


Zmiany powierzchni leśnej 1850-2011

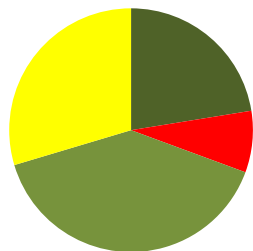
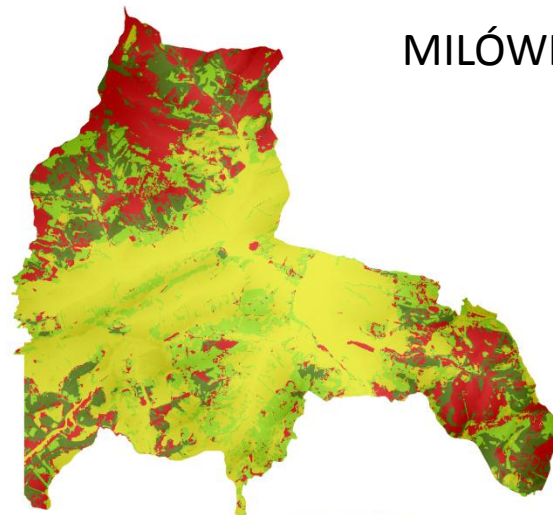


Zmiany powierzchni leśnej 1850-2011

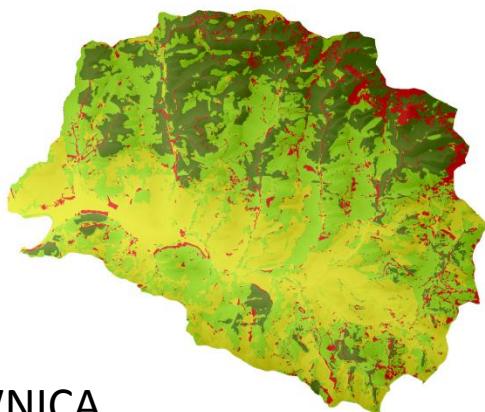
BUDZÓW



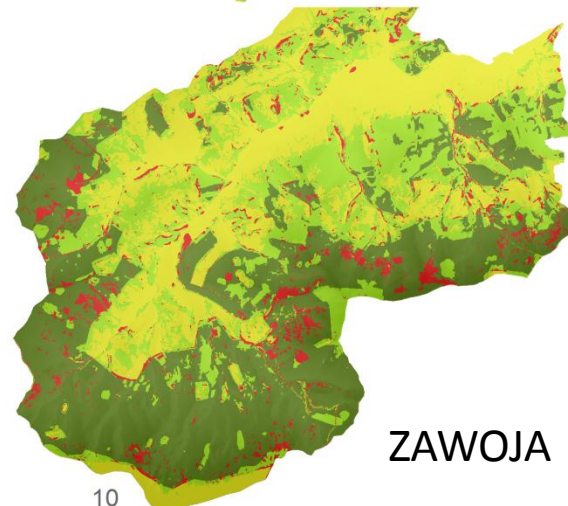
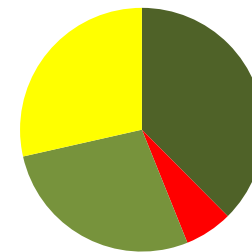
MILÓWKA



