



LIFE13 NAT/PL/000050 Renaturyzacja sieci hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy. Etap II

Raport końcowy z monitoringu stanów wód podziemnych i powierzchniowych oraz zasobów wodnych w latach 2012-2018



Mateusz Grygoruk
Stowarzyszenie Niezależnych Inicjatyw Nasza Natura

Maj, 2019

Spis treści

Streszczenie.....	4
Summary	5
2. Wstęp	6
3. Warunki hydrologiczno-meteorologiczne w okresie 2012-2018	7
4. Monitoring wód powierzchniowych oraz analiza zasobów wodnych.....	10
4.1 Analiza wyników pomiarów przepływu cieków Środkowego Basenu doliny Biebrzy ...	10
4.1.1 Analiza zmienności rozrzędu wody w węźle wodnym Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski...	10
4.1.2 Analiza drenującej roli Kan. Woźnawiejskiego	12
4.1.3 Analiza pomierzonych przepływów chwilowych rz. Ełk i Kan. Rudzkiego.....	13
4.2 Analiza stanów wód powierzchniowych	14
4.3 Krzywe natężenia przepływu.....	20
4.4 Analiza hydrogramów przepływu rz. Jęgrzni, rz. Ełk i i Kan. Woźnawiejskiego w latach 2012(15)-2018.....	24
5. Pomiary stanów wód podziemnych	30
5.1 Analiza stanów charakterystycznych na podstawie monitoringu automatycznego	30
5.2 Analiza stanów wód podziemnych na podstawie monitoringu manualnego – ocena wpływu jazu w Kan. Woźnawiejskim na wzrost stanów wód podziemnych	34
6. Wnioski	39
7. Literatura	42
8. Załączniki	44

Streszczenie

W niniejszym raporcie przedstawiono interpretację wyników monitoringu hydrologicznego (tj, stanów wód powierzchniowych, stanów wód podziemnych oraz przepływów) prowadzonego w latach 2012(15)-2018 na obszarze Środkowego Basenu doliny Biebrzy. Stwierdzono, że podjęcie działań technicznych mających na celu zmianę rozrządu wody w węźle Kan. Woźnawiejski-Jegrznia zaowocowało wzrostem transferu wód do dolnego odcinka rz. Jegrzni. Analiza wyników pomiarów hydrometrycznych pozwala stwierdzić, że drenująca rola Kan. Woźnawiejskiego w stosunku do przylegających torfowisk nie została jednak wydatnie ograniczona w wyniku podjęcia działań technicznych. W większości (26) spośród analizowanych 32 punktów automatycznego monitoringu położenia zwierciadła wód podziemnych w krytycznych okresach suszy spadały poniżej 1 m p.p.t. Jakkolwiek, średnie stany wód podziemnych jedynie w 4 analizowanych piezometrach były niższe niż 0,5 m pod terenem. Największą równomiernością przepływu charakteryzowała się dolna Jegrznia (profil ID1), a Kan. Woźnawiejski w okresach przepływów wysokich działa skutecznie jako kanał ulgi dla górnej Jegrzni. W świetle przeprowadzonych analiz hydrologicznych można wnioskować, że przeprowadzone działania techniczne polegające na wprowadzeniu piętrzeń w korycie Kan. Woźnawiejskiego doprowadziły do istotnego statystycznie wzrostu stanów wód podziemnych w piezometrach położonych najbliżej kanału (ID148, ID149, ID172, ID173, ID174, ID175, ID187 i ID188) średnio o ok. 0,2 m. Zasięg prowadzonego monitoringu stanów wód podziemnych pozwala stwierdzić, że powierzchnia strefy bezpośredniego i istotnego statystycznie oddziaływania piętrzeń wynosi przynajmniej ok. 270 ha.



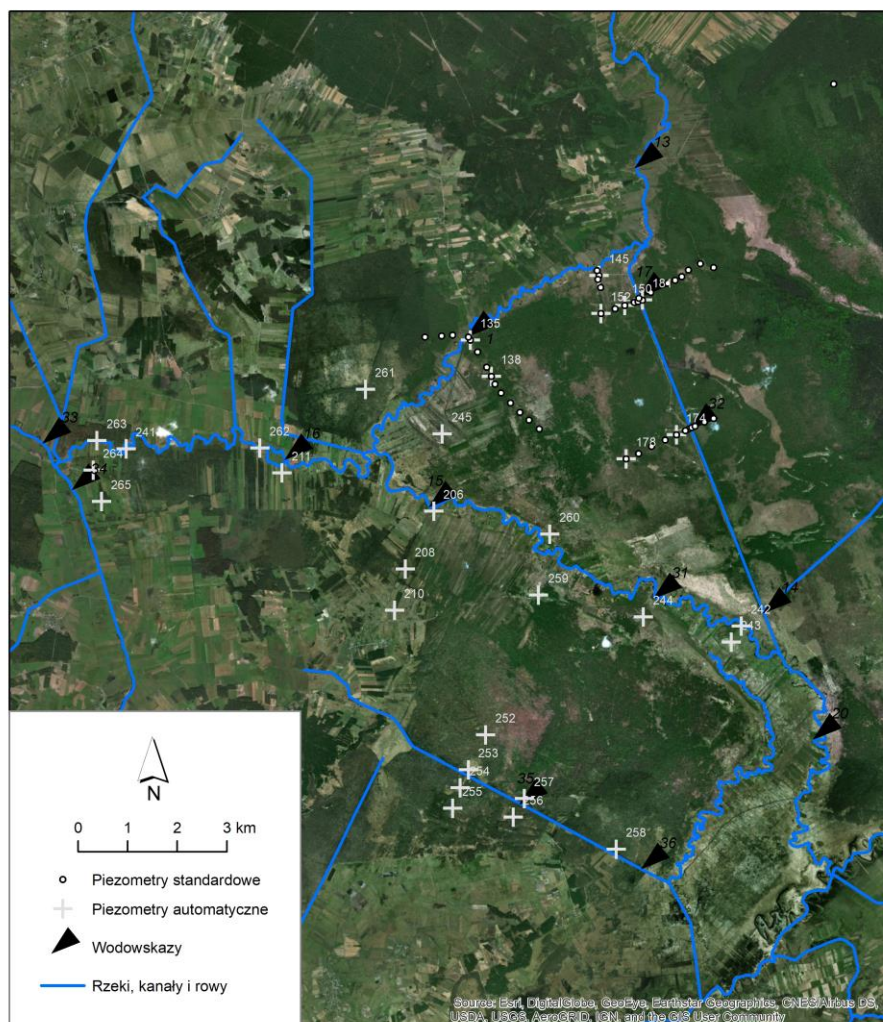
Summary

In this report the analysis of hydrological monitoring results (groundwater levels, surface water levels, river discharges) conducted in years 2012(15)-2018 in the Middle Basin of the Biebrza Valley are presented. It was concluded that the implementation of technical restoration measures in order to change the flow regime of the Lower Jęgrzonia river and Woznawiejski Canal resulted in the increase of water transfer to the lower course of Jęgrzonia. Interpretation of discharge measurements allowed to conclude that the draining role of Woznawiejski Canal to adjacent peatlands has not been vitally changed in result of technical actions implemented. In the majority (26) of piezometers analysed (32) groundwater levels in periods of drought dropped lower than 1 m b.g.l., but the average groundwater levels only in 4 piezometers out of 32 were lower than 1 m b.g.l. The highest discharge stability was observed in the Lower Jęgrzonia (profile ID1). Woznawiejski Canal during the peak flows received majority of water from the upper Jęgrzonia. In the light of presented hydrological analyses one can conclude that implemented technical restoration measures based on damming of Woznawiejski Canal resulted in statistically significant increase of groundwater levels in piezometers located near to the canal (ID148, ID149, ID172, ID173, ID174, ID175, ID187 i ID188) by 0.2 m in average. Spatial extent of the conducted groundwater levels monitoring allows to state that the zone of direct influence of damming in Woznawiejski Canal on groundwater levels in the adjacent peatlands covers at least some 270 ha.



1. Wstęp

Celem opracowania jest zestawienie w jednolitej formie oraz interpretacja wyników pomiarów stanów wód powierzchniowych i podziemnych wykonanych w latach hydrologicznych 2015-2018 w ramach projektu LIFE13 NAT/PL/000050 Renaturyzacja sieci hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy. Etap II, współfinansowanego przez instrument finansowy LIFE+ Komisji Europejskiej, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Biebrzański Park Narodowy. W celu przedstawienia możliwie pełnego zakresu analizy wraz z odwołaniem się do wszystkich możliwych danych, w niniejszym raporcie uwzględniono i przeanalizowano dostępne wyniki obserwacji hydrologicznych prowadzonych w sieci monitoringu hydrologicznego Biebrzańskiego Parku Narodowego w latach hydrologicznych 2012-2016 (Rys. 1.1).



Rys. 1.1. Sieć pomiarowa stanów wód powierzchniowych i podziemnych w Środkowym Basenie doliny Biebrzy. Ortofotomapa: www.esri.com.

Celem niniejszego raportu jest próba udzielenia odpowiedzi na następujące pytania badawcze:

- 1) Jakie warunki meteorologiczne panowały w latach 2012(15)-2018 i czy ich zmienność pozwala na interpretację zmian wybranych wskaźników hydrologicznych w kontekście przeprowadzonych działań technicznych projektu Renaturyzacji Sieci Hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy?
- 2) Jak zmieniał się rozrząd wód w węźle wodnym Jegrznia-Kan. Woźnawiejski w kontekście rozpoczęcia piętrzenia wody na jazie i zestawie progów piętrzących, które nastąpiło w maju 2016 r. (zarówno w świetle równoległych pomiarów przepływu cieków jak również w świetle zmienności hydrogramów przepływu i stanów wody)?
- 3) Czy drenujące oddziaływanie Kan. Woźnawiejskiego względem przyległych mokradeł zostało ograniczone w wyniku przeprowadzenia działań technicznych projektu?
- 4) Jak kształtuje się rozrząd wód w węźle wodnym Modzelówka (rz. Ełk – Kan. Rudzki)?
- 5) Jak zmieniał się położenie zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych w latach 2012(15)-2018?
- 6) Jak kształtowały się zależności pomiędzy stanami wody a natężeniem przepływu rz. Ełk, rz. Jegrzni oraz Kan. Woźnawiejskiego w analizowanym okresie czasu?
- 7) Jakie są przepływy charakterystyczne badanych rzek?
- 8) Czy wybrane charakterystyki stanów wód podziemnych na obszarze wdrażania projektu są podobne czy rozbieżne w stosunku do stanów wód podziemnych zmierzonych w siedliskach położonych poza obszarem oddziaływania projektu?
- 9) Czy w wyniku podjętych działań renaturyzacyjnych udało się doprowadzić do wzrostu stanów wód podziemnych na obszarze „Trójkąta“
- 10) Jak szeroka jest strefa wzdłuż Kan. Woźnawiejskiego, w której stwierdzono istotny statystycznie wzrost stanów wód podziemnych, jaki nastąpił w wyniku piętrzenia wody przez budowle wzniesione w korycie Kanału?

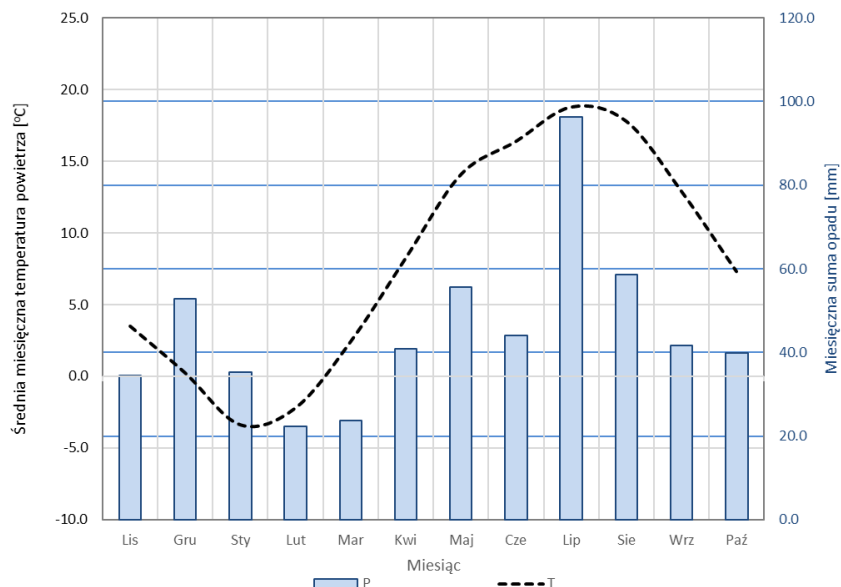
2. Warunki hydrologiczno-meteorologiczne w okresie 2012-2018

W latach hydrologicznych 2012-2018 występowały lata suche oraz wilgotne. Średnia suma opadów na obszarze Środkowego Basenu doliny Biebrzy wyniosła za ten okres 628 mm i była wyższa, niż wartości podawane wcześniej przez innych autorów jako charakterystyki wielolecia (np. 583 mm podawane przez Kossowską-Cezak, 1984). W analizowanym wieloleciu, najsuchszy był rok 2015, kiedy zarejestrowano jedynie 452 mm opadów, co stanowi niecałe 72% średniej sumy opadu z badanego okresu. Najwilgotniejszy był rok 2017, kiedy w posterunku opadowym Grzędy zanotowano 747 mm, co stanowi niemal 119% średniej rocznej sumy opadów z okresu 2012-2018 (Tab. 2.1).

