

Seminarium środowiskowe IMGW-PIB oraz UPWr - 30 kwietnia 2021 r.

Wykorzystanie makromodelu DNS/SWAT oraz danych hydrologiczno-meteorologicznych do modelowania procesów w zlewni

EWA SZALIŃSKA VAN OVERDIJK,
PAULINA ORLIŃSKA-WOŹNIAK, PAWEŁ WILK



► Strona grupy:

<http://ochrsrod.agh.edu.pl/index.html>



Transport Zanieczyszczeń w Zlewni

TRANSPORT ZANIECZYSZCZEŃ W ZLEWNI

 Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie

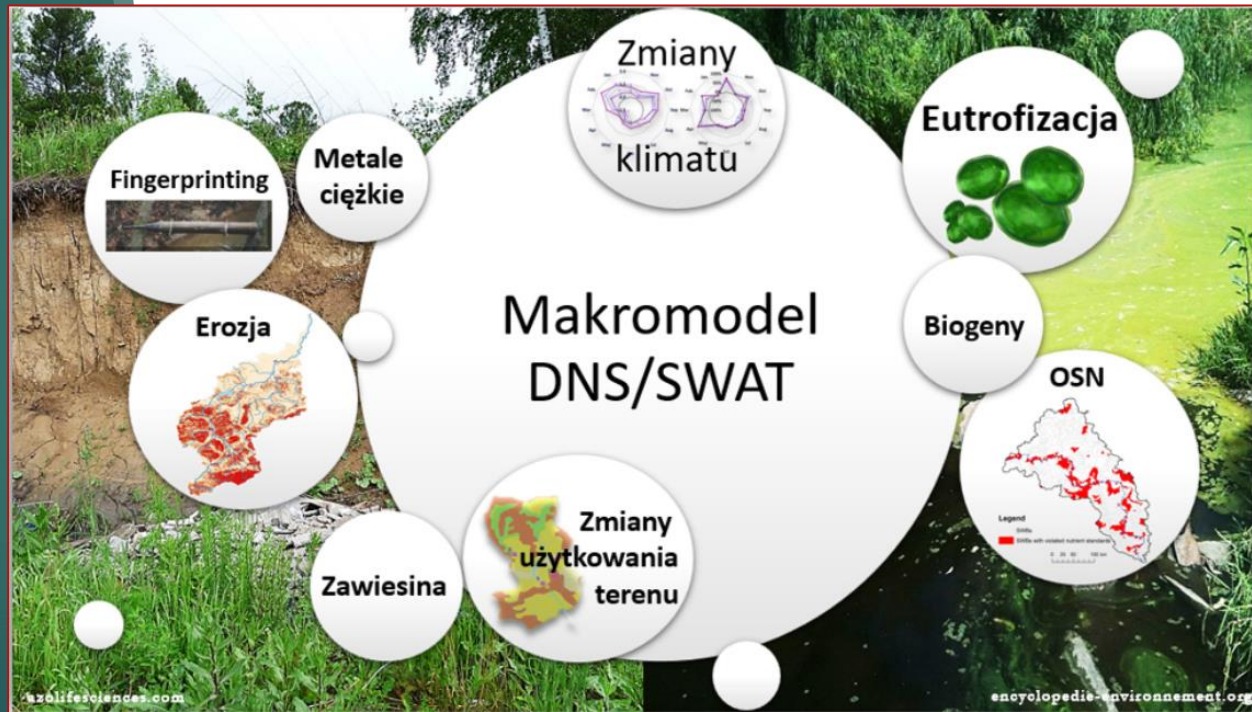
 Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej -
Państwowy Instytut Badawczy

 Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska - AGH

Plan prezentacji

1. Narzędzie modelowe - Makromodel DNS/SWAT
2. Budowa modelu rzeki/zlewni - niezbędne dane
3. Prognozy zmiany klimatu
4. Dotychczasowe wyniki badań modelowych
5. Plany na przyszłość
6. Potrzeby w stosunku do prognoz
7. Podsumowanie

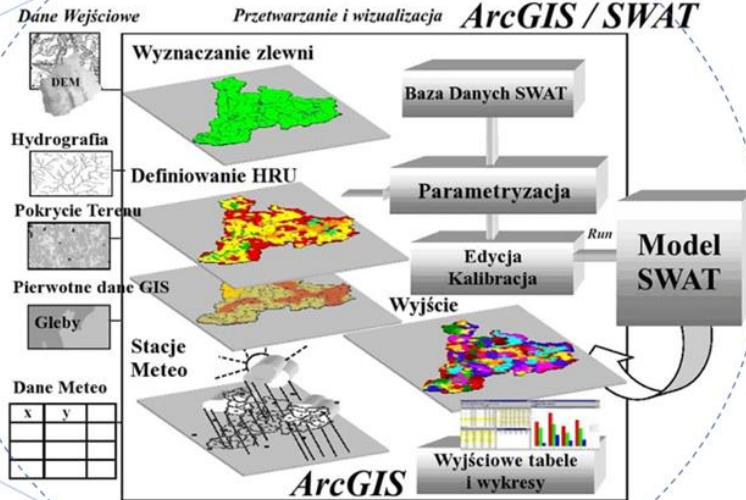
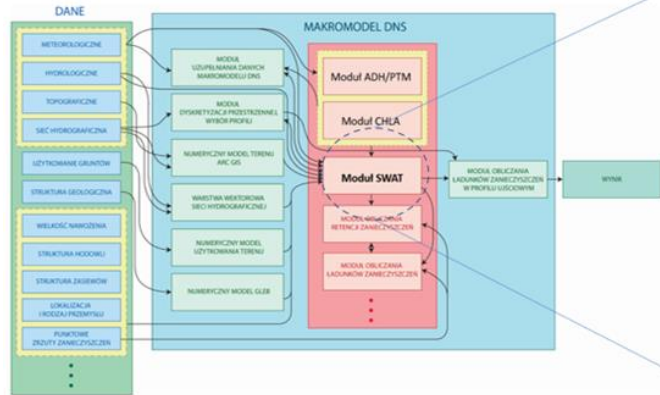
Narzędzie modelowe



Narzędzie modelowe

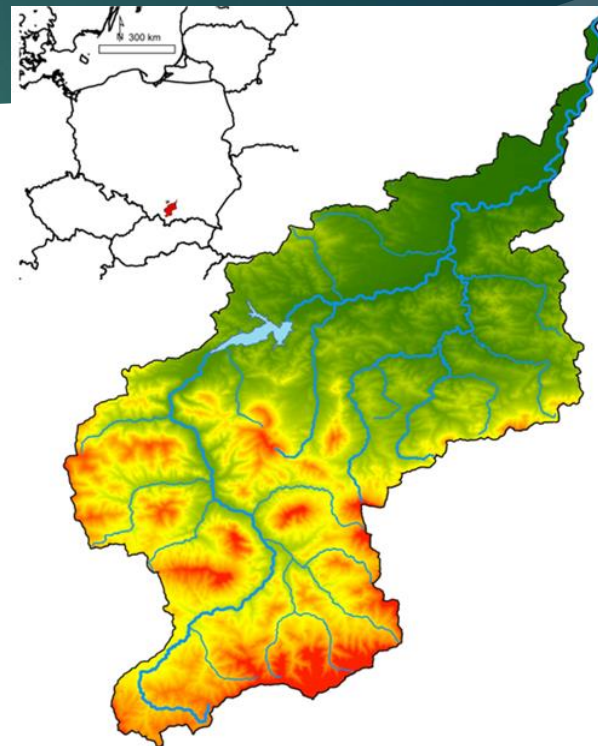
- adaptacyjna platforma cyfrowa - Makromodel DNS (Discharge-Nutrients-Sea) zintegrowana z modułem SWAT (Soil & Water Assessment Tool);
- dodatkowe moduły: METEO (zmiany klimatu), LU (zmiany użytkowania terenu), FINGERPRINTING (znaczniki geochemiczne); AGRO (rolnictwo), CHLA (chlorofil), RESERVOIR (zbiorniki retencyjne)
- W przyszłości także: URBAN (zmiany zagospodarowania terenów miejskich); PLASTIC (mikroplastiki)
- modelowanie różnych typów zlewni

Budowa Makromodelu DNS z modułem SWAT



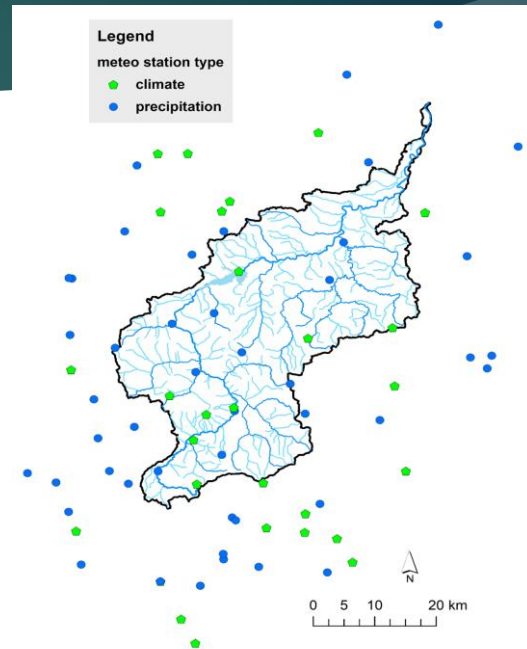
Budowa modelu (Raba)

- jeden z głównych prawobrzeżnych karpackich, dopływów Wisły;
- długość 137 km, powierzchnia zlewni 1537 km²;
- zapora w ok. 60 km - zbiornik retencyjny (Zbiornik Dobczycki) - źródło wody pitnej dla Krakowa
- zlewnia górską/podgórska - podział na górną i dolną zlewnię

