



ADAM MICKIEWICZ
UNIVERSITY
IN POZNAŃ



Zastosowanie dodatkowego zasilania wód podziemnych w Polsce na przykładzie ujęcia wód w Krajkowie zasilającego w wodę aglomerację Poznania

Krzysztof Dragon, Józef Górski, Roksana Kruć

I SPOTKANIE Z INTERESARIUSZAMI PROJEKTU DEEPWATER-CE
30 września 2019 Sosnowiec



TAKING COOPERATION FORWARD

1

Plan prezentacji:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka obiektu badań
3. Wyniki badań prowadzonych w latach 2017-2019
4. Wyniki modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych
5. Wnioski

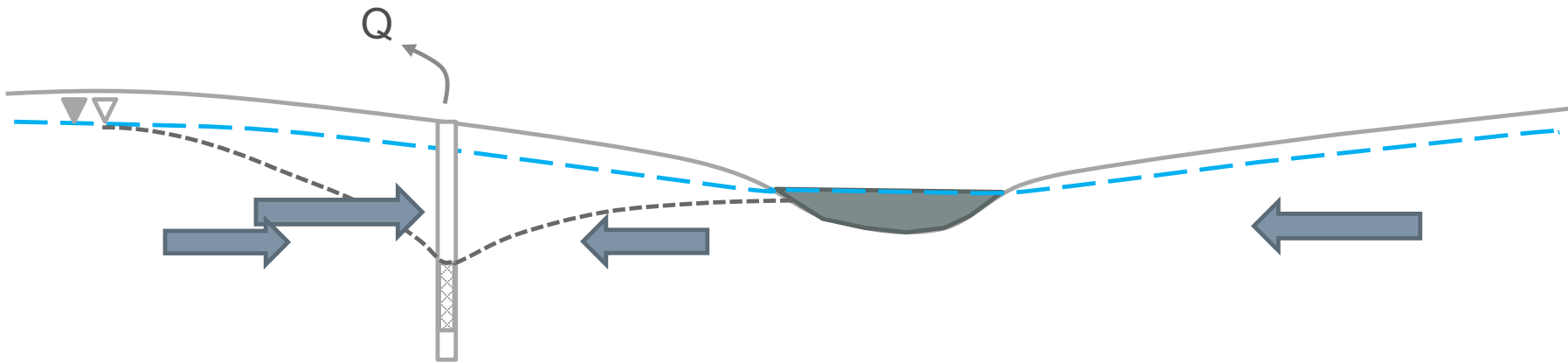


Plan prezentacji:

- 1. Wprowadzenie**
2. Charakterystyka obiektu badań
3. Wyniki badań prowadzonych w latach 2017-2019
4. Wyniki modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych
5. Wnioski

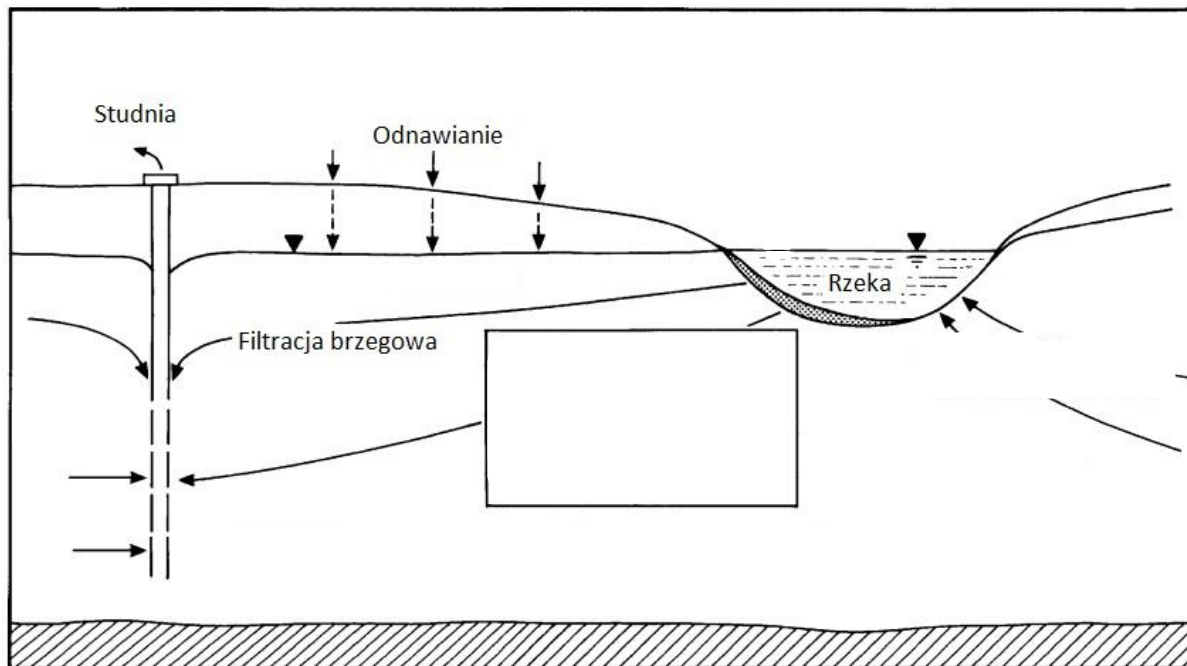


Proces infiltracji brzegowej



Proces infiltracji brzegowej

Infiltracja brzegowa = naturalny proces uzdatniania



Za Hiscock K.M. & Grischek T. (zmieniony) 2002

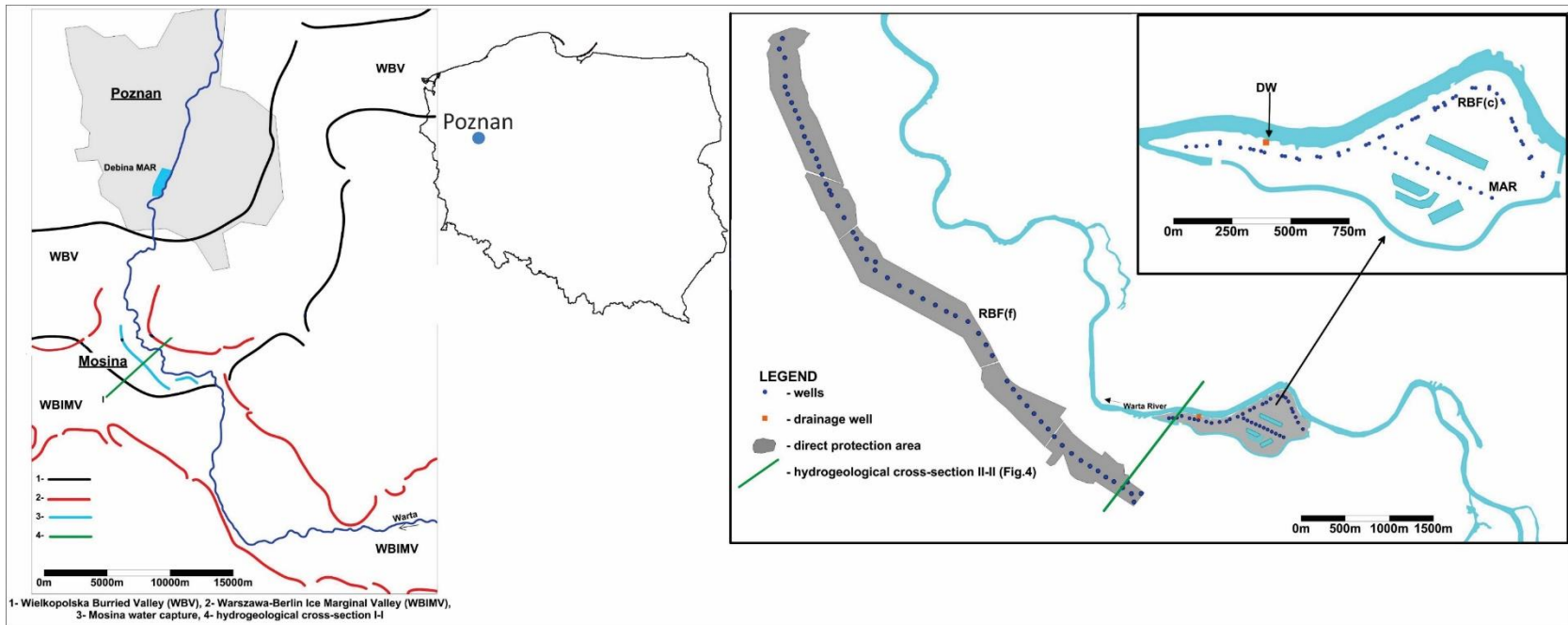


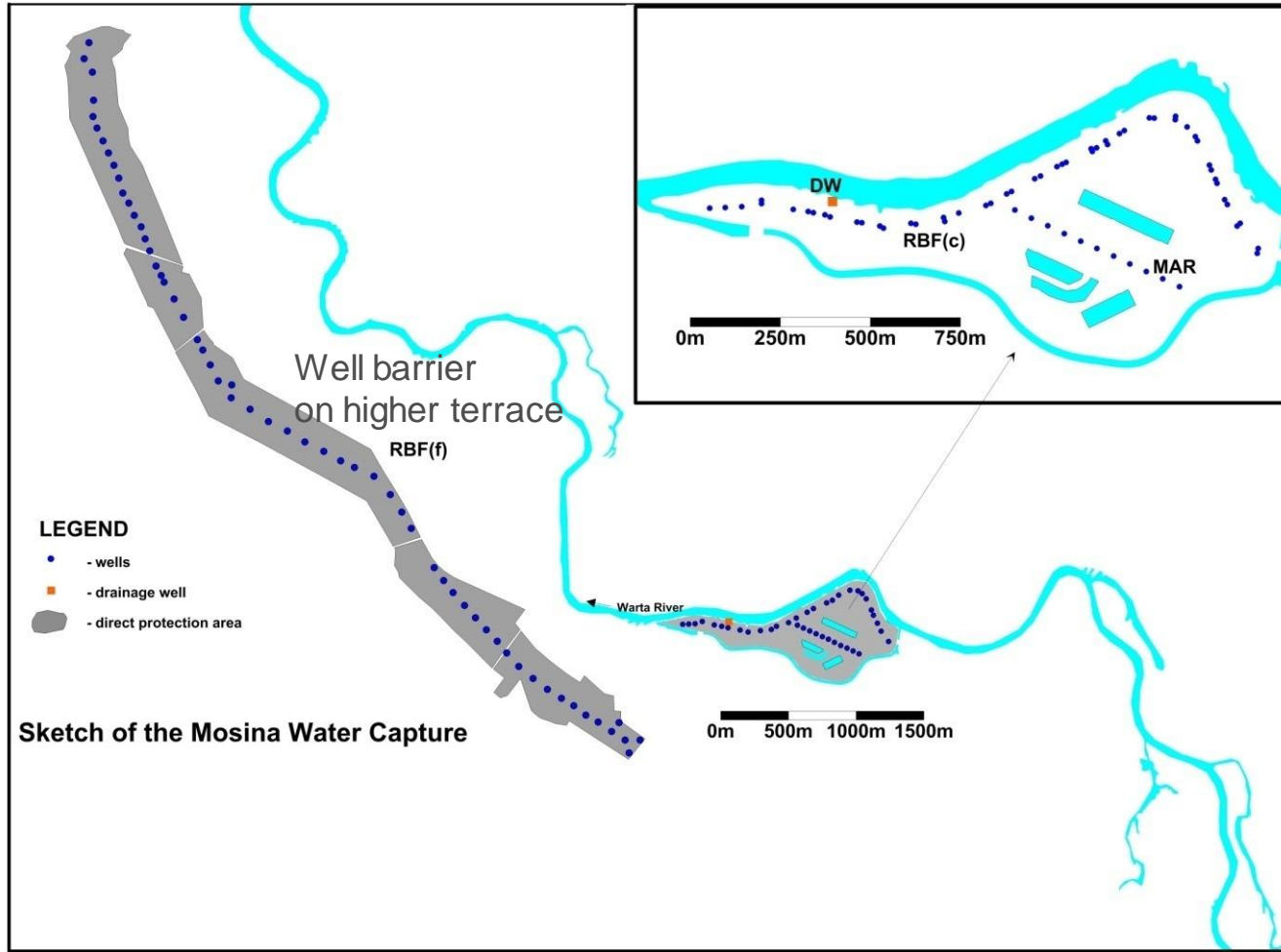
Plan prezentacji:

1. Wprowadzenie
- 2. Charakterystyka obiektu badań**
3. Wyniki badań prowadzonych w latach 2017-2019
4. Wyniki modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych
5. Wnioski



Ujęcie wód podziemnych Mosina – Krajkowo (Aquanet SA)





Warunki hydrogeologiczne

Ujęcie wody zlokalizowane jest w dolinie Warty, w miejscu nakładania się dwóch Głównych Zbiorników Wód Podziemnych:

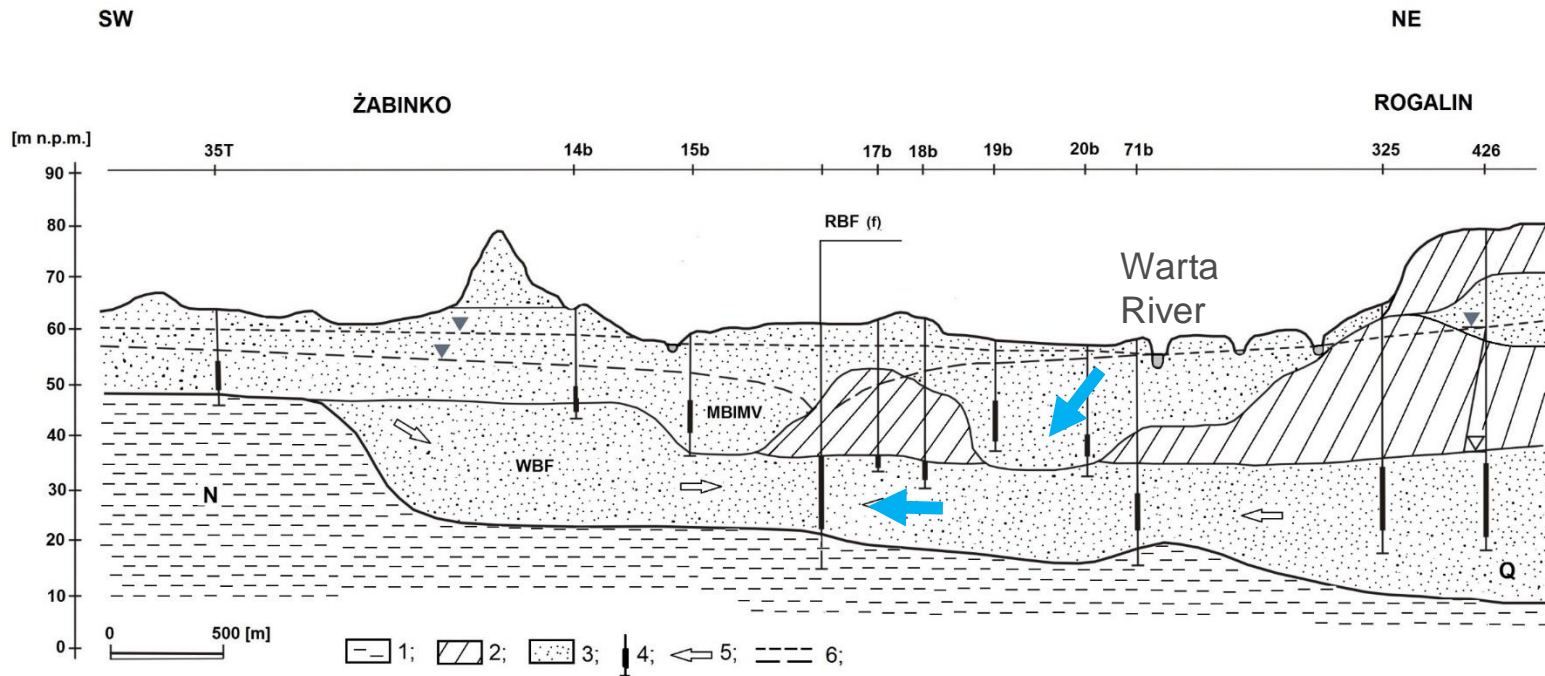
GZWP nr 150 – pradolina warszawsko-berlińska

GZWP nr 144 – wielkopolska dolina kopalna

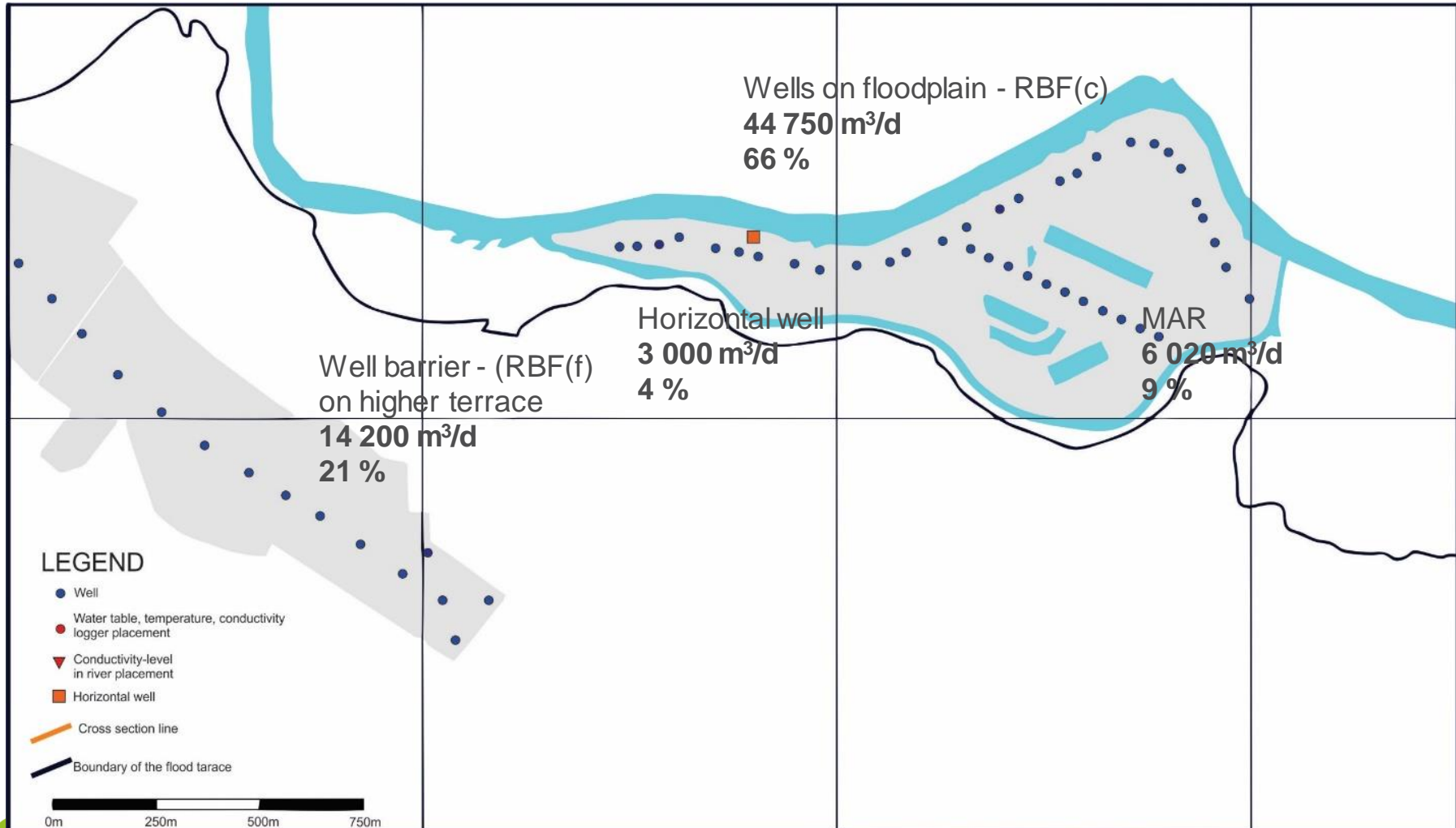
Warstwy rozdzielone są glinami zlodowacenia środkowopolskiego, które w rejonie ujęcia tworzą okna hydrogeologiczne łączące obie struktury.



