



Politechnika Łódzka



Projekt MONSUL

Analiza czynników wpływających na stan ekologiczny wód Zbiornika Sulejowskiego
w oparciu o ciągły monitoring i zintegrowany model 3D zbiornika

dr inż. Mirosław Imbierowicz

Analiza danych z monitoringu stacjonarnego i mobilnego w drugim sezonie badawczym

Konferencja końcowa projektu MONSUL
Swolszewice, 4.04.2017 r.



Politechnika Łódzka



Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Metodyka i zakres monitoringu wód zbiornika
- Wyniki pomiarów z monitoringu stacjonarnego
- Wyniki pomiarów monitoringu mobilnego
- Porównanie rezultatów badań z lat 2015 -2016
- Podsumowanie



Politechnika Łódzka



Cel i zakres badań monitoringowych

- Pomiar i ocena wartości **wskaźników fizykochemicznych**, wpływających na jakość wody w Zbiorniku Sulejowskim i kształtujących jego potencjał ekologiczny
- Analiza **dynamiki** zmian parametrów wpływających na jakość wody w zbiorniku; w szczególności szybkość i tempo zakwitów sinic, zmiany stężeń substancji biogennych i tlenu oraz wahania temperatury wody
- Dostarczenie danych niezbędnych do budowy i kalibracji **modelu matematycznego** Zbiornika Sulejowskiego, który można będzie wykorzystać do symulowania różnych scenariuszy rozwoju sytuacji na zalewie.



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Metodyka badań monitoringowych



Politechnika Łódzka

NIVA
Norwegian Institute for Water Research

WIPOŚ



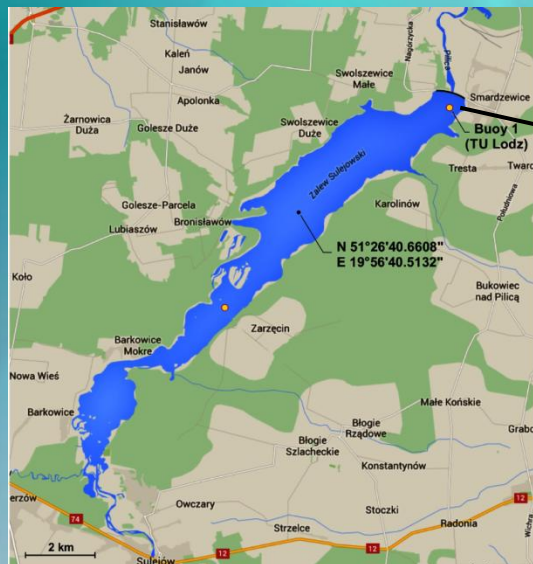
ICELAND
LIECHTENSTEIN
NORWAY
eea
grants

norway
grants

ICELAND
LIECHTENSTEIN
NORWAY
eea
grants

norway
grants

System monitoringu stacjonarnego zakotwiczony na Zalewie Sulejowskim



Moduł meteorologiczny mierzący:

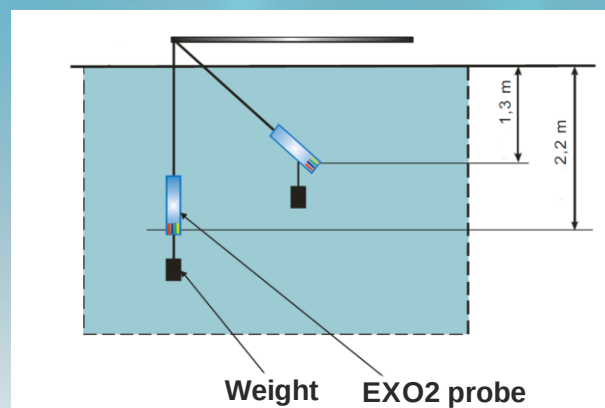
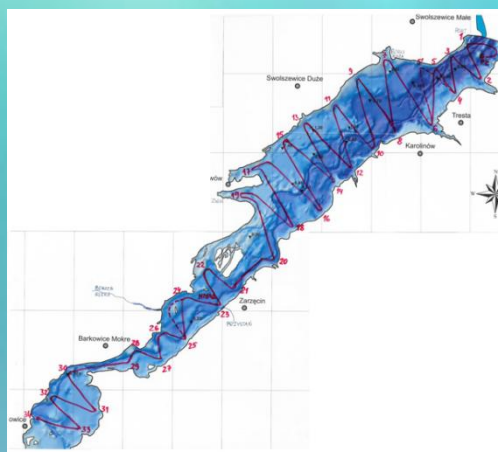
- Temperaturę powietrza
- wilgotność
- kierunek i siłę wiatru,
- ciśnienie atmosferyczne,
- nasłonecznienie.



Sonda EXO mierząca następujące parametry:

- temperaturę wody,
- pH,
- stężenie tlenu,
- przewodnictwo,
- stężenie chlorofilu,
- stężenie alg/sinic,
- stężenie jonu amonowego (NH_4^+)

Mobilny system monitoringu, holowany za pomocą łodzi



Mobilny system pomiarowy umożliwiał rejestrację następujących parametrów:

- pozycję geograficzną (wg systemu GPS) w momencie pomiaru parametrów,
- temperaturę wody,
- pH,
- stężenie tlenu,
- Przewodnictwo,
- stężenie chlorofilu,
- stężenie alg/sinic,
- stężenie jonu amonowego (NH_4^+)



Politechnika Łódzka



Laboratoryjne pomiary pozostałych parametrów fizykochemicznych wody (pomiary *off-line*)



	Parametry	Jedn.	Zakres
1	Azotany (jako N-NO ₃)	mg N-NO ₃ /dm ³	0.01 – 0.5
2	Fosforany	mg PO ₄ /dm ³	0.02 – 2.5
3	Ogólny węgiel org.	mg C/dm ³	2 -65
4	ChZT	mg O ₂ /dm ³	15 - 150
5	BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	0.2 - 12
6	Żelazo Fe ³⁺	mg Fe/dm ³	0.01 – 1.0





Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

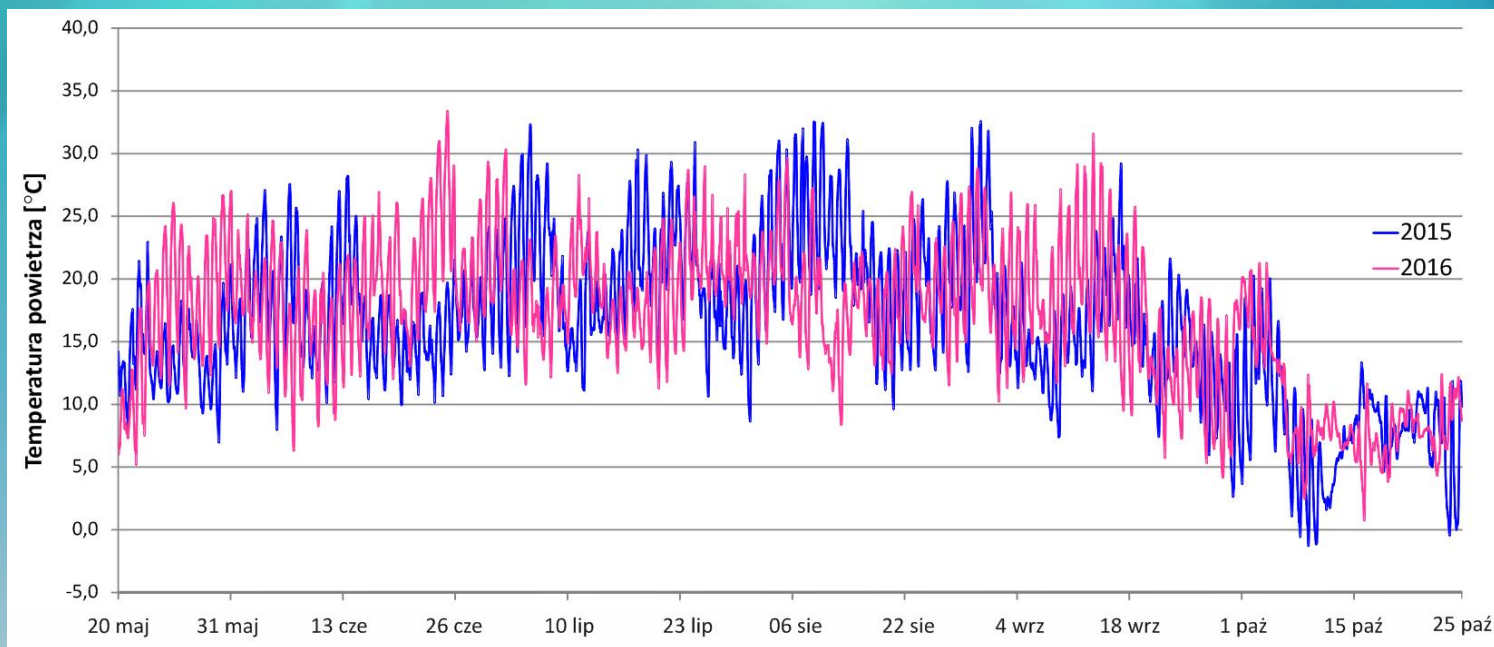
Rezultaty pomiarów stacjonarnych



Politechnika Łódzka



Charakterystyka meteorologiczna sezonów pomiarowych 2015 i 2016 r. Temperatura powietrza w sezonie pomiarowym (maj – październik)



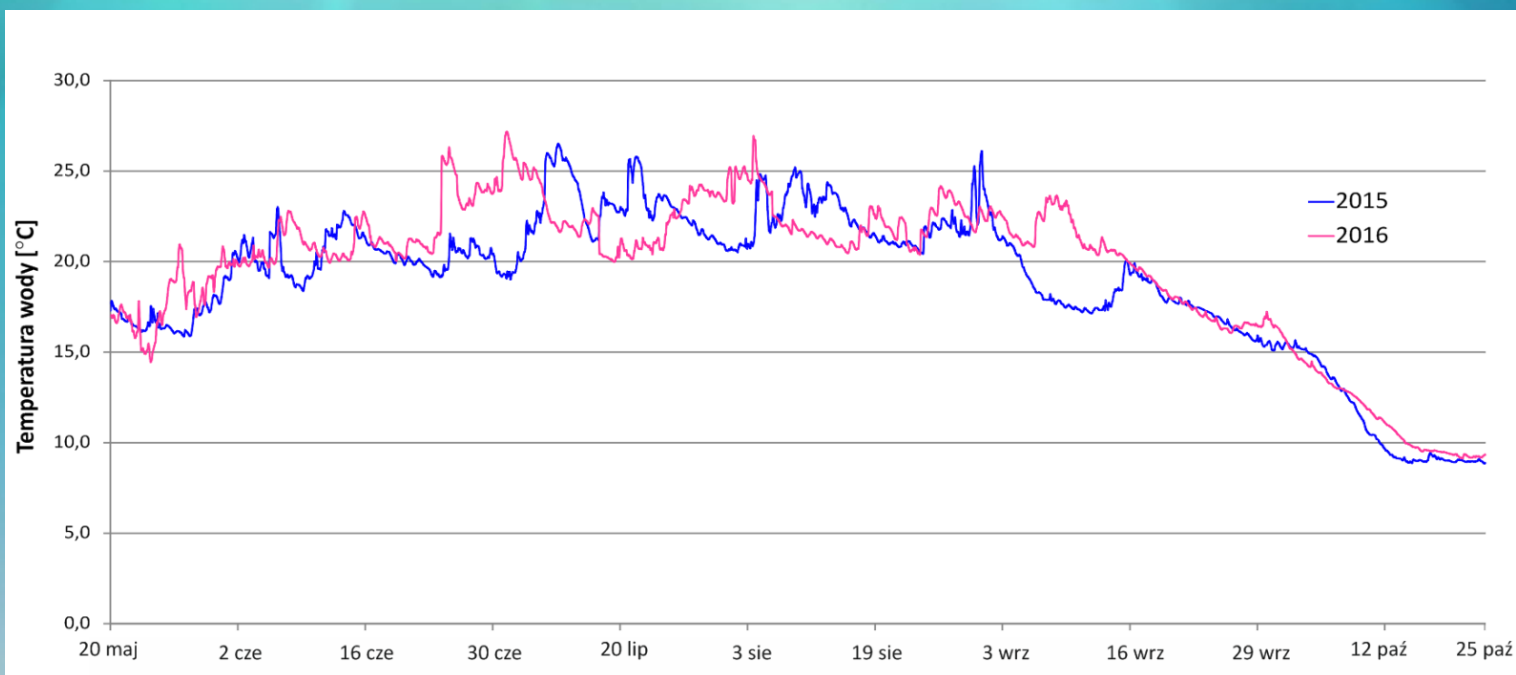
	2015	2016
Średnia temp. 20.05 - 25.10	16,4	16,9
Liczba godzin z $t > 28^{\circ}\text{C}$	199	97
Liczba godzin z $t < 5^{\circ}\text{C}$	193	70
Liczba godzin z opadem	274	538
Liczba godzin słonecznych	278	295
Nasłonecznienie kWh/m ²	876,6	871,2