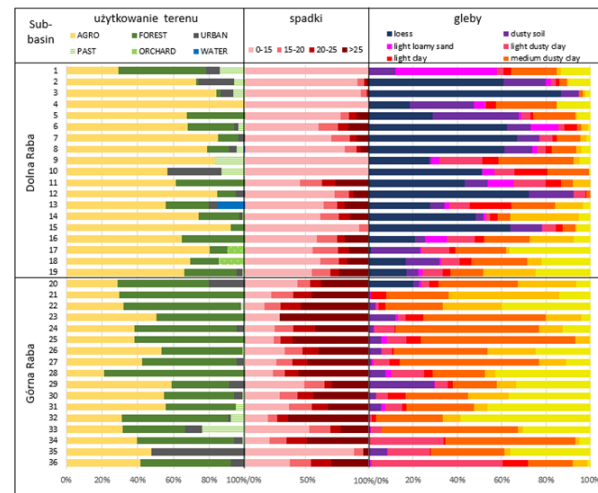
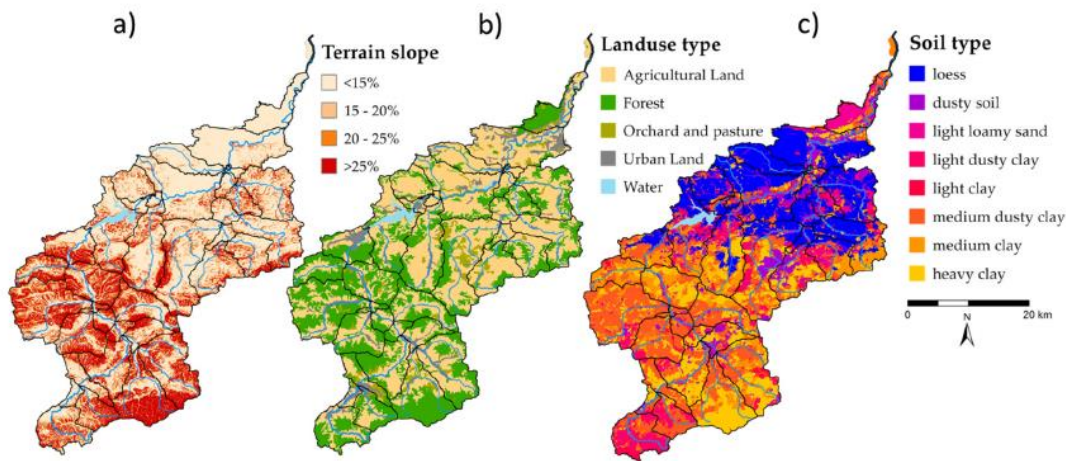


Budowa modelu (Raba - dane)

- podział hydrograficzny Polski, skala 1:10 000 (IMGW-PIB, rozdzielczość: 5 m);
- numeryczny model terenu, skala 1:20000 (IMGW-PIB, rozdzielczość: 10 m);
- mapa użytkowania terenu — Corine Land Cover (CLC 2012),
- zabiegi agrotechniczne dla każdej z upraw z BDL, ODR (Copernicus, rozdzielczość: 20 m);
- mapa glebowa — skala 1:5000 (IUNG, rozdzielczość: 2,5 m);
- jakość wód powierzchniowych (zawiesina) (PMŚ)
- dane meteorologiczne (1992–2016, opad i temperatura) dla 75 stacji zlokalizowanych na terenie zlewni i w odległości do 20 km (IMGW-PIB)



Budowa modelu (Raba - dane)



Weryfikacja modelu (Raba)

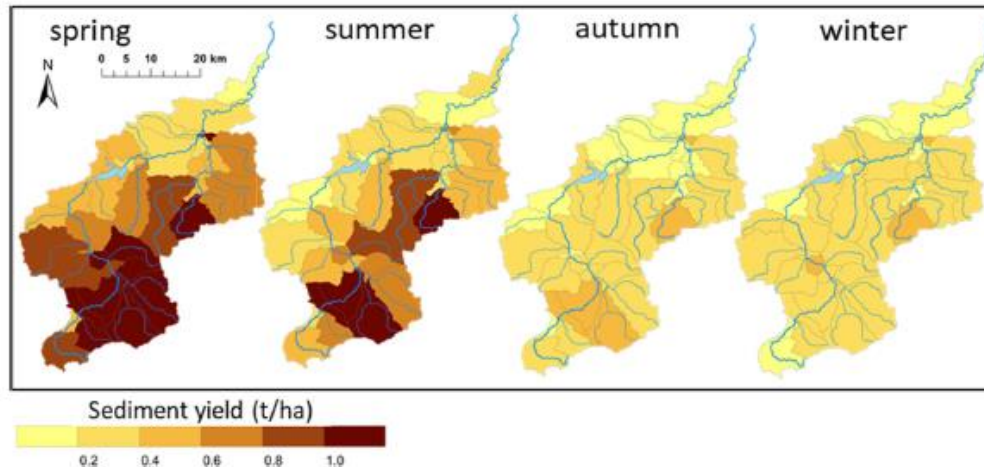
- Kalibracja, weryfikacja i walidacja modelu w programie SWAT-CUP dla przepływu i stężeń zawiesiny
- kalibracja i weryfikacja dla przekrojów Myślenice i Proszówki (Raba)
- walidacja dla przekroju (Stradomka)

Calculation Profile	Type	Interval	R ²	NSE	PBIAS%	KGE
calibration						
Myślenice	flow	1993-2017	0.62	0.51	21	0.7
	sediment	2005-2017	0.34	0.1	-2	0.58
Proszówki	flow	1993-2017	0.73	0.73	4	0.8
	sediment	2005-2017	0.77	0.71	27	0.69
validation						
Stradomka	flow	1993-2017	0.57	0.46	-14	0.72
	sediment	2005-2017	0.45	0.35	39	0.19

Parameter Name	Definition	t-Stat	p-Value
Upper Raba			
SURLAG.hru	Surface runoff lag coefficient	-1.04	0.30
USLE_K(1).sol	USLE equation soil erodibility (K) factor	-0.70	0.48
SOL_K(1).sol	Saturated hydraulic conductivity	-0.45	0.66
PRF_BSN.bsn	Peak rate adjustment factor for sediment routing in the main channel	-0.40	0.69
CH_K2.rte	Effective hydraulic conductivity in the main channel alluvium	-0.31	0.76
ESCO.hru	Soil evaporation compensation factor	-0.25	0.81
SPEXPbsn	Exponent parameter for calculating sediment reentrained in channel sediment routing	0.04	0.97
CH_COV1.rte	Channel erodibility factor	0.11	0.91
CH_COV2.rte	Channel cover factor	0.15	0.88
ADJ_PKR.bsn	Peak rate adjustment factor for sediment routing in the subbasin	0.81	0.42
SPCON.bsn	Linear parameter for calculating the maximum amount of sediment that can be reentrained during channel sediment routing.	0.89	0.37
SOL_AWC(1).sol	Available water capacity of the soil layer	1.37	0.17
CH_N2.rte	Manning's "n" value for the main channel	5.51	0.00
USLE_P.mgt	USLE equation support practice	7.49	0.00
CN2.mgt	Initial SCS runoff curve number for moisture condition	16.20	0.00
HRU_SLP.hru	Average slope steepness	20.80	0.00
Lower Raba			
GW_DELAY.gw	Groundwater delay time	-1.47	0.14
USLE_P.mgt	USLE equation support practice	-1.17	0.24
SURLAG.hru	Surface runoff lag coefficient	-1.02	0.31
USLE_K(1).sol	USLE equation soil erodibility (K) factor	-0.32	0.75
SPEXPbsn	Exponent parameter for calculating sediment reentrained in channel sediment routing	0.04	0.97
CH_COV2.rte	Channel cover factor	0.08	0.94
RES_SED.res	Initial sediment concentration in the reservoir	0.62	0.54
CN2.mgt	Initial SCS runoff curve number for moisture condition	0.87	0.39
SPCON.bsn	Linear parameter for calculating the maximum amount of sediment that can be reentrained during channel sediment routing	0.89	0.37
ADJ_PKR.bsn	Peak rate adjustment factor for sediment routing in the subbasin	1.08	0.28
CH_COV1.rte	Channel erodibility factor	1.17	0.24
RES_RR.res	average daily principal spillway release	1.17	0.24
PRF_BSN.bsn	Peak rate adjustment factor for sediment routing in the main channel	1.46	0.15
ALPHA_BF.gw	Baseflow alpha factor	1.62	0.11
RES_NSED.res	Normal sediment concentration in the reservoir	2.42	0.02
HRU_SLP.hru	Average slope steepness	5.84	0.00

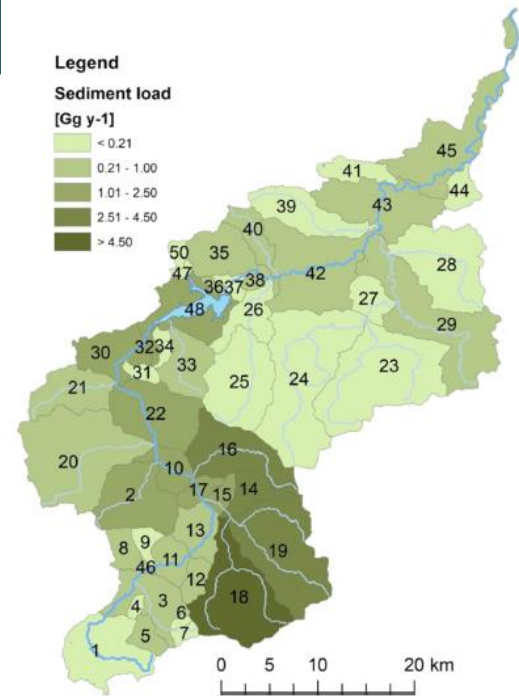
Scenariusz bazowy (Raba - spływ zawiesiny)

- faza lądowa - modelowanie spływu zawiesiny ze zlewni (t/ha)
- z wykorzystaniem modułu MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), który jest zmodyfikowaną wersją Universal Soil Loss Equation (USLE);



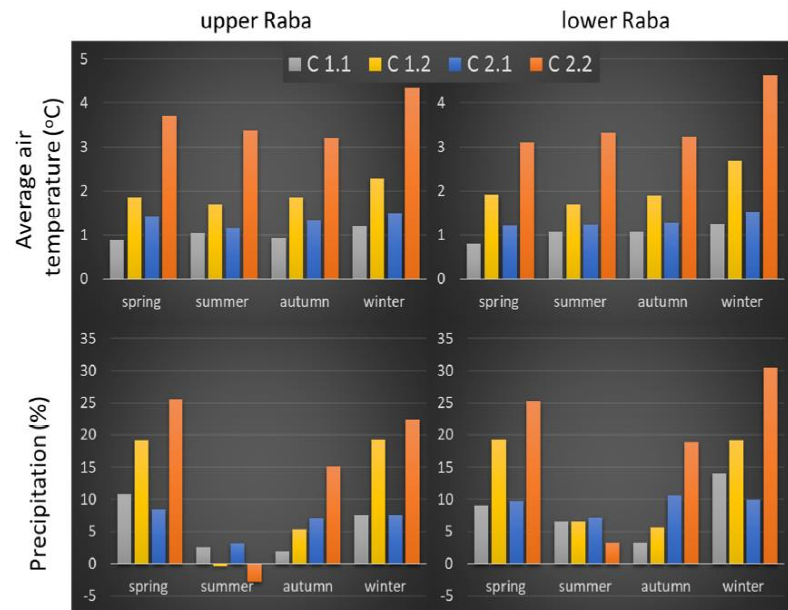
Scenariusz bazowy (Raba – ładunek zawiesiny)