Przekrój hydrogeologiczny

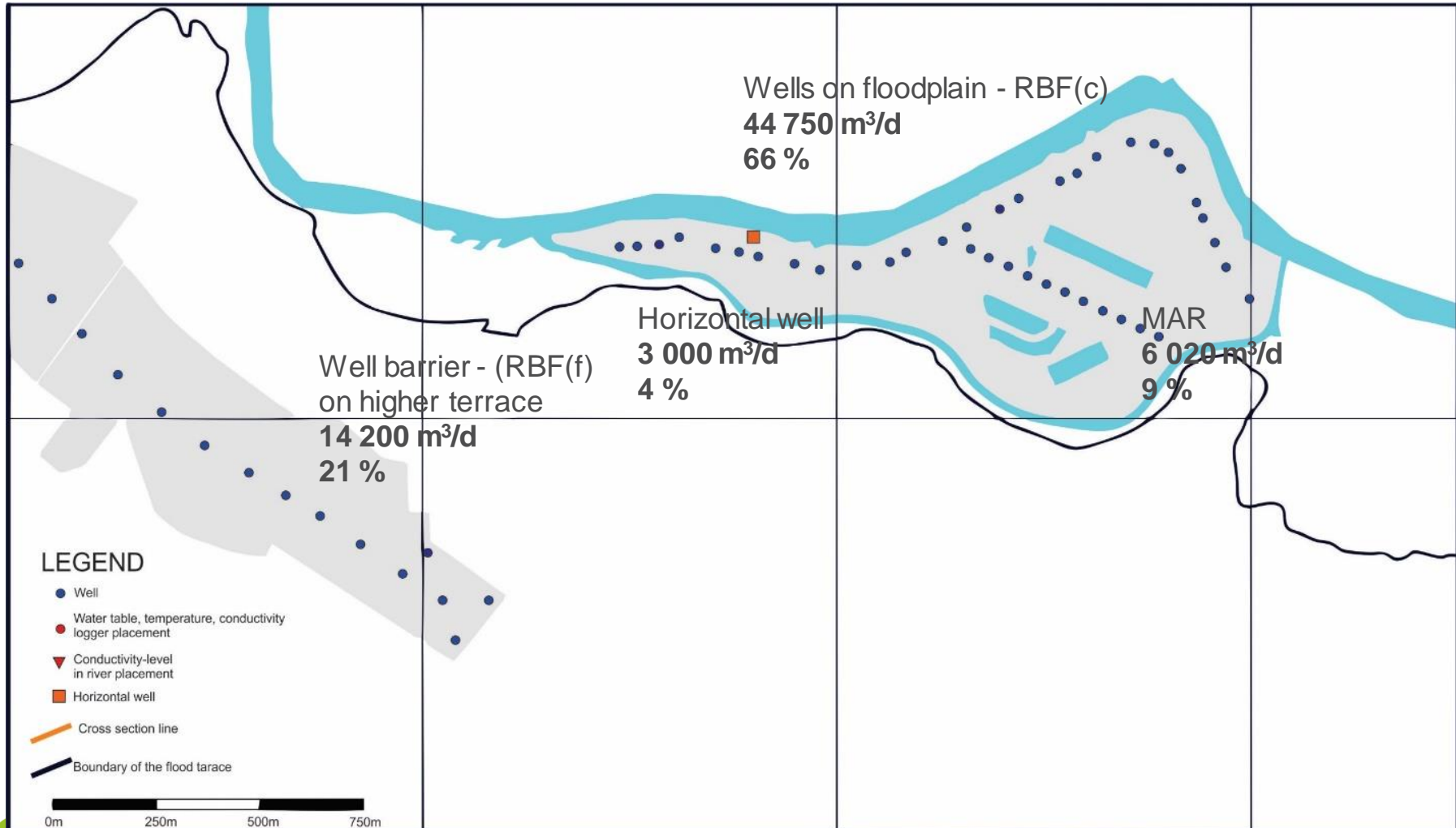


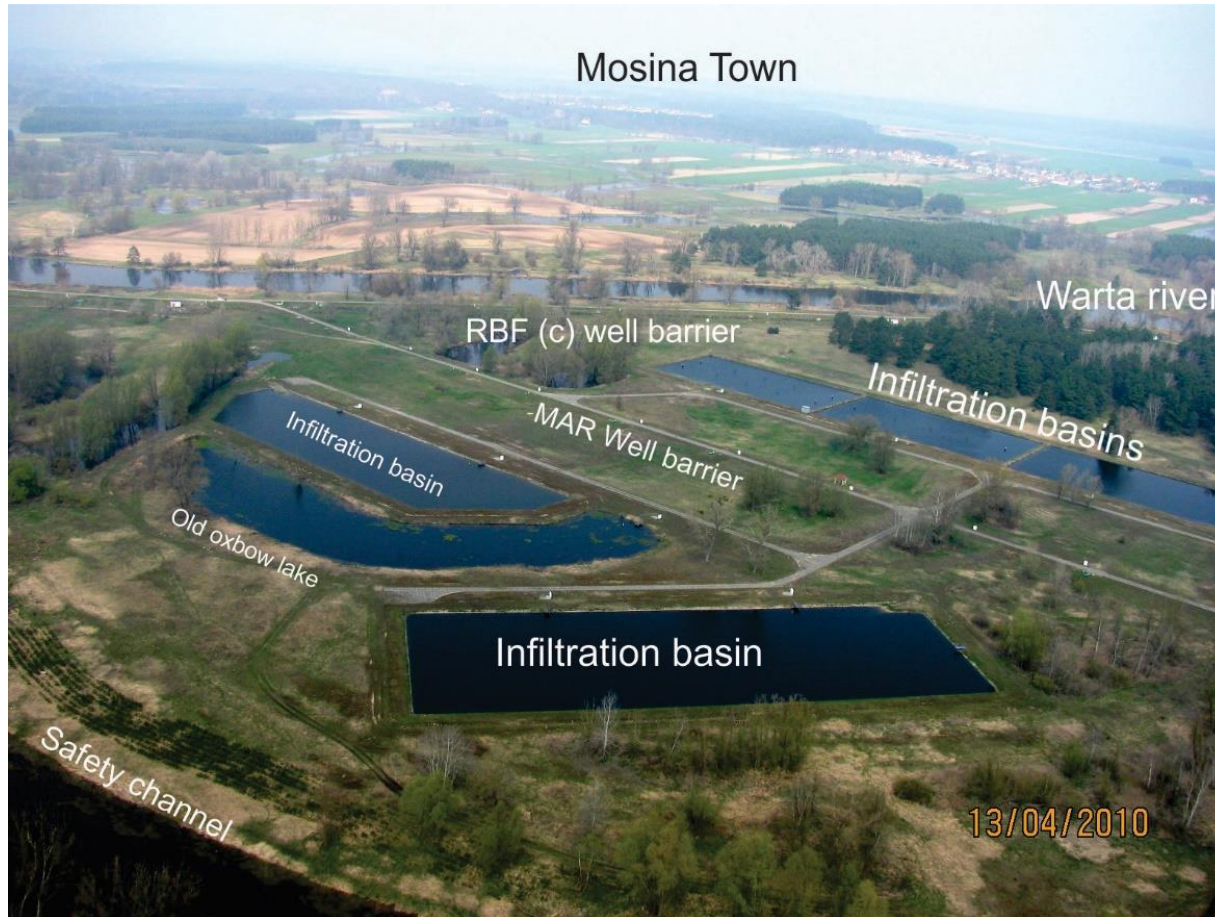
Wyspa Krajowska



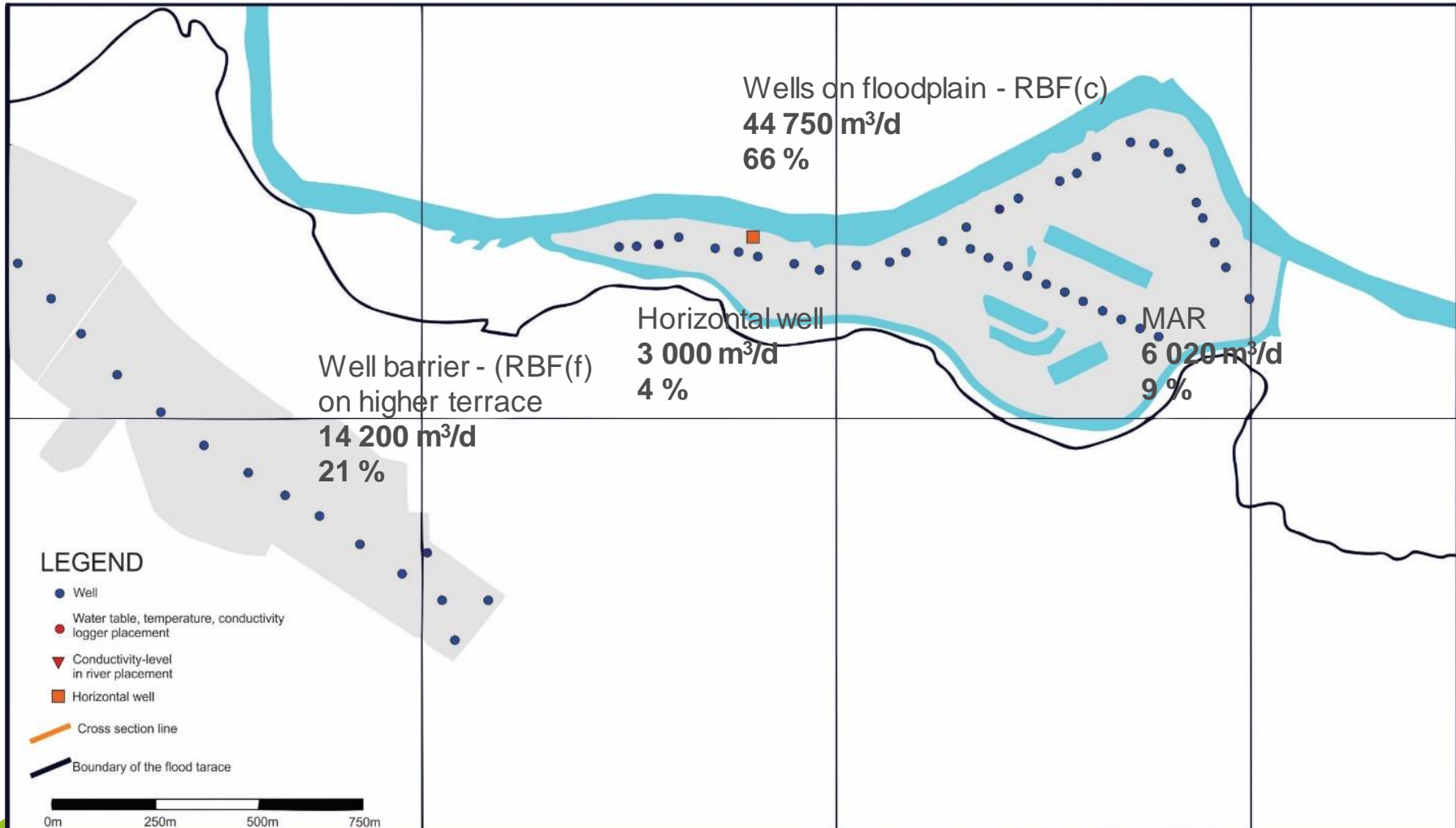


Wyspa Krajowska





Wyspa Krajowska



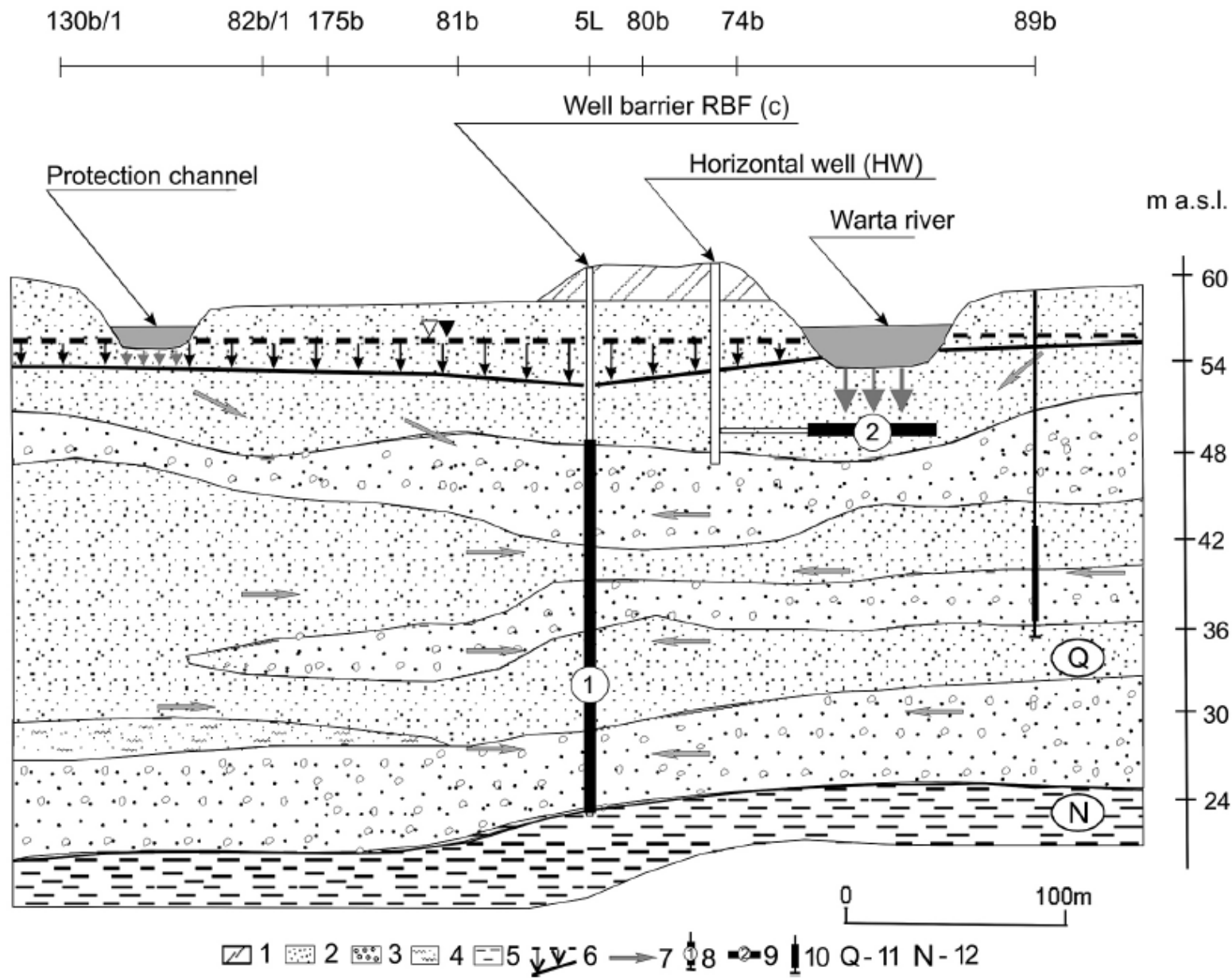


Fig. 3. Location of horizontal drains of the collector well and position of RBF wells (for cross section, see Figure 5). 1- embankment; 2 - sands; 3 - gravels; 4 - silts; 5 - clays; 6 - static and dynamic water level; 7 - groundwater flow direction; 8 - position of RBF well screen; 9 - position of horizontal well screen; 10 - other observation wells; 11 - Quaternary; 12 - Neogene.

Plan prezentacji:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka obiektu badań
3. **Wyniki badań prowadzonych w latach 2017-2019**
4. Wyniki modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych
5. Wnioski



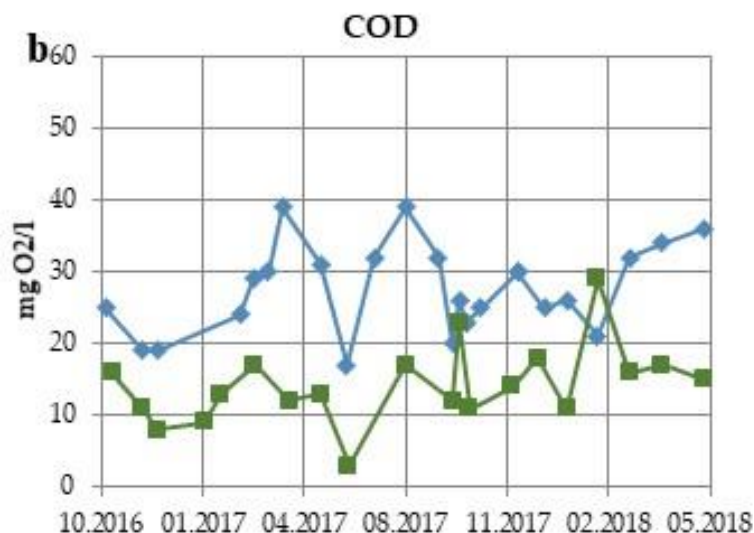
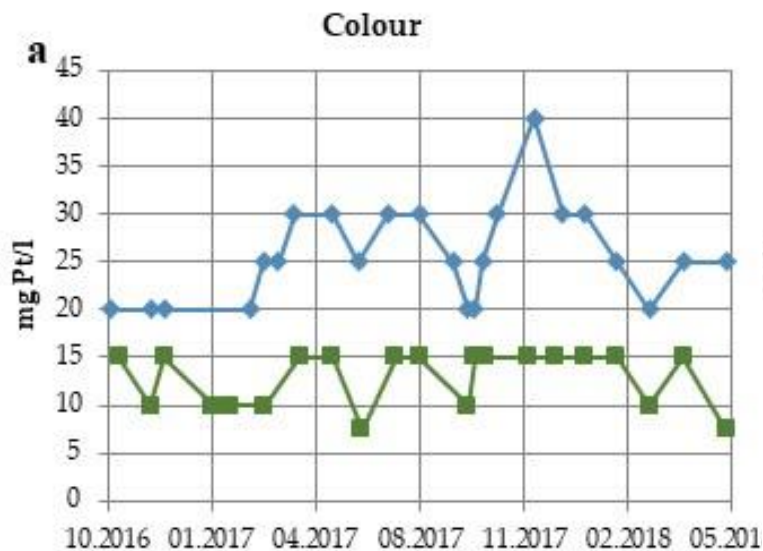


Demonstrating synergies in combined natural and engineered processes for water treatment systems - AquaNES

Prezentacja synergii naturalnych i inżynierskich procesów uzdatniania wody - AquaNES

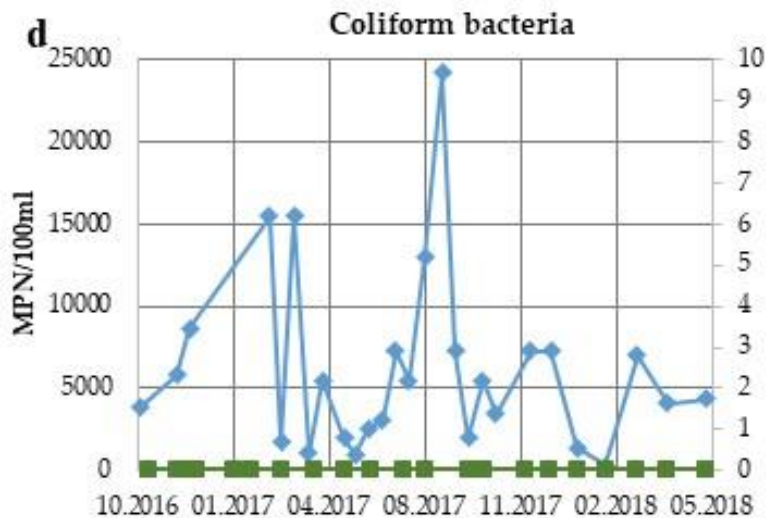
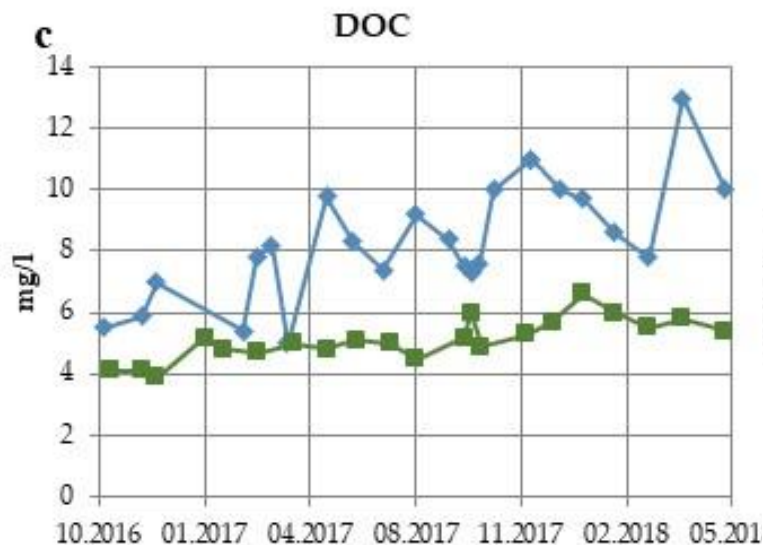