Politechnika Łódzka



Temperatura wody w Zbiorniku Sulejowskim w sezonach pomiarowych 2015 i 2016 (maj – październik)



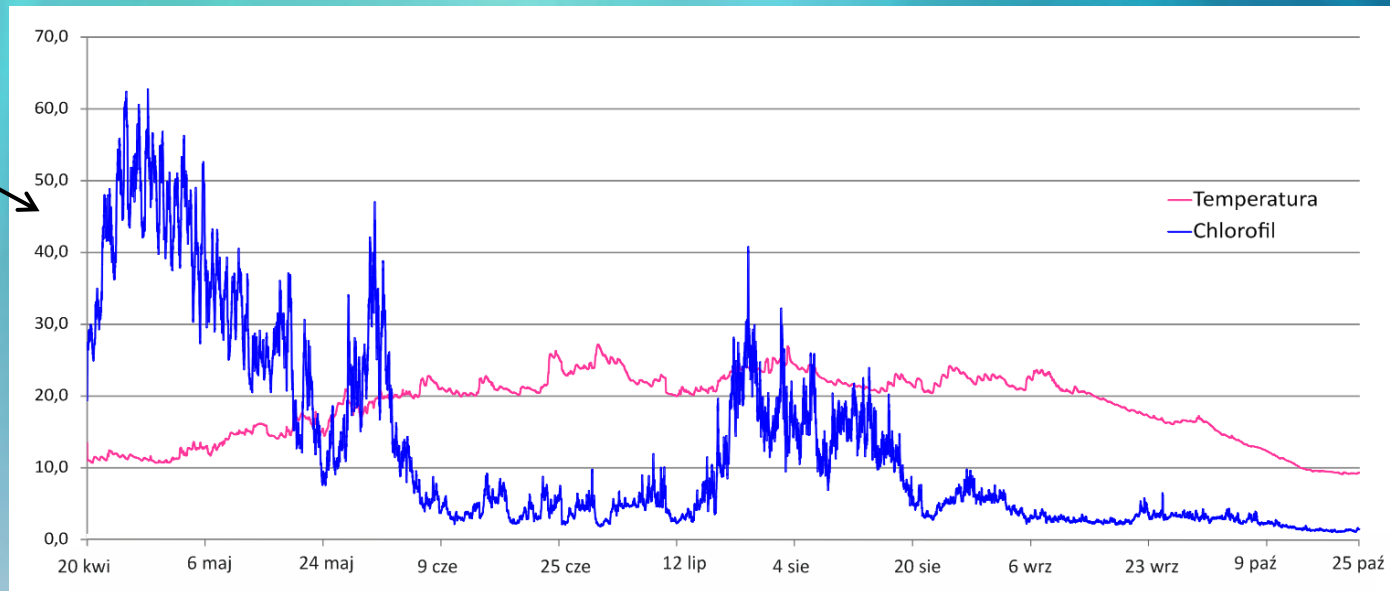
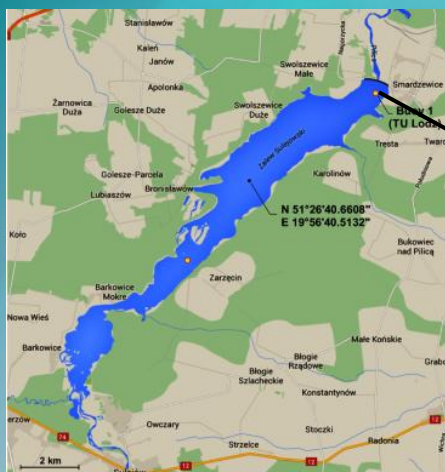
	2015	2016
Średnia temp. 20.05 - 25.10	19,0	19,6
Maks. zanotowana temp.	26,5	27,2
Min. zanotowana temp.	8,8	9,1
Liczba godzin z $t > 25^{\circ}\text{C}$	146	161
Liczba godzin z $t < 10^{\circ}\text{C}$	343	260



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego, wykonanego w ramach projektu MONSUL



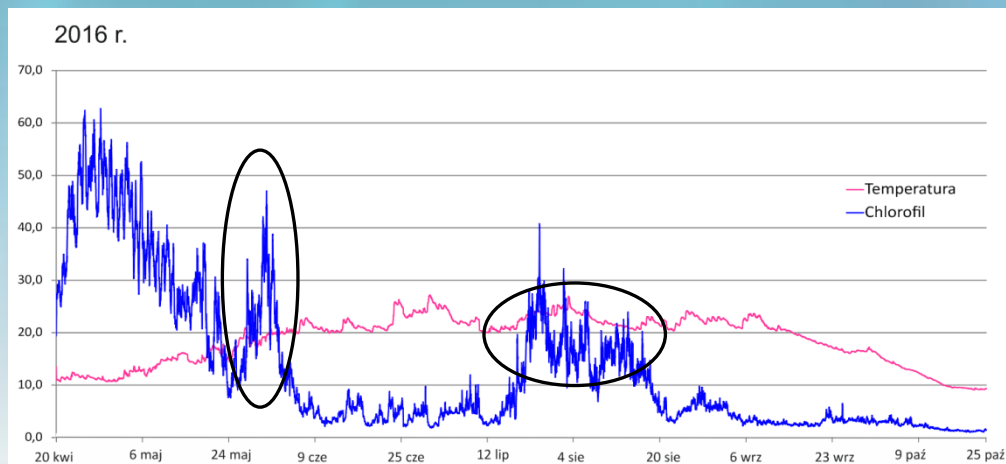
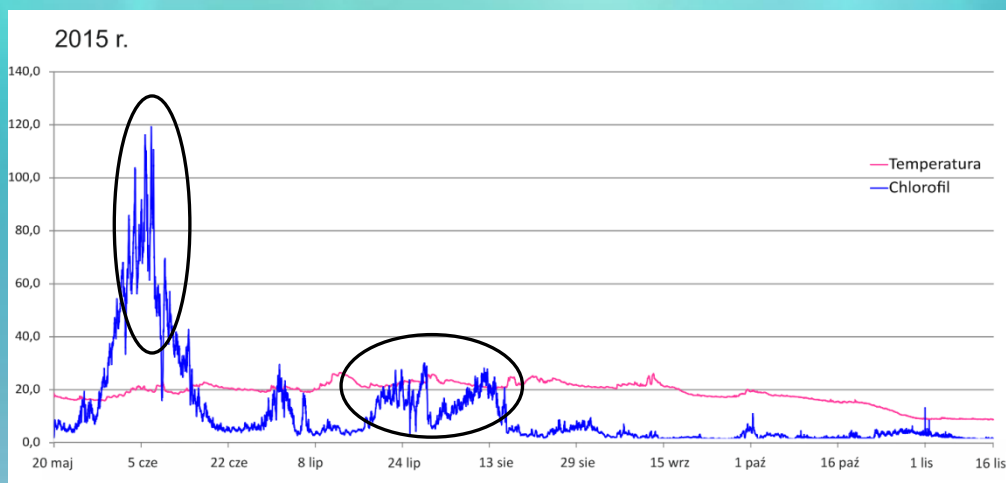
Wykres zmian **temperatury** wody i stężenia **chlorofilu** w wodach Zb. Sulejowskiego w okolicach tamy w okresie od kwietnia do października 2016 r. (stężenie chlorofilu, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; temperatura wody, $^{\circ}\text{C}$).



Politechnika Łódzka



Wykresy zmian temperatury wody i stężenia chlorofilu w wodach Zb. Sulejowskiego w okolicach tamy w sezonach pomiarowych 2015 r. i 2016 r. (stężenie chlorofilu, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, temperatura wody, $^{\circ}\text{C}$)

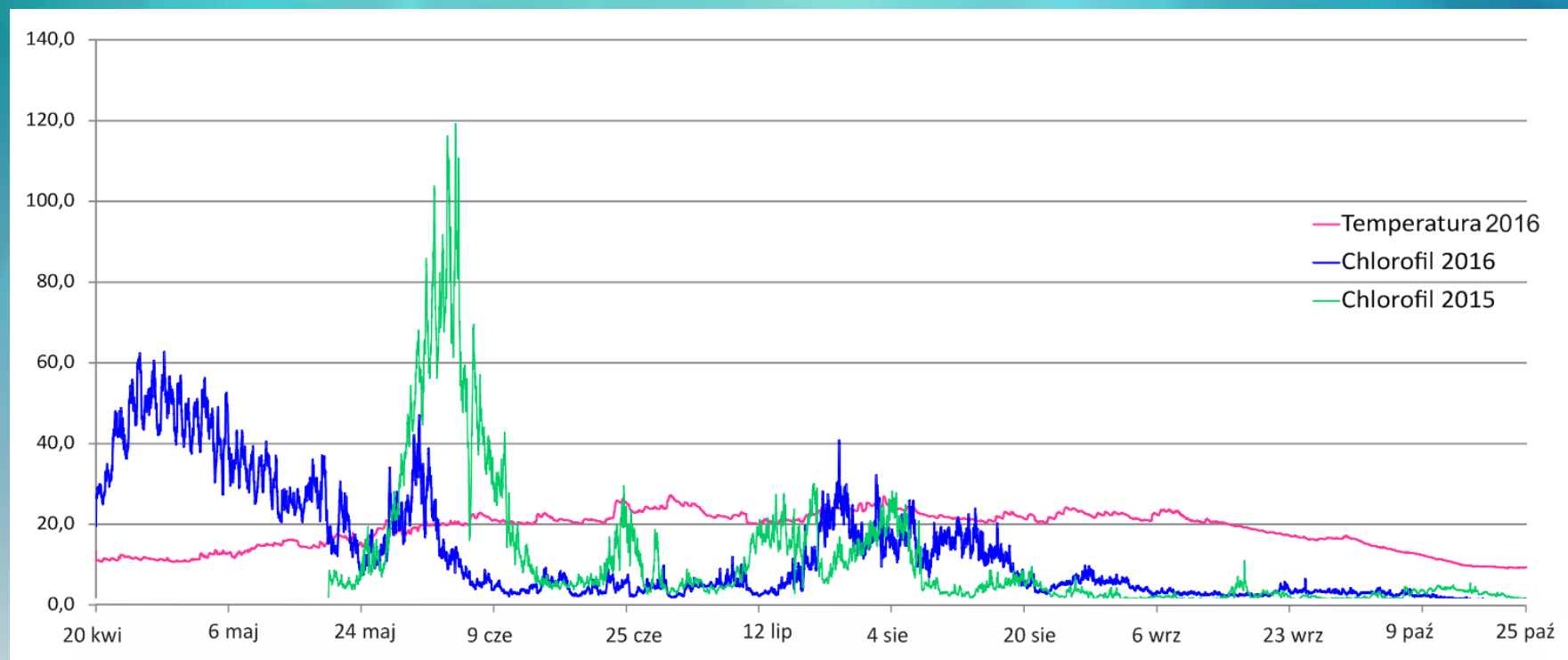




Politechnika Łódzka



Wykresy zmian temperatury wody i stężenia chlorofilu w wodach Zb. Sulejowskiego w okolicach tamy w sezonach pomiarowych 2015 r. i 2016 r. (stężenie chlorofilu, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, temperatura wody, $^{\circ}\text{C}$)