- faza korytowa - ładunek zawiesiny (t/rok)
- model SWAT oferuje 4 metody symulacji transportu osadów w korycie rzeki (tj. Metoda Bagnold, Kodoatie, Molinas oraz Wu & Yang).
- Dla Raby wybrano metodę Kodoatie, ponieważ umożliwia ona analizę obciążenia osadów w poszczególnych frakcjach;
- Ponadto uważa się, że jest szczególnie skuteczna w przypadku zawieszonych i małych cząstek osadu;



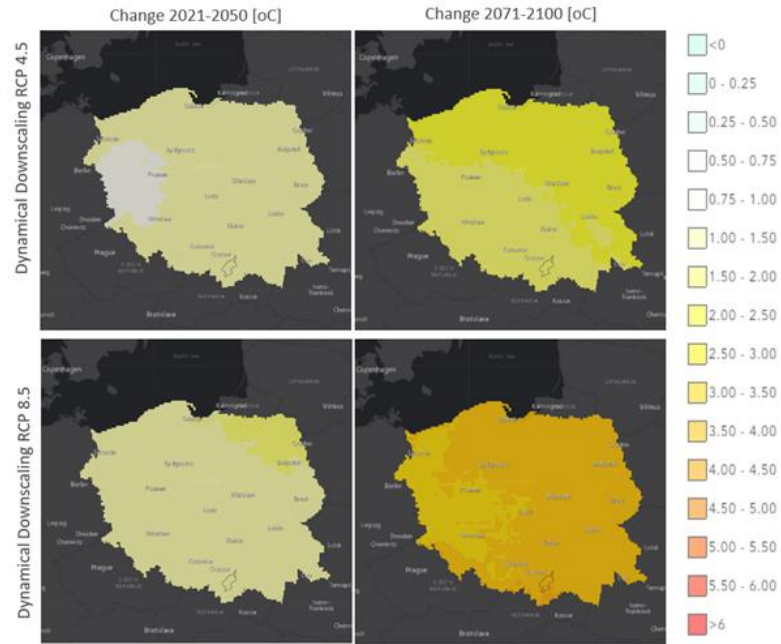
Scenariusze wariantowe (Raba - zmiana klimatu)

- zmiana opadu i temperatury (dane na podstawie projektu CHASE- SGGW)
- horyzonty czasowe: 2021–2050 i 2071–2100 dla pór roku
- RCP 4.5 i RCP 8.5
- prognozy z korekcją odchylenia z zestawu regionalnych modeli klimatycznych EuroCORDEX i modeli CMIP5
- C1.1 i 1.2 - RCP4.5; C2.1 i 2.2 - RCP8.5

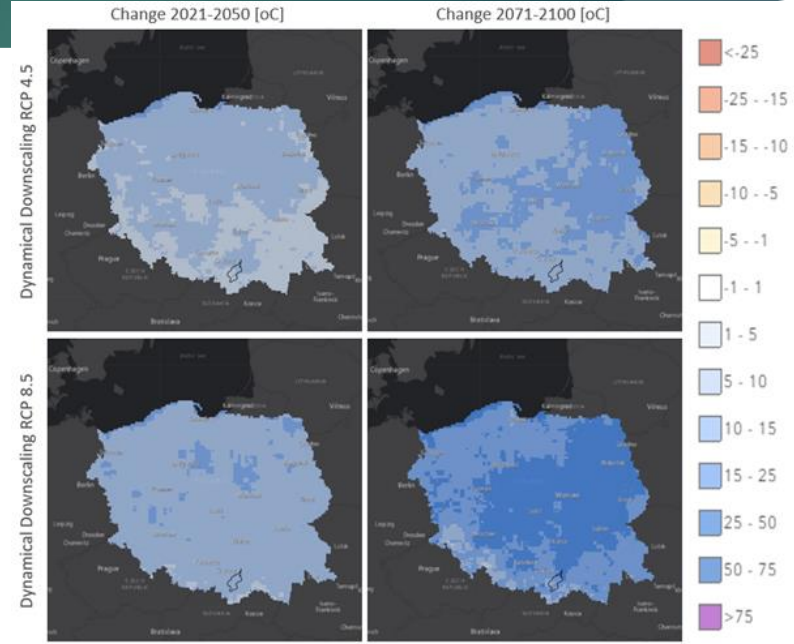


Prognozy projektu CHASE

prognozy temperatury

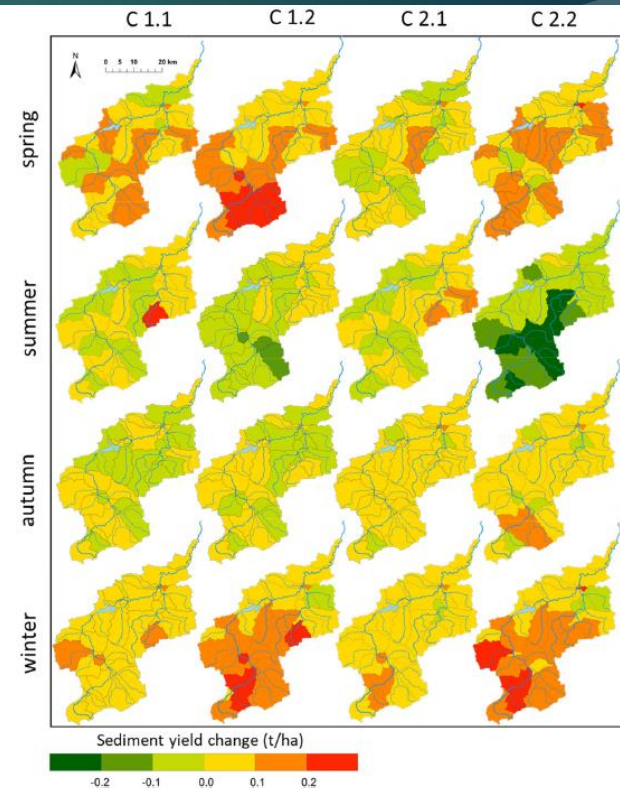


prognozy opadu



Wyniki - Raba –sptyw zawiesiny

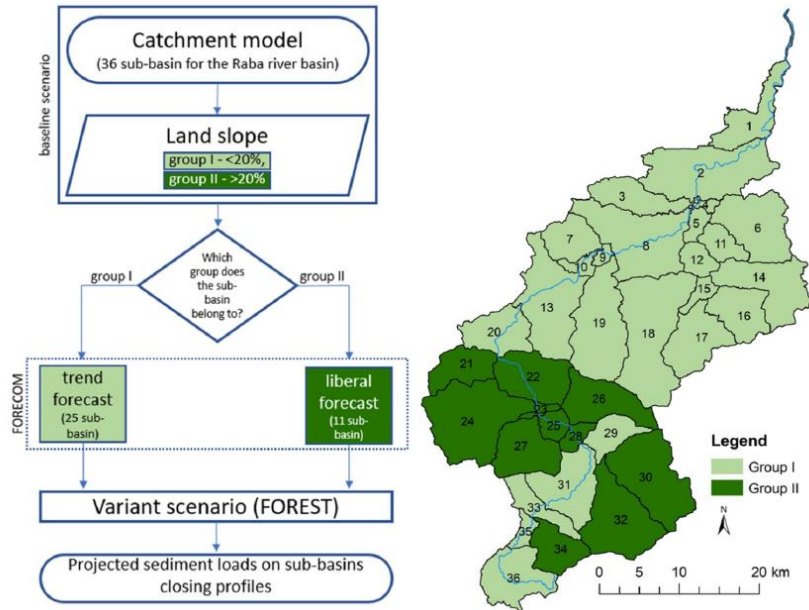
- Wzrost wielkości sptywu, zwlaszcza w gornej częsci zlewni wiosna i zima;
- Przewiduje się rowniez wzrost wielkości sptywu zawiesiny dla wybranych zlewni dolnej Raby, zwlaszcza w okresie zimowym;
- Generalnie okres letni charakteryzuje się spadkiem sptywu zawiesiny, szczególnie zauwazalnym w scenariuszu C2.2



Scenariusze wariantowe (Raba - zmiana użytkowania terenu)

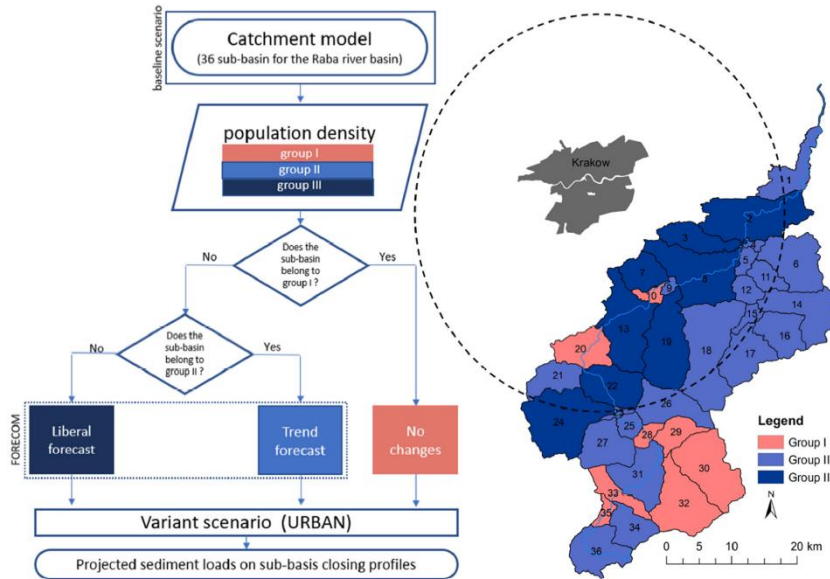
- zmiany użytkowania terenu (LU) przyjęte za projektem FORECOM (<http://www.gis.geo.uj.edu.pl/FORECOM/index.html>) *“Zmiany powierzchni lasów w regionach górskich – przyczyny, trajektorie oraz skutki”*
- badania na terenie Alp Szwajcarskich i w Karpatach Polskich - zmiany krajobrazie gór od połowy XIX wieku po dzień dzisiejszy
- scenariusze zmian LU dla horyzontu czasowego 2060 na podstawie modelu DYNA-Clue dla 2 miejscowości w Karpatach (Szczawnica i Niedźwiedź) (Price et al. 2017)
- prognozy “trend” i “liberal” dla obszarów leśnych (FOREST) i zurbanizowanych (URBAN)