Porównanie wybranych parametrów w studniach bariery brzegowej i w Warcie

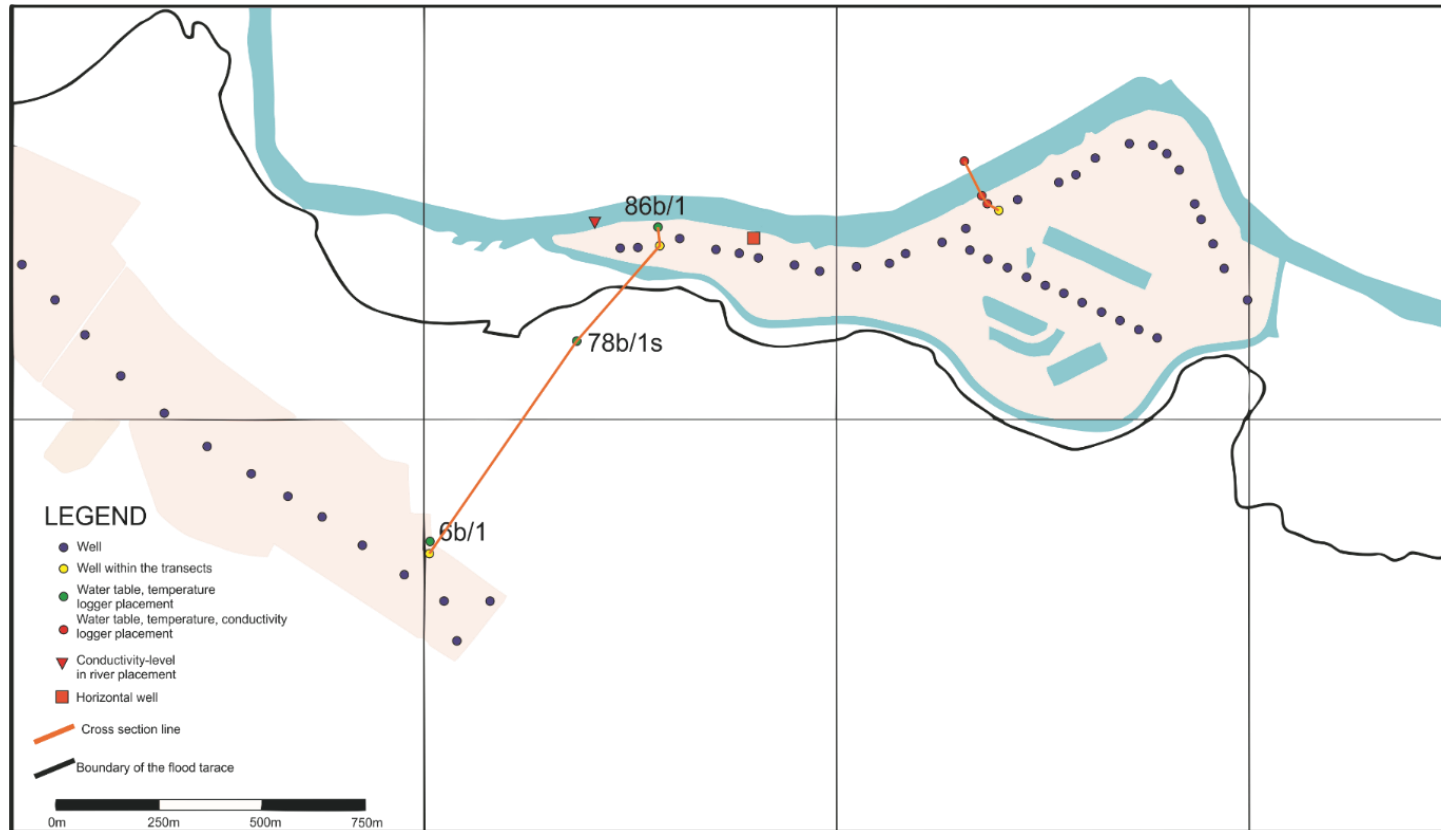


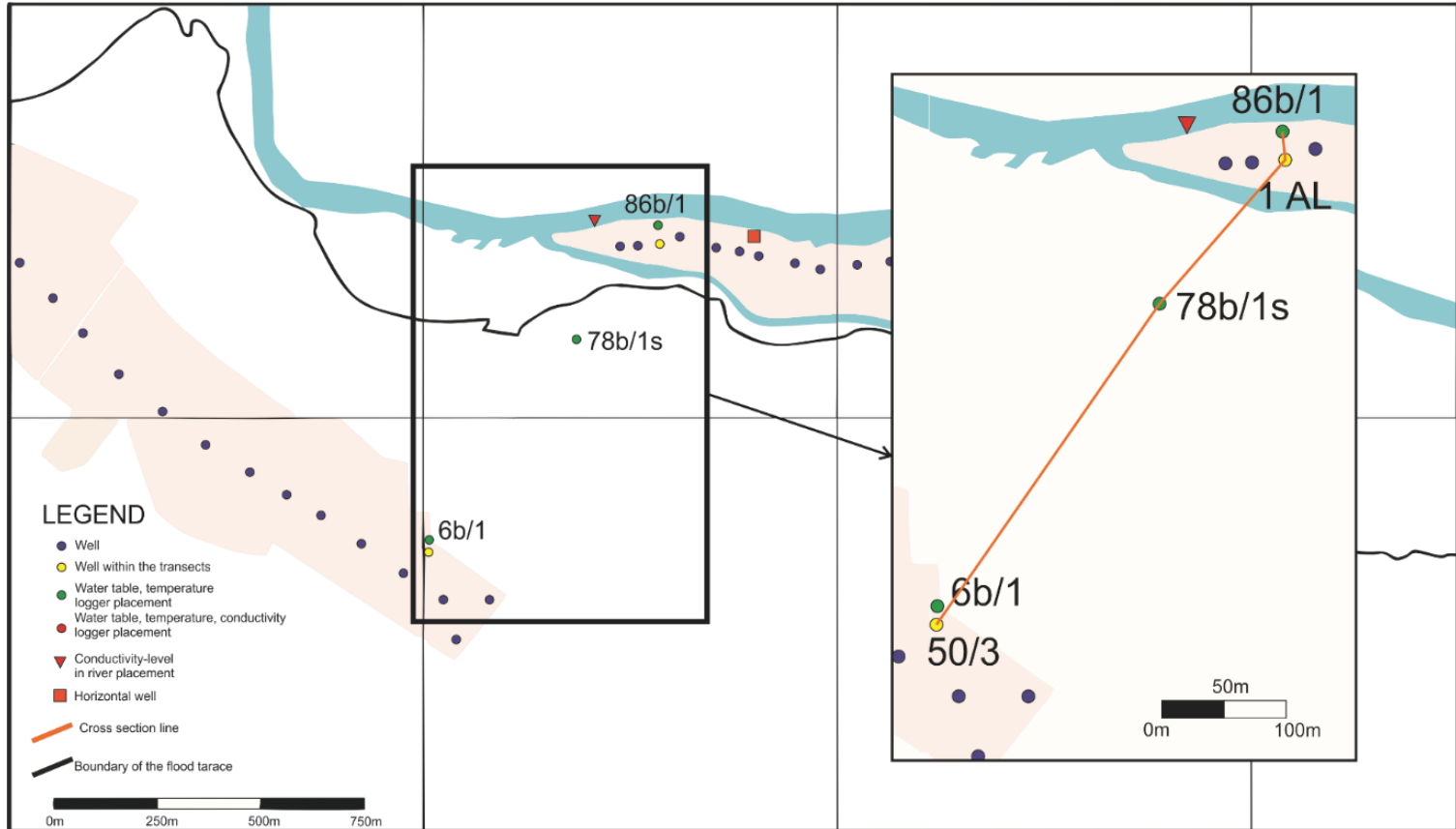
Reduction %:

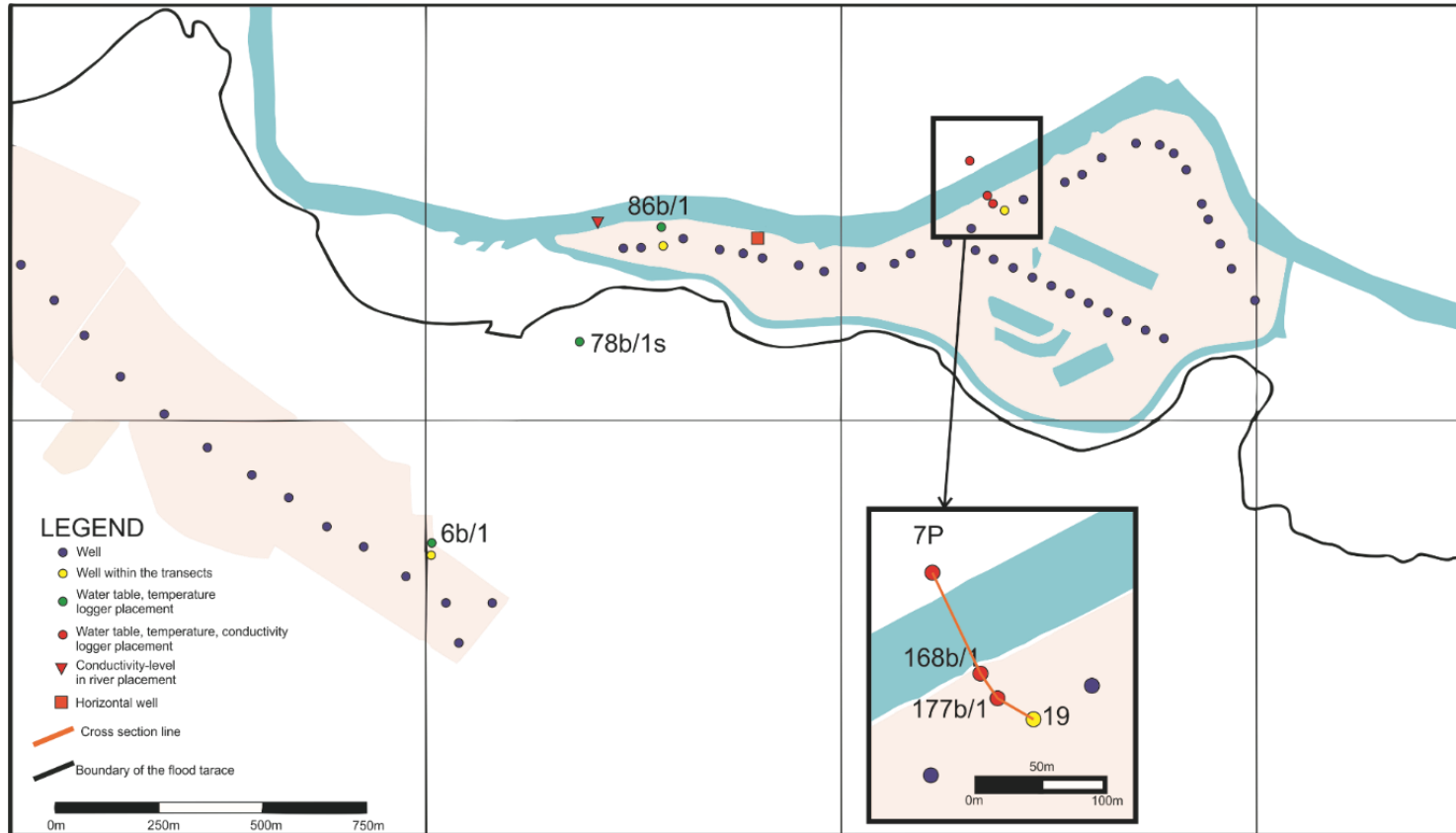
- Colour: 60%
- COD: 43%
- DOC: 58%
- Bacteria: 100%