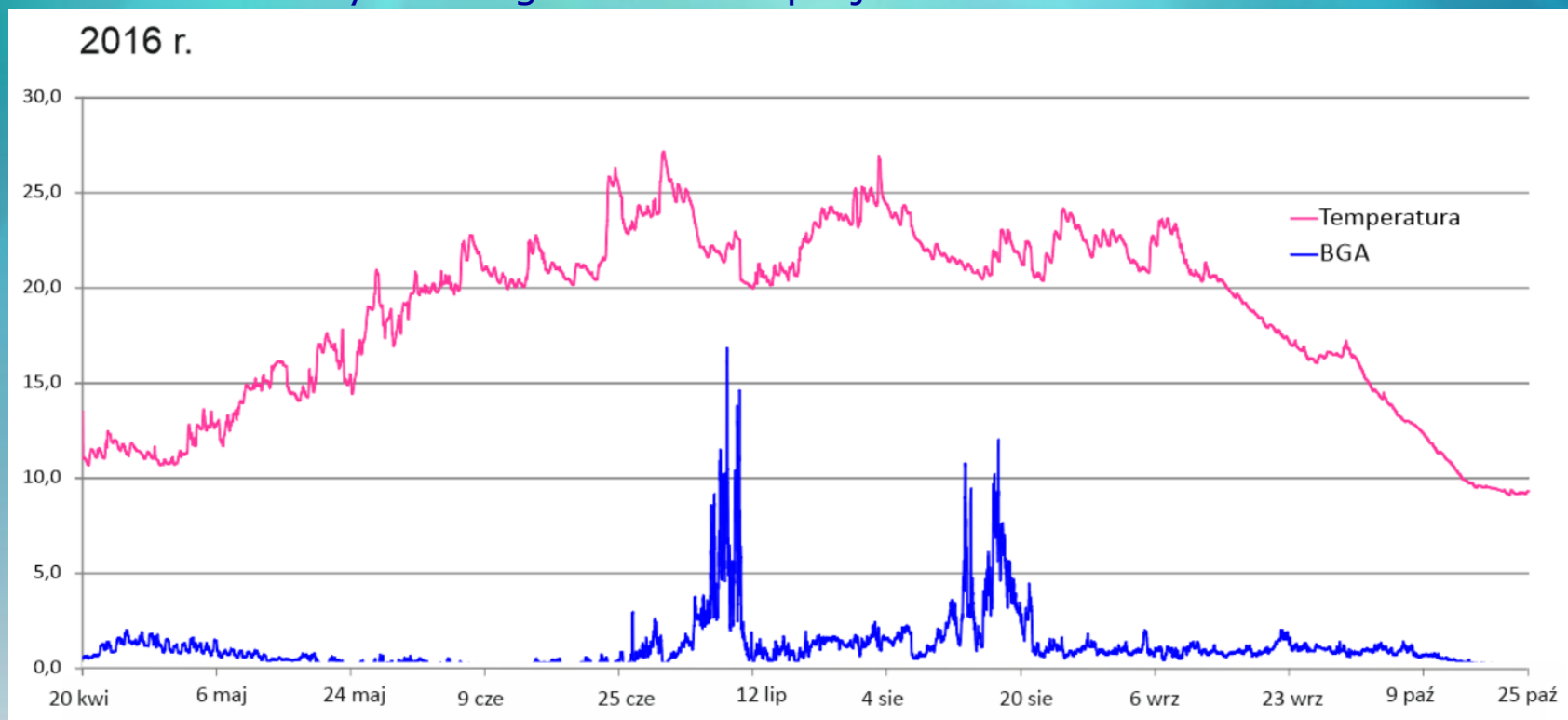




Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego, wykonanego w ramach projektu MONSUL



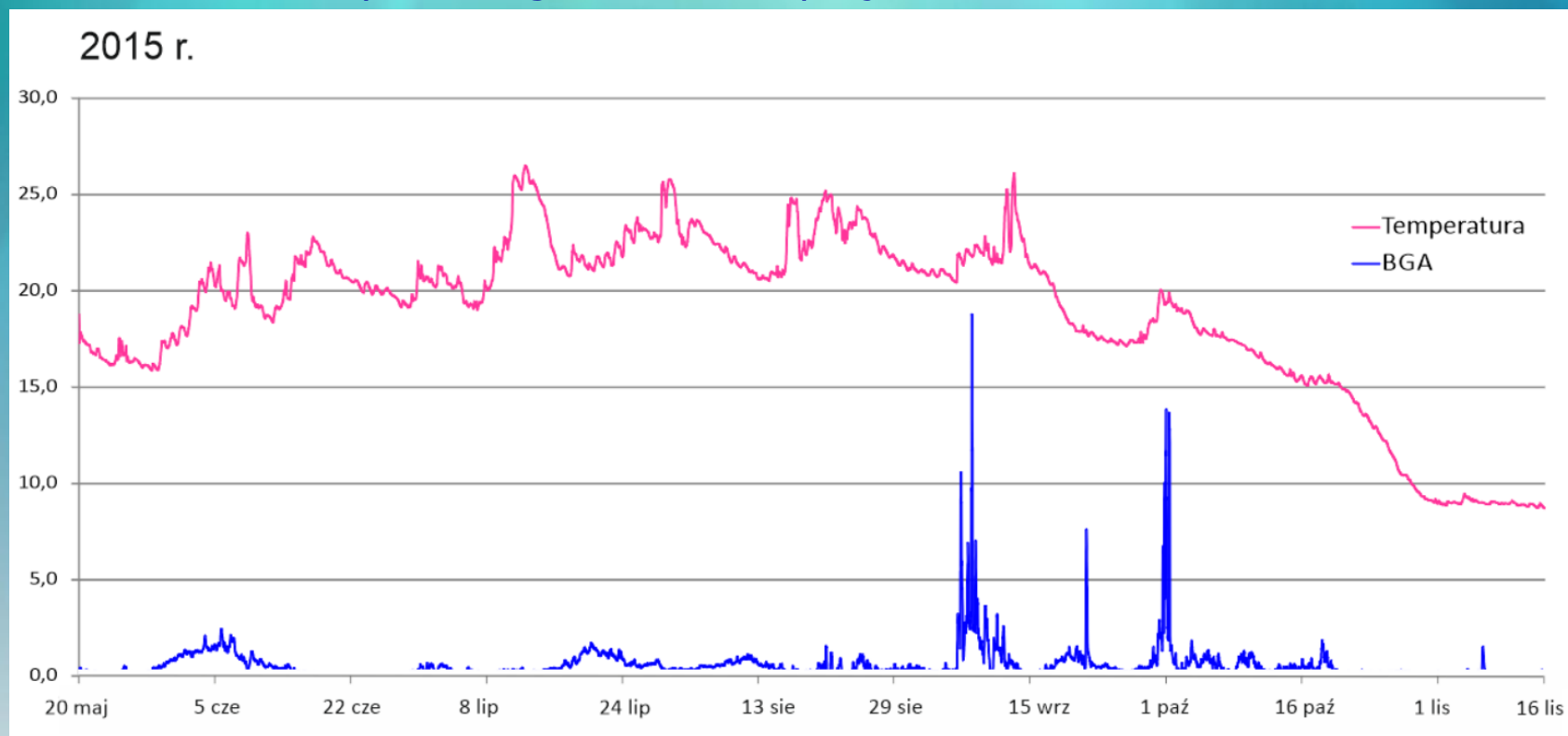
Wykres zmian **temperatury** wody i stężenia **BGA** w wodach Z. Sulejowskiego w okolicach tamy w okresie od kwietnia do października 2016 r. (stężenie BGA, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; temperatura wody, $^{\circ}\text{C}$).



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego, wykonanego w ramach projektu MONSUL



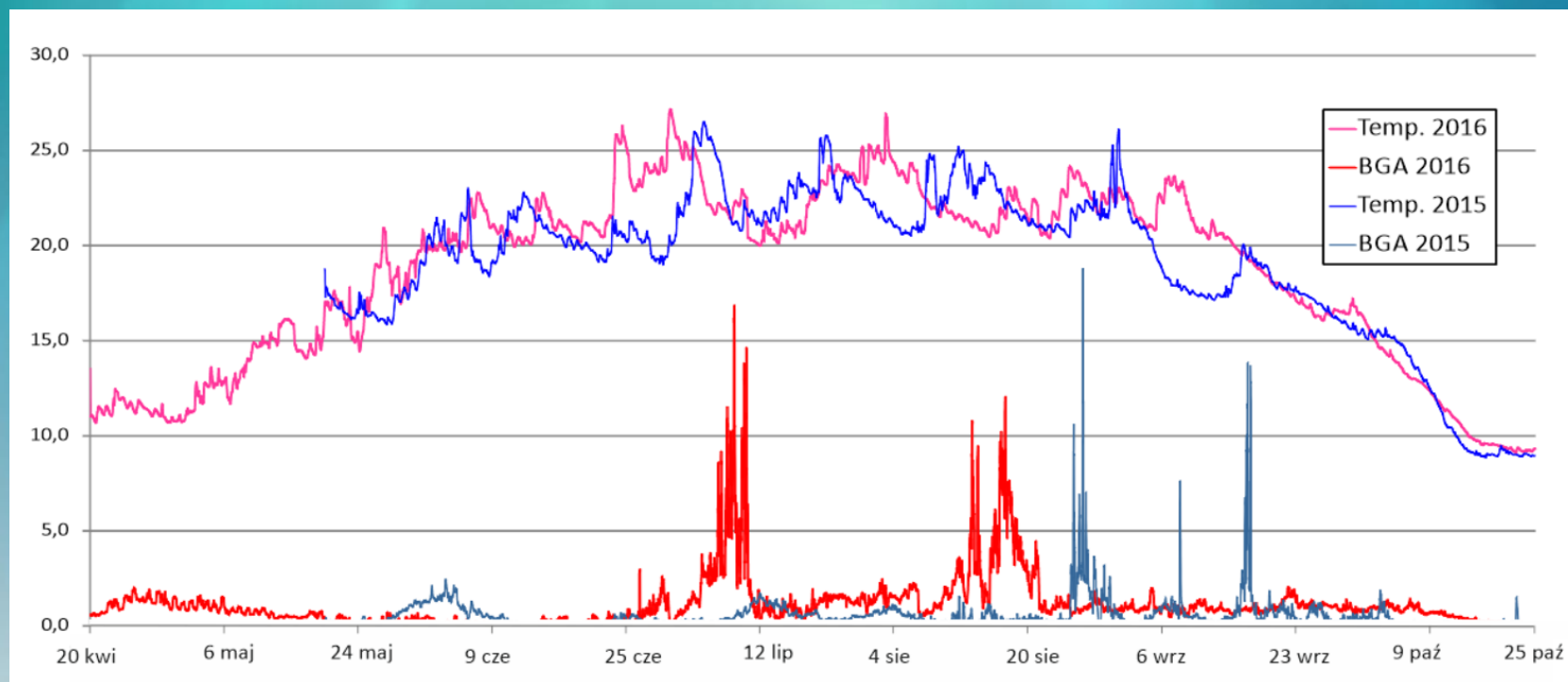
Wykres zmian **temperatury** wody i stężenia **BGA** w wodach Zb. Sulejowskiego w okolicach tamy w okresie od maja do listopada 2015 r. (stężenie BGA, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; temperatura wody, $^{\circ}\text{C}$).



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego, wykonanego w ramach projektu MONSUL



Wykres zmian **temperatury** wody i stężenia **BGA** w wodach Z. Sulejowskiego w okolicach tamy w sezonach 2015 r. i 2016 r. (stężenie BGA, $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; temperatura wody, $^{\circ}\text{C}$).