Scenariusze wariantowe (Raba - LU - FOREST)



- nachylenie terenu
- “trend” - wzrost o 23%
- “liberal” - wzrost o 30%
- kosztem obszarów użytkowanych rolniczo

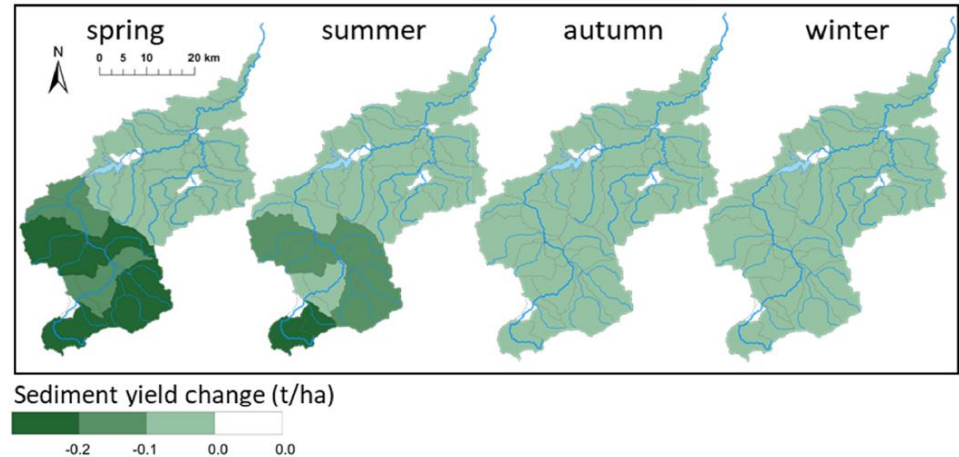
Scenariusze wariantowe (Raba - LU - URBAN)



- gęstość zaludnienia
- “trend” - wzrost o 10%
- “liberal” - wzrost o 15%
- kosztem obszarów użytkowanych rolniczo

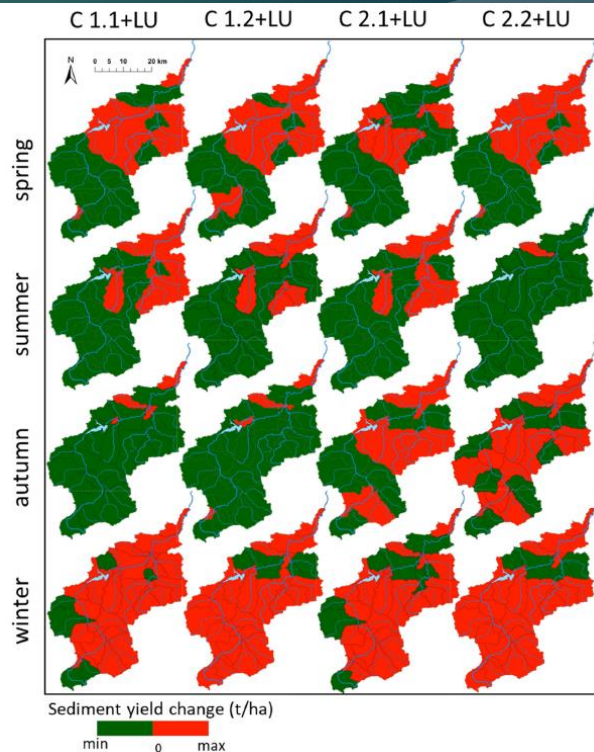
Wyniki - Raba - spływ zawiesiny (LU)

- FOREST + URBAN
- spadek wielkości spływu zawiesiny w zlewni górnej Raby
- również podzlewnie bez żadnych zmian w wielkości spływu zawiesiny głównie na dolnej Rabe (niezalesione)



Wyniki - Raba – spływ zawiesiny (CC+LU)

- wzrost (czerwony) i spadek (zielony) wielkości spływu zawiesiny w stosunku do scenariusza bazowego
- w których podzlewniach możliwe jest zrównoważenie wpływu zmiany klimatu poprzez zmianę użytkowania terenu
- zamiana użytkowania rolniczego na powierzchnie leśne nie wszędzie możliwa
- las 100-letni :-)



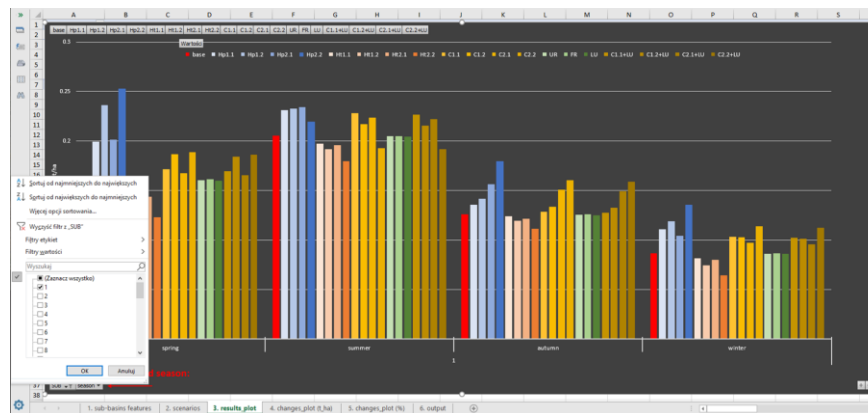
Wyniki - Raba - ładunek zawiesziny (CC+LU)

Scenario		0	P1	P2	T1	T2	LU	COMB1	COMB2
Time horizon		1992–2016	2021–2050	2071–2100	2021–2050	2071–2100	–2060	2021–2050	2071–2100
Year	Mean	2.43	2.63	2.90	2.29	2.35	2.30	2.39	2.72
	Perc. 5–95	1.42–3.96	1.60–3.91	1.80–4.64	1.45–3.80	1.37–4.10	1.34–3.70	1.56–3.90	1.59–4.37
Winter	Mean	0.71	0.78	0.88	0.67	0.75	0.65	0.66	0.87
	Perc. 5–95	0.31–0.85	0.35–0.89	0.40–1.01	0.32–1.08	0.37–1.14	0.30–0.79	0.36–0.93	0.44–1.43
Spring	Mean	0.63	0.70	0.85	0.56	0.55	0.58	0.63	0.73
	Perc. 5–95	0.53–1.21	0.66–1.20	0.77–1.56	0.47–1.10	0.50–1.18	0.51–1.15	0.55–1.20	0.62–1.45
Summer	Mean	0.63	0.67	0.68	0.62	0.62	0.62	0.65	0.65
	Perc. 5–95	0.24–1.32	0.27–1.27	0.28–1.36	0.21–1.34	0.19–1.57	0.23–1.27	0.23–1.42	0.22–1.45
Autumn	Mean	0.45	0.47	0.48	0.43	0.43	0.44	0.45	0.46
	Perc. 5–95	0.22–0.90	0.23–0.95	0.24–0.94	0.21–0.87	0.21–0.87	0.22–0.87	0.22–0.88	0.23–0.93

Wyniki - Raba – ładunek zawiesiny (CC+LU)

- Baza danych - możliwość prześledzenia wpływu 19 scenariuszy (klimatycznych, LU i łączonych) na wielkość sptywu zawiesiny w poszczególnych zlewniach cząstkowych Raby

symbol	full name	description
base	baseline	calibrated and verified Raba River model
Hp1.1	hypothetical precipitation scenario RCP 4.5 (2021-2050)	scenarios simulating precipitation changes
Hp1.2	hypothetical precipitation scenario RCP 4.5 (2071-2100)	
Hp2.1	hypothetical precipitation scenario RCP 8.5 (2021-2050)	
Hp2.2	hypothetical precipitation scenario RCP 8.5 (2071-2100)	
Hr1.1	hypothetical temperature scenario RCP 4.5 (2021-2050)	scenarios simulating temperature changes
Hr1.2	hypothetical temperature scenario RCP 4.5 (2071-2100)	
Hr2.1	hypothetical temperature scenario RCP 8.5 (2021-2050)	
Hr2.2	hypothetical temperature scenario RCP 8.5 (2071-2100)	
C1.1	Precipitation + temperature RCP 4.5 (2021-2050)	scenarios combining precipitation and temperature changes
C1.2	Precipitation + temperature RCP 4.5 (2071-2100)	
C2.1	Precipitation + temperature RCP 8.5 (2021-2050)	
C2.2	Precipitation + temperature RCP 8.5 (2071-2100)	
UR	URBAN	residential med/low density rbas growth scenario
FR	FOREST	forest growth scenario
LU	land Use	combined URBAN and FOREST scenario
C1-14U	Precipitation + temperature + land use RCP 4.5 (2021-2050)	scenarios combining forecasts for climate and land use changes
C1-24U	Precipitation + temperature + land use RCP 4.5 (2071-2100)	
C2-14U	Precipitation + temperature + land use RCP 8.5 (2021-2050)	
C2-24U	Precipitation + temperature + land use RCP 8.5 (2071-2100)	



Data in Brief
Volume 33, December 2020, 106574



Data Article
A macromodel dns/swat dataset for the sediment yield analysis in the raba river basin (Carpathian mts.)