Tab. 2.1. Roczne sumy opadów (P) na stacji Grzędy (BPN) i średnia roczna temperatura powietrza (T) na stacji Białystok w roku hydrologicznym 2018 oraz w latach hydrologicznych poprzedzających rok analizy. Źródło danych: P – stacja Grzędy, BPN; T - <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>

Rok hydrologiczny	P [mm]	T [°C]
2012	578	7,3
2013	744	7,1
2014	516	8,4
2015	452	8,2
2016	739	8,4
2017	747	7,6
2018	617	9,0
Średnia	628	8,0

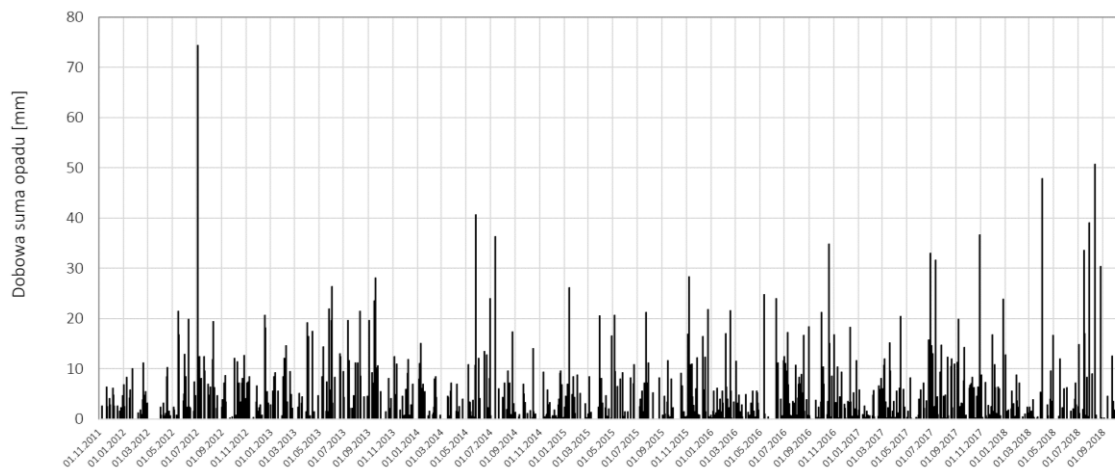
Relatywnie dużą zmiennością charakteryzowały się w badanym okresie również średnie roczne temperatury powietrza. Średnia roczna temperatura powietrza na obszarze badań, analizowana w przybliżeniu na podstawie danych NOAA pochodzących ze stacji meteorologicznej Białystok, wyniosła 8,0 °C i ulegała zmianom w zakresie od 7,1 °C w roku 2013 do 9,0 °C w roku 2018 (Tab. 2.1; Rys. 2.1).



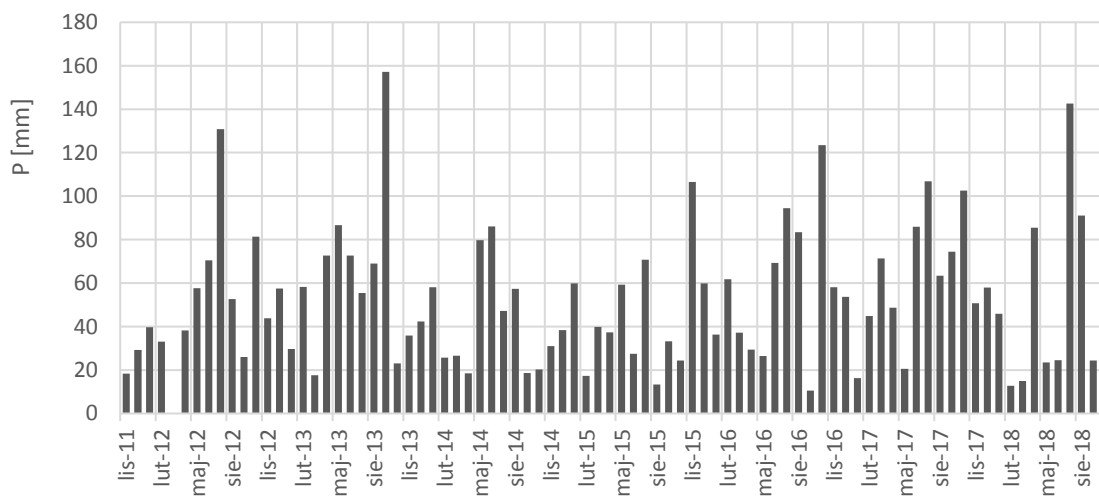
Rys. 2.1. Średnie miesięczne sumy opadów na stacji Grzędy (BPN) oraz średnie miesięczne temperatury powietrza na stacji Białystok w latach hydrologicznych 2012-2018. Źródło danych: Opady - BPN, Temperatura powietrza – IMGW.

Średnio najwilgotniejszym i najcieplejszym miesiącem w Środkowym Basenie doliny Biebrzy jest lipiec, ze średnią miesięczną sumą opadów sięgającą 95 mm oraz średnią

miesięczną temperaturą powietrza osiągającą 18,2 °C. Najniższe sumy opadów osiągające około 22 mm zmierzono w lutym. Średnio najchłodniejszym miesiącem jest styczeń z temperaturą około -4 °C (Rys. 2.1). Analizowany w niniejszym raporcie okres jest zatem zróżnicowany pod względem sum opadów i temperatury powietrza. Analizując przebieg dobowych (Rys. 2.2) i miesięcznych sum opadów atmosferycznych nie stwierdzono żadnego istotnego trendu. W latach 2016-2018 stwierdzono jednak istotnie więcej dni z sumą opadów przekraczającą 30 mm w porównaniu z latami 2012-2016.



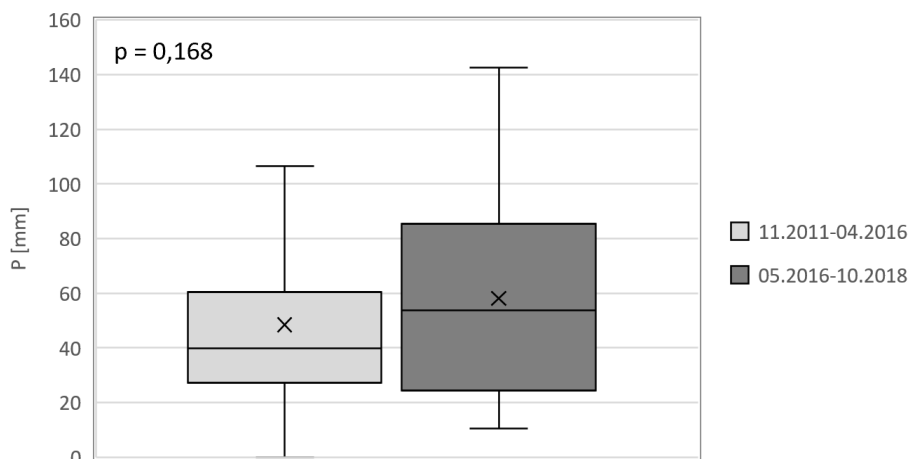
Rys. 2.2. Dobowe sumy opadów na stacji Grzędy (BPN) w latach hydrologicznych 2012-2018. Źródło danych: BPN.



Rys. 2.3. Miesięczne sumy opadów na stacji Grzędy (BPN) w latach hydrologicznych 2012-2018. Źródło danych: Grzędy, BPN.

W celu porównania różnic miesięcznych sum opadów w okresie przed rozpoczęciem piętrzenia wód w Kan. Woźnawiejskim (tj. przed majem 2016 r.) w porównaniu z okresem

po rozpoczęciu piętrzenia (maj 2016 – październik 2018) przeprowadzono standardową analizę statystyczną testem nieparametrycznym T-Studenta (Rys. 2.4). O ile stwierdzono, że średnie i maksymalne sumy opadów w okresie po rozpoczęciu piętrzenia w Kan. Woźnawiejskim były wyższe niż przed rozpoczęciem piętrzenia, to stwierdzona różnica nie była istotna statystycznie ($p > 0,05$).



Rys. 2.4. Rozkłady miesięcznych sum opadów na stacji Grzędy (BPN) w okresie przed rozpoczęciem piętrzenia wód w Kan. Woźnawiejskim oraz po rozpoczęciu piętrzenia wód w Kan. Woźnawiejskim. X – średnia, linia pozioma – mediana, górna krawędź „pudełka” – 75 percentyl, dolna krawędź pudełka – 25 percentyl, górny i dolny „wąs” – 5 i 95 percentyl. Źródło danych: Grzędy, BPN.

3. Monitoring wód powierzchniowych oraz analiza zasobów wodnych

3.1 Analiza wyników pomiarów przepływu cieków Środkowego Basenu doliny Biebrzy

3.1.1 Analiza zmienności rozrządu wody w węźle wodnym Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski

Na podstawie wyników pomiarów przepływu wykonywanych niemal równolegle (tj. w tym samym dniu) w przekrojach zlokalizowanych w korycie rz. Jęgrzni powyżej oraz poniżej węzła wodnego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski oraz w górnej części Kan. Woźnawiejskiego (punkty monitoringu odpowiednio 13 i 1 oraz 17; Rys. 1.1), określono zmienność rozrządu wody w tym węźle wodnym w różnych okresach analizowanych lat hydrologicznych (Tab. 3.1). Na podstawie przeprowadzonych badań rozrządu wód w węźle wodnym Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski stwierdzono, że przed rozpoczęciem piętrzenia wód na jazie (tj. umownie w okresie przed 01.05.2016 r.), średni udział dolnej Jęgrzni (profil Ciszewo) w transferze wód górnej Jęgrzni (profil Kuligi Most Betonowy) wynosił 0,41. Po rozpoczęciu systematycznego piętrzenia wód w korycie Kan. Woźnawiejskiego udział dolnej Jęgrzni w transferze wód górnej Jęgrzni wyniósł 0,56. Pomimo niewielkiej liczby dostępnych danych z pomiarów hydrometrycznych prowadzonych w węźle wodnym Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski przed rozpoczęciem piętrzenia wód w korycie Kan. Woźnawiejskiego można uznać, że rozrząd

wody poprawił się na korzyść rz. Jegrzni, co odzwierciedla założenia projektu „Renaturyzacja sieci hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy, Etap I”.

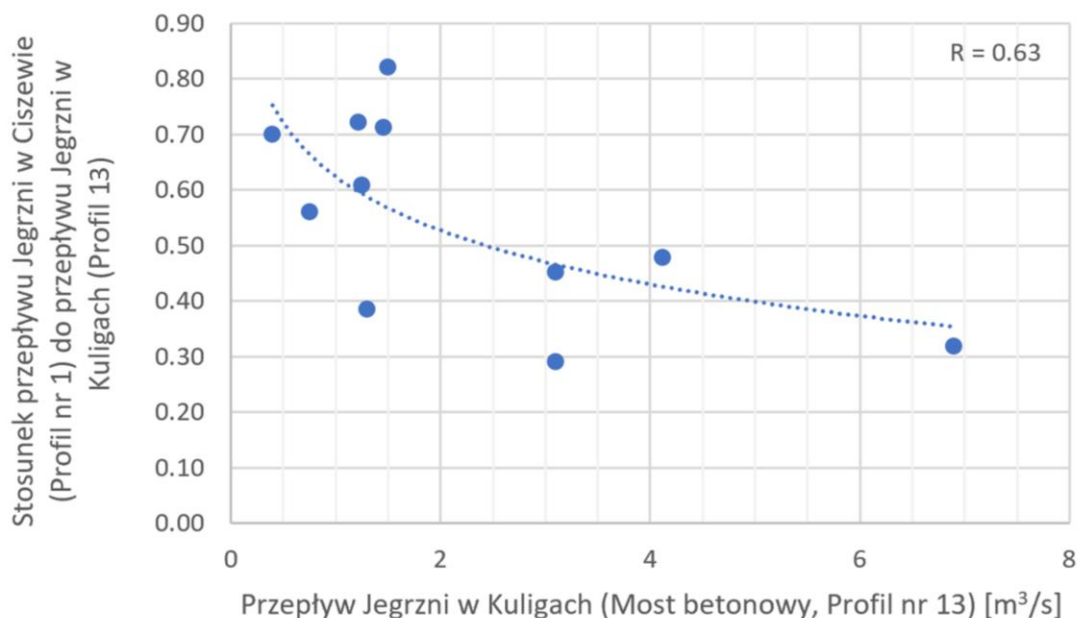
Tab. 3.1 Analiza rozrządu wody w węźle wodnym Jegrznia-Kan. Woźnawiejski.