SZCZAWNICA



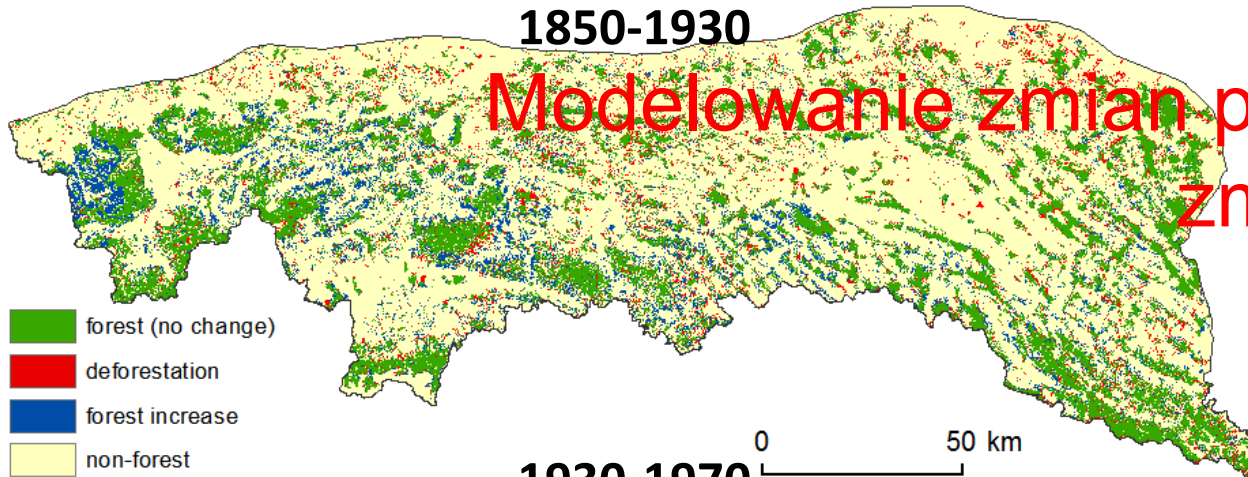
ZAWOJA



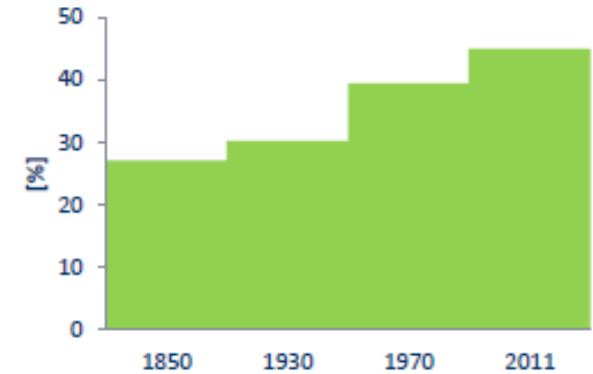
0 2,5 5 10 km

1850-1930

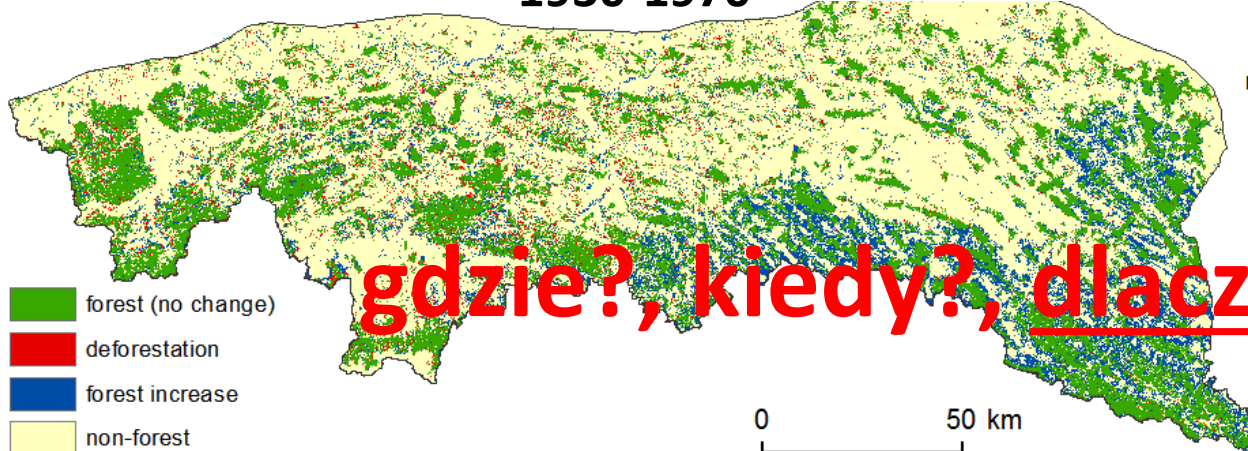
Modelowanie zmian powierzchni leśnej: zmienne objaśniane



Forest cover 1850-2011

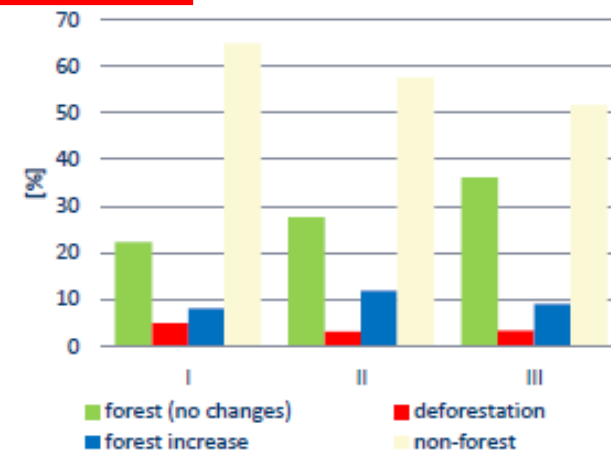
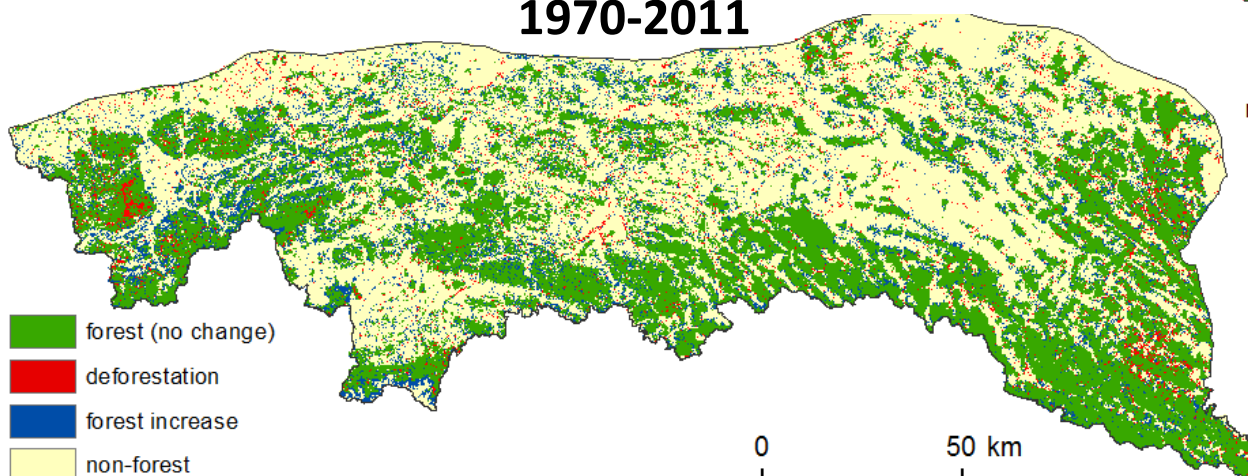


1930-1970



gdzie?, kiedy?, dlaczego?

1970-2011



Modelowanie zmian powierzchni leśnej: zmiennne objaśniające

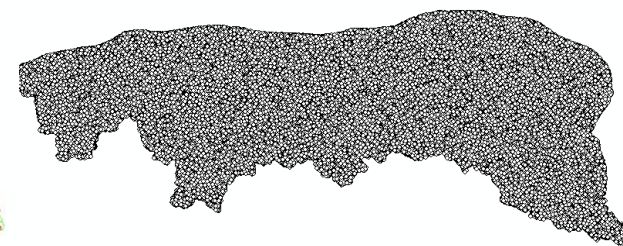
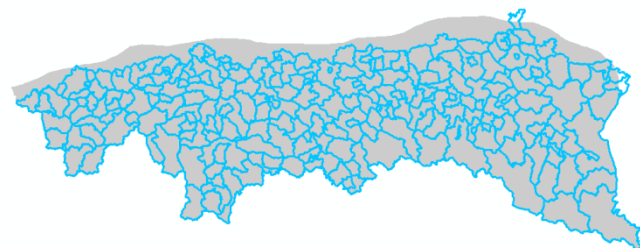