Paulina Orlińska-Woźniak^a, Ewa Szalińska^b, Paweł Wilk^a

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106574>

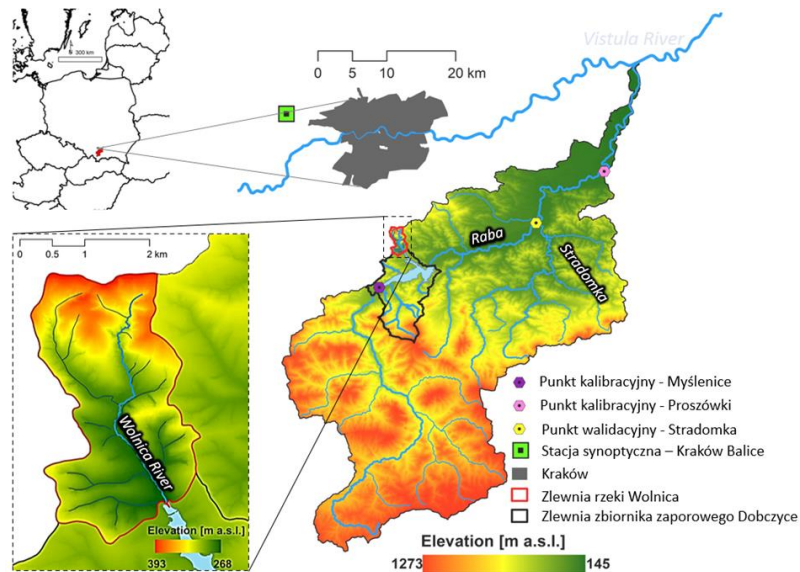
Under a Creative Commons license

Get rights and content

open access

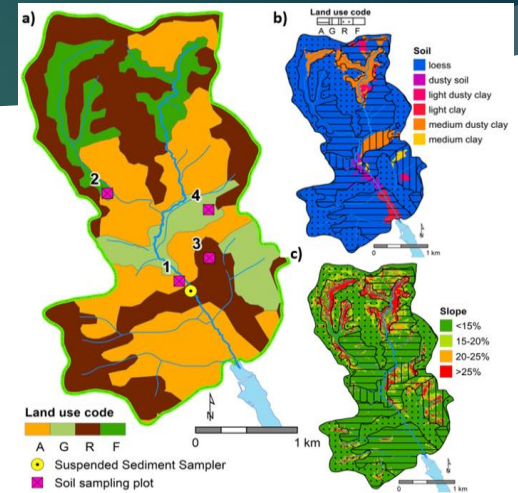
Wyniki - Wolnica - ładunek zanieczyszczeń w spływie zawiesiny

- bezpośredni lewobrzeżny dopływ Zbiornika Dobczyckiego
- długość 5 km, powierzchnia zlewni 700 ha
- ładunek zanieczyszczeń z poszczególnych typów użytkowania terenu w spływie zawiesiny (tereny zurbanizowane, grunty orne, lasy, nieużytki)

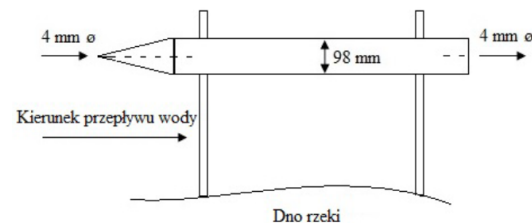
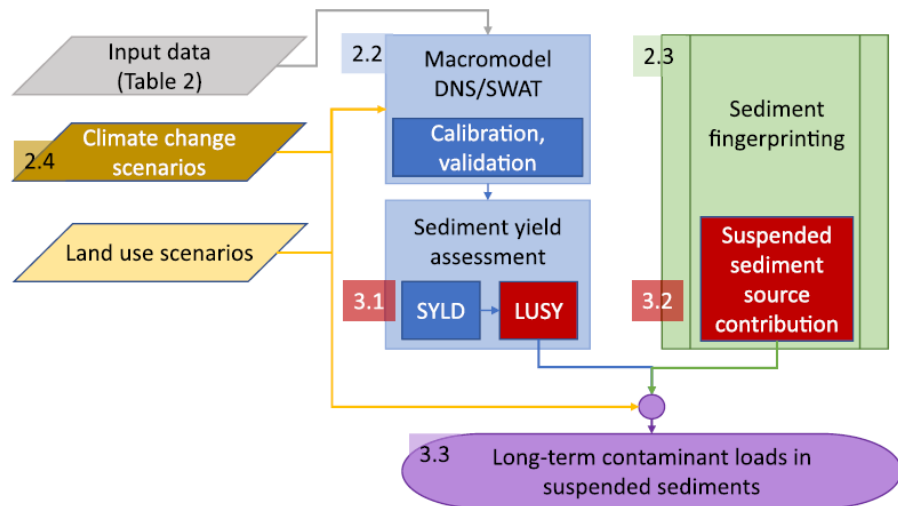


Wyniki - Wolnica – ładunek zanieczyszczeń w spływ zawiesiny

- terenu zurbanizowane (R) - 40,2%
- grunty orne (A) - 38,3%
- lasy (F) - 11,0%
- tereny zielone (G) - 10,5%



Wyniki - Wolnica – ładunek zanieczyszczeń w sptywie zawiesiny

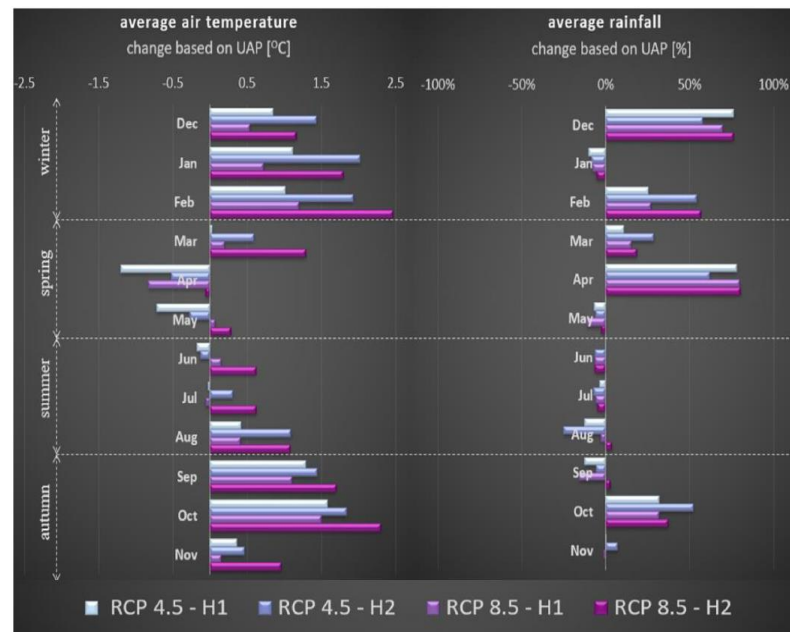


Wyniki - Wolnica – ładunek zanieczyszczeń w sptyw zawiesiny

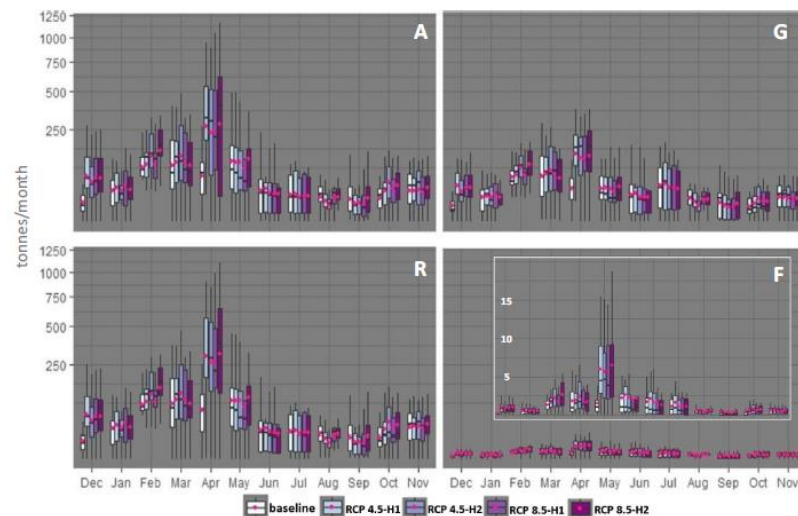
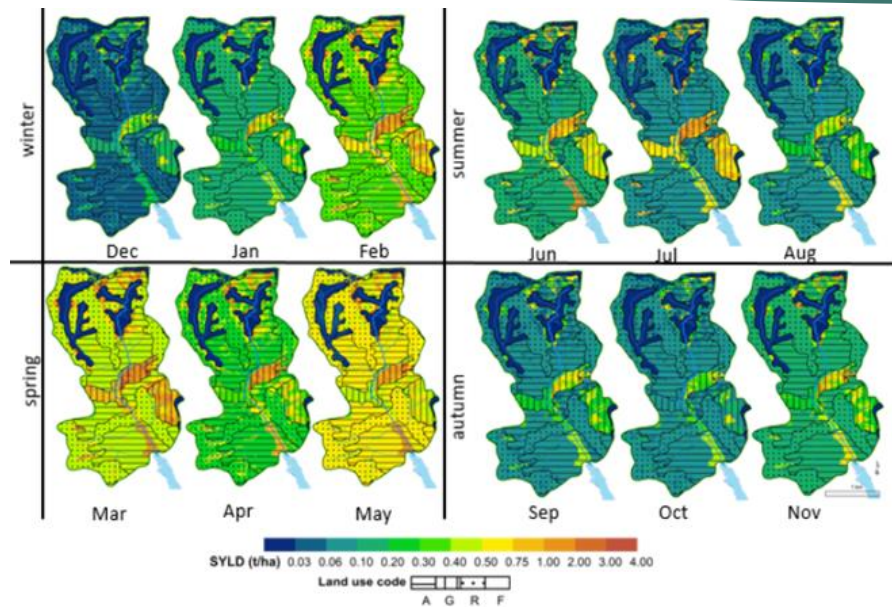
- sediment fingerprinting - metoda znaczników geochemicznych
- pobór próbek gleby z różnych typów użytkowania (A, G, R i F)
- pobór próbek zawiesiny z odcinka ujściowego Wolnicy za pomocą pobieraka
- oznaczenia: metale ciężkie (Pb, Zn, Cd, Cu, Mn, Ni, Fe, Hg), związków N i P, związków organicznych (WWA), a także radioizotopów (Cs-137 oraz K-40)
- analiza statystyczna: porównanie zakresów stężeń; analiza dyskryminacyjna - wykluczenie znaczników nie różnicujących typów gleb; analiza dyskryminacyjna - optymalny zestaw znaczników; *multivariate mixing model* z procedurą optymalizacyjną GOF - wyznaczenie udziału każdego ze źródeł

Scenariusze wariantowe (Raba - zmiana klimatu)

- zmiana opadu i temperatury (dane z IMGW)
- prognozy dla miast pow. 100 tys. mieszkańców dla Planów Adaptacji do Zmian Klimatu (<http://44mpa.pl/plany-adaptacji/>)
- horyzonty czasowe: 2026–2035 (H1) i 2046–2055 (H2) dla poszczególnych miesięcy
- RCP 4.5 i RCP 8.5



Wyniki - Wolnica – ładunek zanieczyszczeń w spływie zawiesiny



Wyniki - Wolnica – ładunek zanieczyszczeń w spływ zawiesiny

- optymalny zestaw znaczników - 6 metali (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, and Hg)
- udział zanieczyszczeń z poszczególnych typów użytkowania
- ładunki zanieczyszczeń (kg/rok)

Table 7

Source contribution (%) from the Wolnica River basin LU types (A, G, R, F).