Data	Przepływ w profilu pomiarowym [m ³ /s]			(1+17)/13	1/13
	Profil 13 Jegrznia – Kuligi Most Betonowy	Profil 17 Kan. Woźnawiejski – Góra	Profil 1 Jegrznia - Ciszewo		
2015-10-05*	0,763	0,508	0,447	1,25	0,59
2015-12-07*	1,431	0,42	0,227	0,45	0,16
2016-03-23*	4,12	3,09	1,97	1,23	0,48
Średnio					0,41
2016-06-15	0,75	0,36	0,42	1,04	0,56
2016-10-26	1,5	0,89	1,23	1,41	0,82
2017-10-02	3,1	2,3	0,9	1,03	0,29
2017-07-03	1,3	0,78	0,5	0,98	0,38
2017-05-27	3,1	2,2	1,4	1,16	0,45
2017-10-28	6,9	3,8	2,2	0,87	0,32
2018-07-13	0,4	0,15	0,28	0,95	0,70
2018-08-29	1,25	0,68	0,76	1,15	0,61
2018-09-28	1,46	0,8	1,04	1,26	0,71
2018-10-19	1,22	0,43	0,88	1,07	0,72
Średnio					0,56

* przed rozpoczęciem piętrzenia na Jazie w Kan. Woźnawiejskim

Stwierdzono, że udział dolnej Jegrzni w transferze wód z górnej Jegrzni był większy w okresach przepływów niskich, aniżeli w okresach przepływów wysokich (Rys. 3.1). Odzwierciedla to charakter planowanego oddziaływania jazu na przepływy w analizowanym węźle wodnym: w okresach niżówkowych zamknięty jaz przekierowuje do koryta dolnej Jegrzni większość wód dopływających do węzła wodnego. W okresach wezbrań, Kan. Woźnawiejski działa jako swoisty kanał ulgi; po otwarciu jazu udział Kan. Woźnawiejskiego w transferze wód z górnej Jegrzni wzrasta (Rys. 3.1). Stwierdzono, że w warunkach funkcjonowania jazu w latach 2016-2018, gdy przepływ Jegrzni w Kuligach (powyżej węzła wodnego) przekraczał ok. 2 m³/s to udział Kan. Woźnawiejskiego w transferze wód przekraczał 50% i wzrastał wraz ze wzrostem przepływu Jegrzni powyżej węzła wodnego. Stwierdzono, że w warunkach przepływów wysokich rz. Jegrzni powyżej węzła wodnego (tj. ponad 6 m³/s), udział Kan. Woźnawiejskiego w transferze wód osiągał niemal 70%. Z jednej strony wskazuje to na skuteczność założeń projektu, tj. uruchamianie Kan. Woźnawiejskiego w okresach przepływów wysokich w celu zapobieżenia podtopieniom obszarów rolniczych położonych bezpośrednio przy korycie dolnej Jegrzni oraz tzw. Martwego Ełku. Z drugiej strony, należy analizować to zjawisko w celu utrzymania drożności Jegrzni w okresach „po-wezbraniowych” (zwiększenie roli drenującej Kan.

Woźnawiejskiego w okresach wezbrań może powodować zwiększenie erozji bezpośrednio poniżej węzła wodnego, co może w okresach niżówek utrudniać przekierowanie wód do koryta Jegrzni.



Rys. 3.1 Analiza związku pomiędzy przepływem Jegrzni w Kuligach (Profil 13) oraz w Ciszewie (Profil 1) w okresie po oddaniu do użytku i uruchomieniu jazu w Kan. Woźnawiejskim w latach 2016-2018.

3.1.2 Analiza drenującej roli Kan. Woźnawiejskiego

Na podstawie wyników pomiarów przepływu wykonywanych niemal równolegle (tj. w tym samym dniu) w przekrojach zlokalizowanych w górnej i dolnej części Kan. Woźnawiejskiego (punkty monitoringu nr 17 i 14), określono różnice pomiędzy wynikami tych pomiarów, odzwierciedlające objętość wody dopływającą do Kan. Woźnawiejskiego z obszaru zlewni różnicowej położonej pomiędzy tymi profilami pomiarowymi (Tab. 3.2). Przyjęto, że różnica przepływów Kan. Woźnawiejskiego wskazuje na jego drenującą rolę w stosunku do przyległych torfowisk.

W świetle przeprowadzonych pomiarów wykazano, że drenująca rola Kan. Woźnawiejskiego w stosunku do przylegających torfowisk jest znikoma w okresach wezbrań i wzrasta wraz ze spadkiem przepływów. Wykazano również, że w okresach przepływów niżówkowych, przepływ Kan. Woźnawiejskiego w profilu dolnym (nr 14) po wprowadzeniu progów piętrzących oraz jazu jest średnio o 8,3% większy niż w profilu górnym (ID17; Tab. 3.2). W okresie najgłębszych zmierzonych niżówek przepływ w Kan. Woźnawiejskim na stanowisku dolnym był jednak nawet o 28% wyższy, co wciąż dowodzi drenującej roli kanału względem wód podziemnych, nawet po wprowadzeniu piętrzenia wód w korycie Kan. Woźnawiejskiego (progi oraz jaz). Ograniczona ilość materiału

porównawczego nie pozwala jednak na wyciągnięcie miarodajnych wniosków odnośnie zmiany drenującej roli Kan. Woźnawiejskiego względem wód podziemnych przyległych torfowisk.

Tab. 3.2 Analiza różnic wartości chwilowego natężenia przepływu w Kan. Woźnawiejskim.

Data	Numer profilu i przepływ chwilowy [m³/s]		
	17	14	14/17
2015-12-07*	0,42	0,48	1,13
2016-03-23*	3,09	3,08	~1,00
26.10.2016	0,89	0,68	0,76
29.08.2018	0,68	0,76	1,12
28.09.2018	0,80	0,84	1,05
19.10.2018	0,43	0,55	1,28

* przed rozpoczęciem piętrzenia na Jazie w Kan. Woźnawiejskim

Zaleca się kontynuację monitoringu przepływu chwilowego Kan. Woźnawiejskiego z uwzględnieniem konieczności wykonania równoległych pomiarów hydrometrycznych (tj. możliwie tego samego dnia, w możliwie najkrótszym interwale czasowym).

3.1.3 Analiza pomierzonych przepływów chwilowych rz. Ełk i Kan. Rudzkiego

Analiza wyników wykonanych, jednoczesnych pomiarów natężenia przepływu rz. Ełk (profil 33) Kan. Rudzkiego (profil 34) oraz rz. Martwy Ełk (profil 16) dowodzi, że całkowity odpływ rz. Ełk był w latach 2015-2018 przechwytywany przez Kan. Rudzki. Obserwowano jednak, np. w okresach niżówek, że udział przepływu Kan. Rudzkiego w całkowitym przepływie rz. Ełk powyżej jazu w Modzelówce wynosił 78%. W przypadku jednego wezbrania (29.08.2018) również zaobserwowano nieco mniejszy niż normalnie transfer wód Górnego Ełku do Kan. Woźnawiejskiego. Wydaje się jednak, że mogło być to spowodowane niedokładnością pomiaru.

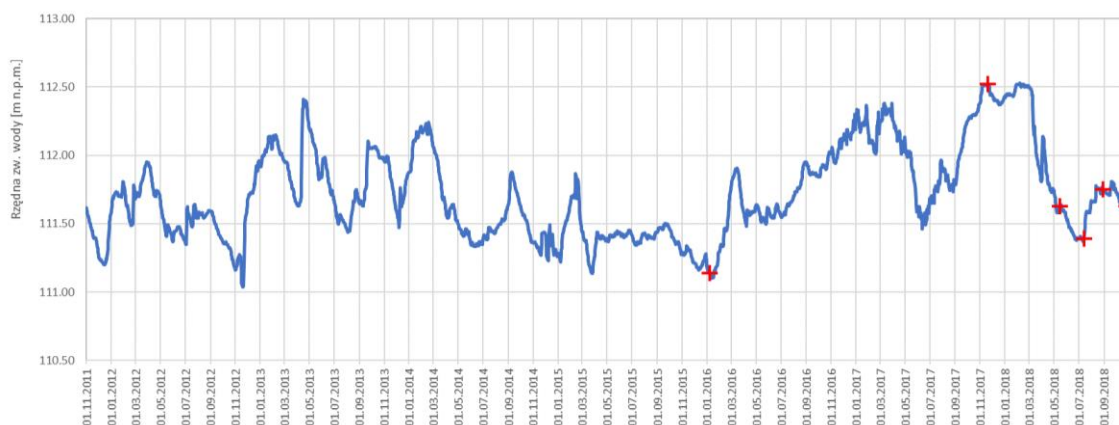
Średnio, na podstawie pomiarów wykonanych w latach 2015-2018 można stwierdzić, że odcinek rz. Ełk pomiędzy Modzelówką a ujściem Jegrzni nie uczestniczył w transferze wód rz. Ełk dalej w dół jej starego koryta, co – w przypadku chęci utrzymania koryta dolnego Ełku jako stabilnie funkcjonującej rzeki - potwierdza konieczność podjęcia działań zmierzających do przekierowania części wód górnego Ełku do jego dawnego, dolnego biegu.

Tab. 3.3 Wyniki pomiarów natężenia przepływu rz. Elk oraz Kan Rudzkiego oraz wybrane charakterystyki pomierzonych wartości.

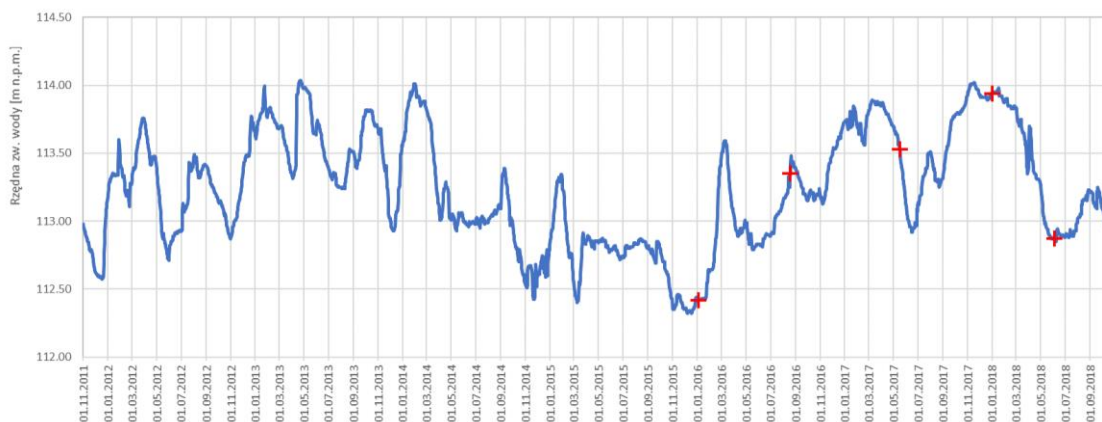
Data	Q w profilu 33 [m ³ /s]	Q w profilu 34 [m ³ /s]	Q w profilu 16 [m ³ /s]	Q34/Q33
05.10.2015	2.37	2.36	0.06	0.99
05.10.2015	2.37	2.36	0.06	0.99
02.10.2017	8.46	9.68	-	1.14
28.10.2017	12.93	18.36	-	1.42
03.07.2017	6.50	7.82	-	1.20
27.05.2017	8.86	10.27	-	1.16
04.12.2015	0.41	0.43	0.00	1.06
24.03.2016	0.51	0.47	-	0.93
13.06.2016	0.22	0.17	-	0.78
26.10.2016	0.25	0.23	-	0.91
13.07.2018	2.34	2.11	-	0.90
29.08.2018	3.09	2.22	-	0.72
28.09.2018	2.96	2.97	0.00	1.00
19.10.2018	3.10	3.03	-	0.98
Średnia				1.01

3.2 Analiza stanów wód powierzchniowych

Analizę stanów wód powierzchniowych przeprowadzono w 13 posterunkach pomiarowych, w których w latach 2011-2018 lub 2016-2018 prowadzono monitoring standardowy i automatyczny (Tab. 3.4). Dane automatyczne zostały zweryfikowane na podstawie prowadzonych okazjonalnych lub regularnych pomiarów standardowych. Wybrane przykłady weryfikacji serii danych o stanach wód powierzchniowych w posterunkach ID1, ID13 oraz ID33 przedstawiono na rysunkach 3.2 i 3.3.