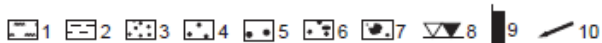
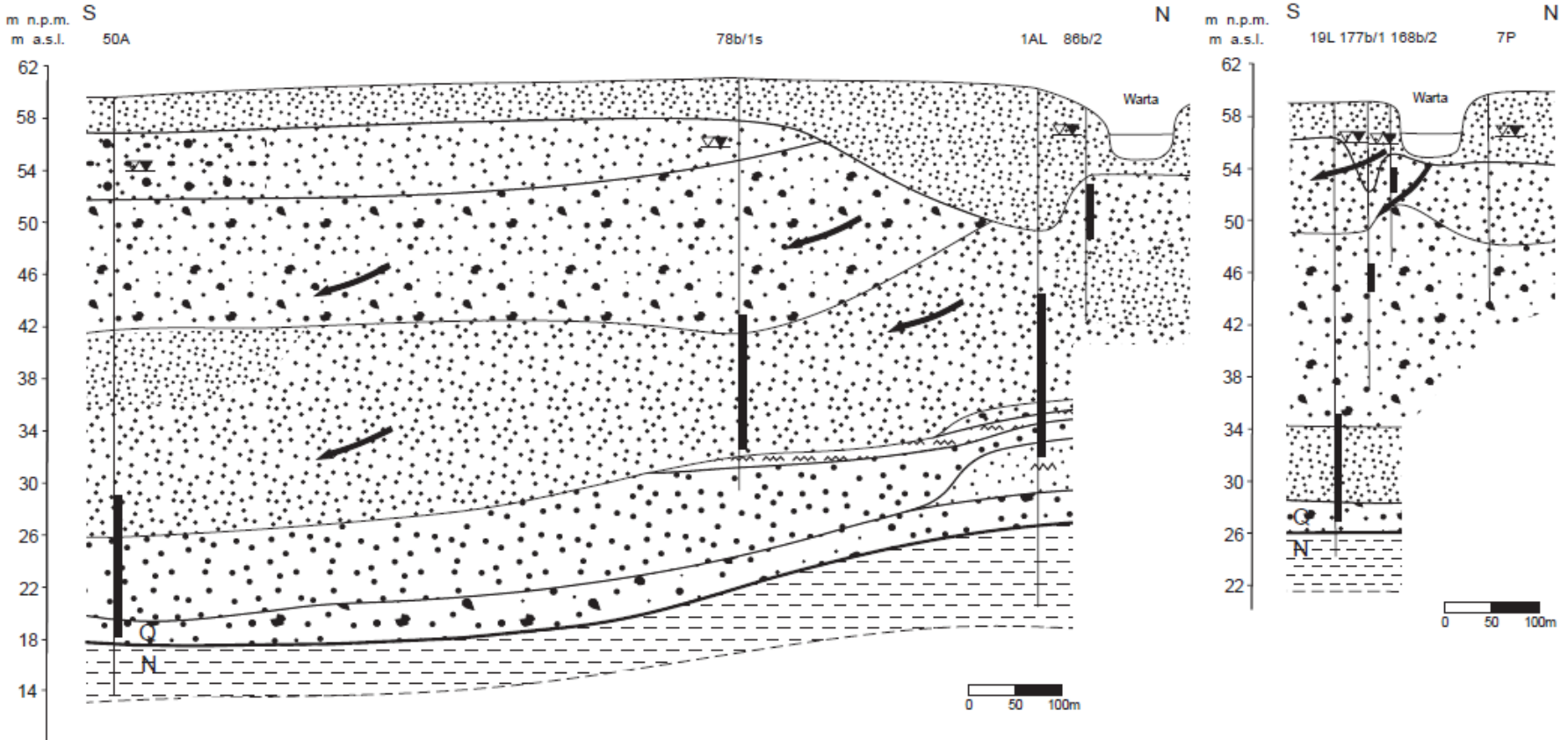


Badania mikrozanieczyszczeń organicznych





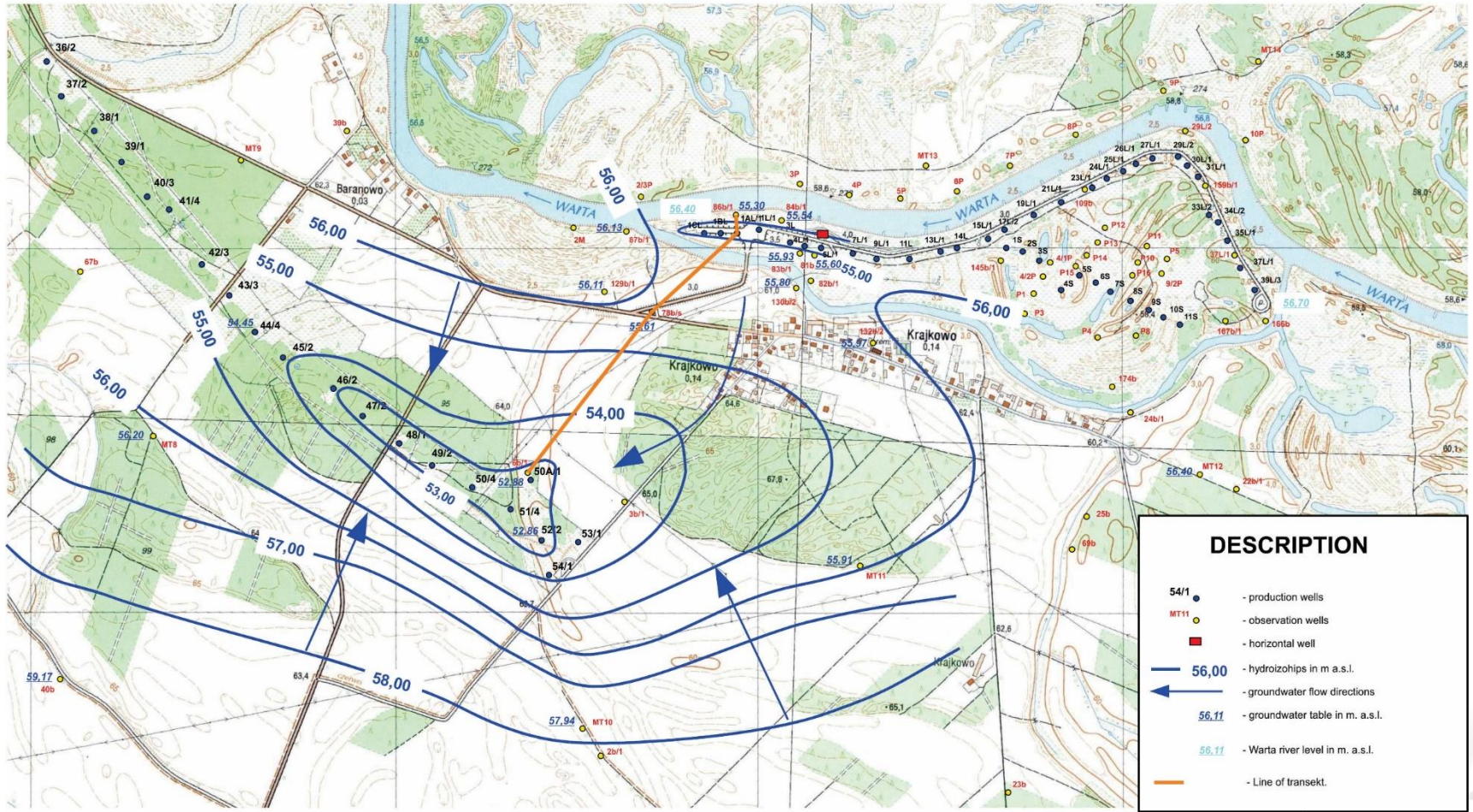




1 - mułki (silt), 2 - ility (clay), 3 - piaski drobnoziarniste (fine-grained sand), 4 - piaski średnioziarniste (medium-grained sand), 5 - piaski gruboziarniste (coarse-grained sand), 6 - piaski średnioziarniste i żwiry (medium-grained sand and gravel), 7 - piaski, żwiry i otoczaki (sand, gravel and pebble), 8 - zwierciadło wód podziemnych (groundwater level), 9 - filtr (well screen), 10 - kierunek przepływu wód (groundwater flow directions), Q - czwartorzęd (Quaternary), N - neogen (Neogene)



HYDROIZOHIPS MAP state on VI.2016 r.



Badania pestycydów

Analizy przeprowadzono w 8 punktach badawczych: rzeka Warta, studnia promienista oraz studnie i piezometry, zlokalizowane w różnych odległościach od rzeki

Badania przeprowadzono w trzech seriach pomiarowych (lato i jesień 2017 oraz wiosna 2018 roku)

Łącznie oznaczono ponad 200 substancji, w tym herbicydy, insektydy i fungicydy oraz ich metabolity

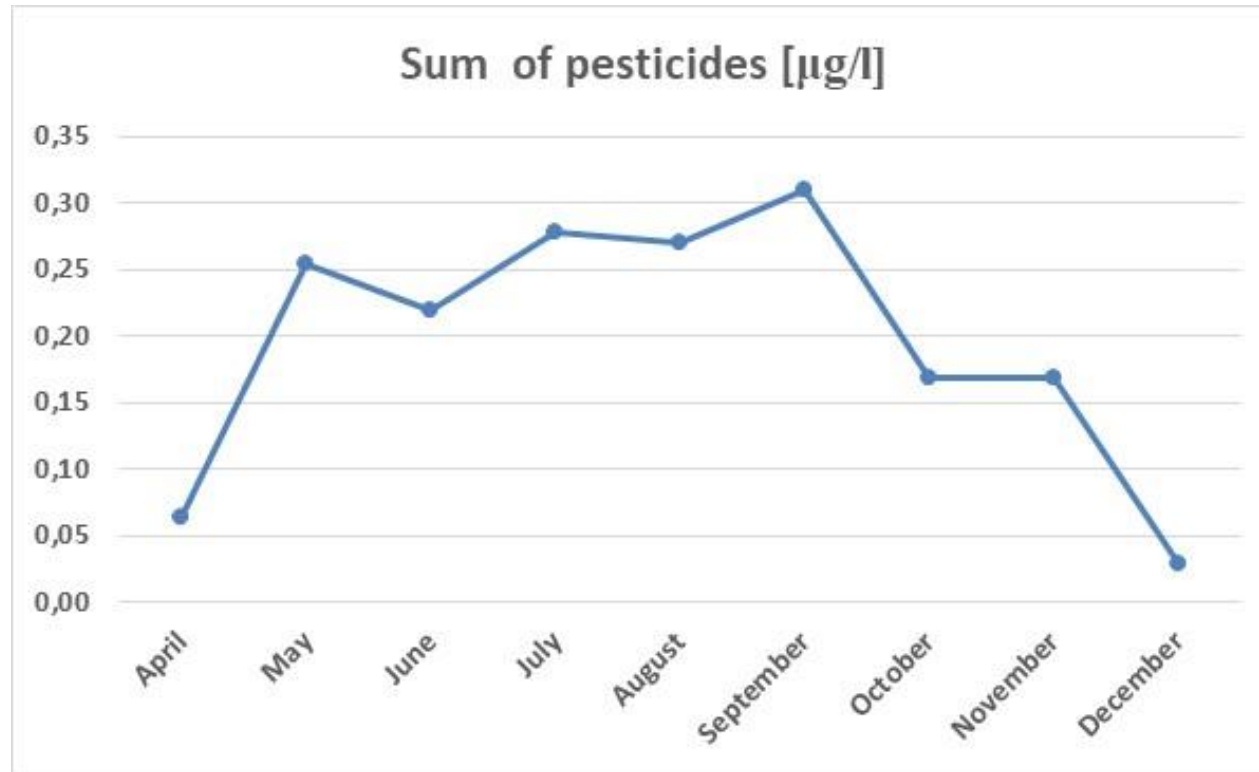


Badania pestycydów

Concentration of pesticides in µg/l (LOQ<0.005).

Sampling point	Imidacloprid	Isoproturon	M-Metalaxyl	Metazachlor	Nicosulfuron	Terbuthylazine	Chlortoluron	S-Metolachlor	Prometryn	Terbutryn	Sum	
August 2017	Warta	0.007	0.008	0.005	0.036	0.012	0.008	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.112
	Horizontal well	0.005	<LOQ	0.007	0.015	0.021	0.008	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.086
	168b/2	0.009	0.006	0.015	<LOQ	0.03	0.012	0.012	0.006	0.006	<LOQ	0.112
	177b/1	0.011	<LOQ	0.006	<LOQ	0.012	0.008	0.017	0.006	0.008	<LOQ	0.068
	19L	0.007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.017	<LOQ	0.018	<LOQ	0.007	<LOQ	0.049
	1AL	0.005	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.016	<LOQ	0.016	<LOQ	0.008	<LOQ	0.045
	78b/1s	<LOQ	0.012	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.019
	50A	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
November 2017	Warta	<LOQ	0.009	0.005	0.03	0.023	0.006	0.047	0.009	<LOQ	0.007	0.171
	Horizontal well	0.007	0.007	0.005	0.021	0.019	0.007	0.032	0.008	<LOQ	0.007	0.137
	168b/2	0.008	<LOQ	<LOQ	0.007	0.018	<LOQ	0.005	0.005	<LOQ	0.006	0.058
	177b/1	0.007	<LOQ	<LOQ	0.007	0.017	0.007	0.008	0.006	0.006	0.008	0.076
	19L	0.007	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.024	<LOQ	0.01	0.005	0.006	0.006	0.058
	1AL	0.007	0.006	<LOQ	<LOQ	0.02	<LOQ	0.012	0.006	0.007	0.006	0.064
	78b/1s	<LOQ	0.014	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.009	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.023
	50A	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
February 2018	Warta	0.005	0.008	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.012	<LOQ	0.006	<LOQ	0.031
	Horizontal well	<LOQ	0.006	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.013	<LOQ	0.005	<LOQ	0.024
	168b/2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.005	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.005
	177b/1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
	19L	<LOQ	0.005	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.009	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.014
	1AL	<LOQ	0.005	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.009	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.014
	78b/1s	<LOQ	0.015	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.009	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.024
	50A	<LOQ	0.008	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.008





- azoxystrobin
- boskalid
- chlomazon
- chlortoluron
- Imidacloprid
- fenheksamid
- fluopicolide
- imidacloprid
- isoproturon
- carbendazim
- linuron
- M-metalaxyl
- metazachlor
- S-metolachlor
- nicosulfuron
- prochloraz
- prometryne
- pethoxamid
- propiconazole
- tebuconazole
- terbutryne
- terbutylazine
- thiametoxam