Source contribution	A	G	R	F
avg	22.18	29.98	20.39	27.45
std	0.10	0.24	0.11	0.11

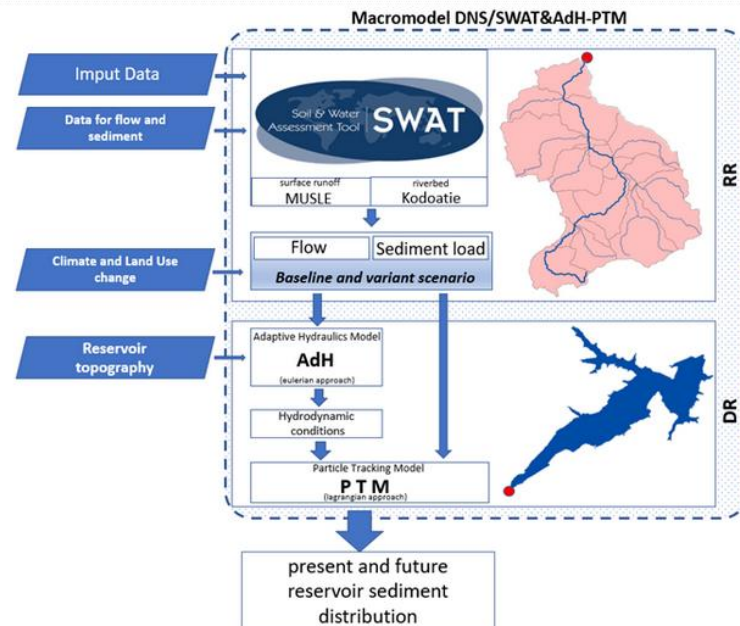
Table 8

Average yearly contaminant load estimates in suspended sediments (kg/y) from the different LU types in the Wolnica River basin and their long-term predictions.

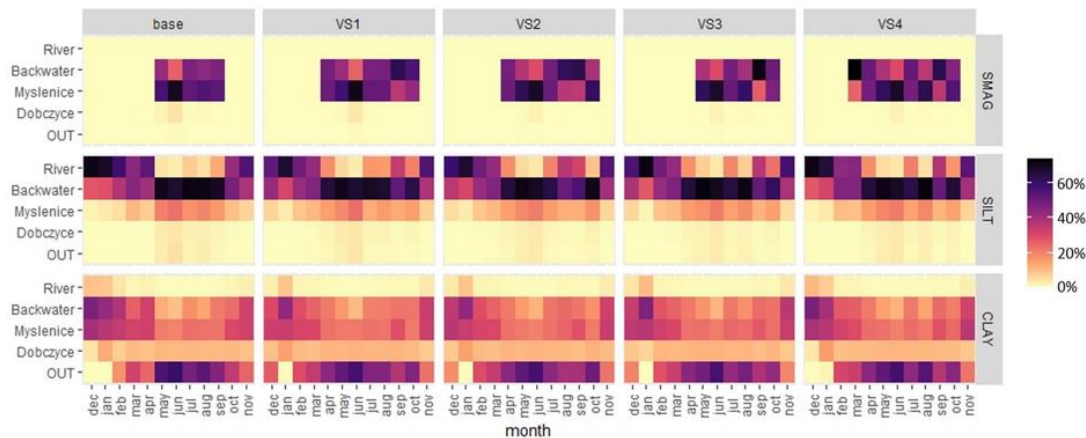
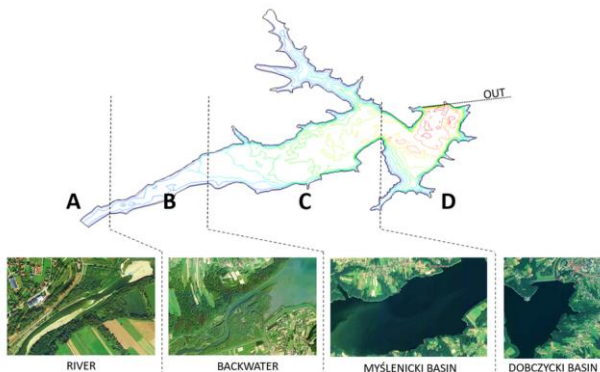
LU	metal	baseline	RCP 4.5-H1	RCP 4.5-H2	RCP 8.5-H1	RCP 8.5-H2
A	Pb	2.009	3.124	3.117	2.891	3.425
	Zn	30.589	47.582	47.467	44.032	52.162
	Cd	0.082	0.128	0.127	0.118	0.140
	Cu	3.446	5.361	5.348	4.961	5.877
	Ni	3.637	5.658	5.644	5.236	6.203
	Hg	0.018	0.028	0.028	0.026	0.031
G	Pb	1.540	2.184	2.089	1.974	2.141
	Zn	23.450	33.258	31.818	30.059	32.604
	Cd	0.063	0.089	0.085	0.081	0.087
	Cu	2.642	3.747	3.585	3.386	3.673
	Ni	2.789	3.955	3.784	3.574	3.877
	Hg	0.014	0.019	0.019	0.018	0.019
R	Pb	1.616	2.576	2.573	2.374	2.828
	Zn	24.616	39.236	39.177	36.146	43.060
	Cd	0.066	0.105	0.105	0.097	0.115
	Cu	2.773	4.420	4.414	4.072	4.851
	Ni	2.927	4.666	4.659	4.298	5.120
	Hg	0.014	0.023	0.023	0.021	0.025
F	Pb	0.042	0.064	0.062	0.058	0.064
	Zn	0.642	0.975	0.943	0.887	0.974
	Cd	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003
	Cu	0.072	0.110	0.106	0.100	0.110
	Ni	0.076	0.116	0.112	0.105	0.116
	Hg	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001

Wyniki - Raba & Zbiornik Dobczycki – rozkład cząstek wprowadzanych do zbiornika

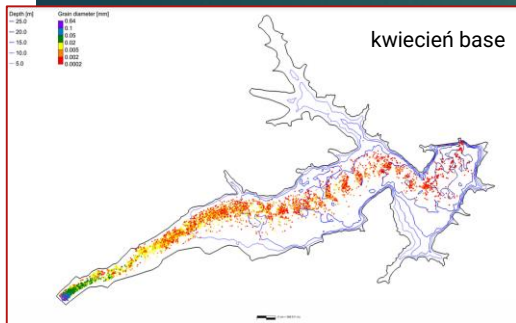
- ładunki zawiesiny (t/rok) dla górnej Raby w przekroju Myślenice (Makromodel DNS/SWAT)
- transport i depozycja zawiesiny w Zbiorniku Dobczyckim (AdH i PTM)
- symulacje dla frakcji SMAG, SILT i CLAY
- prognozy zmiany klimatu oraz zmiany użytkowania terenu (Raba)



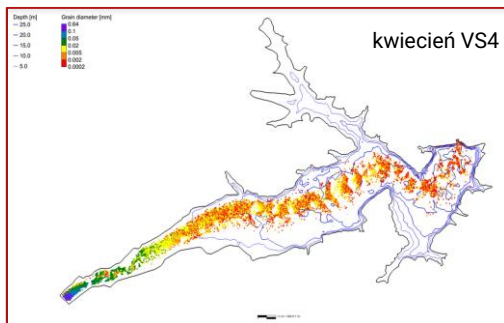
Wyniki - Raba & Zbiornik Dobczycki – rozkład cząstek wprowadzanych do zbiornika



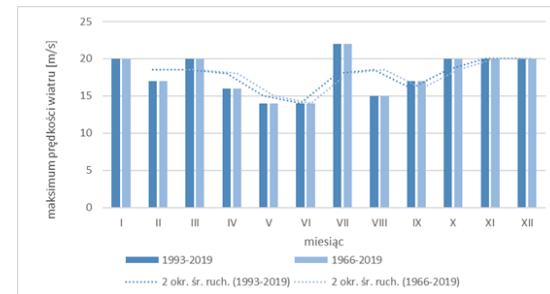
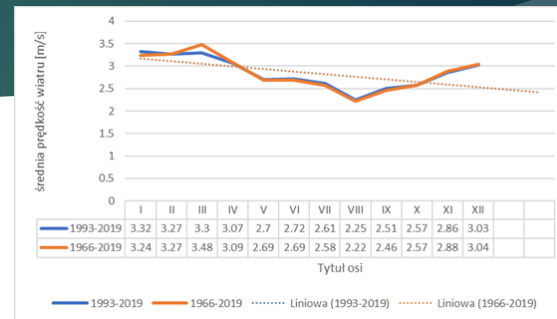
Wyniki - Raba & Zbiornik Dobczycki – rozkład cząstek wprowadzanych do zbiornika