Rys. 3.2 Weryfikacja automatycznych odczytów stanów wody na podstawie pomiarów manualnych. Wodowskaz ID1. Czerwonym znacznikiem oznaczono pomiar standardowy, niebieska linia pokazuje stany wody obliczone na podstawie monitoringu automatycznego.



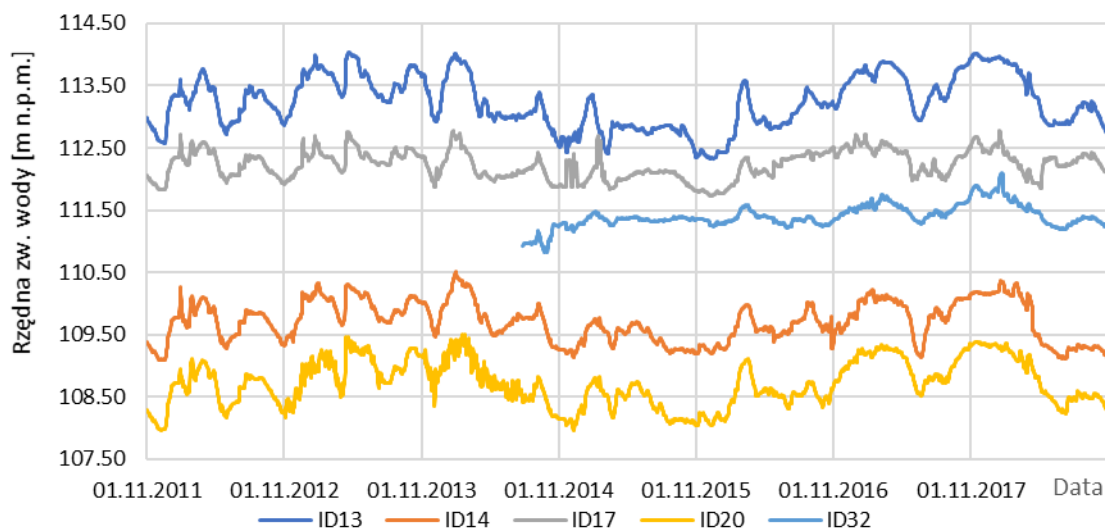
Rys. 3.3 Weryfikacja automatycznych odczytów stanów wody na podstawie pomiarów manualnych. Wodowskaz ID13. Czerwonym znacznikiem oznaczono pomiar standardowy, niebieska linia pokazuje stany wody obliczone na podstawie monitoringu automatycznego.

Tab. 3.4 Rzędne punktów referencyjnych przyjętych w analizie stanów wody. Źródło danych: BPN oraz pomiary własne.

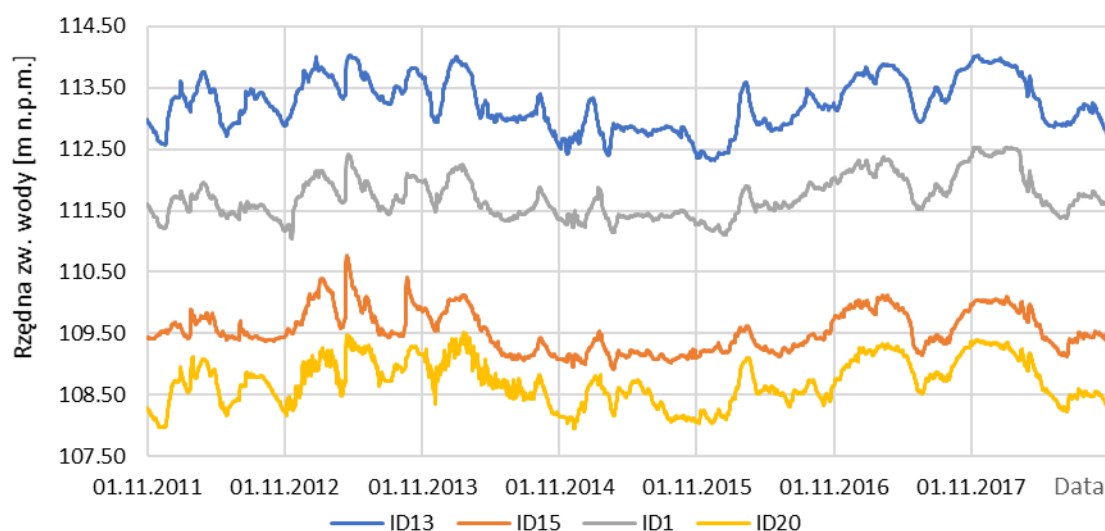
ID	X92	Y92	Okres monitoringu	H główki piezometru (Kronsztań 86) [m n.p.m.]	H repera (Kronsztań 86) [m n.p.m.]	Typ repera	Uwagi
1	645965.76	744673.3	2011-2018	111.25	109.54	Pz	od 08.09.2018 - 112.69
13	649364.6	748055.88	2011-2018	-	112.05	Pz	od 08.09.2018 - 110.37
14	640391.67	750634.5	2011-2018	109.34	-	-	-
15	642537.93	743904.02	2011-2018	109.00	-	-	-
16	643491.58	741000.69	2011-2018	111.01	-	-	-
17	646748.4	748111.2	2011-2018	112.38	-	-	-
20	637856.3	751649.11	2011-2018	108.90	-	-	-
31	640689.85	748429.58	2014-2018	110.48	-	-	Rzędna niepewna
32	644095.86	749157.21	2014-2018	110.94	-	-	-
33	643817.2	736117.65	2015-2018	111.07	111.00	Kątownik	-
34	642880.35	736710.61	2015-2018	111.09	110.94	Kątownik	od 29.06.2018 rzędna 110.64
35	636545.64	745728.13	2015-2018	108.69	108.62	Kątownik	-
36	635243.52	748184.12	2015-2018	109.86	109.79	Kątownik	-

W całym analizowanym okresie badawczym, najniższe stany wody analizowanych cieków stwierdzono w roku 2015, a najwyższe – w 2017, co odzwierciedla panującą w tych latach sytuację meteorologiczną Środkowego Basenu doliny Biebrzy (Tab. 2.1). Układ zwierciadła wody poszczególnych cieków układał się zgodnie ze spadkiem zwierciadła wody, choć zależności pomiędzy stanami wody w poszczególnych wodowskazach ulegały zmianom wraz ze zmianami stanów wody. W żadnym z przypadków (Rys. 3.4-3.7) nie stwierdzono istotnego statystycznie trendu stanów wody.

Przebieg stanów wód powierzchniowych wykazuje wysoką współkształtność hydrogramów w poszczególnych sekwencjach profili pomiarowych (Rys. 3.4-3.7). W profilu ID17, położonym bezpośrednio powyżej jazu w korycie Kan. Woźnawiejskiego zaobserwowano wskazania obrazujące działanie jazu. Wzrosty stanów wody w tym profilu, następujące w wyniku piętrzenia wody na jazie, skutkują równoczesnym obniżeniem stanów wody w profilach ID32 i ID14 (położonych poniżej; Rys. 3.4). Dowodzi to skuteczności piętrzenia jako narzędzia pozwalającego na ograniczenie transferu wód górnej Jegrzni przez Kan. Woźnawiejski. Wzdłuż cieków nieobjętych bezpośrednimi działaniami technicznymi (rz. Jegrznia i rz. Ełk) współkształtność hydrogramów stanów wody jest wysoka (Rys. 3.5).

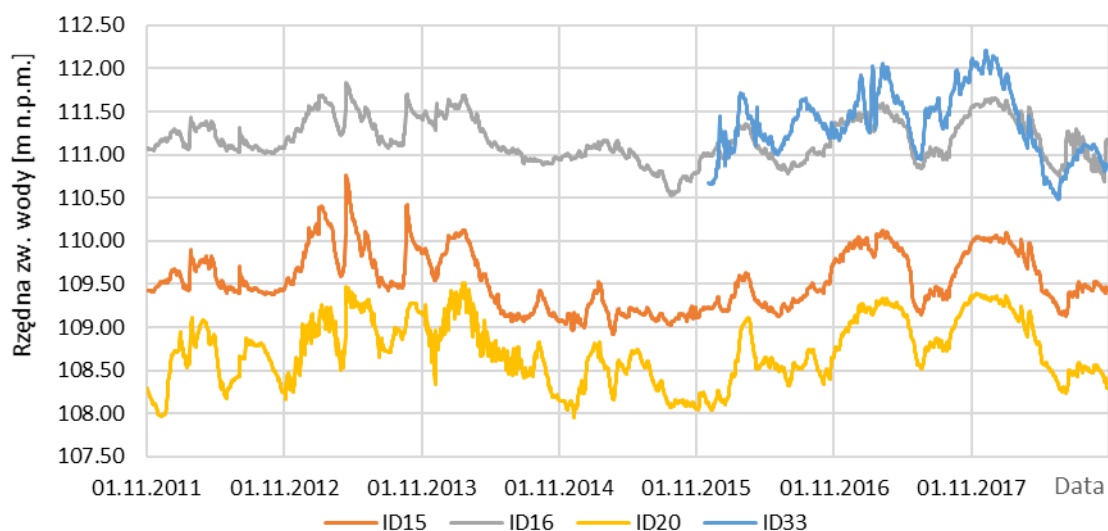


Rys. 3.4 Hydrogramy stanów wody w sekwencji punktów monitoringu Jegrznia – Kan. Woźnawiejski – Ełk.

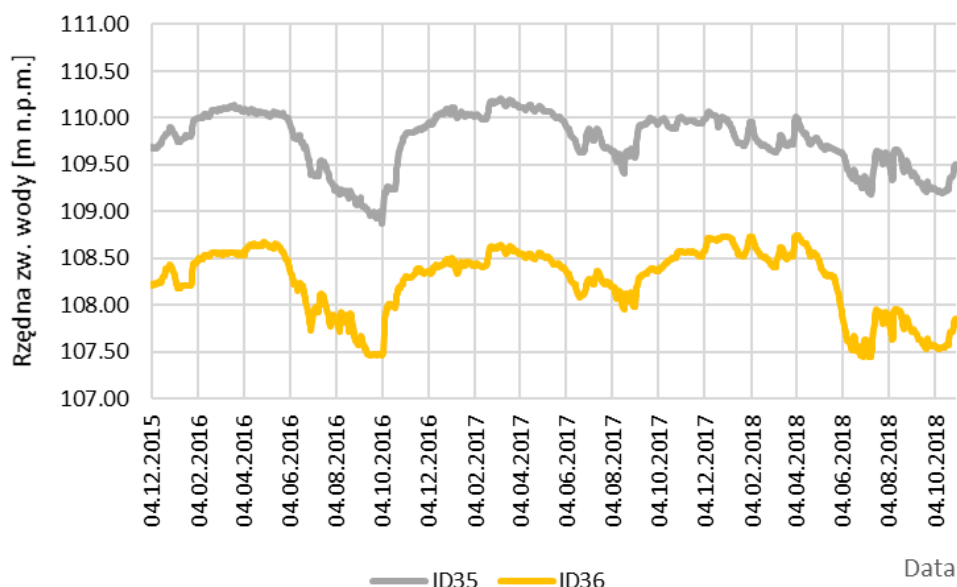


Rys. 3.5 Hydrogramy stanów wody w sekwencji punktów monitoringu Jegrznia – „Martwy Ełk” – Ełk.