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład **temperatury wody w Zbiorniku Sulejowskim w okresie VI 2015 – IX 2016 r.**



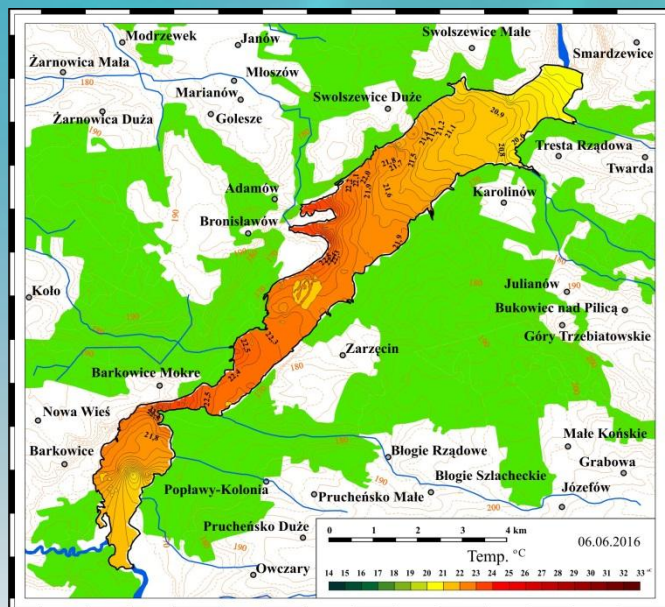
Politechnika Łódzka



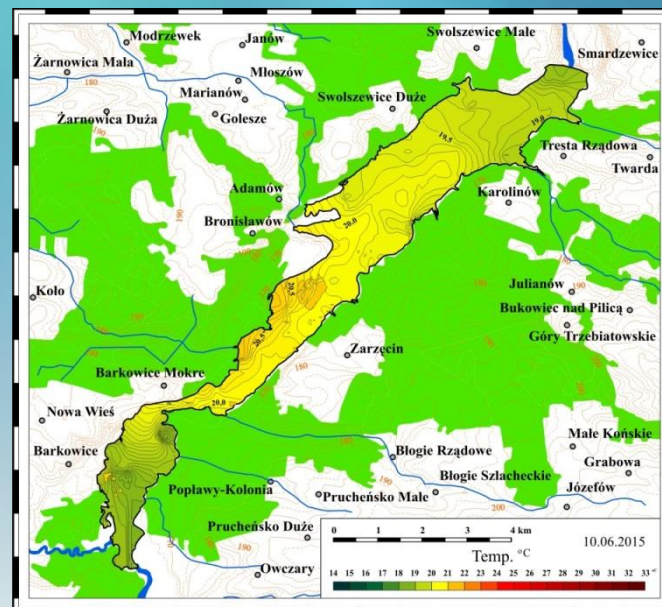
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład temperatury wody w Zb. Sulejowskim w czerwcu 2015 i 2016

Czerwiec 2016



Czerwiec 2015





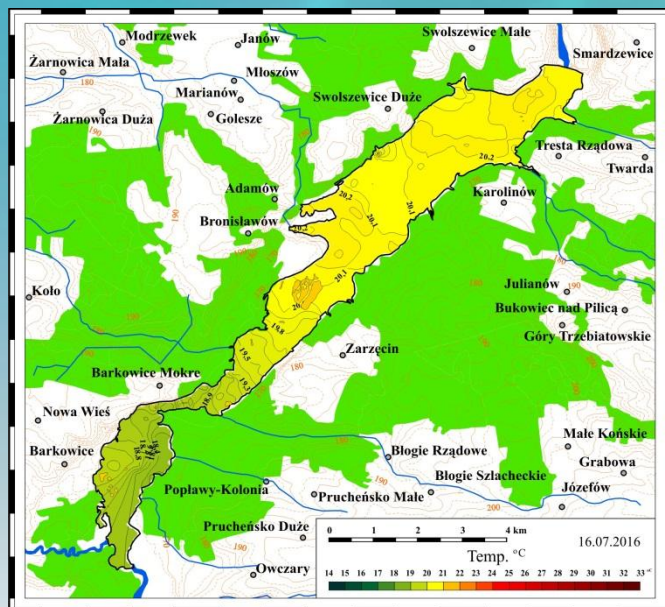
Politechnika Łódzka



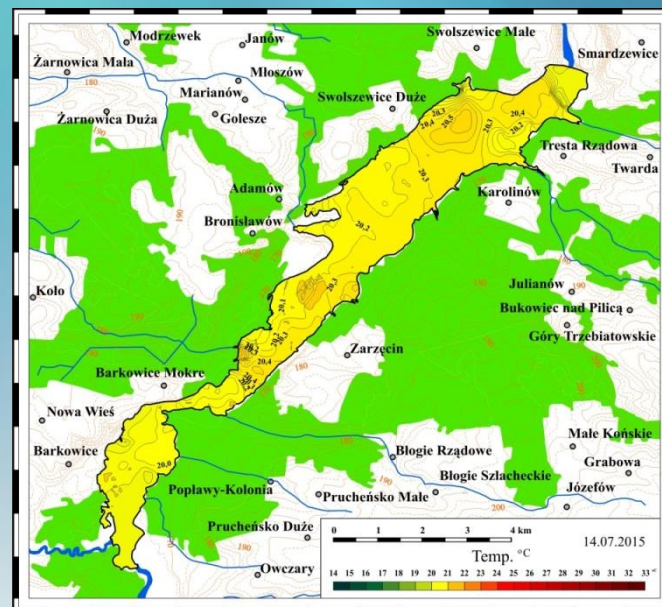
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład **temperatury wody** w Zb. Sulejowskim w lipcu 2015 i 2016

Lipiec 2016



Lipiec 2015





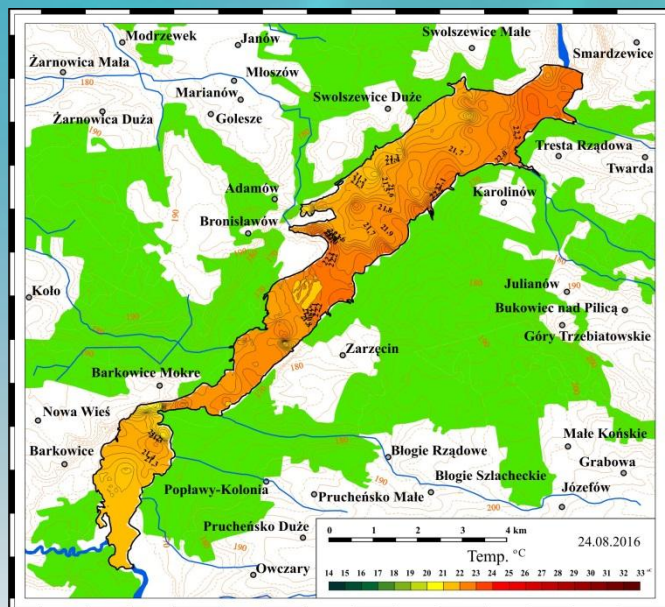
Politechnika Łódzka



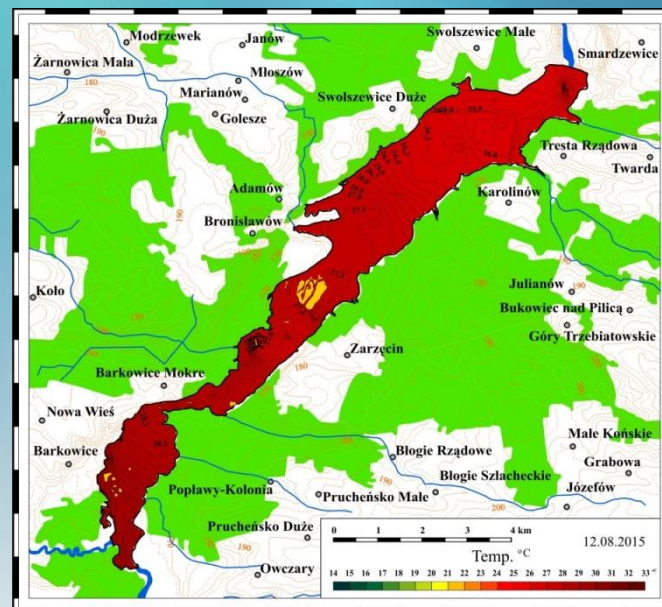
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład **temperatury wody** w Zb. Sulejowskim w sierpniu 2015 i 2016

Sierpień 2016



Sierpień 2015





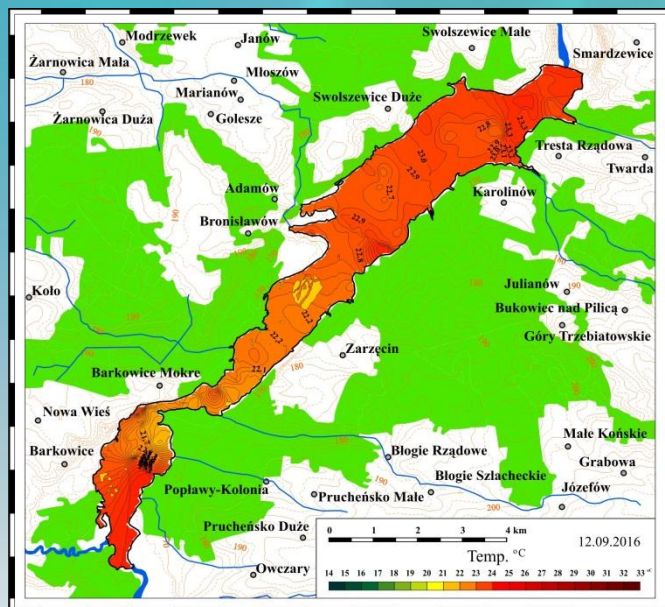
Politechnika Łódzka



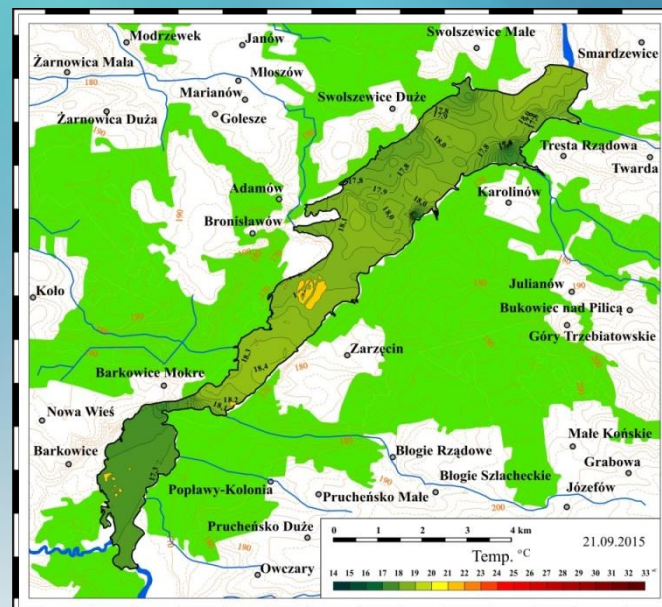
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład **temperatury wody** w Zb. Sulejowskim we wrześniu 2015 i 2016