- mapy rozkładu cząstek w zbiorniku dla poszczególnych scenariuszy

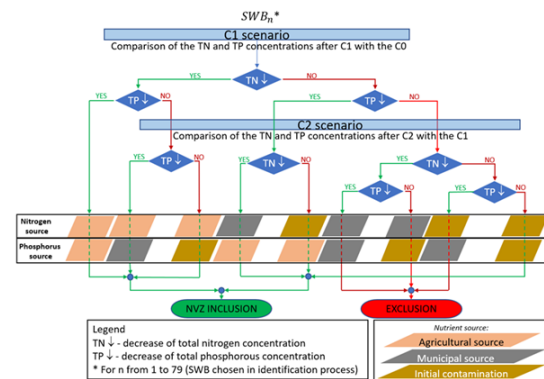
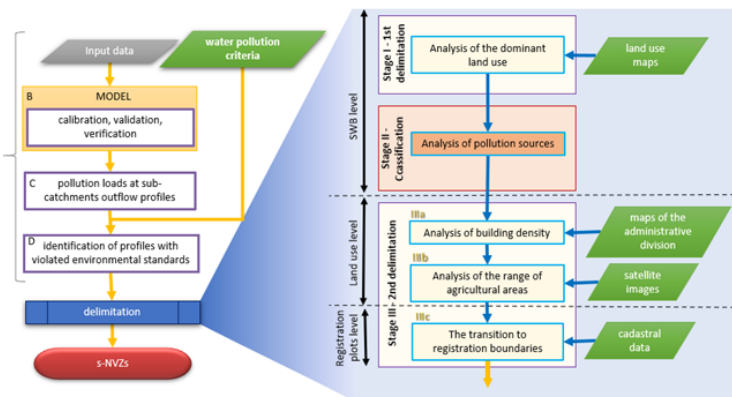
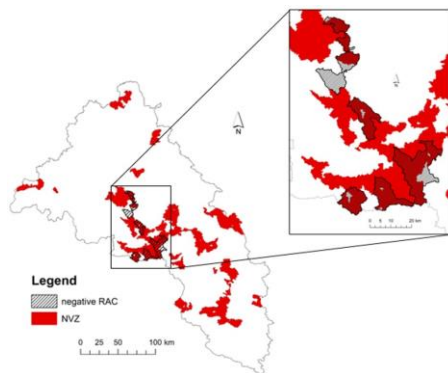


- prognoza: brakuje zmian kierunków i prędkości wiatru - bardzo istotne przy modelowaniu procesów w zbiorniku



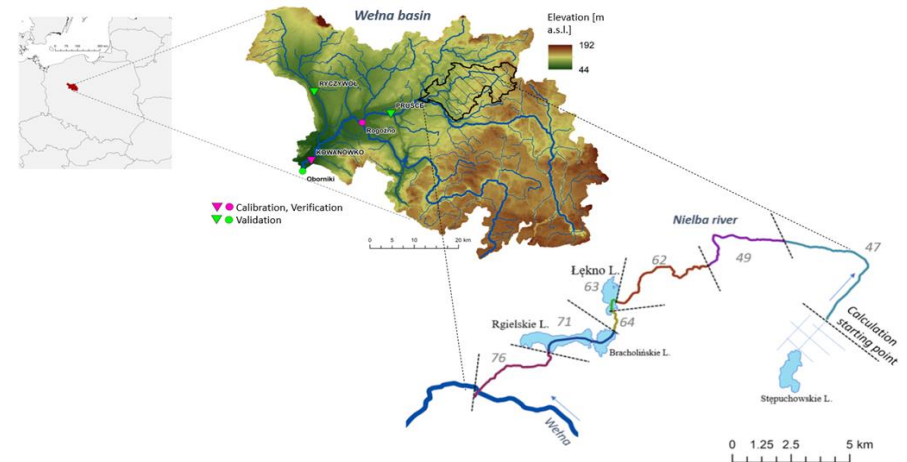
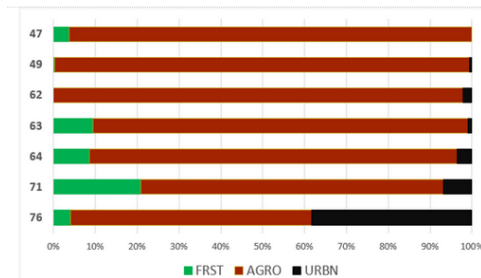
Wyniki - Warta - OSN a eutrofizacja

- Metodykę pozwalającą na szczegółową identyfikację obszarów odpowiedzialnych za szczególnie duży ładunek zanieczyszczeń (azotanów) docierający do wód powierzchniowych.
- Baza danych (Mendeley) pozwala użytkownikowi prześledzić otrzymane wyniki



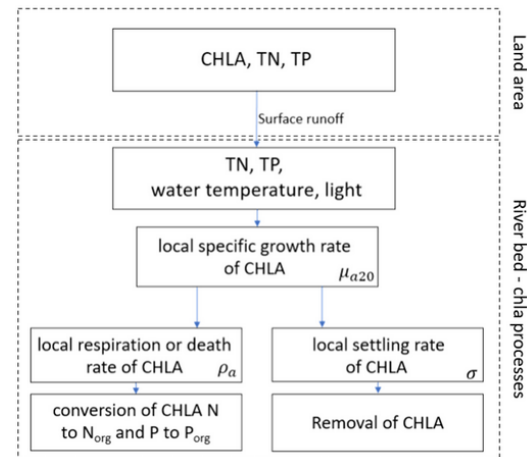
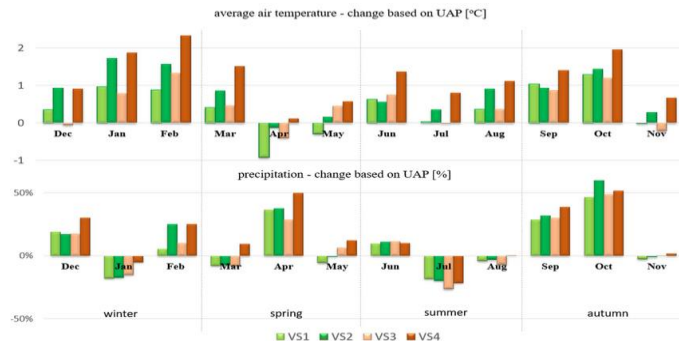
Wyniki - Nielba - stężenia chlorofilu a

- prawobrzeżny dopływ Wełny (prawobrzeżny dopływ Warty);
- długość - 30,7 km, powierzchnia zlewni - ok. 15520 ha;
- 4 odcinki rzeczne, 3 jeziora
- zlewnia rolnicza

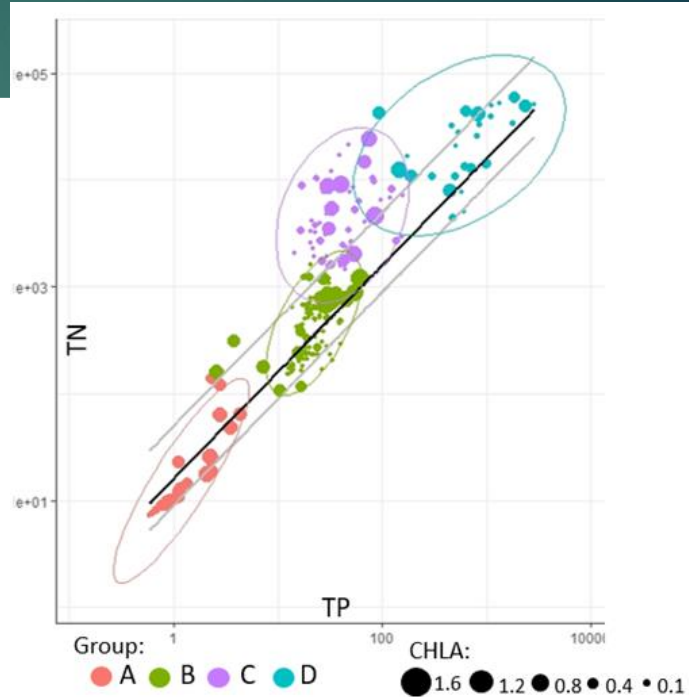
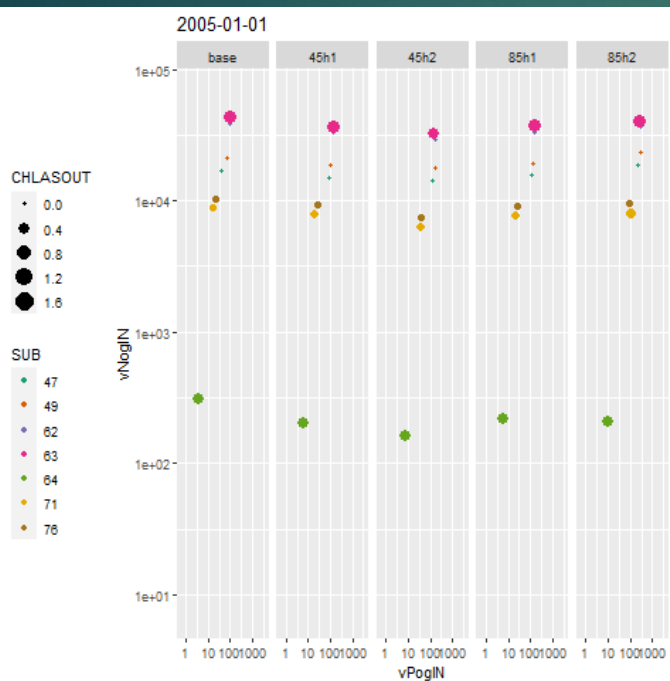


Wyniki - Nielba - stężenia chlorofilu a

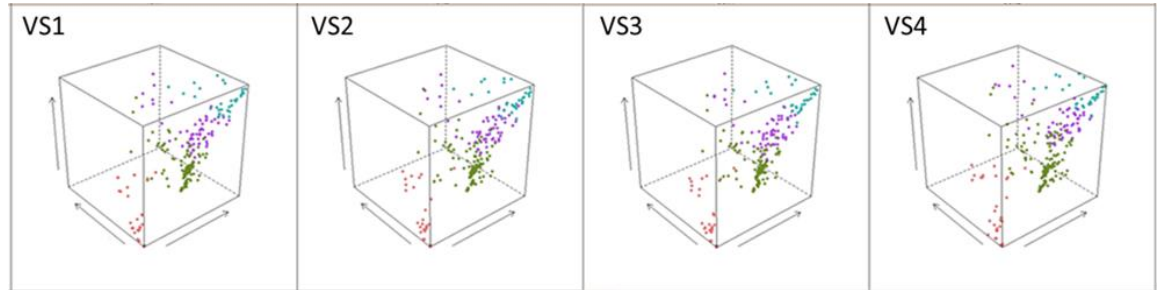
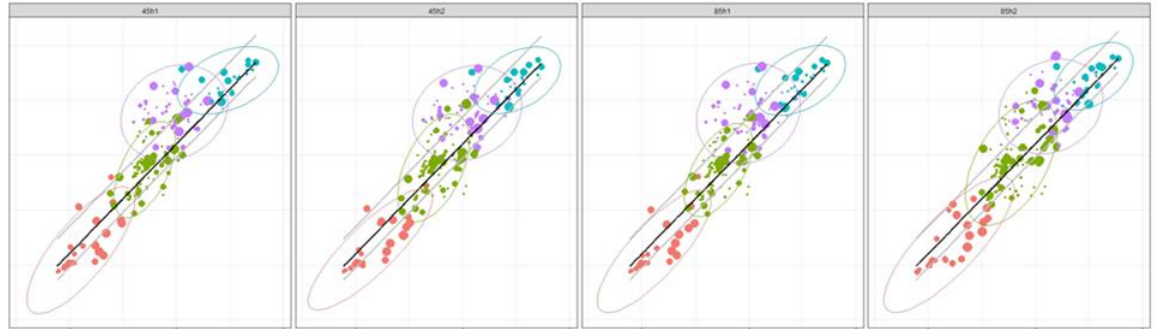
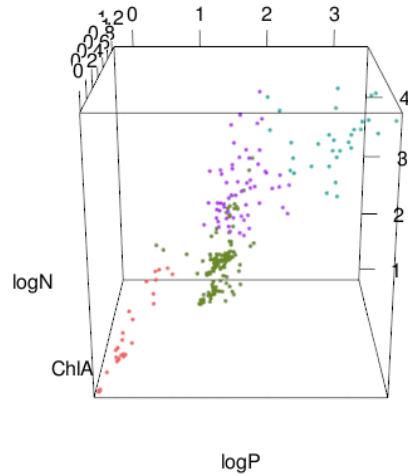
- Makromodel DNS/SWAT wraz z modułem CHLA (chlorofil a)
- założenia: stężenia chlorofilu a wprost proporcjonalne do produkcji biomasy
- faza lądowa - ładunki N i P odprowadzane ze zlewni
- faza korytowa - N i P, temperatura wody, nasłonecznienie
- prognozy zmiany klimatu