Podobną sytuację stwierdzono wzdłuż rz. Ełk, choć wzajemne nakładanie się rzędnych zwierciadła wody w profilu pomiarowym położonym powyżej jazu w Modzelówce z rzędnymi zwierciadła wody w profilu Dębiec (ID16) wskazują jednoznacznie na rozłączność hydrauliczną rz. Ełk na tym odcinku (Rys. 3.6). Bardzo wysoką współkształtność hydrogramów stanów wody stwierdzono w przypadku Kan. Kapickiego (Rys. 3.7), co wskazuje na stabilność przepływów tego ciekę oraz jego oddziaływania na układ hydrauliczny otoczenia.



Rys. 3.6 Hydrogramy stanów wody w sekwencji punktów monitoringu wzdłuż rz. Ełk.



Rys. 3.7 Hydrogramy stanów wody w sekwencji punktów monitoringu wzdłuż rz. Kan. Kapickiego.

Stany charakterystyczne badanych cieków odzwierciedlały sytuację meteorologiczną panującą w latach 2012(15)-2018 w Środkowym Basenie doliny Biebrzy (Tab. 3.5 i 3.6). W analizowanym okresie największą stabilność wykazały warunki hydrologiczne panujące w profilach ID17 (górny odcinek Kan. Woźnawiejskiego), oraz ID31 (dolny odcinek tzw. „Cichego Łku”). Amplituda (rozstęp) stanów wody w tych profilach wyniósł w badanym wieloleciu około 1 m. W przypadku profilu ID17 jest to najprawdopodobniej spowodowane piętrzeniem wody na jazie położonym ok. 300 m poniżej punktu pomiarowego. W przypadku profilu ID31 może to być uwarunkowane osobliwym układem koryta rz. Łk w badanym miejscu (relatywnie duża głębokość i szerokość koryta), która wymusza niewielką zmienność stanów wody w różnych warunkach przepływu.

Tab. 3.5 Stany charakterystyczne I stopnia monitorowanych cieków w poszczególnych punktach monitoringu w latach hydrologicznych 2012(15)-2018. NW – najniższy roczny stan wody; SW – średni roczny stan wody; WW – najwyższy roczny stan wody. Wartości podano w m n.p.m. w układzie Kronsztad 86.

Rok	Stan	ID1	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID20	ID31	ID32	ID33	ID34	ID35	ID36
2012	WW	111,95	113,76	110,26	109,89	111,43	112,71	109,12	-	-	-	-	-	-
	SW	111,54	113,17	109,64	109,52	111,15	112,21	108,57	-	-	-	-	-	-
	NW	111,16	112,57	109,09	109,38	111,01	111,83	107,97	-	-	-	-	-	-
2013	WW	112,41	114,03	110,33	110,76	111,83	112,75	109,47	-	-	-	-	-	-
	SW	111,83	113,58	109,95	109,87	111,39	112,34	108,96	-	-	-	-	-	-
	NW	111,04	112,89	109,33	109,43	111,07	111,92	108,17	-	-	-	-	-	-
2014	WW	112,24	114,01	110,51	110,13	111,69	112,78	109,51	110,53	111,28	-	-	-	-
	SW	111,68	113,24	109,82	109,51	111,22	112,18	108,80	110,24	111,03	-	-	-	-
	NW	111,33	112,55	109,27	109,06	110,88	111,87	108,17	110,13	110,81	-	-	-	-
2015	WW	111,87	113,35	109,77	109,53	111,17	112,70	108,83	110,73	111,48	-	111,06	-	-
	SW	111,41	112,78	109,43	109,15	110,91	112,04	108,37	110,23	111,34	-	110,71	-	-
	NW	111,14	112,40	109,13	108,92	110,53	111,81	107,95	110,03	111,16	-	110,28	-	-
2016	WW	112,02	113,59	110,02	109,73	111,36	112,51	109,11	111,01	111,59	111,72	111,24	110,14	108,67
	SW	111,57	112,91	109,58	109,33	111,03	112,14	108,49	110,40	111,35	111,27	110,81	109,68	108,21
	NW	111,10	112,32	109,19	109,11	110,78	111,73	108,04	110,01	111,21	110,65	110,20	108,88	107,46
2017	WW	112,38	113,92	110,23	110,13	111,60	112,71	109,37	111,01	111,75	112,06	110,81	110,21	108,65
	SW	112,04	113,54	109,86	109,73	111,28	112,36	109,02	110,81	111,51	111,54	110,75	109,94	108,38
	NW	111,52	112,94	109,14	109,15	110,83	111,98	108,51	110,52	111,28	110,95	110,68	109,41	107,95
2018	WW	112,53	114,02	110,36	110,10	111,66	112,78	109,39	111,00	112,10	112,21	111,12	110,07	108,75
	SW	111,96	113,39	109,68	109,66	111,23	112,31	108,84	110,78	111,50	111,28	110,84	109,65	108,20
	NW	111,37	112,74	109,11	109,12	110,68	111,85	108,23	110,51	111,19	110,48	110,51	109,19	107,45

Największą zmienność stanów wody reprezentowany przez największe amplitudy (rozstęp) serii danych o stanach wody stwierdzono w profilach ID13, ID15 i ID33. Różnice pomiędzy najwyższymi a najniższymi stanami wody zmierzonymi w tych profilach wynosiły ponad 1,7 m (Tab. 3.6). Może to wynikać z pozostawiania pod wpływem rozrządu wody w węźle Rajgród, gdzie steruje się dostawą wody do rz. Jegrznicy poprzez przekierowanie części wód

do Kan. Kuwaskiego (profil ID13) lub położeniem profili pomiarowych na „wejściu” do systemu hydrologicznego Środkowego Basenu doliny Biebrzy. Zmienność stanów wody w tych profilach charakteryzuje zmienność warunków hydrologicznych panujących w regionie pojezierza Ełckiego (ID13 i ID33). W pozostałych profilach pomiarowych amplitudy stanów wody zawierały się w przedziale od 1,29 m (ID32) do 1,56 m (ID20), co należy uznać za potwierdzenie podobnej dynamiki hydrologicznej analizowanych cieków.

Tab. 3.6 Stany charakterystyczne II stopnia w latach hydrologicznych 2012-2018 (w punktach ID1-ID20) 2016-2018 (w punktach ID31-ID36) oraz amplitudy (2015-2018) i amplitudy absolutne (2012-2018) monitorowanych cieków w poszczególnych punktach monitoringu. Wartości stanów wody (NNW – najniższy z najniższych; SSW – średni ze średnich; WWW – najwyższy z najwyższych) podano w m n.p.m. w układzie Kronsztad 86. Amplitudy podano w metrach.

Stan	ID1	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID20	ID31	ID32	ID33	ID34	ID35	ID36
NNW	111,04	112,32	109,09	108,92	110,53	111,73	107,95	110,01	110,81	110,48	110,20	108,88	107,45
SSW	111,72	113,23	109,71	109,54	111,17	112,23	108,72	110,49	111,35	111,36	110,78	109,76	108,26
WWW	112,53	114,03	110,51	110,76	111,83	112,78	109,51	111,01	112,10	112,21	111,24	110,21	108,75
Amp	1,49	1,71	1,42	1,84	1,30	1,04	1,56	1,01	1,29	1,72	1,04	1,34	1,30

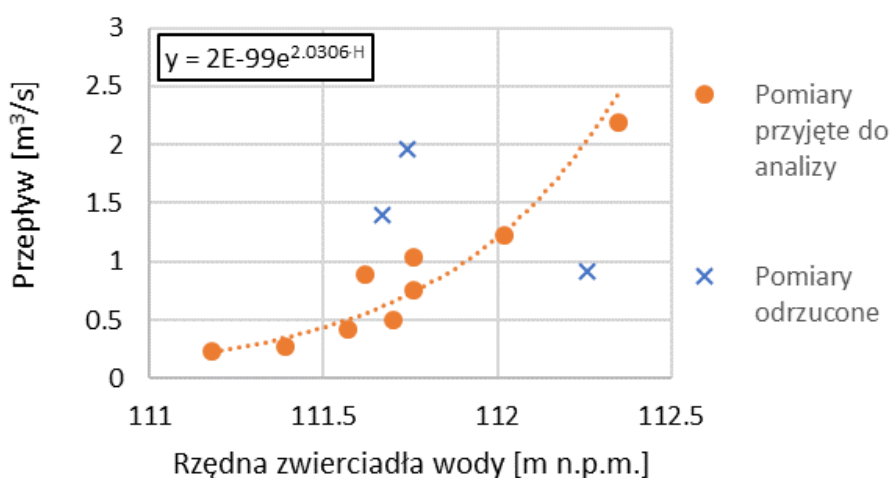
Granice stref stanów wody w poszczególnych profilach pomiarowych (Tab. 3.7) wyznaczono na podstawie metodyki przedstawionej przez Byczkowskiego (1996) poglądowo, do celów interpretacji aktualnych stanów wody oraz panującej w regionie sytuacji hydrologicznej w kolejnych latach.

Tab. 3.7 Granice stref stanów wody obliczone na podstawie stanów charakterystycznych I stopnia w analizowanym okresie badawczym.

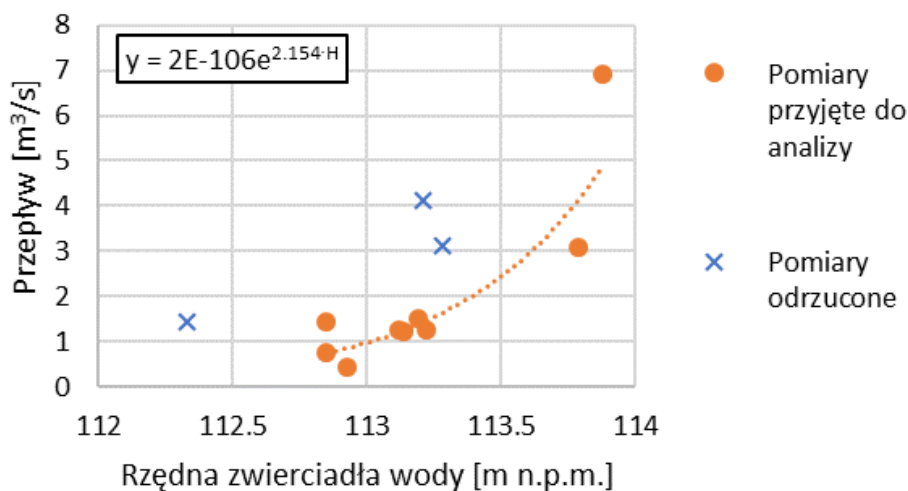
Punkt monitoringu	Górna granica strefy stanów niskich [m n.p.m.]	Dolna granica strefy stanów wysokich [m n.p.m.]
ID1	111,47	111,95
ID13	112,86	113,46
ID14	109,38	109,86
ID15	109,29	109,70
ID16	110,99	111,28
ID17	112,01	112,43
ID20	108,44	108,93
ID31	110,37	110,67
ID32	111,15	111,40
ID33	111,11	111,63
ID34	110,69	110,83
ID35	109,53	110,00
ID36	108,07	108,52

3.3 Krzywe natężenia przepływu

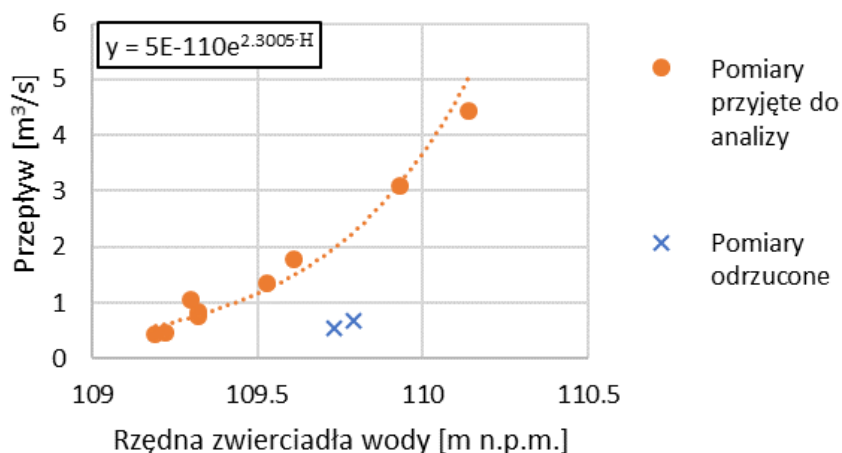
W ramach prac kameralnych, na podstawie wyników pomiarów stanów wody i natężenia przepływu w badanych ciekach podjęto próbę opracowania krzywych natężenia przepływu badanych cieków w analizowanych profilach pomiarowych. W pierwszym kroku dokonano weryfikacji otrzymanego materiału pomiarowego, na podstawie którego można opracować zależność empiryczną pomiędzy stanem wody a aktualnym przepływem chwilowym. W tym celu zestawiono ze sobą wyniki pomiarów stanów wody oraz odpowiadające im, pomierzone wartości natężenia przepływu w profilach ID1, ID13, ID14, ID15 oraz ID33 przedstawiono na Rys. 3.8-3.12. Z uwagi na niewielką liczbę wykonanych pomiarów przepływu w profilu ID16, wykonanie krzywej natężenia w tym profilu nie było możliwe. Wyniki pomiarów natężenia przepływu oraz stanów wody, zgodnie ze specyfikacją opracowanego raportu, znajdują się raportach cząstkowych wykonanych za lata 2016-2018.