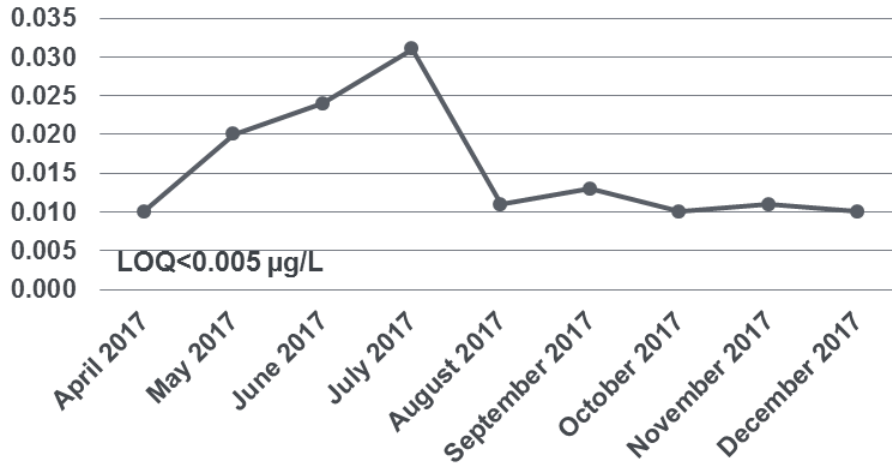
Sum of pesticide concentrations in Warta River in 2017

LOQ < 0.005 µg/L Rogusko sampling point

TAKING COOPERATION FORWARD

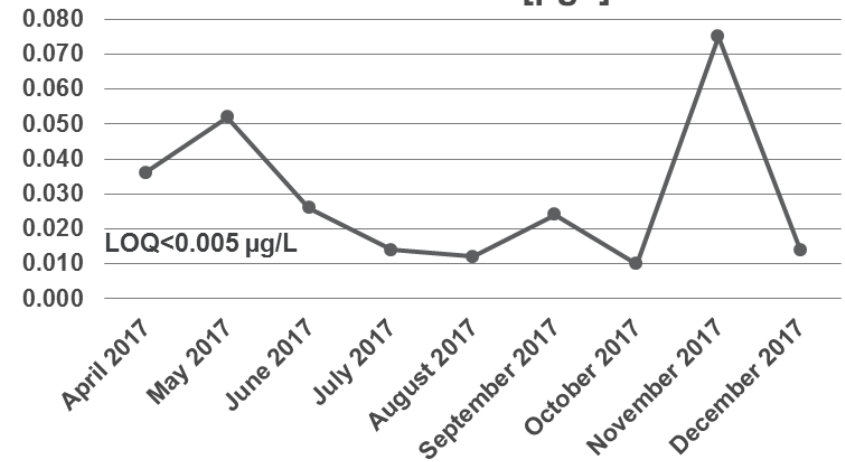


S-Metolachlor [$\mu\text{g/l}$]



S-Metolachlor in Warta River

Chlorotoluron [$\mu\text{g/l}$]



Chlorotoluron in Warta River



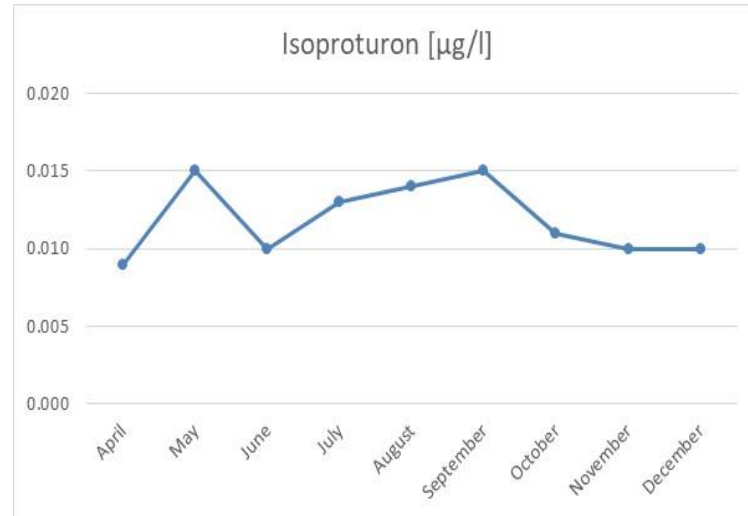
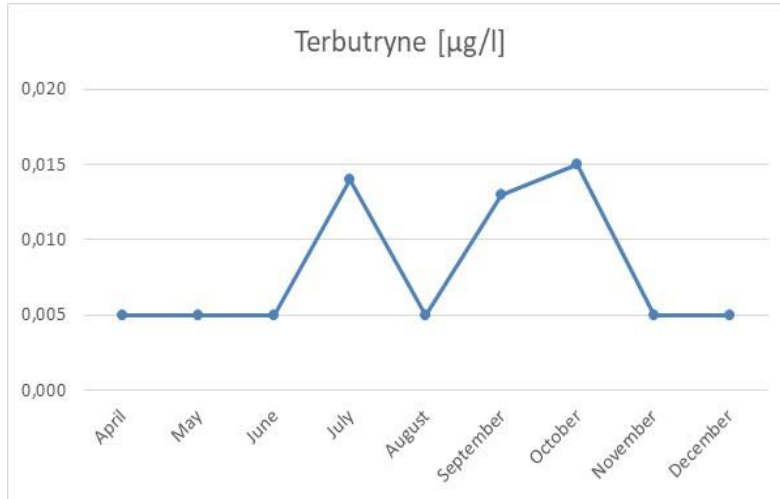


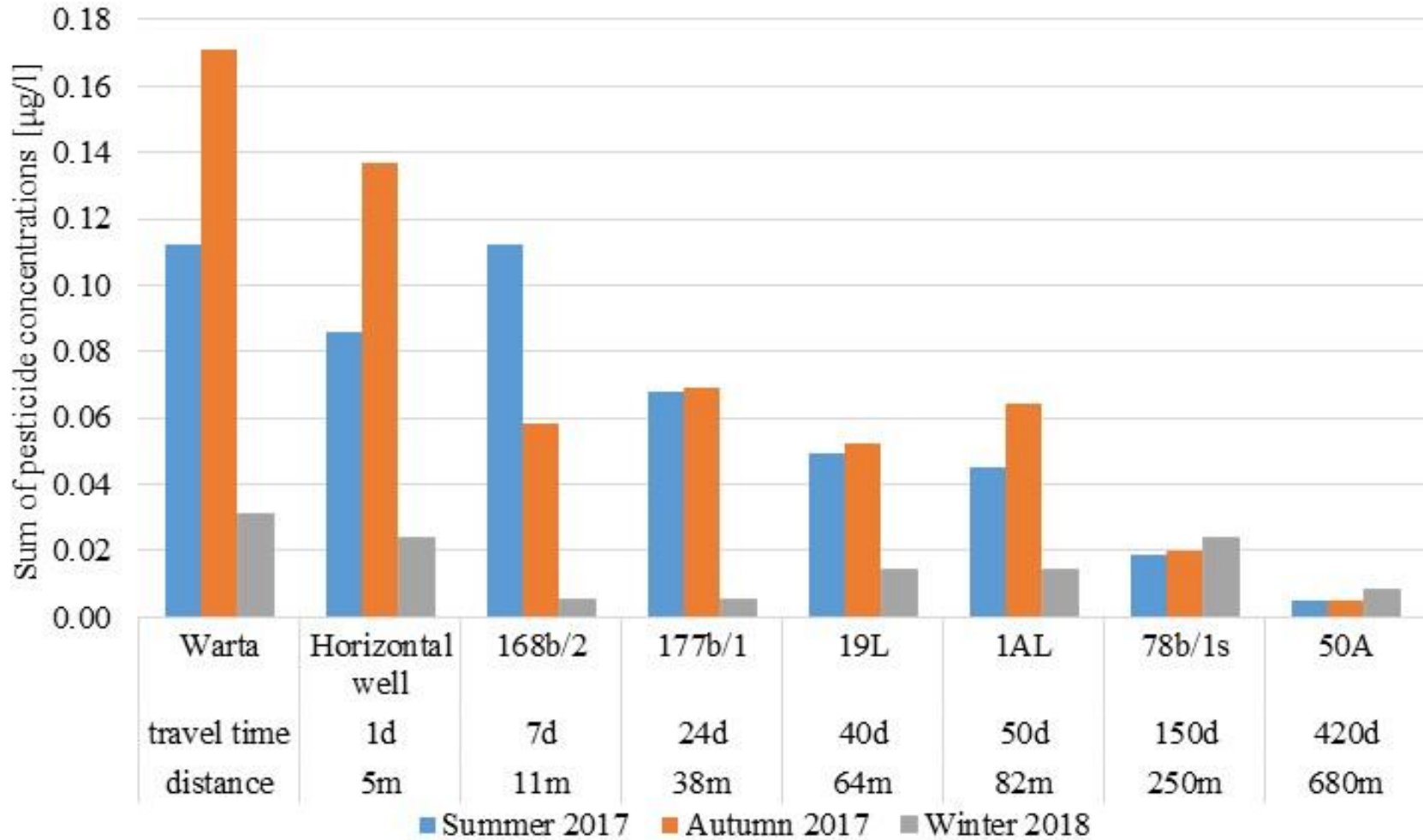
Fig: Terbutryne in Warta River

Fig: Isoproturon in Warta River

LOQ < 0.005 µg/L



Zmienność stężeń pestycydów na drodze przepływu wód



Badania farmaceutyków

Analizy przeprowadzono w 6 punktach badawczych: rzeka Warta, studnia promienista oraz studnie i piezometry, zlokalizowane w różnych odległościach od rzeki

Badania przeprowadzono w okresie od lipca do października 2018 roku

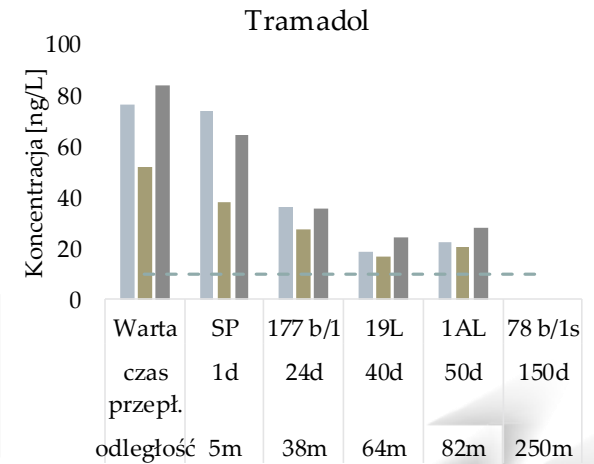
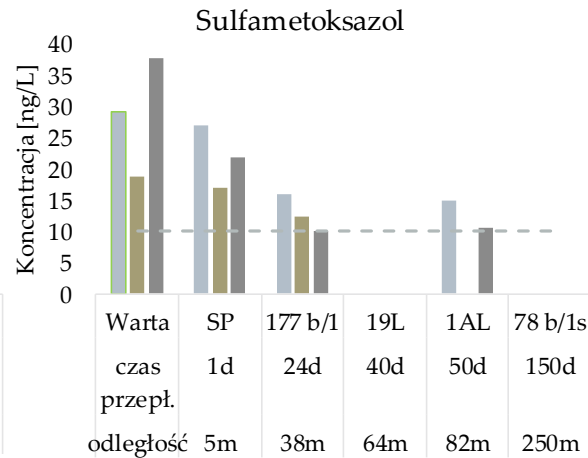
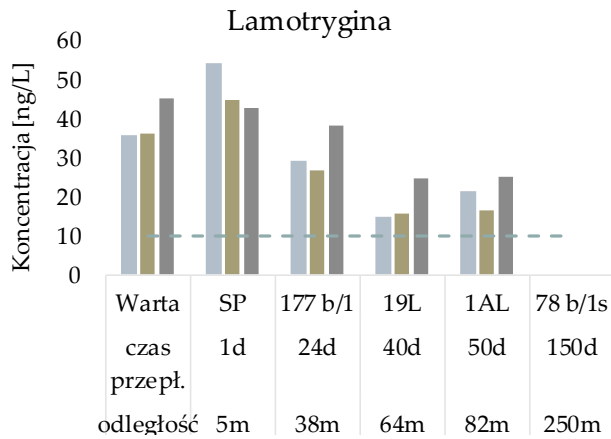
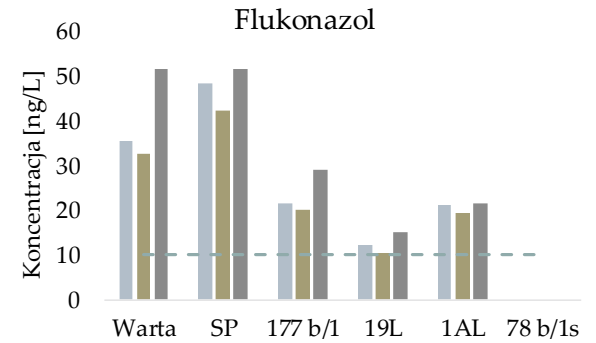
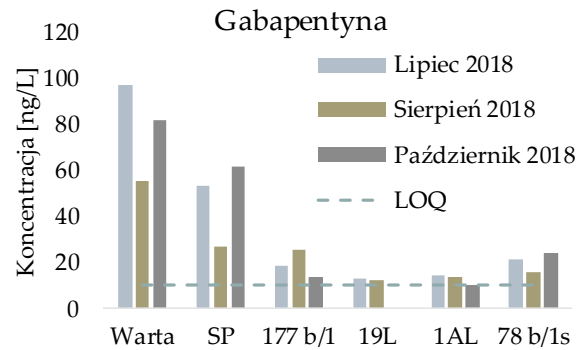
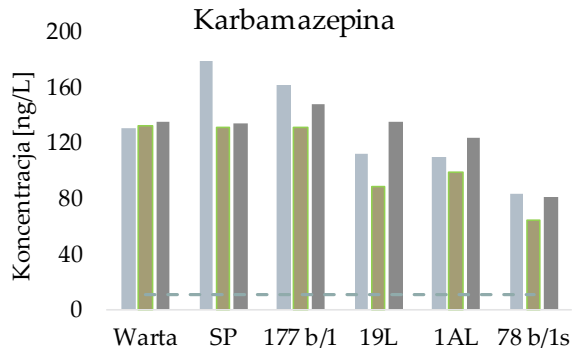
Łącznie analizie poddano 75 substancji, w tym antybiotyki, leki przeciwbólowe, przeciwzapalne, psychotropowe, β -blokery oraz środki kontrastowe promieniowania X