Modelowanie zmian powierzchni leśnej

ZMIENNE OBJAŚNIAJĄCE			źródła
Zmienne środowiskowe	topografia	wysokość	SRTM DEM (90 m)
		nachylenie	
		ekspozycja północna	
		ekspozycja wschodnia	
	klimat	średnia temperatura (1850s-2010(11)) średnie opady (1850s-2010(11)) średnie roczne DD (1850s-2010(11))	CARPAT CLIM
Społeczno-ekonomiczne	demografia	liczba ludności liczba gospodarstw domowych wiek	Roczniki statysty czne
	rolnictwo	liczba gospodarstw zwierzęta hodowlane	
		powierzchnia upraw (grunty orne/pastwiska)	
	zatrudnienie dostępność	zatrudnieni w sektorach linie kolejowe (tak/nie)/główne drogi (tak/nie) Odległość od zabudowy	
kontekst	kompozycja i konfiguracja powierzchni leśnej	struktura przestrzenna obszarów leśnych odległość od krawędzi lasu	mapy lasów



- gminy: **234**
- miejscowości w 1862: **2084**
- miejscowości w 2010: **2048**



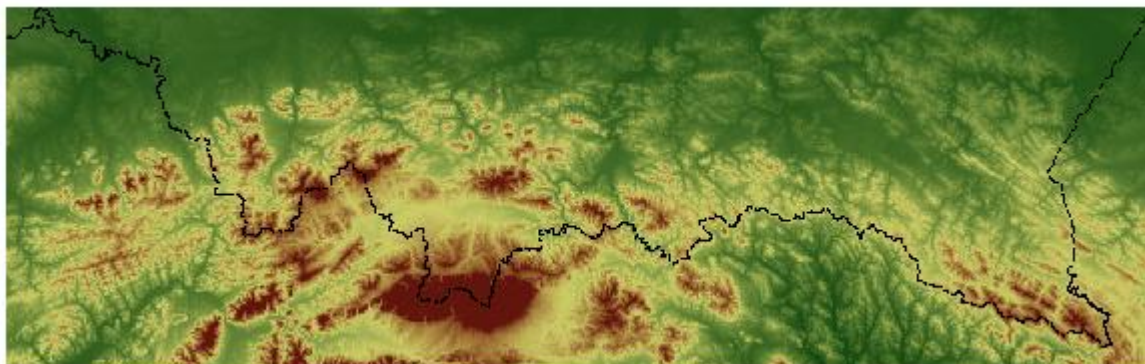
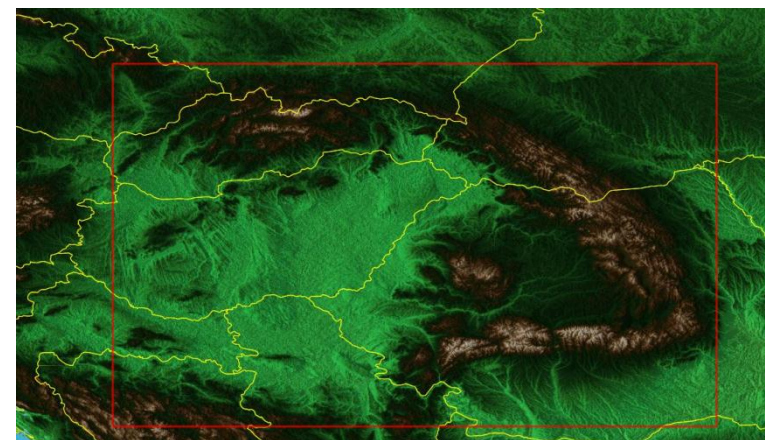
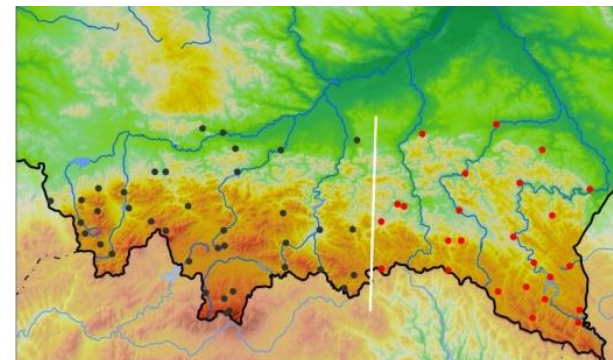
Dostępne dane meteorologiczne

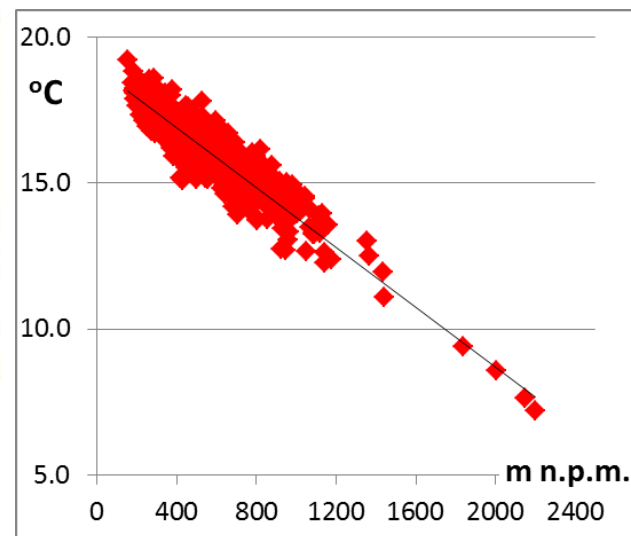
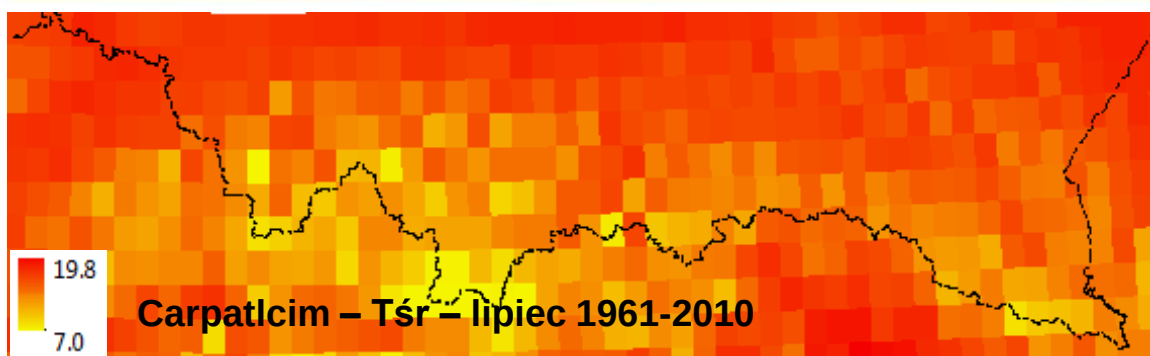
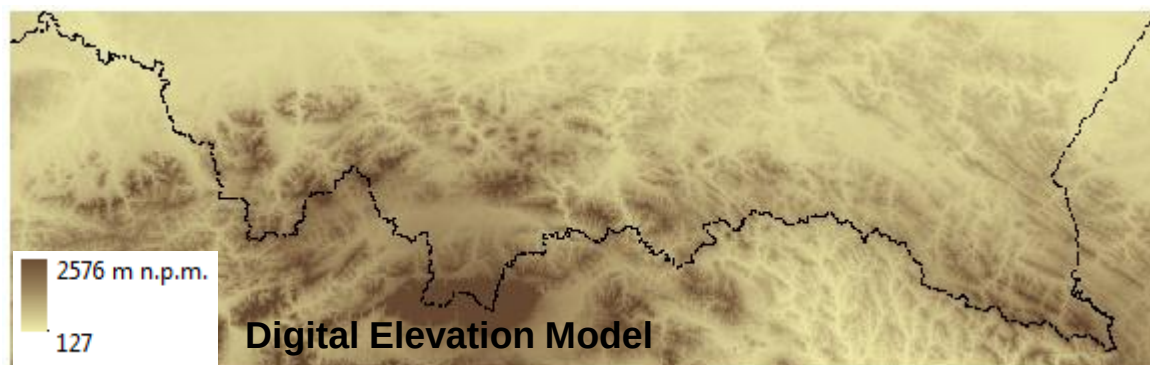
Dane pomiarowe