wrzesień 2016



Wrzesień 2015





Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

**Przestrzenny rozkład stężenia sinic (BGA)
w Zbiorniku Sulejowskim
w okresie VI 2015 – IX 2016 r.**



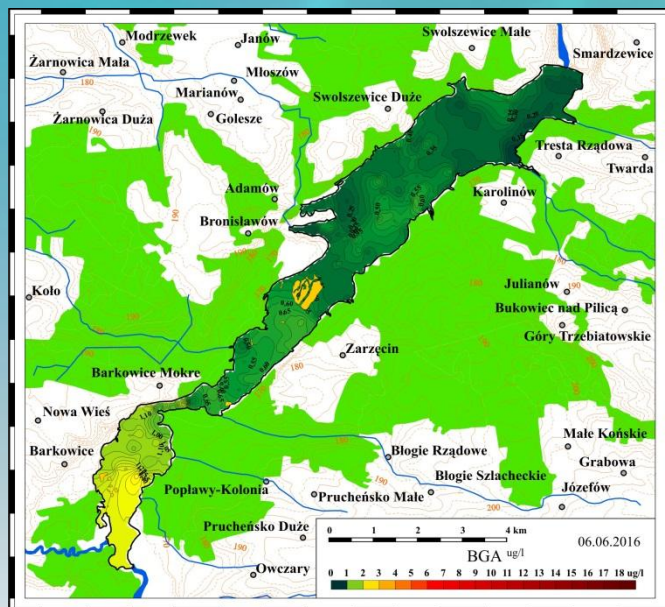
Politechnika Łódzka



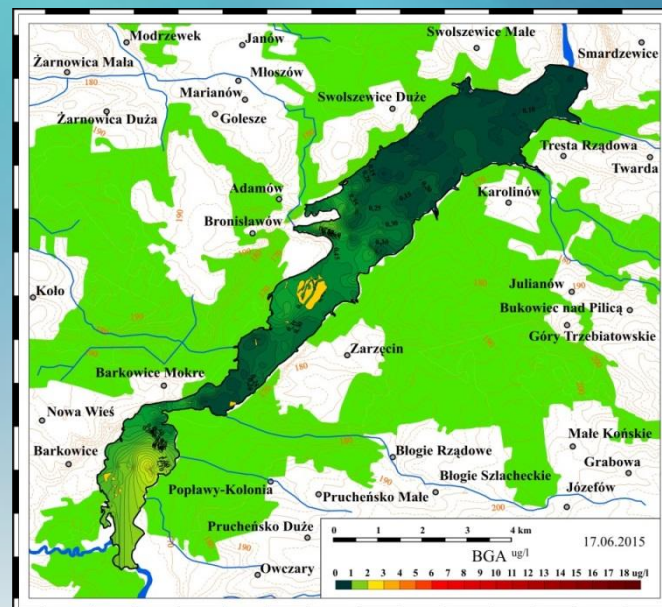
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia sinic (BGA) w Zb. Sulejowskim w czerwcu 2015 i 2016

czerwiec 2016



czerwiec 2015





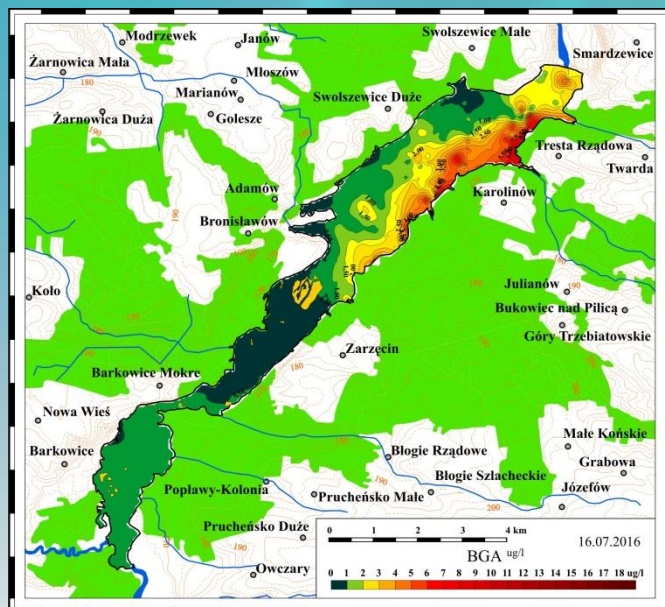
Politechnika Łódzka



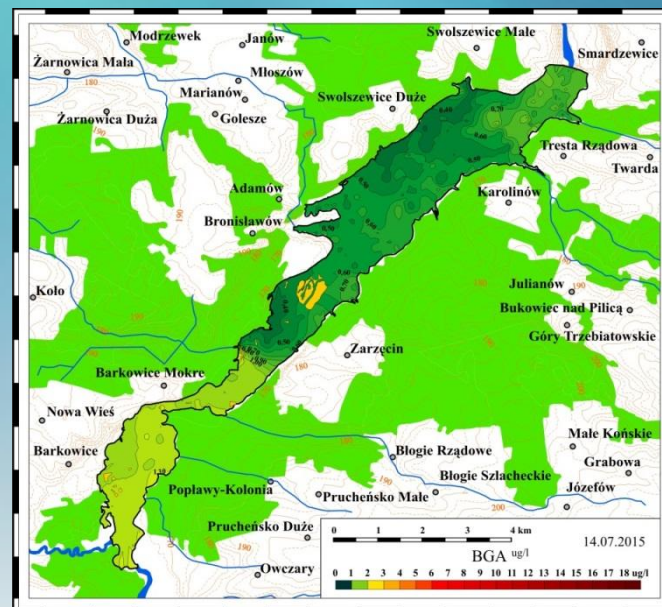
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia sinic (BGA) w Zb. Sulejowskim w lipcu 2015 i 2016

lipiec 2016



lipiec 2015





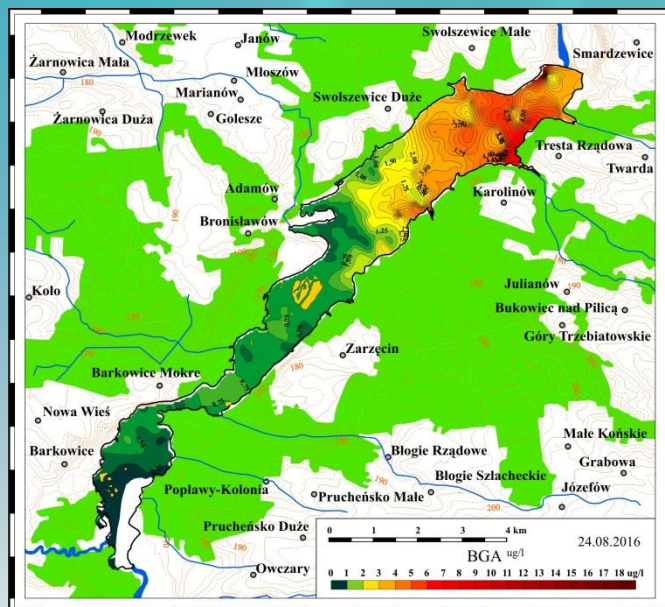
Politechnika Łódzka



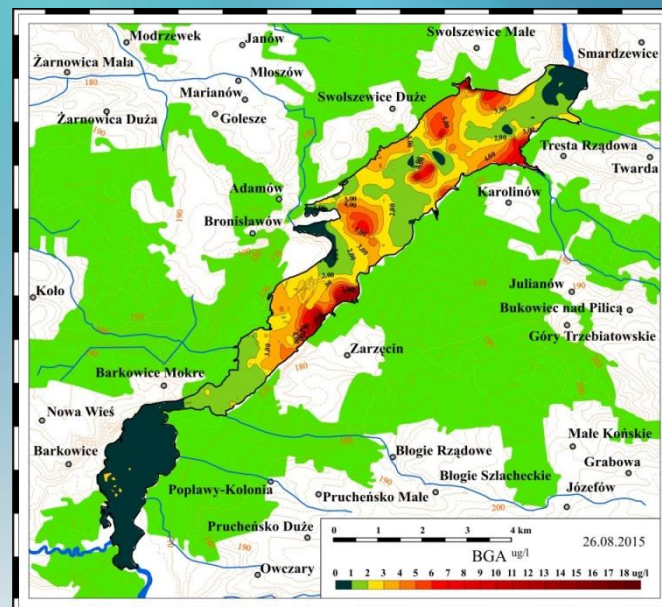
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia sinic (BGA) w Zb. Sulejowskim w sierpniu 2015 i 2016

sierpień 2016



sierpień 2015





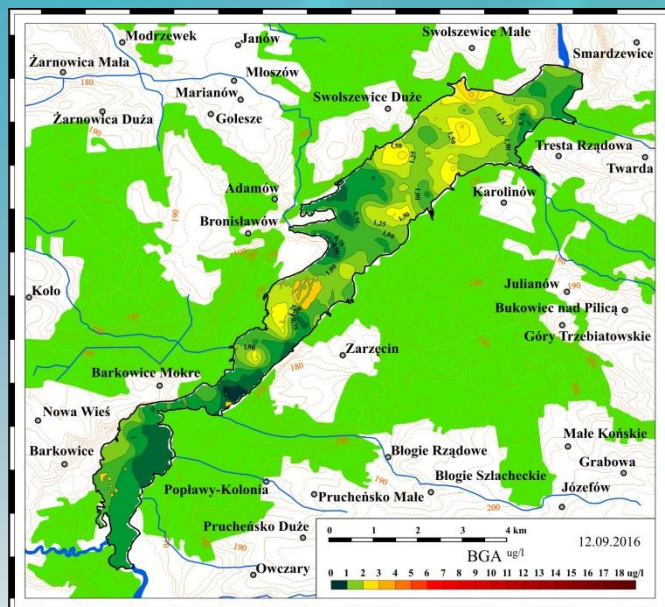
Politechnika Łódzka



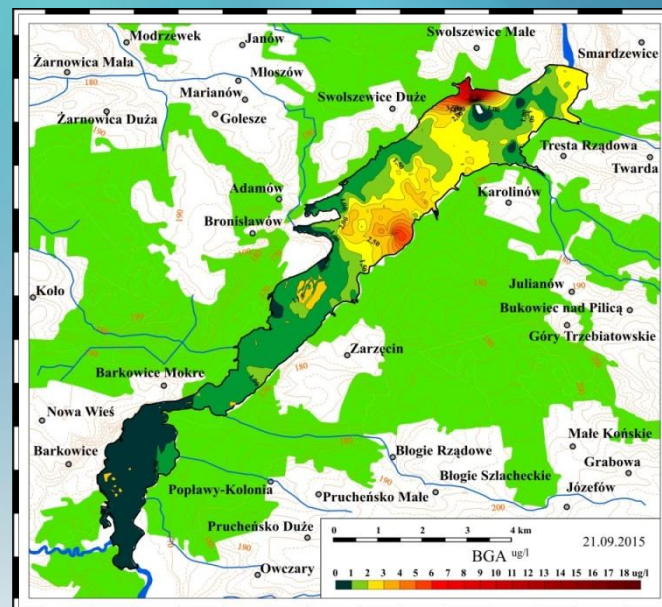
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia sinic (BGA) w Zb. Sulejowskim we wrześniu 2015 i 2016 r.

wrzesień 2016



wrzesień 2015





Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład **stężenia chlorofilu w Zbiorniku Sulejowskim w okresie VI 2015 – IX 2016 r.**