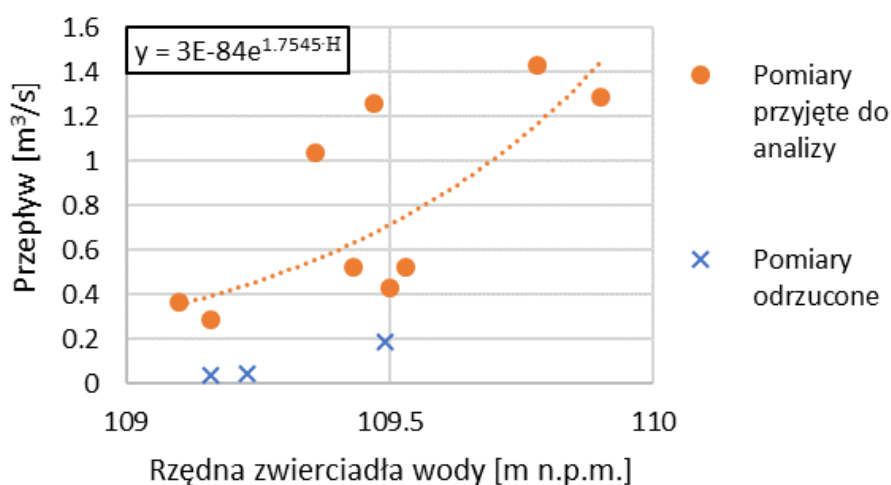
Rys. 3.8. Odcinkowa krzywa natężenia przepływu rz. Jęgrzni w profilu Ciszewo (ID1)



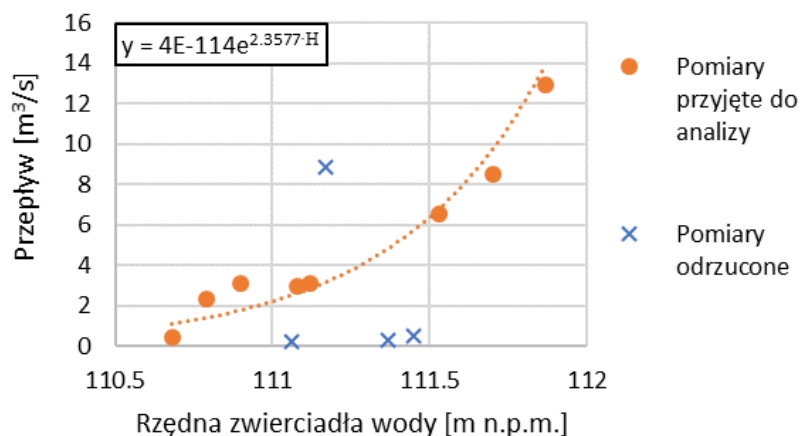
Rys. 3.9. Odcinkowa krzywa natężenia przepływu rz. Jęgrzni w profilu Kuligi-Most Betonowy (ID13)



Rys. 3.10. Odcinkowa krzywa natężenia przepływu Kan. Woźnawiejskiego w profilu poniżej ostatniego progu piętrzącego (ID14)

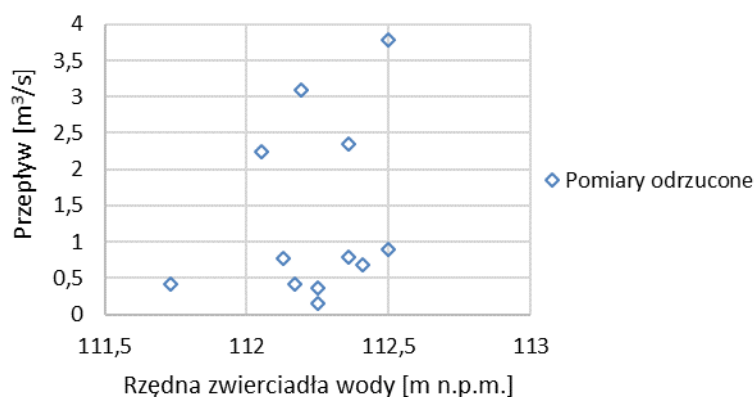


Rys. 3.11. Odcinkowa krzywa natężenia przepływu rz. Ełk w profilu Kapice (ID15).

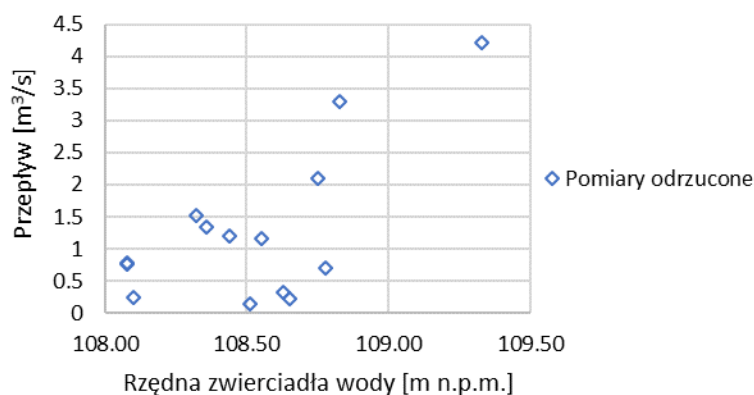


Rys. 3.12. Odcinkowa krzywa natężenia przepływu rz. Ełk w profilu powyżej jazu w Modzelówce (ID33).

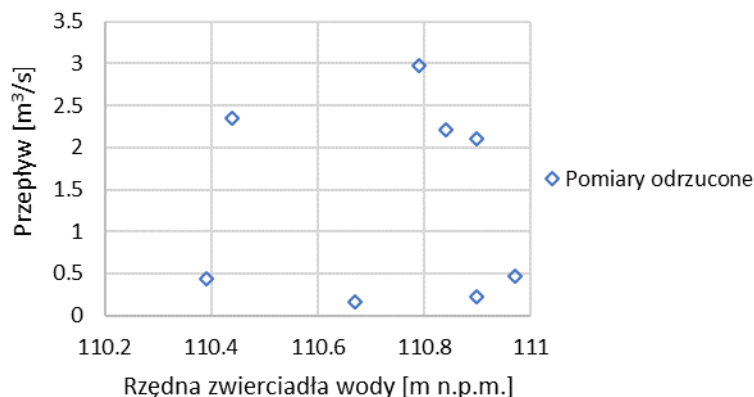
Ze względu na słabą zależność regresyjną pomiędzy wynikami pomiarów stanów wody a pomiarami natężenia przepływu w pozostałych profilach pomiarowych (ID 17, ID 20, ID 34), na podstawie posiadanych danych nie da się wykreślić krzywych natężenia przepływu (Rys. 3.13-3.15).



Rys. 3.13. Wyniki pomiarów stanów wody i odpowiadających im natężeń przepływu Kan. Woźnawiejskiego w profilu ID17. Duży rozrzut punktów uniemożliwia wykonanie krzywej przepływu.



Rys. 3.14. Wyniki pomiarów stanów wody i odpowiadających im natężeń przepływu rz. Etk poniżej ujścia Kan. Woźnawiejskiego w profilu ID20. Duży rozrzut punktów uniemożliwia wykonanie krzywej przepływu.



Rys. 3.15. Wyniki pomiarów stanów wody i odpowiadających im natężeń przepływu Kan. Rudzkiego poniżej jazu w Modzelówce w profilu ID34. Duży rozrzut punktów uniemożliwia wykonanie krzywej przepływu.

Arytmetyczną postać krzywych natężenia przepływu opisanych funkcjami wykładniczymi w profilach ID1, ID13, ID14, ID15 oraz ID33 przedstawiono odpowiednio w równ. 3.1-3.5.:

$$Q_{ID1} = 2 \cdot 10^{-99} e^{2,0306 \cdot H_{ID1}} \quad (\text{Równ. 3.1})$$

$$Q_{ID13} = 2 \cdot 10^{-106} e^{2,154 \cdot H_{ID13}} \quad (\text{Równ. 3.2})$$

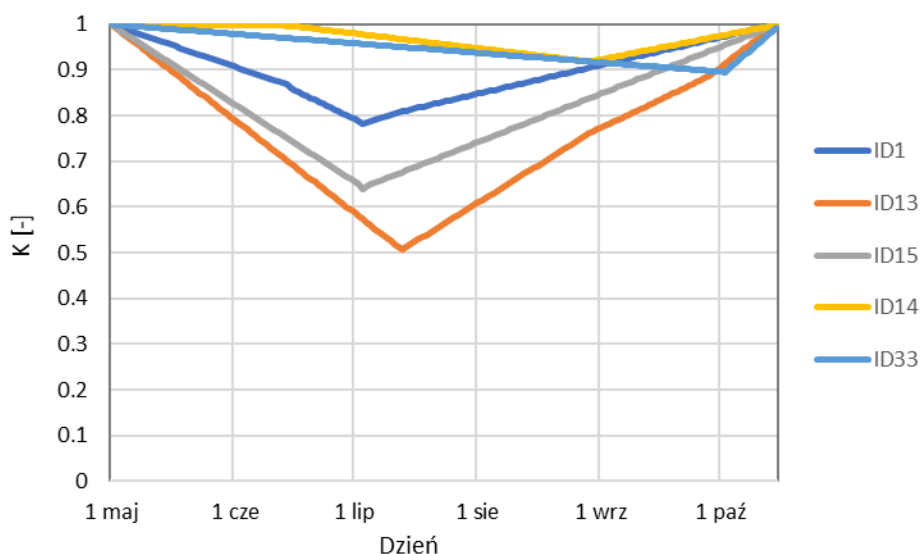
$$Q_{ID14} = 5 \cdot 10^{-110} e^{2,3005 \cdot H_{ID14}} \quad (\text{Równ. 3.3})$$

$$Q_{ID15} = 3 \cdot 10^{-84} e^{1,7545 \cdot H_{ID15}} \quad (\text{Równ. 3.4})$$

$$Q_{ID33} = 4 \cdot 10^{-114} e^{2,3577 \cdot H_{ID33}} \quad (\text{Równ. 3.5}),$$

gdzie Q_{IDn} – natężenie przepływu w profilu IDn [m^3/s]; e – liczba Eulera (w przybliżeniu 2,71828); H_{IDn} – stan wody w profilu IDn [m n.p.m.]. Opracowane funkcje opisujące przepływ na podstawie stanów wody zostały dopasowane tak, by błąd oszacowania nie był większy niż 10%.

Z uwagi na fakt, że w większości profili pomiarowych podczas pomiarów natężenia przepływu odnotowano silne zarastanie, zaszła konieczność wyznaczenia współczynników redukcji przepływu dla okresu zarastania. Współczynniki te (K) wyznaczono jako stosunek rzeczywistego (zmierzonego) natężenia przepływu do natężenia przepływu obliczonego dla danego stanu wody zmierzonego podczas wykonywania pomiaru na podstawie równania krzywej natężenia przepływu w tym profilu (Równ. 3.1-3.5).



Rys. 3.16. Przebieg zmienności wartości współczynnika redukcyjnego K dla okresu zarastania koryt roślinnością wodną w profilach pomiarowych, w których wykreślono krzywe przepływu. Dane odpowiednie dla okresu 2012-2018, gdy w analizowanych profilach nie prowadzono żadnych prac z zakresu usuwania roślinności wodnej.