→ 1 stacja – od 1792 (Kraków)

→ sieć obserwacyjna (IMGW) – od 1966

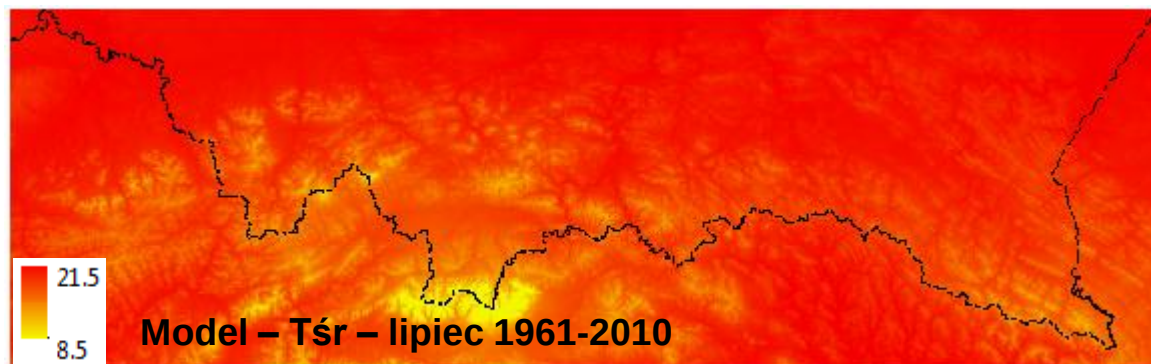
Dane modelowane (gridowe) – od 1961, 0.1°
(CARPATCLIM)





$0,1^\circ \rightarrow 100 \text{ m}$

$$T = \beta_0 + \beta_1 H$$

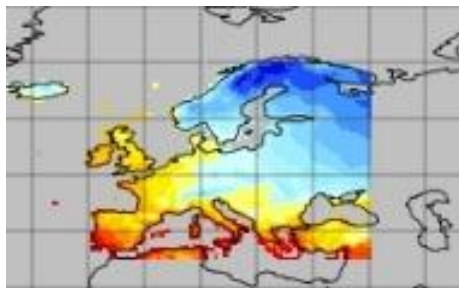


Luterbacher et al. (2004): European Seasonal and Annual **Temperature** Variability, Trends, and Extremes Since 1500. *Science*, Vol. 303, Issue 5663, pp. 1499-1503

Pauling et al. (2006) Five hundred years of gridded high-resolution **precipitation** reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate Dynamics* Vol. 26, No. 4, pp. 387-405,

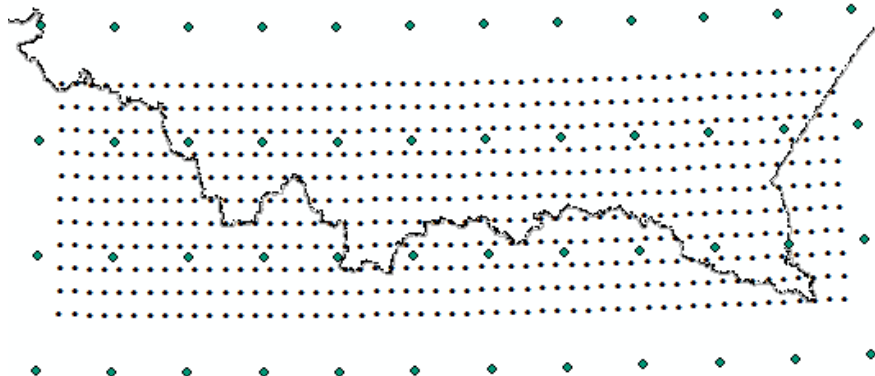
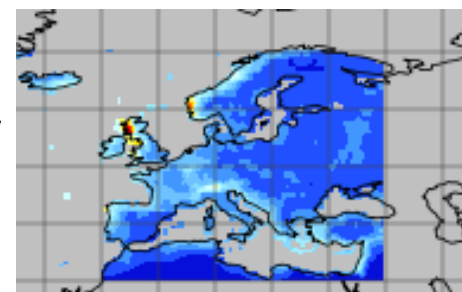
TEMPERATURA 1850-1960

(rozdzielczość miesięczna)