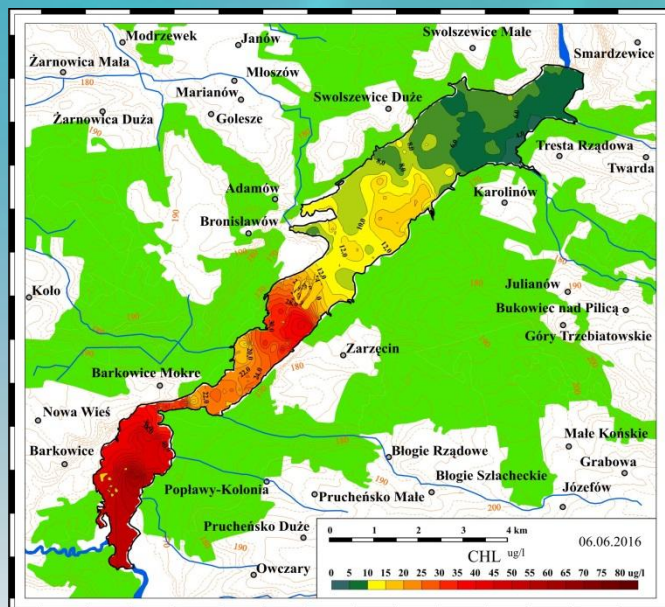
Politechnika Łódzka



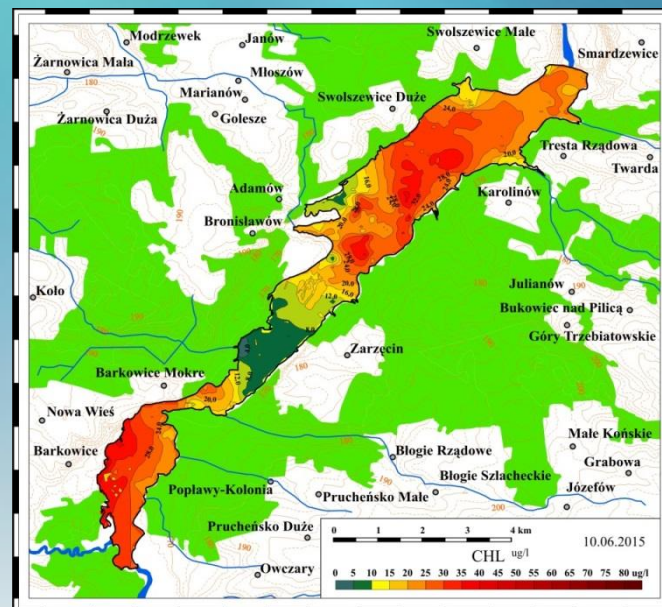
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia chlorofilu w Zb. Sulejowskim w czerwcu 2015 i 2016 r.

czerwiec 2016



czerwiec 2015





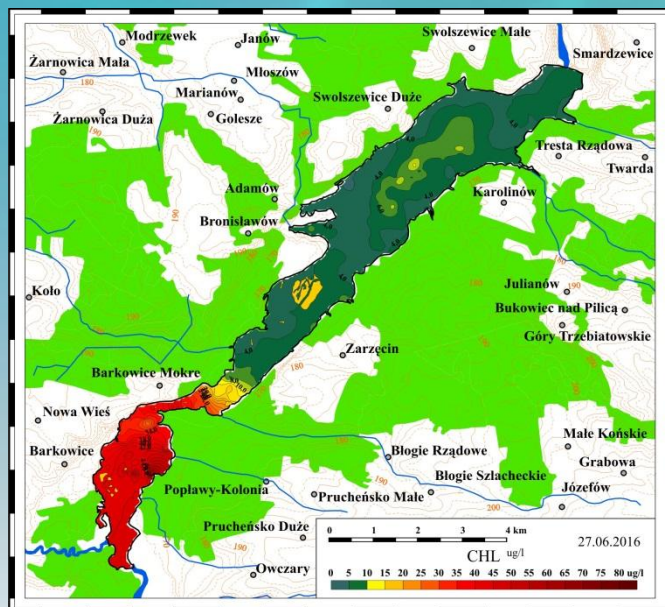
Politechnika Łódzka



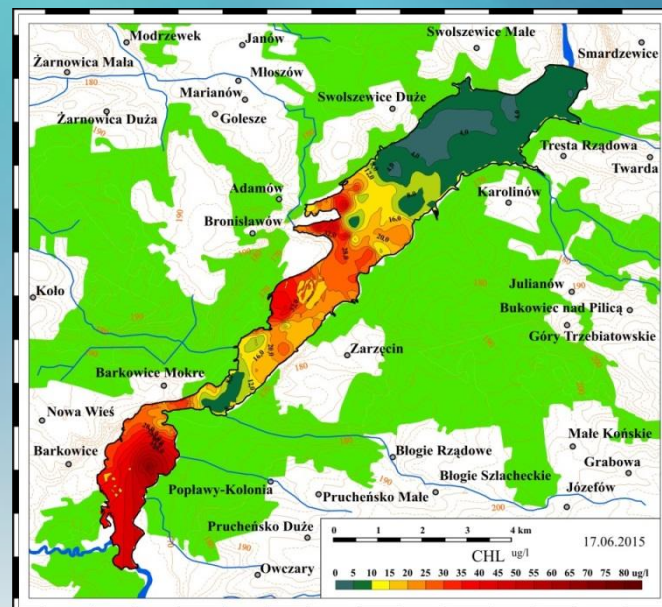
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia chlorofilu w Zb. Sulejowskim w czerwcu 2015 i 2016 r.

czerwiec 2016



czerwiec 2015





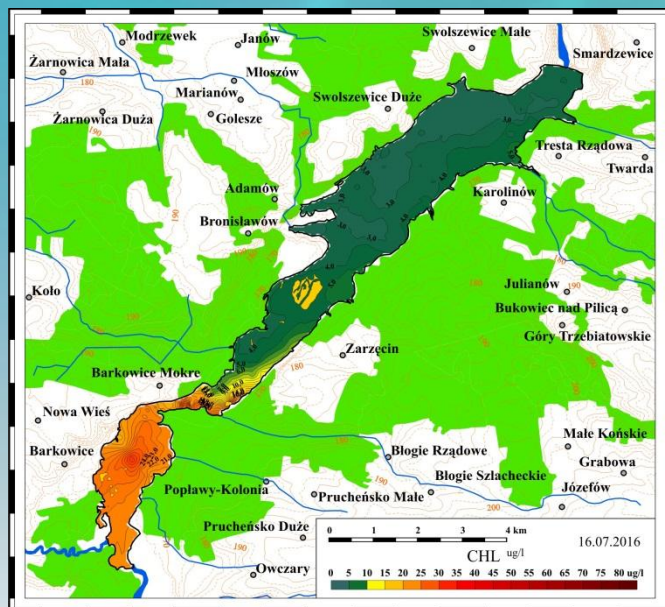
Politechnika Łódzka



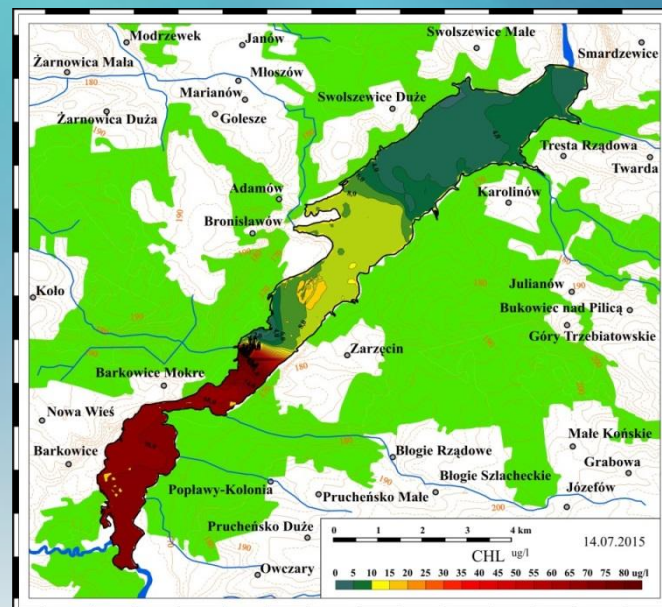
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia chlorofilu w Zb. Sulejowskim w lipcu 2015 i 2016 r.

lipiec 2016



lipiec 2015





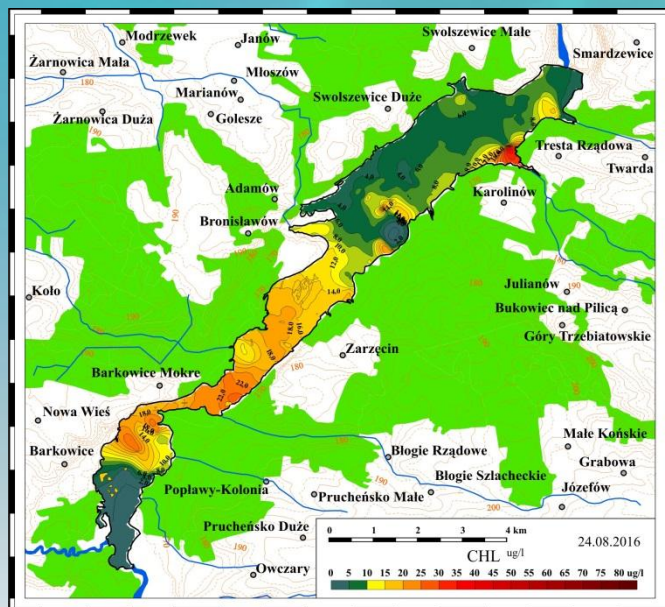
Politechnika Łódzka



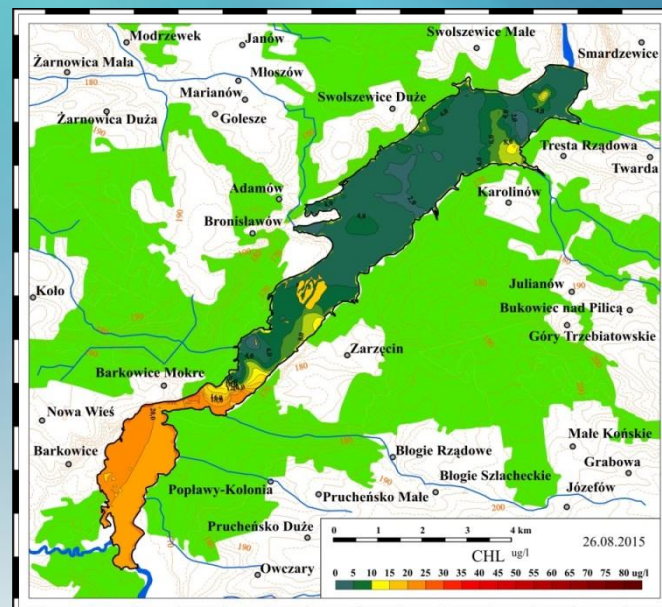
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia chlorofilu w Zb. Sulejowskim w sierpniu 2015 i 2016 r.

sierpień 2016



sierpień 2015





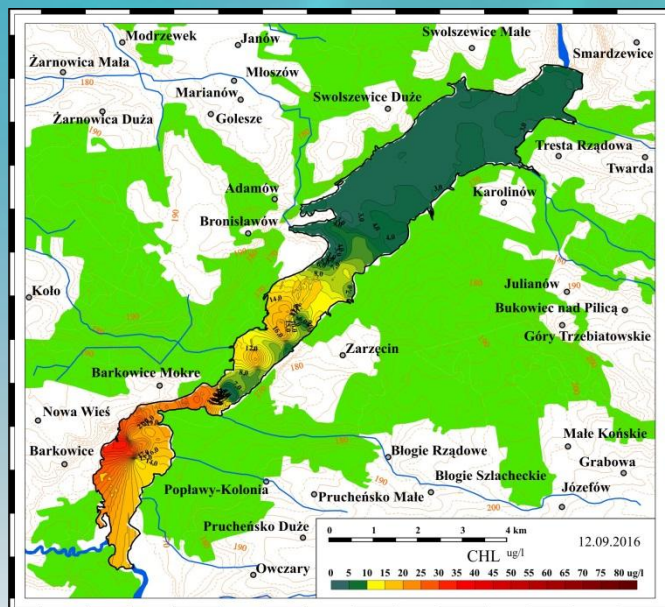
Politechnika Łódzka



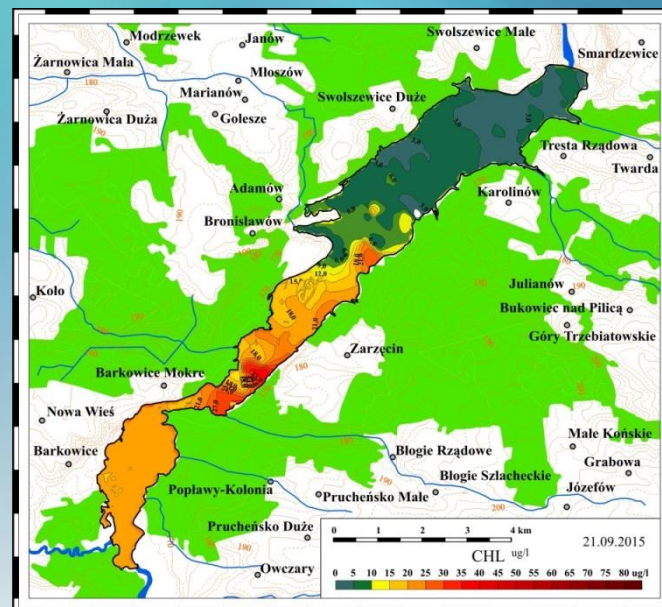
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia chlorofilu w Zb. Sulejowskim we wrześniu 2015 i 2016 r.