Wyniki - Nielba - stężenia chlorofilu a



Wyniki - Nielba - stężenia chlorofilu a



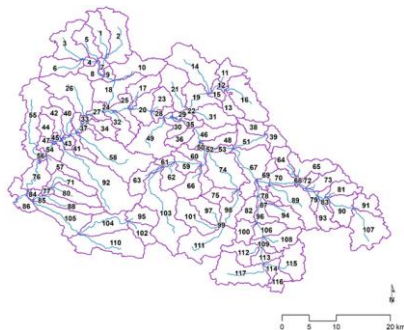
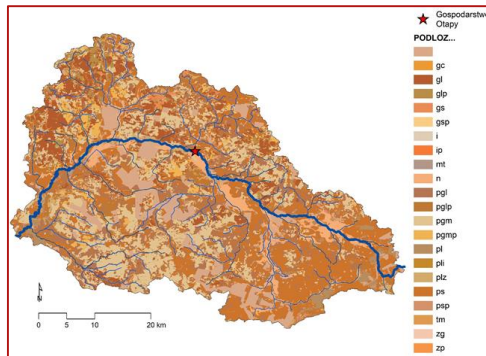
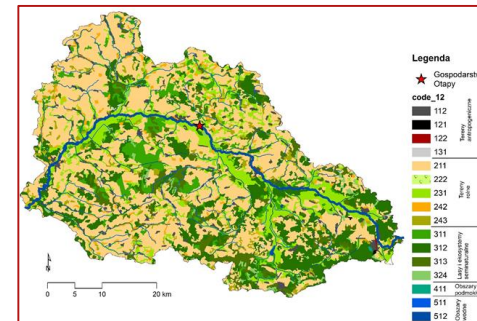
Wyniki - Nielba - stężenia chlorofilu a

- zmiana stosunków N:P pod wpływem scenariuszy zmiany klimatu - w zależności od klastra (zlewni/sezonu)
- reakcja Chla nieliniowa względem zmian stosunków N:P - należy brać pod uwagę czynniki hydrologiczne, geograficzne i klimatyczne
- zmiana klimatu zwiększa rozrzut 3d - częstotliwość wysokich wartości Chla się zwiększa
- prognoza: brakuje nasłonecznienia - bardzo istotne dla symulacji Chla

Plany na przyszłość (Nurzec - AGRO)

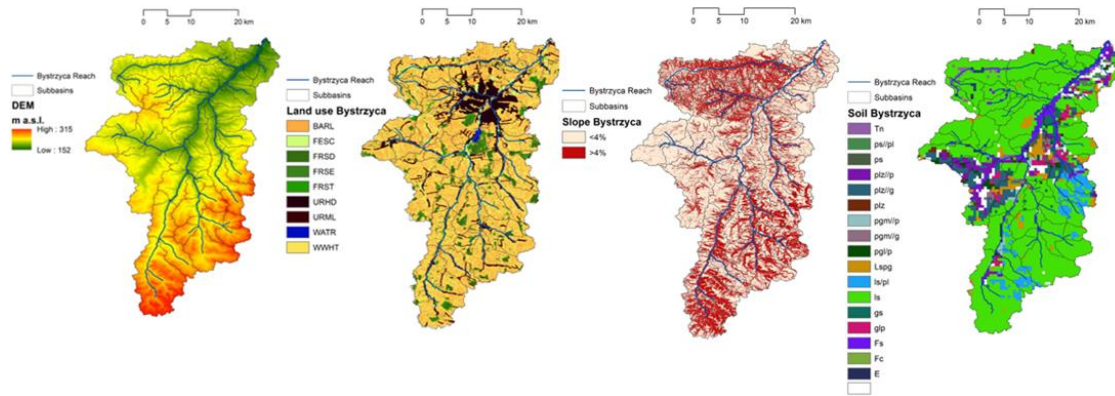


- Utworzenie, kalibracja, wdrożenie modelu
- analiza baz danych jakości wód oraz wariantów scenariuszowych
- badania terenowe - fingerprinting



Plany na przyszłość (Bystrzyca Lubelska - URBAN)

- zlewnia rzeki Bystrzycy (dopływ Wieprza)
- scenariusze LU zarówno dla obszarów wiejskich jak i aglomeracji Lublina zlokalizowanego na tej rzece
- podstawa do symulacji wpływu obszarów miejskich na ilość i jakość wody



Bystrzyca Lubelska - scenariusze LU

rodzaj zagospodarowania terenu	kod CLC	oznaczenia	do 2000		2000-2006		2006-2012		2012-2018		Studium i MPZP		2018-2050					
			CLC 2000	CLC2006	CLC2012	CLC2018	inwentaryzacja 2018	do 2035*	do 2046**	do 2049***	powierzchnia [ha]	udział % w całkowitej powierzchni	powierzchnia [ha]	udział % w całkowitej powierzchni	powierzchnia [ha]	udział % w całkowitej powierzchni	powierzchnia [ha]	udział % w całkowitej powierzchni
zabudowa zwarta	111	URHD (Urban High Density)	340.20	2.14%	372.60	2.34%	372.81	2.34%	372.60	2.34%	192.63	1.21%	192.63	1.21%	192.63	1.21%	374.95	2.36%
zabudowa luźna	112	URML (Urban Medium Density)	3209.68	20.18%	4458.77	28.03%	5013.61	31.52%	5212.62	32.77%	3277.94	20.61%	3361.94	21.13%	4048.70	25.45%	5216.78	32.79%
strefy przemysłowe lub handlowe	121		808.00	5.08%	828.70	5.21%	898.91	5.65%	1166.96	7.34%	1513.96	9.52%	1617.67	10.17%	1639.09	10.30%	2270.96	14.28%
tereny komunikacyjne i związane z komunikacją (drogowa i kolejową)	122		127.91	0.80%	127.77	0.80%	127.77	0.80%	196.26	1.23%	2415.48	15.18%	2415.48	15.18%	2424.42	15.24%	2424.42	15.24%
lotniska	124		1.33	0.01%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
budowy	133		80.67	0.51%	0.00	0.00%	45.69	0.29%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
miejskie tereny zielone	141		787.70	4.95%	264.53	1.66%	264.52	1.66%	242.54	1.52%	343.06	2.16%	343.03	2.16%	345.25	2.17%	876.72	5.51%
tereny sportowe i wypoczynkowe	142		593.99	3.73%	890.14	5.60%	906.16	5.70%	885.80	5.57%	94.38	0.59%	100.17	0.63%	101.55	0.64%	156.47	0.98%
grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	211	WWHT (Winter Wheat) i BARL (Spring barley)	5617.50	35.31%	5734.08	36.04%	5059.84	31.81%	4796.33	30.15%	6226.69	39.14%	6033.22	37.92%	5326.94	33.49%	3028.68	19.04%
sady i plantacje łąki	222		5.55	0.03%	8.15	0.05%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	399.37	2.51%	399.37	2.51%	401.29	2.52%	431.14	2.71%
	231	FESC (Tall Descue)	351.33	2.21%	383.95	2.41%	755.65	4.75%	475.71	2.99%	261.50	1.64%	261.50	1.64%	245.14	1.54%	324.86	2.04%
złożone systemy upraw i działek	242		2600.63	16.35%	1551.40	9.75%	422.36	2.65%	1288.93	8.10%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
tereny głównie zajęte przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej	243		586.24	3.65%	484.22	3.04%	1230.41	7.73%	476.33	2.99%	379.97	2.39%	379.97	2.39%	379.97	2.39%	0.00	0.00%
lasy liściaste	311	FRSD (deciduous forest)	561.45	3.53%	574.54	3.61%	581.11	3.65%	568.43	3.57%	568.43	3.57%	568.43	3.57%	568.43	3.57%	568.43	3.57%
lasy iglaste	312	FRSE (Evergreen forest)	80.42	0.51%	80.43	0.51%	80.43	0.51%	79.48	0.50%	88.59	0.56%	88.59	0.56%	88.59	0.56%	88.59	0.56%
lasy mieszane	313	FRST (mixed forest)	155.71	0.98%	149.02	0.94%	149.02	0.94%	146.32	0.92%	146.30	0.92%	146.30	0.92%	146.30	0.92%	146.30	0.92%
SUMA			15908.30	100.00%	15908.30	100.00%	15908.30	100.00%	15908.30	100.00%	15908.30	100.00%	15908.30	100.00%	15908.30	100.00%	15908.30	100.00%

Podsumowanie

- ▶ rozwój platformy cyfrowej DNS/SWAT
- ▶ nowe moduły - poszerzenie możliwości aplikacyjnych (RESERVOIR, CHLA, URBAN, MICROPLASTIC, etc)
- ▶ brakujące prognozy:
 - ▶ wiatr,
 - ▶ nasłonecznienie....