Do wyznaczenia wartości współczynników K wybrano pomiary, których wartość była niższa niż wartość przepływu odczytanego dla danego stanu wody z krzywych natężenia przepływu. Na podstawie obserwacji terenowych przyjęto, że okres zarastania w badanych profilach pomiarowych trwa od 1 maja do 15 października i że w tym okresie roślinność wpływa na zmianę zależności pomiędzy stanami wody a natężeniem przepływu. Z uwagi na relatywnie niewielką liczbę wykonanych pomiarów wykorzystanych do wyznaczenia krzywych przepływu oraz biorąc pod uwagę fakt, że w analizowanych profilach pomiarowych nie prowadzono działań zmierzających do usuwania roślinności wodnej założono, że zmienność współczynnika K w kolejnych latach jest taka sama. Wartości współczynnika K w poszczególnych profilach pomiarowych zmieniają się od 1 na początku okresu zarastania do max. 0,5 (w profilu ID13) w okresie najbujniejszego rozwoju roślinności wodnej, do 1 na końcu okresu zarastania (Rys. 3.16). Przebieg wartości współczynnika K w poszczególnych profilach pomiarowych wskazuje, że największy wpływ na zależność pomiędzy przepływem chwilowym a stanem wody ma roślinność wodna w profilach ID13 oraz ID15, a najmniejszą – w profilu ID14. Może to być spowodowane ograniczoną możliwością rozwoju roślinności wodnej w profilu ID14 z uwagi na następującą w tej okolicy erozję dna i trudności w uкорzenieniu się roślin w dnie Kan. Woźnawiejskiego (profil jest położony bezpośrednio poniżej ostatniego progu piętrzącego) lub – okresowo – przez zacienienie koryta, które ogranicza dostawę światła do cieku.

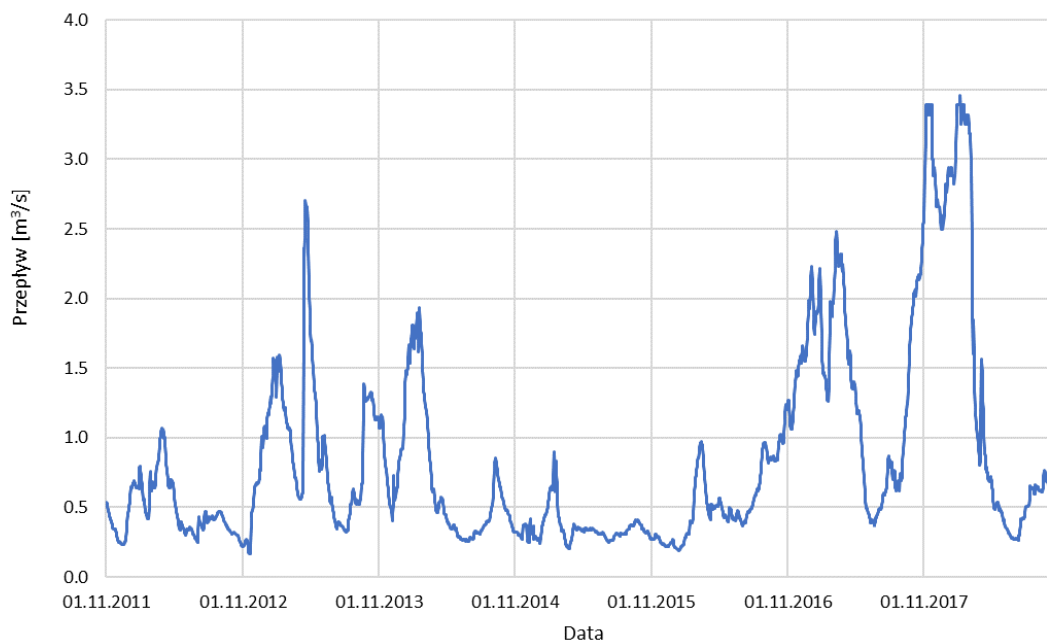
Ze względu na brak informacji o występowaniu zjawisk lodowych przyjęto, że wartości natężenia przepływu w okresach zimowych, obliczone na podstawie opracowanych zależności wykładniczych (Równ. 3.1-3.5), są miarodajne i nie podlegają redukcji.

3.4 Analiza hydrogramów przepływu rz. Jęgrzni, rz. Ełk i Kan. Woźnawiejskiego w latach 2012(15)-2018

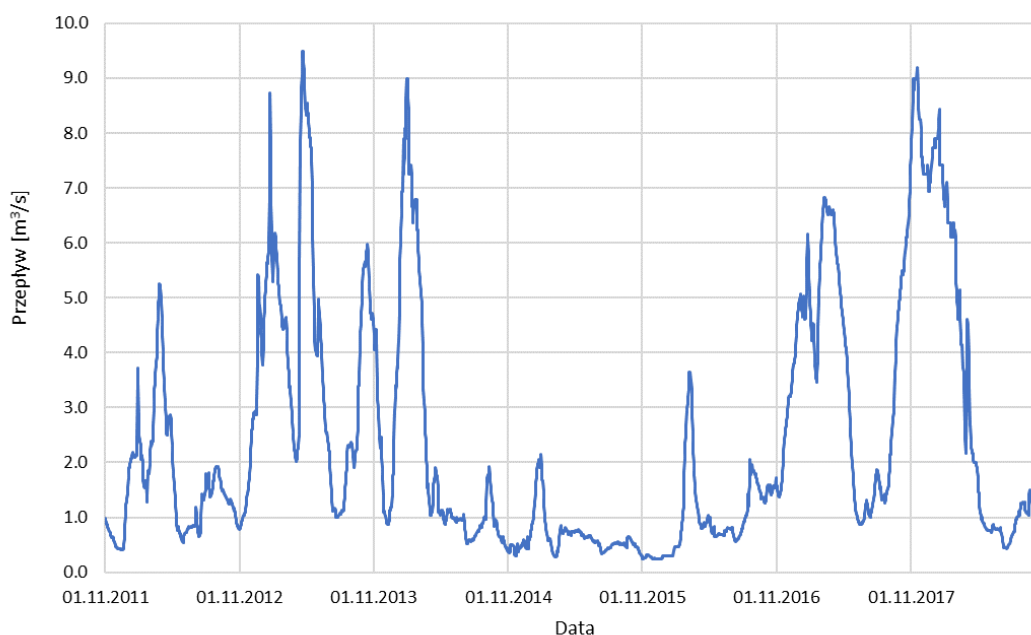
Na podstawie opracowanych równań krzywych przepływu oraz z wykorzystaniem opracowanych współczynników redukcji przepływu opracowano serię danych średnich dobowych wartości natężenia przepływu rz. Jęgrzni (w profilach ID13 i ID1), rz. Ełk (w profilach ID33 i ID15) oraz Kan. Woźnawiejskiego (w profilu ID14). Hydrogramy przepływów dobowych przedstawiono na Rys. 3.16-3.20. Dane, na podstawie których wykonano hydrogramy przedstawiono w formie elektronicznej w zał. 1.

Na hydrogramach wyraźnie zaznacza się okres wysokich przepływów w roku hydrologicznym 2013 oraz w 2018, jak również głębokie niżówki wywołane deficytem opadów na przełomie lat hydrologicznych 2014 i 2015. Występowanie kolejno po sobie lat

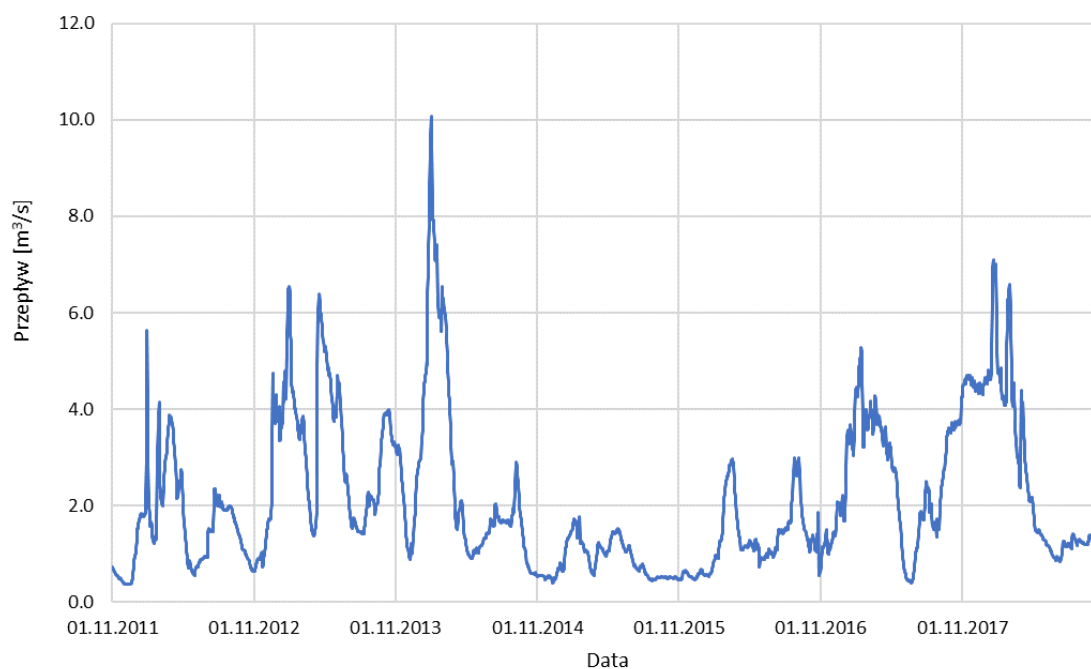
bardzo wilgotnych i bardzo suchych, znajdujące swe odzwierciedlenie w warunkach przepływu (Rys. 3.17-3.21) jest potwierdzeniem prognoz zmian klimatycznych obliczonych z wykorzystaniem globalnych i regionalnych modeli cyrkulacji dla Doliny Biebrzy (Grygoruk i in., 2014). Prognozy te wskazują na zwiększenie częstotliwości występowania ekstremów hydrologicznych oraz na ich zwiększoną amplitudę.



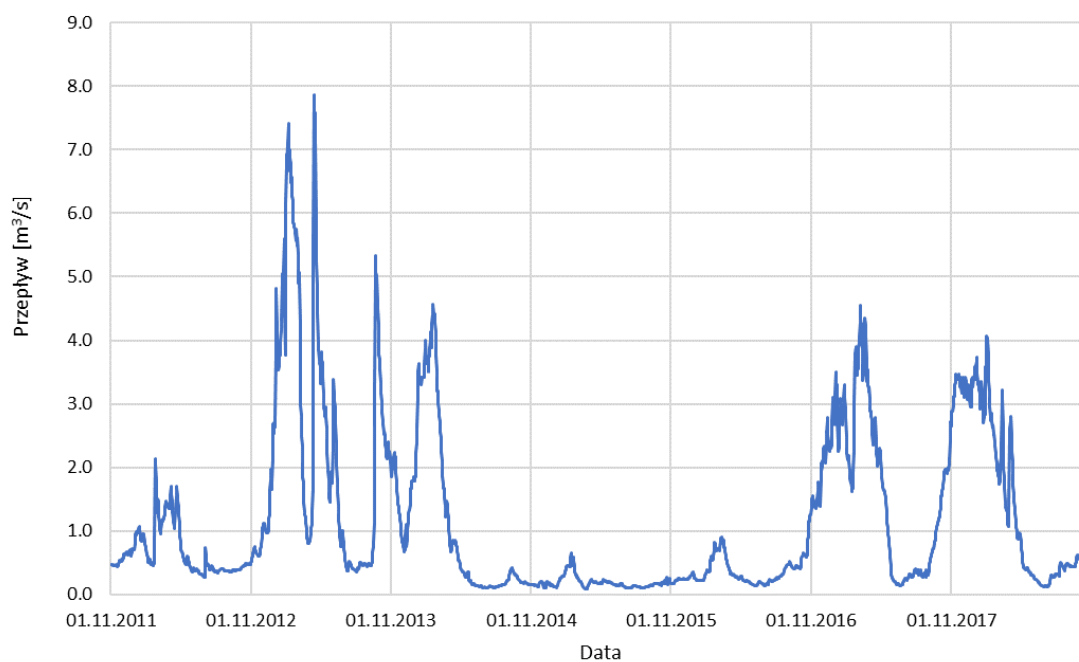
Rys. 3.17. Hydrogram przepływu rz. Jęgrzni w profilu Ciszewo (ID1) w okresie 01.11.2011-30.10.2018.