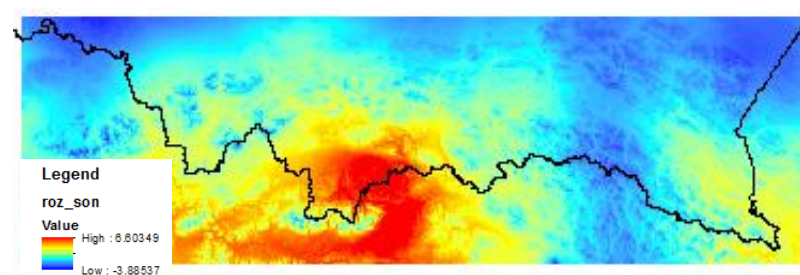
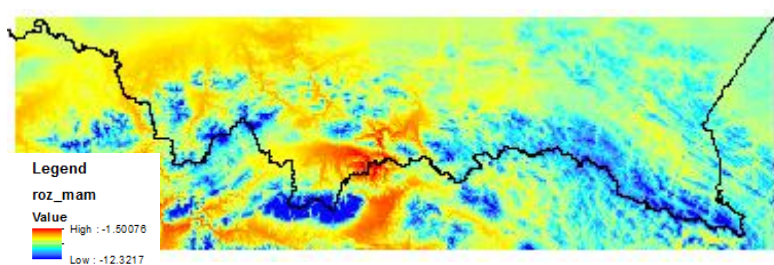
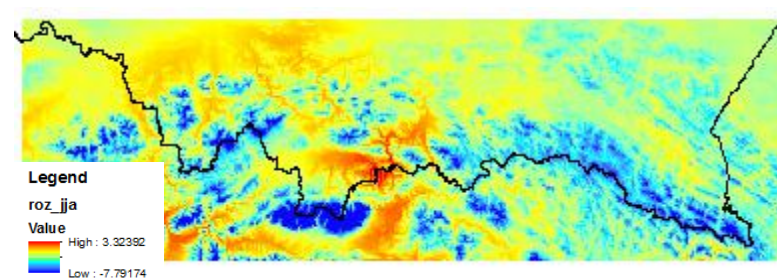
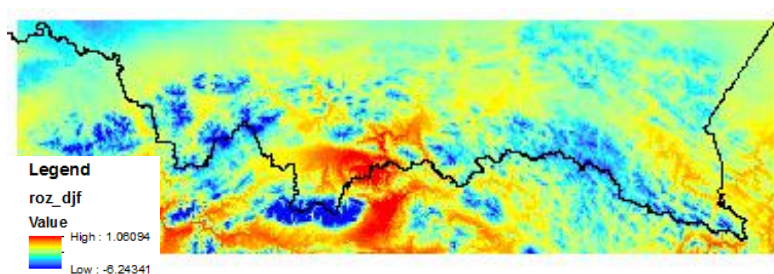
OPADY 1850-1960

(rozdzielczość sezonowa)



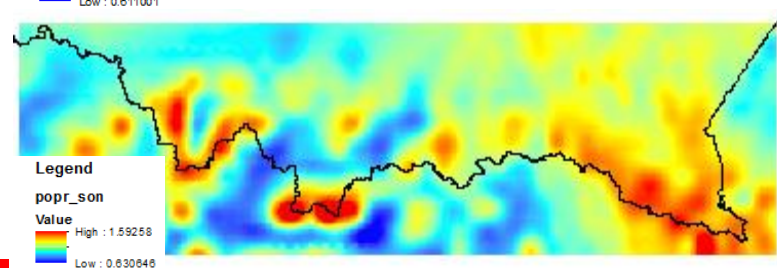
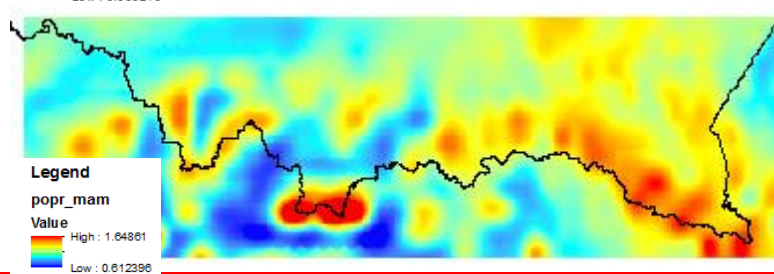
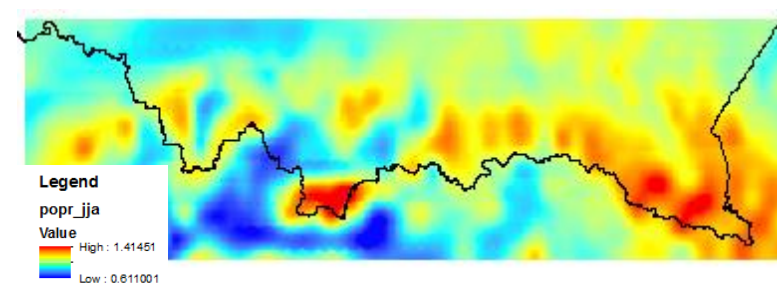
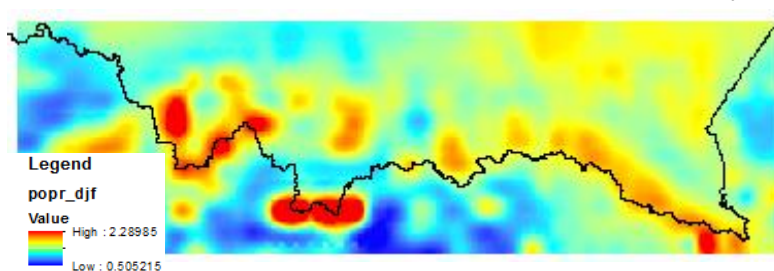
TCARP – TLUT (1961-1990)