Badania farmaceutyków

	ng/L	Lipiec 2018						Sierpień 2018						Październik 2018					
	LOQ	Warta	SP	177 b/1	19L	1AL	78b/1s	Warta	SP	177 b/1	19L	1AL	78 b/1s	Warta	SP	177 b/1	19L	1AL	78 b/1s
Karbamazepina	<10	130	179	161	112	110	83,1	132	131	131	88,6	99	63,6	135	134	148	135	123	80,3
Sulfametoksazol	<10	29,3	27,1	15,9	nw	15	nw	18,8	17,1	12,4	nw	nw	nw	37,7	21,8	10,1	nw	10,5	nw
Jopromid	<50	149	nw	nw	nw	nw	nw	59,8	nw	nw	nw	nw	nw	105	nw	nw	nw	nw	nw
Jomeprol	<50	94,7	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Diklofenak	<20	24,5	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	37,4	nw	nw	nw	nw	nw
Kotynina	<20	30,9	nw	nw	nw	nw	nw	50,8	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Joheksol	<50	120	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	90	nw	nw	nw	nw	nw
Kofeina	<100	154	nw	nw	nw	nw	nw	1350	nw	140	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Metoprolol	<10	11,9	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	19,6	nw	nw	nw	nw	nw
Penicylina G	<10	nw	nw	nw	nw	nw	nw	13	nw	nw	nw	nw	nw	17,1	nw	nw	nw	nw	nw
Sulfapyridin	<10	nw	10,7	14,2	nw	nw	nw	nw	nw	11,7	nw	nw	nw	10,8	11,2	13	nw	nw	nw
Sacharyna	<50	111	nw	nw	nw	nw	nw	360	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Gabapentyna	<10	97	53,3	18,7	13	14	21,3	55,6	27	25,2	12,6	13,8	15,6	81,5	61,7	13,5	nw	10,2	24
Tramadol	<10	76,1	73,7	35,9	19	22	nw	52	38,1	27,4	17	20,5	nw	83,8	64,4	35,3	24,4	27,9	nw
Paraksantyna	<100	163	nw	nw	nw	nw	nw	1470	nw	104	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw
Oksypurinol	<50	388	1350	503	237	345	nw	610	1100	486	130	228	nw	1050	1010	652	260	317	nw
Klinwamycyna	<10	12,7	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	12,2	nw	nw	nw	nw	nw
Feksofenadyna	<10	40,7	nw	nw	nw	nw	nw	28,9	nw	nw	nw	nw	nw	33,2	nw	nw	nw	nw	nw
Flukonazol	<10	35,6	48,4	21,5	12	21	nw	32,5	42,1	20,2	10,4	19,6	nw	51,7	51,6	29,2	15	21,5	nw
Lamotrygina	<10	35,8	54	29,1	15	21	nw	36,1	44,9	26,7	15,6	16,6	nw	45,1	42,6	38,3	24,6	25,2	nw
Prymidon	<10	nw	12,4	nw	nw	nw	nw	nw	10,4	nw	nw	nw	nw	nw	10,2	11,6	nw	nw	nw
Sotalol	<10	23,3	nw	nw	nw	nw	nw	14,3	nw	nw	nw	nw	nw	50,3	14,1	nw	nw	nw	nw
Telmisartan	<20	140	62,5	nw	nw	nw	nw	132	52	nw	nw	nw	nw	136	60,5	nw	nw	nw	nw
Walsartan	<10	61,1	nw	nw	nw	nw	nw	23	nw	nw	nw	nw	nw	28,9	nw	nw	nw	nw	nw
Wenlafaksyna	<10	12,1	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw	nw

Badania farmaceutyków

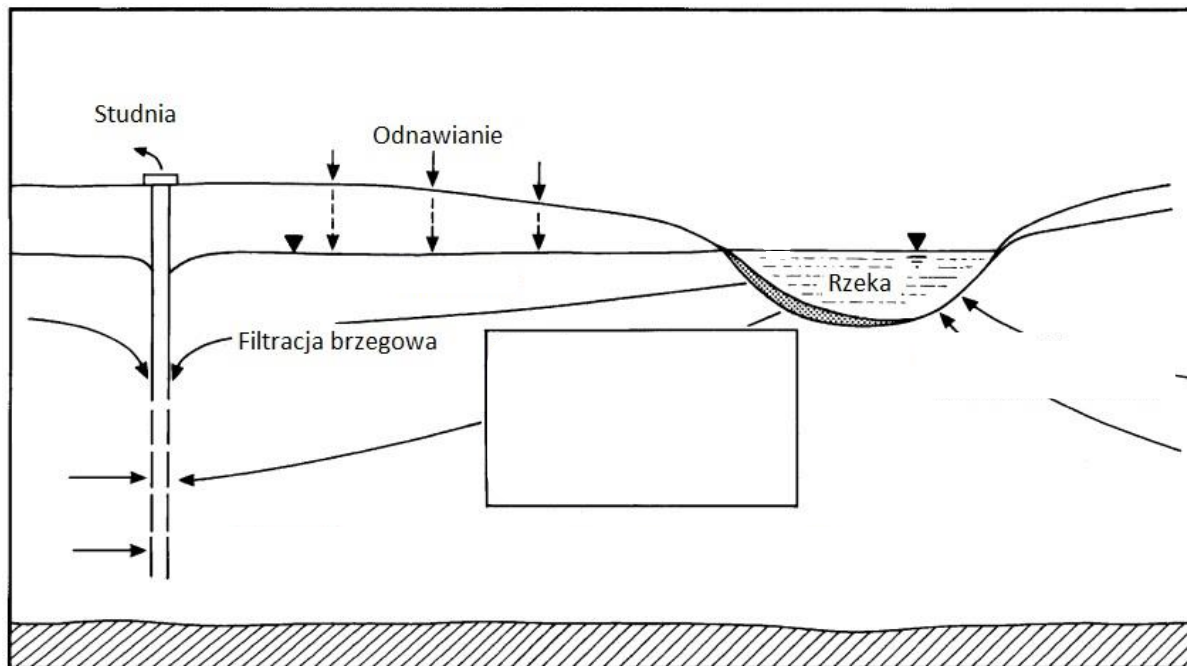


Badania farmaceutyków (stopień redukcji)

	SP			177b/1			19L			1AL			78b/1s		
	VII 18	VIII 18	X 18	VII 18	VIII 18	X 18	VII 18	VIII 18	X 18	VII 18	VIII 18	X 18	VII 18	VIII 18	X 18
Karbamazepina	-37,7	0,8	0,7	-23,8	0,8	-9,6	13,8	32,9	0	15,4	25,0	26,7	36,1	51,8	40,5
Sulfametaksazol	7,5	9,0	42,2	45,7	34,0	73,2	100	100	100	48,8	100	100	100	100	100
Gabapentyna	45,1	51,4	24,3	80,7	54,7	83,4	86,5	77,3	100	85,2	75,2	83,1	78,0	71,9	70,6
Tramadol	3,2	26,7	23,2	52,8	47,3	57,9	75,6	67,3	70,9	70,6	60,6	75,5	100	100	100
Oksypurinol	- 247, 9	-80,3	3,8	-29,6	20,3	37,9	38,9	78,7	75,2	11,1	62,6	78,3	100	100	100
Flukonazol	-36,0	-29,5	0,2	39,6	37,8	43,5	65,7	68,0	71,0	40,7	39,7	62,1	100	100	100
Lamotrygina	-50,8	-24,4	5,5	18,7	26,0	15,1	58,1	56,8	45,5	40,5	54,0	63,2	100	100	100



Proces infiltracji brzegowej



Za Hiscock K.M. & Grischek T. (zmieniony) 2002

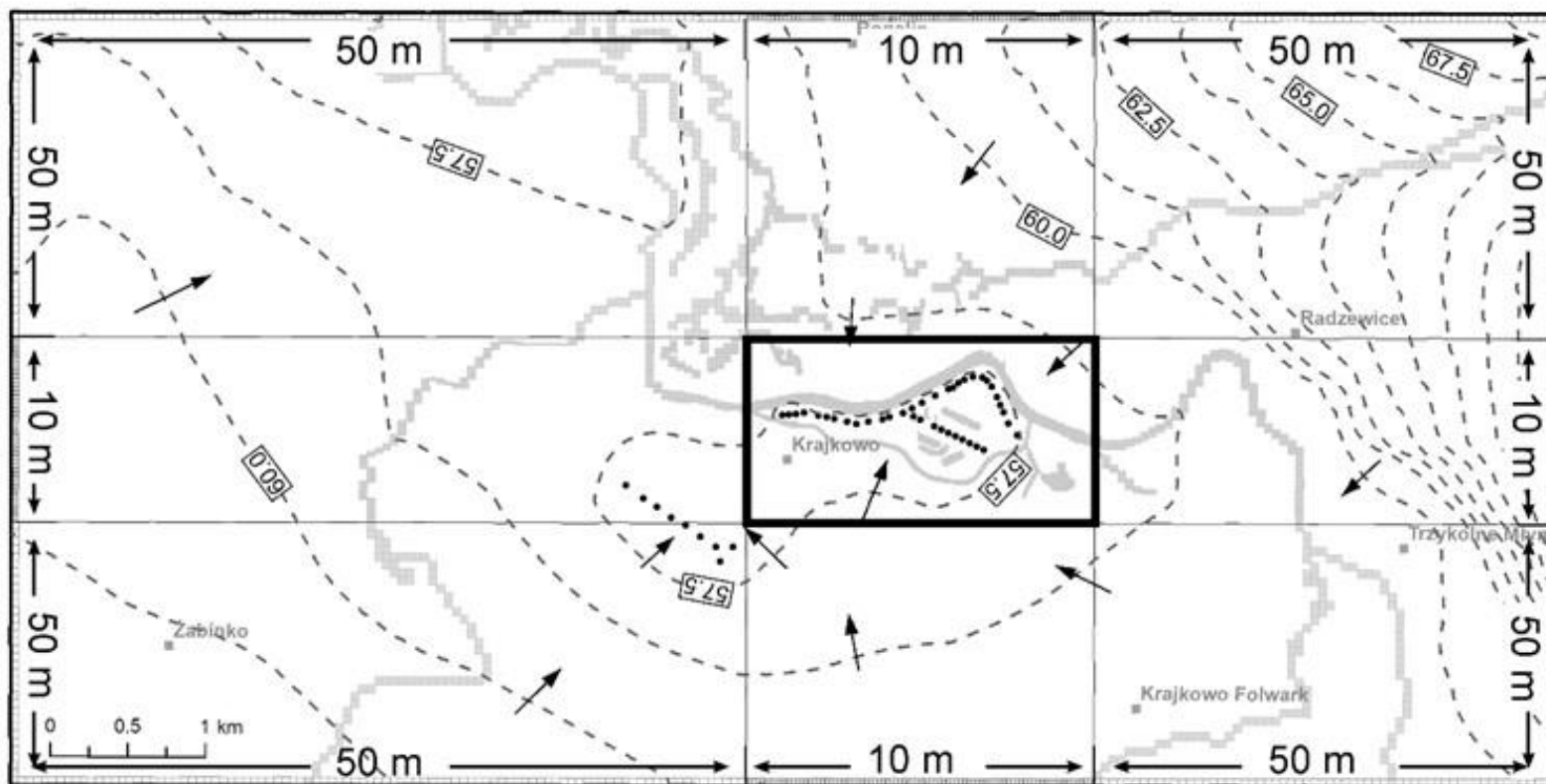


Plan prezentacji:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka obiektu badań
3. Wyniki badań prowadzonych w latach 2017-2019
4. **Wyniki modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych**
5. Wnioski



Model przepływu wód dla pracującego ujęcia Mosina-Krajkowo



1 2 3 4 5 6 7 8

1 – groundwater flow model area; 2 – area of comprehensive study of Krajkowo Island; 3 – River boundary conditions;
4 – Constant Head boundary conditions; 5 – Well boundary condition; 6 – piezometric heads [m. a.s.l.]; 7 – groundwater flow direction;
8 – grid spacing .