wrzesień 2016



wrzesień 2015





Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

**Przestrzenny rozkład stężenia NH_4^+
w Zbiorniku Sulejowskim
w okresie VI 2015 – IX 2016 r.**



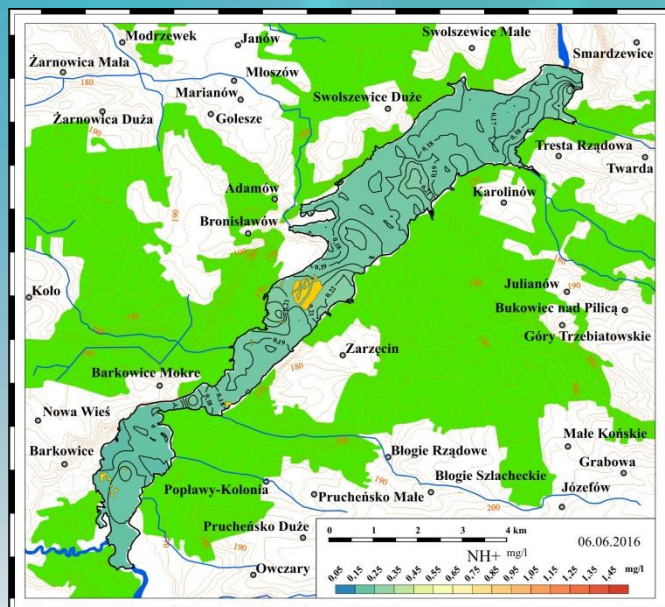
Politechnika Łódzka



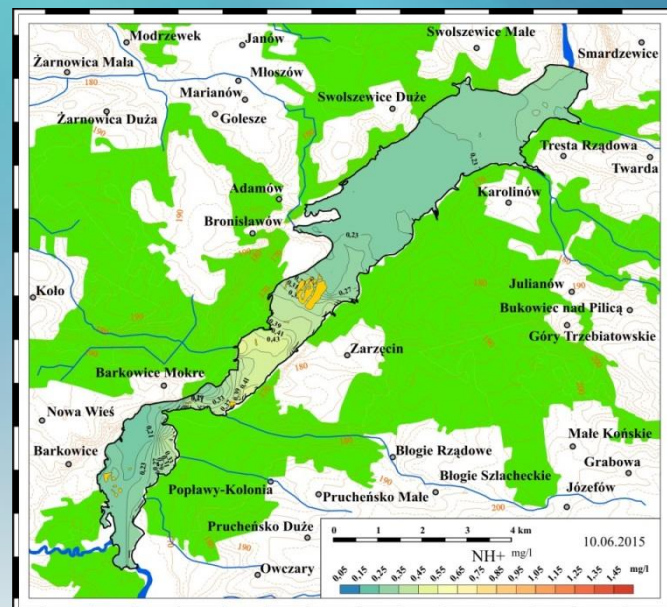
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia NH_4^+ w Zb. Sulejowskim w czerwcu 2015 i 2016

czerwiec 2016



Czerwiec 2015





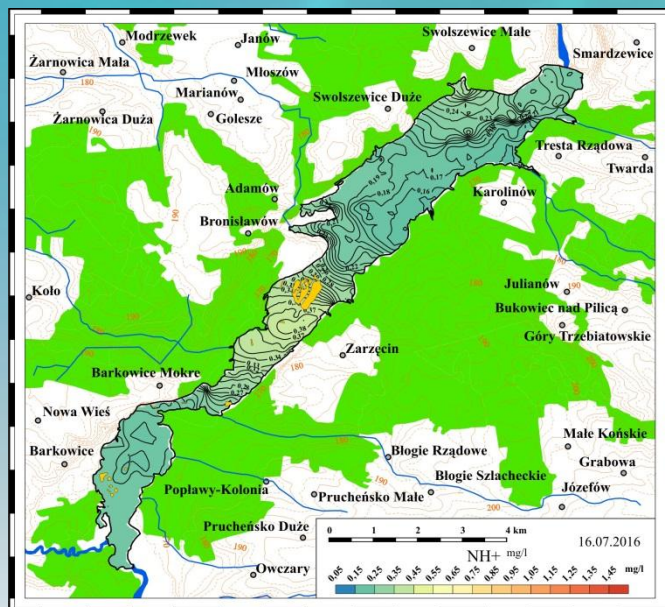
Politechnika Łódzka



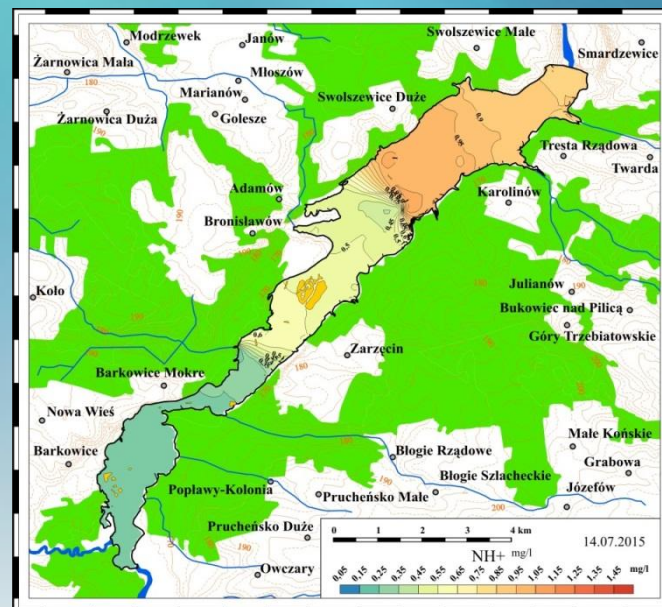
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia NH_4^+ w Zb. Sulejowskim w lipcu 2015 i 2016

lipiec 2016



Lipiec 2015





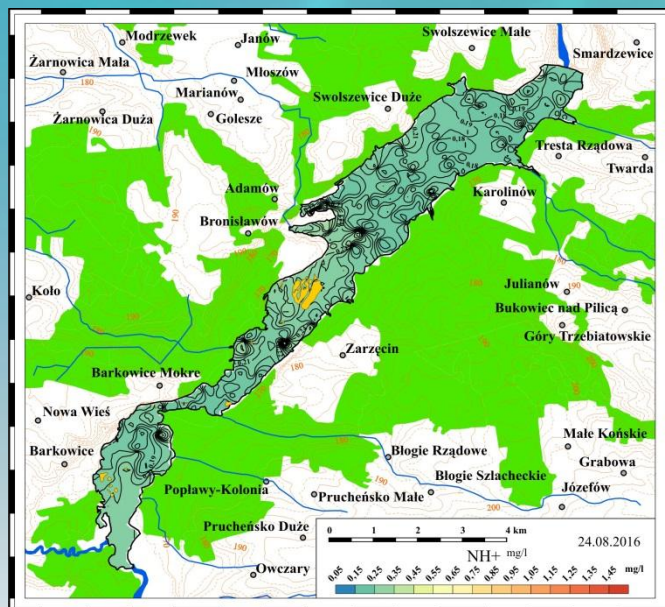
Politechnika Łódzka



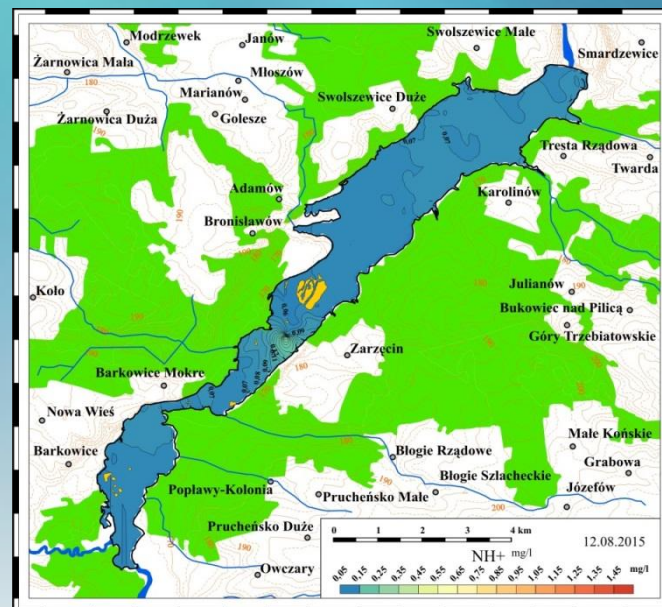
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia NH_4^+ w Zb. Sulejowskim w sierpniu 2015 i 2016

sierpień 2016



sierpień 2015





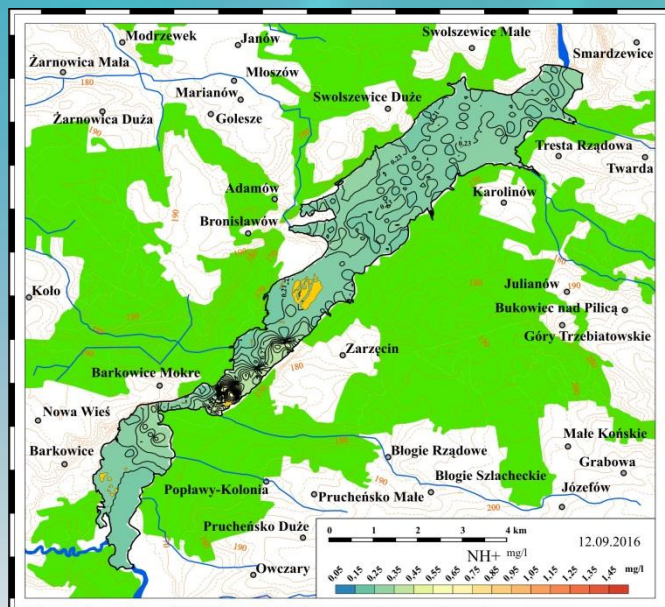
Politechnika Łódzka



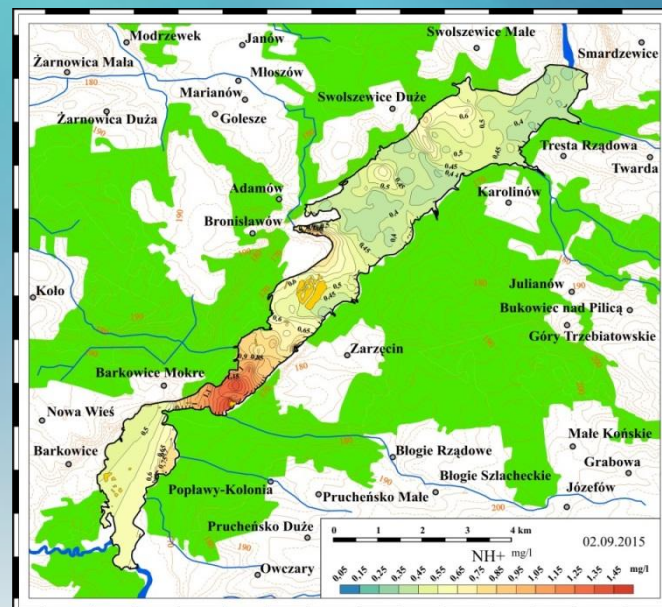
Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Przestrzenny rozkład stężenia NH_4^+ w Zb. Sulejowskim we wrześniu 2015 i 2016

wrzesień 2016



wrzesień 2015





Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Wyniki pomiarów stężeń związków biogennych