TEMPERATURA

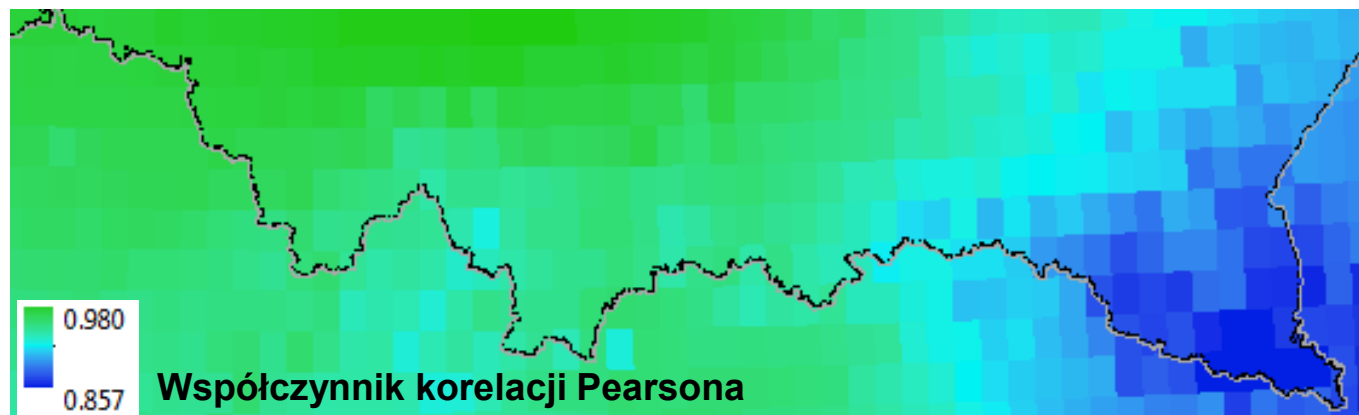
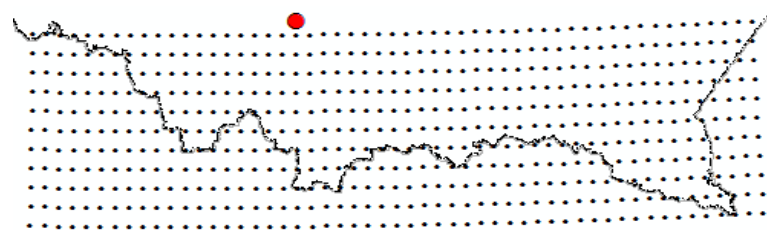


RRCARP / RRPALU (1961-1990)

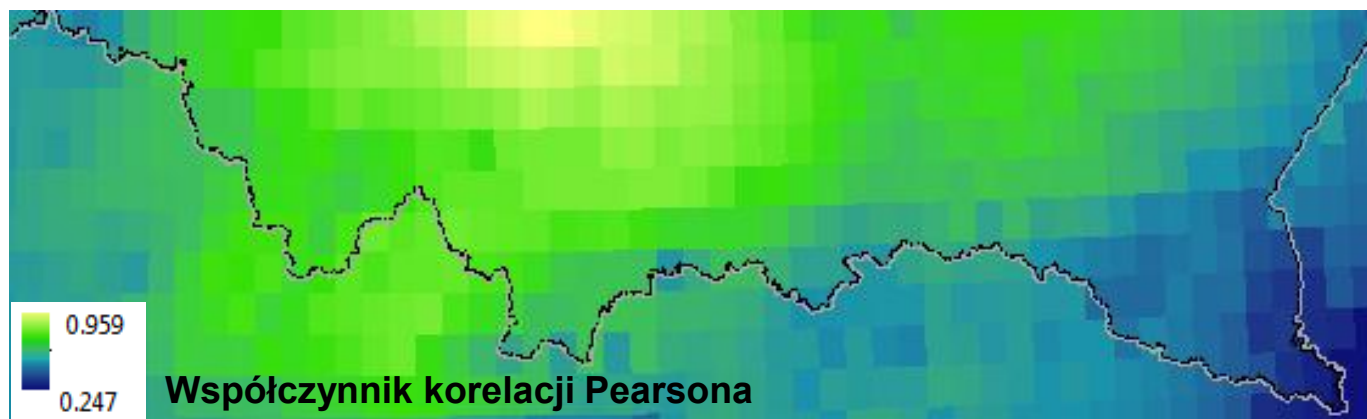
OPADY



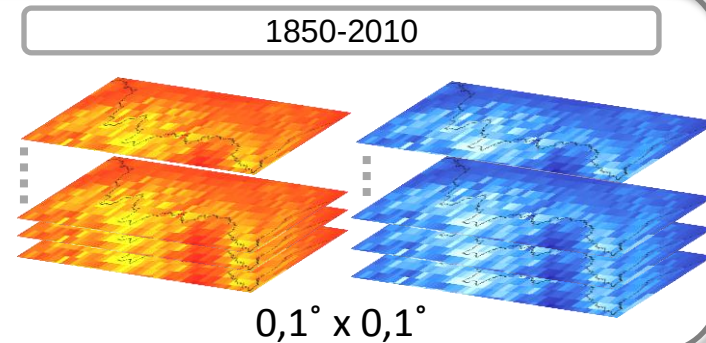
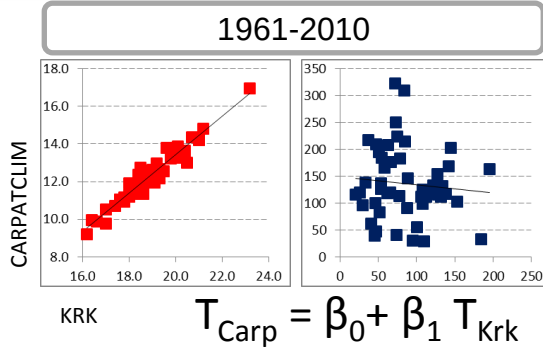
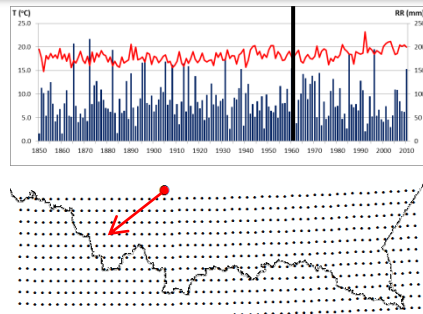
TEMPERATURA