Model przepływu wód dla pracującego ujęcia Mosina-Krajkowo

Wyniki modelowania:

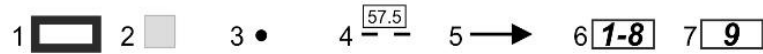
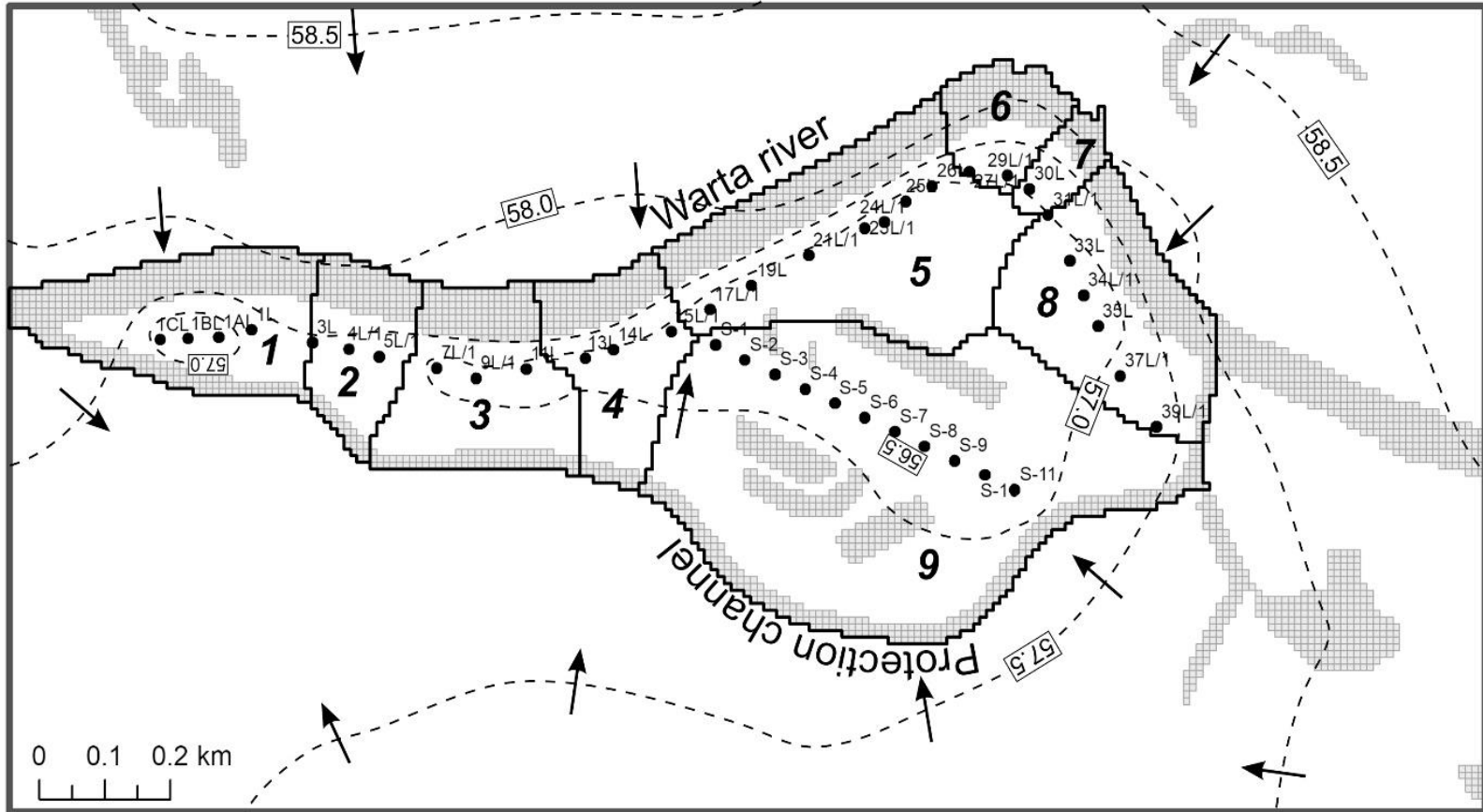
- określenie bilansu przepływu wód i udziału wód rzecznych w zasilaniu ujęcia oraz jego przestrzennego zróżnicowania
- określenie czasu przepływu wód od rzeki do poszczególnych studni ujęcia



Wyniki badań modelowych - bilans wód podziemnych

Balance component	RBF(c)		AR	
	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow
	[m ³ /d]		[m ³ /d]	
Surface water of Warta river	31804.8	0.00	-	-
Surface water of protection channel and infiltration basins	3612.0	0.00	5331.6	0.0
Wells discharge	0.0	46732.5	0.0	8571.4
Precipitation recharge	698.2	0.0	403.3	0.0
Inflow from North (behind right bank of Warta river)	8195.0	0.0	-	-
Inflow from South (behind protection channel)	2422.8	0.0	2836.8	0.0
Overall flow	46732.8	46732.5	8571.7	8571.4
Overall share of surface water supplying the barrier	75.8%		62.2%	
Share of Warta surface water supplying the barrier	68.0%		-	



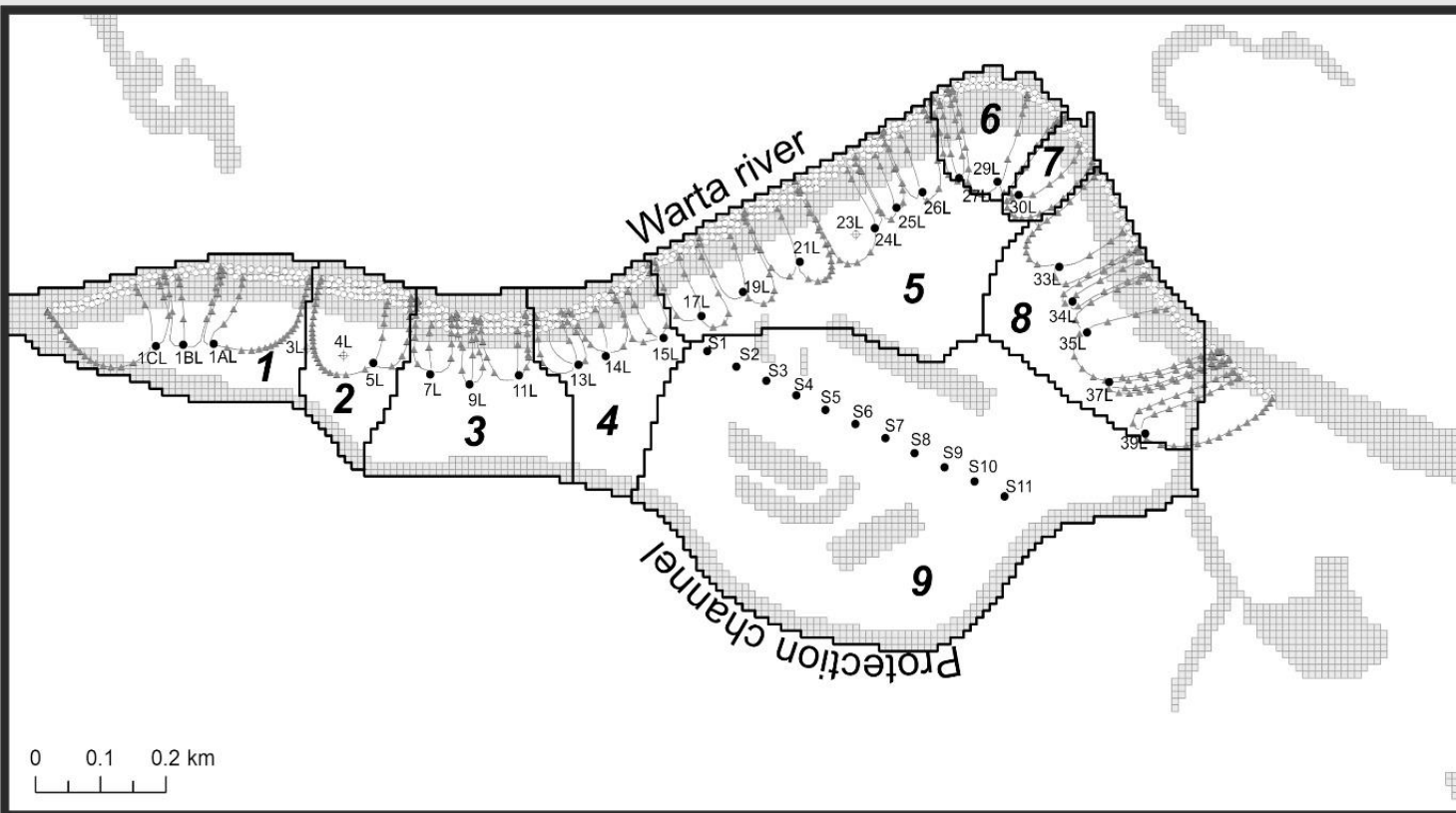


Wyniki badań modelowych bilans wód podziemnych

Zone no.	1		2		3		4		5		6		7		8	
Wells	1CL, 1BL, 1AL, 1L		3L, 4L/1, 5L/1		7L/1, 9L/1, 11L		13L, 14L, 15L/1		17L/1, 19L, 21L/1, 23L/1, 24L/1, 25L, 26L		27L/1, 29L		30L		31L/1, 34L/1, 35L, 37L/1, 39L/1	
Balance component	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow
	[m ³ /d]		[m ³ /d]		[m ³ /d]		[m ³ /d]		[m ³ /d]		[m ³ /d]		[m ³ /d]		[m ³ /d]	
Surface water of Warta river	4228.2	0.0	1276.8	0.0	4014.9	0.0	6942.7	0.0	11042.4	0.0	855.6	0.0	922.5	0.0	2522.7	0.0
Surface water of protection channel	1772.8	0.0	207.2	0.0	1138.9	0.0	350.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	142.5	0.0
RBF(c) wells discharge	0.0	7683.6	0.0	1936.9	0.0	6026.3	0.0	8163.1	0.0	13235.5	0.0	2080.8	0.0	1137.6	0.0	6468.7
Precipitation recharge	53.5	0.0	45.7	0.0	112.3	0.0	129.7	0.0	185.1	0.0	31.4	0.0	20.0	0.0	120.4	0.0
Inflow from North (behind right bank of Warta river)	1254.5	0.0	307.3	0.0	587.8	0.0	496.7	0.0	2007.5	0.0	1194.9	0.0	194.6	0.0	2152.1	0.0
Inflow from South (behind protection channel)	374.8	0.0	100.8	0.0	173.3	0.0	243.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1531.2	0.0
Overall flow	7683.8	7683.6	1937.8	1936.9	6027.1	6026.3	8162.4	8163.1	13235.0	13235.5	2081.9	2080.8	1137.2	1137.6	6468.9	6468.7
Overall share of surface water in RBF(c) sector supply	78.1%		76.6%		85.5%		89.3%		83.4%		41.1%		81.1%		39.0%	
Share of Warta surface water in RBF(c) sector supply	55.0%		65.9%		66.6%		85.0%		83.4%		41.1%		81.1%		39.0%	



Wyniki badań modelowych – czas przepływu wód z rzeki do studni



Najkrótszy czas przepływu występuje w sekcji 4 i 5 wzdłuż prostego odcinka rzeki (22.2 – 42.2 dni), zaś najdłuższy czas określono w sekcji 6 i 8 (47.5 – 112.3 dni).



Plan prezentacji:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka obiektu badań
3. Wyniki badań prowadzonych w latach 2017-2019
4. Wyniki modelowania matematycznego przepływu wód podziemnych
5. **Wnioski**



Wnioski:

- Udokumentowano obecność mikrozanieczyszczeń organicznych (m.in. pestycydów i farmaceutyków) w wodach rzeki Warty oraz w studniach infiltracyjnego ujęcia wody



Wnioski:

- Udokumentowano obecność mikrozanieczyszczeń organicznych (m.in. pestycydów i farmaceutyków) w wodach rzeki Warty oraz w studniach infiltracyjnego ujęcia wody
- **Stwierdzono znaczny stopień redukcji stężeń mikrozanieczyszczeń organicznych w procesie infiltracji brzegowej (naturalny proces uzdatniania wody).**
- **Stwierdzono również znaczny stopień redukcji substancji organicznej obecnej w dużych ilościach w wodach powierzchniowych, co ma szczególne znaczenie dla dalszych etapów uzdatniania wody (powstawanie ubocznych produktów uzdatniania i dezynfekcji)**



Wnioski:

- Udokumentowano obecność mikrozanieczyszczeń organicznych (m.in. pestycydów i farmaceutyków) w wodach rzeki Warty oraz w studniach infiltracyjnego ujęcia wody
- Stwierdzono znaczny stopień redukcji stężeń mikrozanieczyszczeń organicznych w procesie infiltracji brzegowej (naturalny proces uzdatniania wody)
- **Stopień redukcji mikrozanieczyszczeń organicznych wzrasta wraz ze wzrostem odległości studni od rzeki**



Wnioski:

- Udokumentowano obecność mikrozanieczyszczeń organicznych (m.in. pestycydów i farmaceutyków) w wodach rzeki Warty oraz w studniach infiltracyjnego ujęcia wody
- Stwierdzono znaczny stopień redukcji stężeń mikrozanieczyszczeń organicznych w procesie infiltracji brzegowej (naturalny proces uzdatniania wody)
- Stopień redukcji mikrozanieczyszczeń organicznych wzrasta wraz ze wzrostem odległości studni od rzeki
- **Wysoką efektywność oczyszczania wód uzyskuje się w studniach zlokalizowanych minimum 60-80 m od rzeki, przy czym niemal 100% efektywność uzyskuje się w odległości min. 250 m od rzeki**



Wnioski:

- Udokumentowano obecność mikrozanieczyszczeń organicznych (m.in. pestycydów i farmaceutyków) w wodach rzeki Warty oraz w studniach infiltracyjnego ujęcia wody
- Stwierdzono znaczny stopień redukcji stężeń mikrozanieczyszczeń organicznych w procesie infiltracji brzegowej (naturalny proces uzdatniania wody)
- Stopień redukcji mikrozanieczyszczeń organicznych wzrasta wraz ze wzrostem odległości studni od rzeki
- Wysoką efektywność oczyszczania wód uzyskuje się w studniach zlokalizowanych minimum 60-80 m od rzeki, przy czym niemal 100% efektywność uzyskuje się w odległości min. 250 m od rzeki
- **Zdecydowanie gorszą efektywność oczyszczania wód uzyskuje się w studni promienistej z drenami zlokalizowanymi 5 m poniżej dna rzeki**



Ujęcie w Krajkowie stanowi korzystną alternatywę w stosunku do bezpośredniego ujmowania wody rzecznej i wpisuje się w ogólnoświatowy trend coraz większego wykorzystania tego typu ujęć do zaopatrzenia w wodę

Dziękuję za uwagę