**w Zbiorniku Sulejowskim
w okresie VI 2016 –X 2016 r.**

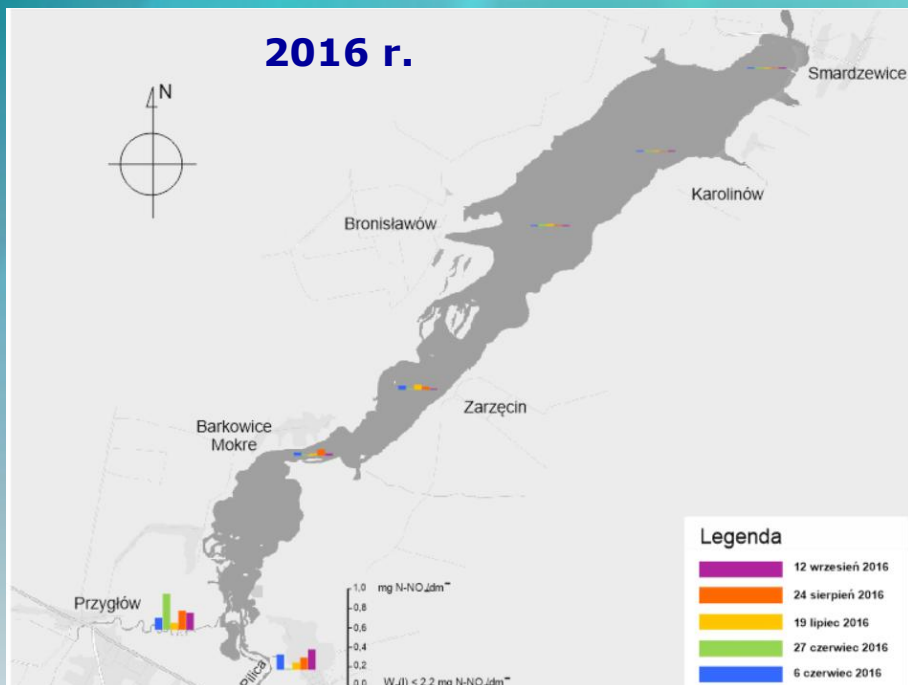


Politechnika Łódzka

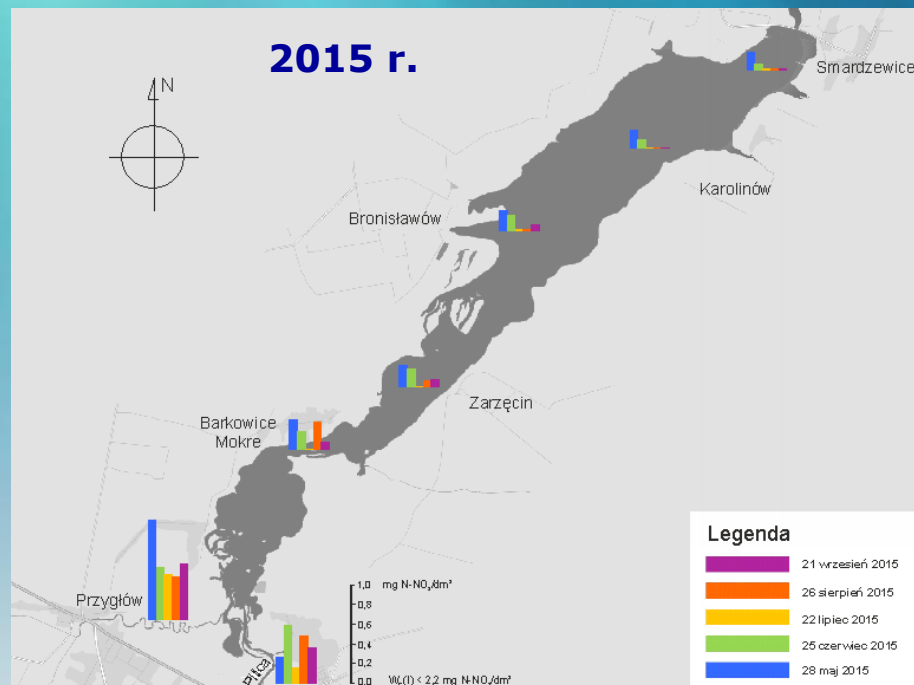


Zmiany stężeń **azotanów** w Zb. Sulejowskim w 2015 i 2016 r.

2016 r.



2015 r.

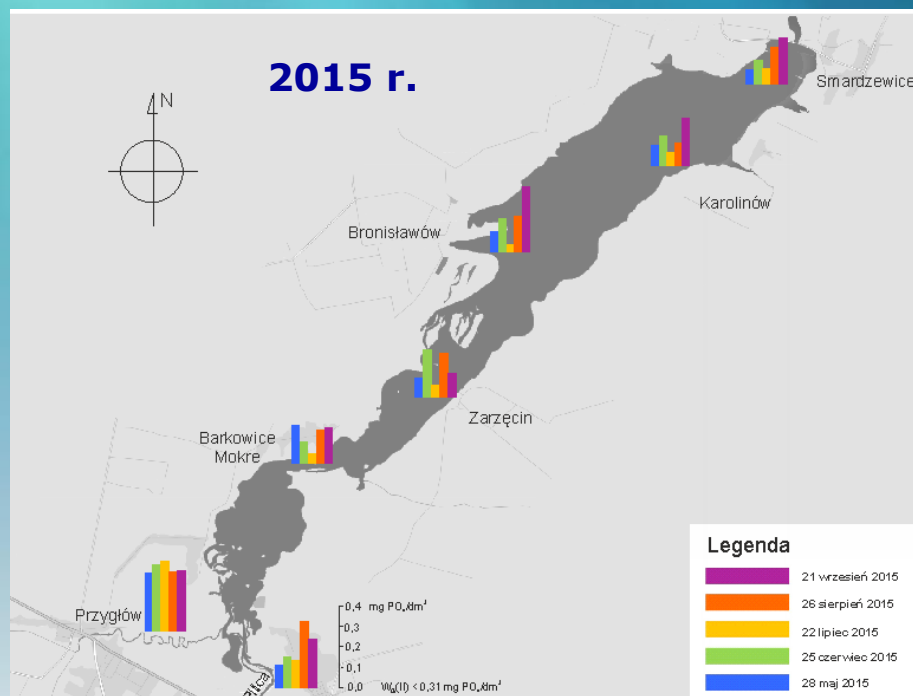
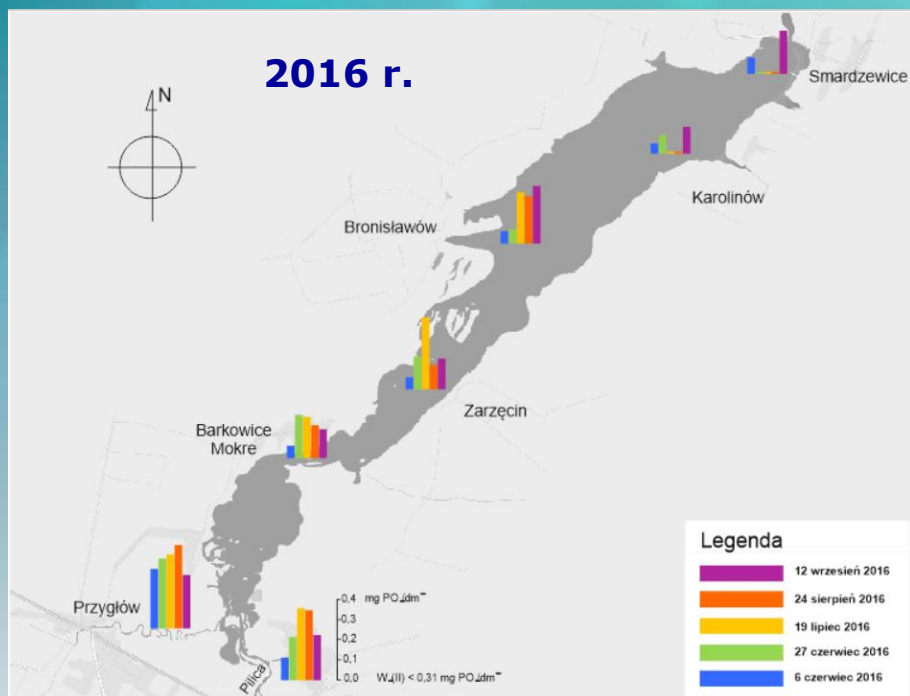




Politechnika Łódzka



Zmiany stężeń fosforanów w Zb. Sulejowskim w 2015 i 2016 r.





Politechnika Łódzka



Podsumowanie i wnioski

1. Rozkład stężeń **azotanów** w wodach zbiornika świadczy o tym, że spływy powierzchniowe z pól uprawnych otaczających Zbiornik Sulejowski są niewielkie, a główny strumień tych związków pochodzi z rzeki Pilicy i Luciąży. W sezonie wegetacyjnym tj. w okresie lipiec – sierpień 2016 stężenie jonów NO_3^- w wodzie spada niemal do zera, co dowodzi, że ulegają one systematycznej asymilacji i/lub denitryfikacji prowadzonej przez mikroorganizmy obecne w wodzie.
2. Wysokie stężenia **fosforanów** zaobserwowano w wodach rzek Luciąży i w Pilicy. W okresie lipiec-sierpień 2016 stężenia PO_4^{3-} przekraczały wartości graniczne ustalone dla II klasy czystości wody ($0,31\text{mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$). W trakcie badań zaobserwowano także lokalne wzrosty stężeń fosforanów w wodach zbiornika, najprawdopodobniej wywołane antropopresją. Wysokie stężenia PO_4^{3-} w okresie post-wegetacyjnym (wrzesień) mogą być spowodowane uwalnianiem fosforanów z osadów dennych i rozkładającego się fitoplanktonu.



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Podsumowanie i wnioski (cd.)

3. Zmiany **temperatury** wody w Zb. Sulejowskim podlegają okresowym wahaniom, lecz rozkład przestrzenny tych zmian, tzn. pole temperatur jest równomierne. Temperatura wody w całym zbiorniku jest wyrównana, nie zaobserwowano miejsc, gdzie nagrzewanie wody jest szczególnie intensywne. Wysokie temperatury wody (25°C – 27°C) zaobserwowano w okresie 20.06 – 10.07.2016 r.
4. Gwałtowny wzrost stężenia (zakwity) **alg/sinic** zaobserwowano na początku lipca i w połowie sierpnia 2016 r. Zakwity te były skorelowane ze wzrostem temperatury wody w zbiorniku, która w tym okresie wynosiła 25°C – 27°C. Zwiększone stężenia alg występują w jeziornej (północno-wschodniej) części Zb. Sulejowskiego i mają charakter skupisk, będących najprawdopodobniej skutkiem hydrodynamiki przepływu wody w zbiorniku.



Politechnika Łódzka



Rezultaty programu monitoringu wód Zbiornika Sulejowskiego,
wykonanego w ramach projektu MONSUL

Podsumowanie i wnioski (cd.)

5. Wysokie stężenia **chlorofilu** zaobserwowano o okresie wiosennym (25.04 – 28.05.2016 r.) w północnej części zbiornika. Latem, wysokie stężenia chlorofilu utrzymują się raczej w południowej części zalewu. Stężenia chlorofilu są słabo skorelowane ze temperaturą wody, a wzrosty i spadki stężenia tego parametru są najprawdopodobniej skutkiem naturalnych procesów wegetacyjnych.
6. Zrealizowany w ramach projektu program monitoringu badawczego pozwolił na identyfikację dynamiki zmian wybranych parametrów wpływających na jakość wody w Zbiorniku Sulejowskim i kształtujących jego potencjał ekologiczny. Uzyskane dane pomiarowe pozwoliły także na opracowanie i kalibrację modelu matematycznego zbiornika, który pozwoli na symulację i analizę różnych scenariuszy rozwoju sytuacji na zalewie.