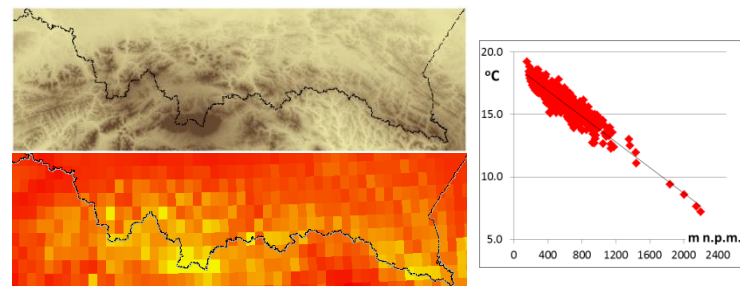
OPADY



ETAP 1

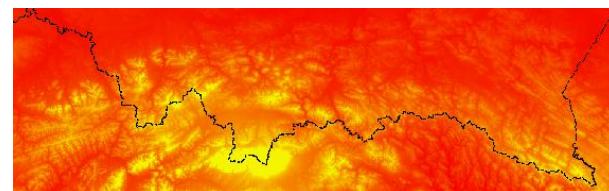


ETAP 2



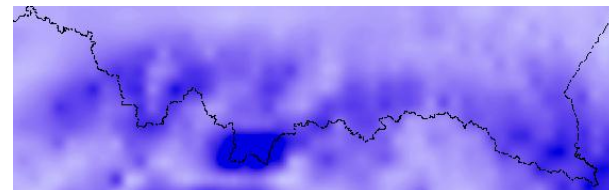
0,1° → 100 m

$$T = \beta_0 + \beta_1 H$$



0,1° → 100 m

Radial Basis Functions



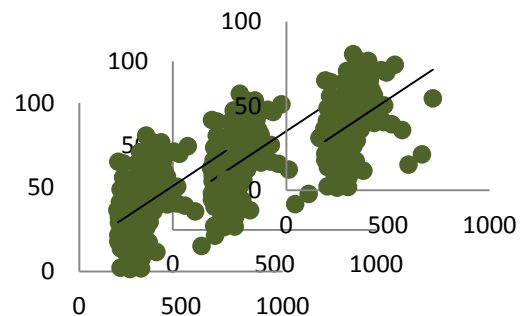
MODELOWANIE ZMIAN PRZESZŁYCH

Zmienne objaśniane
(powierzchnia leśna i jej zmiany)

Zmienne objaśniające
(topografia, klimat,
społeczno-ekonomiczne,
„kontekstowe”)



1850-2011



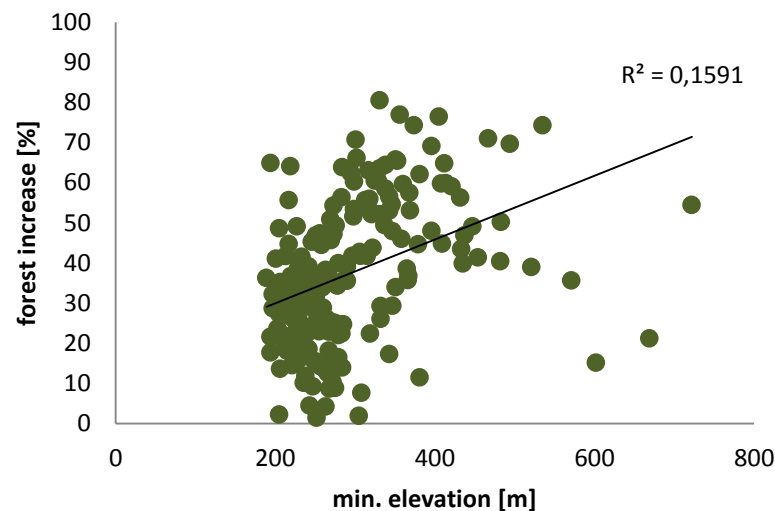
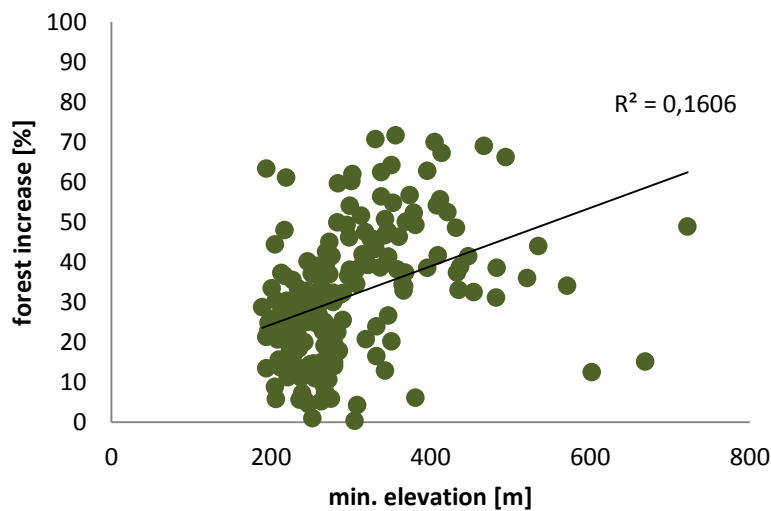
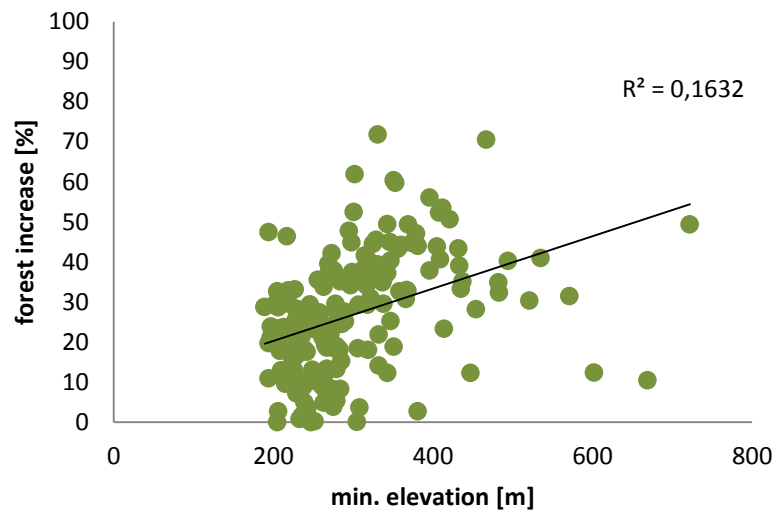
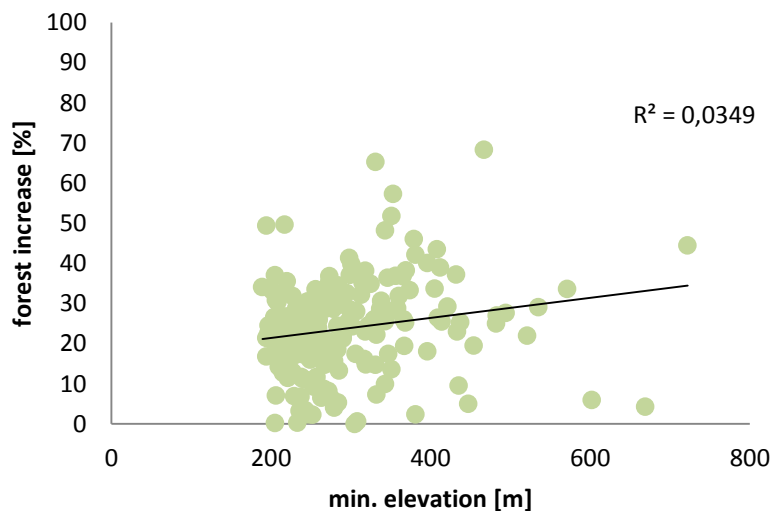
Modele regresji wielorakiej i logistycznej

Zmiany powierzchni leśnej a ukształtowanie terenu

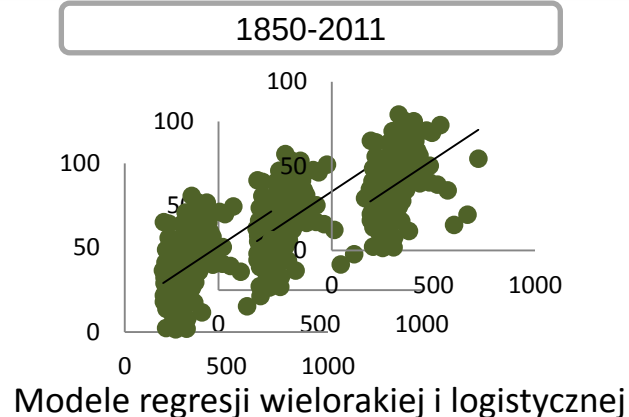
modele	min. wysokość [m]	nachylenie stoków [o]	„northness”	„eastness”	odległość od krawędzi lasu [m]
zmiany lesistości					
1860te-1930te	0,23	0,33	0,22	0,22	0,25
1930te-1970te	0,24	0,02	0,02	0,03	0,25
1970te-2011	0,24	0,13	0	0,05	0,25
względny wzrost powierzchni leśnej					
1860te-1930te	0,25	0,64	0,2	0,24	0,25
1930te-1970te	0,25	0,26	0,09	0,15	0,25
1970te-2011	0,25	0,24	0	0,16	0,25
wzrost powierzchni leśnej [%]					
1860te-1930te	0,24	0,47	0,19	0,23	0,25
1930te-1970te	0,24	0,11	0,06	0,1	0,25
1970te-2011	0,24	0,05	0,04	0,01	0,25
względny spadek powierzchni leśnej					
1860te-1930te	0,08	0,25	0,02	0,21	0,25
1930te-1970te	0	0,04	0	0,03	0,25
1970te-2011	0,11	0,59	0,07	0,19	0,25
spadek powierzchni leśnej [%]					
1860te-1930te	0,08	0	0,05	0,02	0,25
1930te-1970te	0,11	0,31	0,09	0,13	0,25
1970te-2011	0,03	0,25	0,01	0,09	0,25

modele	zmiany lesistości
1860te-1930te	0,03
1930te-1970te	0,02
1970te-2011	0,14
względny wzrost powierzchni leśnej	
1860te-1930te	0,66
1930te-1970te	0,26
1970te-2011	0,59
wzrost powierzchni leśnej [%]	
1860te-1930te	0,52
1930te-1970te	0,14
1970te-2011	0,28
Względny spadek powierzchni leśnej	
1860te-1930te	0,29
1930te-1970te	0,05
1970te-2011	0,32
Spadek powierzchni leśnej [%]	
1860te-1930te	0,42
1930te-1970te	0,44
1970te-2011	0,09

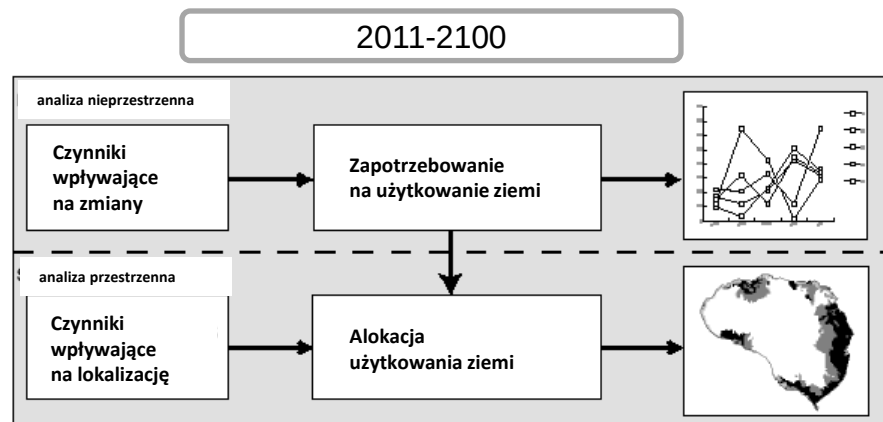
Zmiany powierzchni leśnej a wysokość



MODELOWANIE ZMIAN PRZESZŁYCH



MODELOWANIE ZMIAN PRZYSZŁYCH



procedura CLUE

SCENARIUSZE

Verburg 2010

- względny wzrost powierzchni leśnej we wszystkich analizowanych momentach czasowych
- długoterminowa analiza pozwoliła lokalizację miejsc, w których zaobserwowano zmiany lub ich brak (przestrzennie i czasowo)
- przejście leśne -> różny przebieg na poziomie regionalnym i lokalnym
- relatywnie zmienne topograficzne i struktura przestrzenna nie pozwalają w pełni wyjaśnić zmian powierzchni leśnej w analizowanych przedziałach czasowych

Dziękujemy za uwagę!

Katarzyna Ostapowicz (kostapowicz@gis.geo.uj.edu.pl)

Agnieszka Wypych (agnieszka.wypych@uj.edu.pl)

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ SZWAJCARIĘ W RAMACH SZWAJCARSKIEGO
PROGRAMU WSPÓŁPRACY Z NOWYMI KRAJAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ