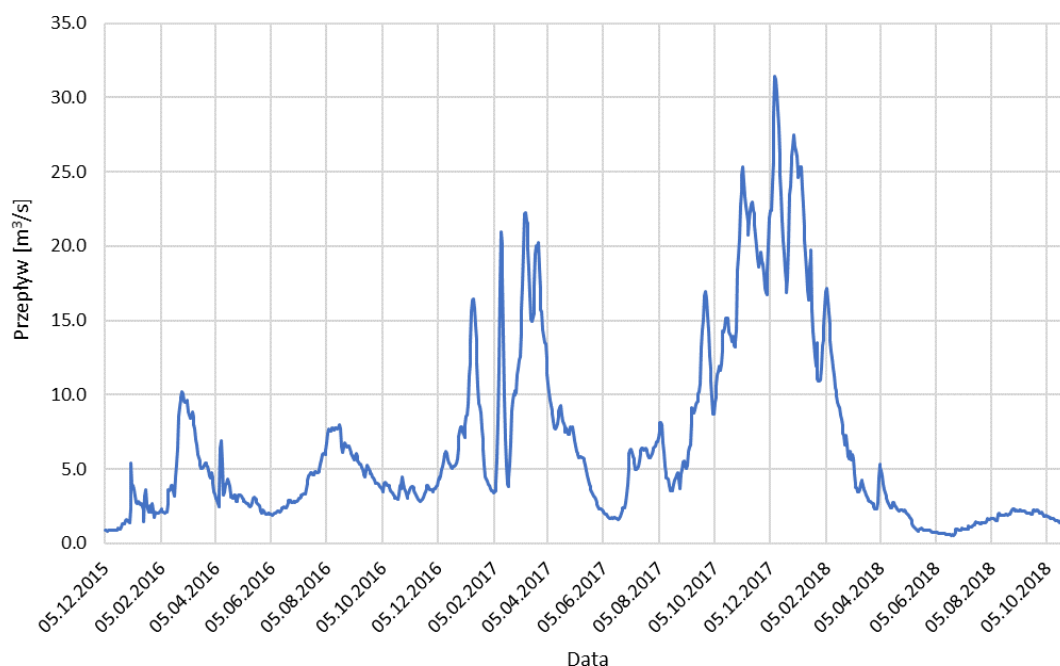
Rys. 3.18. Hydrogram przepływu rz. Jęgrzni w profilu Kuligi-Most Betonowy (ID13) w okresie 01.11.2011-30.10.2018.



Rys. 3.19. Hydrogram przepływu Kan. Woźnawiejskiego w profilu poniżej ostatniego progu piętrzącego (ID14) w okresie 01.11.2011-30.10.2018.



Rys. 3.20. Hydrogram przepływu rz. Ełk w profilu Kapice (ID15) w okresie 01.11.2011-30.10.2018.



Rys. 3.21. Hydrogram przepływu rz. Ełk w profilu powyżej jazu w Modzelówce (ID33) w okresie 05.12.2015-30.10.2018.

Na podstawie obliczonych średnich dobowych wartości natężenia przepływu obliczono przepływy charakterystyczne I i II stopnia badanych cieków (Tab. 3.8-3.9). Miesięczne przepływy charakterystyczne w profilach, w których opracowano równania krzywych natężenia przepływu przedstawiono w Zał. 2. Najwyższe wysokie przepływy rz. Jęgrzni wynosiły od 9,48 m³/s w profilu ID13 Kuligi-Most Betonowy, położonym powyżej węzła wodnego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski do 3.46 m³/s w profilu ID1 (Ciszewo). Na podstawie tego porównania można potwierdzić, że różnica pomiędzy tymi wartościami wynosząca niemal 63% przepływu Jęgrzni w profilu ID13 jest przekazywana do Kan. Woźnawiejskiego, który w okresie analizy funkcjonował jako kanał ulgi dla Jęgrzni. Można więc twierdzić, że w przypadku wysokich przepływów większość (63%) odpływu Jęgrzni jest kierowana do Kan. Woźnawiejskiego. Najwyższe przepływy rz. Ełk wynosiły od 31,4 m³/s i były ponad trzykrotnie wyższe od najwyższych przepływów „Cichego Ełku” (profil ID15). Uwzględniając objętości odpływów maksymalnych Jęgrzni trafiających do „Cichego Ełku” można powiedzieć, że w latach analizy rz. Ełk pomiędzy Modzelówką a ujściem Kan. Woźnawiejskiego nie odgrywała żadnej roli w transferze wód z górnych partii zlewni rz. Ełk. Średnie przepływy rz. Jęgrzni kształtowały się na poziomie od 2,38 m³/s w profilu Kuligi-Most Betonowy do 0,837 m³/s w profilu Ciszewo. Oznacza to, że w przeciętnych warunkach hydrologicznych układu hydrologicznego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski, udział dolnej Jęgrzni w transferze wód dopływających do węzła wodnego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski sięga 35%. Na podstawie uzyskanych danych o najniższych rocznych przepływach rz. Jęgrzni można wnioskować, że w warunkach najgłębszych niżówek udział dolnej Jęgrzni w transferze wód

z górnych partii zlewni ulega zwiększeniu w porównaniu z przepływami średnimi i wysokimi i wynosi ponad 70%.

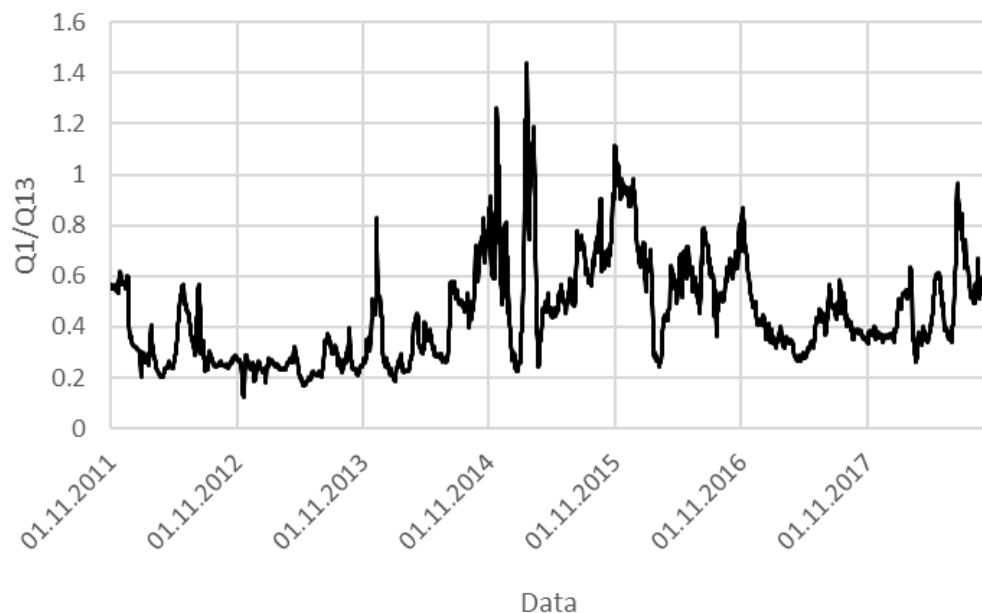
Największą stabilnością hydrologiczną wyrażoną największą wartością współczynnika nierównomierności odpływu (stosunek NNQ do WWQ) charakteryzowała się rz. Jęgrznia w Ciszewie (ID 1), a najmniejszą – Rz. Ełk w Kapicach (ID 15) (Tab. 3.9).

Tab. 3.8. Przepływy charakterystyczne I stopnia rz. Jęgrzni, rz. Ełk i Kan. Woźnawiejskiego w latach 2012(15)-2018.

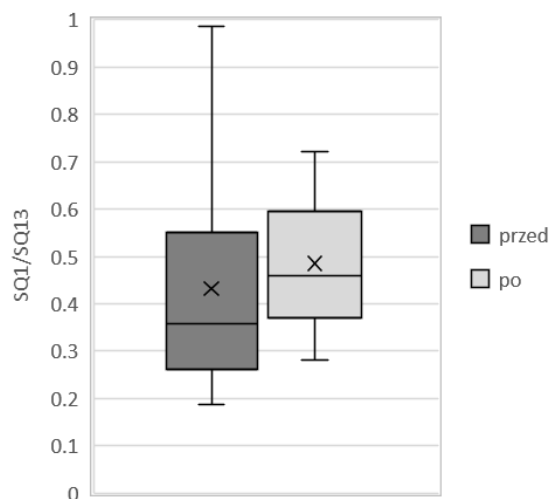
Rok	Przepływ	Q1	Q13	Q14	Q15	Q33
2012	WQ	1.07	5.26	4.14	2.13	-
	SQ	0.47	1.62	1.57	0.67	-
	NQ	0.21	0.41	0.37	0.27	-
2013	WQ	2.70	9.48	6.44	7.86	-
	SQ	0.81	3.41	2.78	2.09	-
	NQ	0.17	0.77	0.64	0.36	-
2014	WQ	1.94	8.99	9.90	4.56	-
	SQ	0.71	2.34	2.61	1.16	-
	NQ	0.25	0.39	0.56	0.10	-
2015	WQ	0.90	1.69	1.78	0.66	-
	SQ	0.35	0.65	0.87	0.19	-
	NQ	0.20	0.28	0.40	0.09	-
2016	WQ	1.24	3.64	2.99	1.27	10.21
	SQ	0.53	1.00	1.29	0.37	3.95
	NQ	0.19	0.24	0.46	0.14	0.84
2017	WQ	2.55	7.41	5.28	4.55	22.25
	SQ	1.37	3.62	2.53	1.69	7.87
	NQ	0.37	0.86	0.40	0.14	1.62
2018	WQ	3.46	9.19	6.58	4.07	31.40
	SQ	1.49	3.51	2.80	1.53	7.43
	NQ	0.26	0.43	0.83	0.12	0.55

Tab. 3.9. Przepływy charakterystyczne II stopnia rz. Jęgrzni, rz. Ełk i Kan. Woźnawiejskiego w latach 2012(15)-2018. WWQ – najwyższy z wysokich przepływów, ZWQ – zwyczajny wysoki przepływ z wielolecia, SSQ – średni przepływ z wielolecia, NNQ – najniższy przepływ z wielolecia, SNQ - średni niski przepływ z wielolecia,

Przepływ	Q1	Q13	Q14	Q15	Q33
WWQ	3.46	9.48	9.90	7.86	31.4
ZWQ	1.94	7.41	5.28	4.07	22.25
SSQ	0.837	2.38	2.11	1.15	6.49
SNQ	0.24	0.48	0.52	0.17	1.01
NNQ	0.166	0.236	0.367	0.0918	0.548
NNQ/WWQ	0.048	0.025	0.037	0.012	0.017



Rys. 3.22. Dobowe wartości rozrządu wody w węźle wodnym Jegrznia-Kan. Woźnawiejski obliczone jako stosunek średniego dobowego przepływu w profilu Ciszewo (ID1) do średniego dobowego przepływu w profilu Kuligi Most Betonowy (ID13).



Rys. 3.23. Porównanie średniego miesięcznego rozrządu wód w węźle wodnym Jegrznia-Kan. Woźnawiejski w okresie przed rozpoczęciem piętrzenia na jazie w Kan. Woźnawiejskim (01.11.2011-30.04.2016) oraz po rozpoczęciu piętrzenia (01.05.2016-31.10.2018).

Analiza rozrządu wody wyrażona udziałem przepływu Jegrzni w Ciszewie (ID1) w przepływie Jegrzni w Kuligach (profil Most Betonowy ID13) pozwala stwierdzić, że po rozpoczęciu piętrzenia wód Kan. Woźnawiejskiego przez kaskadę wybudowanych w jego korycie budowli hydrotechnicznych średni udział dolnej Jegrzni w przepływie górnej Jegrzni wzrósł o 5 punktów procentowych (z 43% do 48%; Rys. 3.22 i 3.23) i uległ stabilizacji w granicach

0,28-0,73 (w porównaniu do wcześniejszych wahań w przedziale od 0,19 do 0,98). Jakkolwiek, uzyskana w nieparametrycznym teście statystycznym T-Studenta wartość p różnicy dobowych wartości rozrządu wody w węźle wodnym Jegrznia-Kan. Woźnawiejski wyniosła 0,156. Analizowana zmiana rozrządu wody (Rys. 3.23) nie jest więc istotna statystycznie.

4. Pomiary stanów wód podziemnych

4.1 Analiza stanów charakterystycznych na podstawie monitoringu automatycznego

Automatyczne pomiary monitoringu wód podziemnych z wykorzystaniem czujników rejestrujących ciśnienie wody w piezometrach prowadzono w 32 punktach (Tab. 4.1). Na podstawie przeprowadzonych pomiarów w kolejnych latach hydrologicznych z uwzględnieniem poprzednich danych zebranych we wskazanych punktach monitoringu określono wybrane parametry hydrologiczne analizowanych siedlisk.

Na podstawie obserwacji z analizowanego okresu można stwierdzić, że średnio najwilgotniejszym siedliskiem było torfowisko w lokalizacji 243 i 264. Jedynie w lokalizacjach pomiarowych 210 i 181 amplitudy stanów wód podziemnych w analizowanym okresie nie przekroczyły 1 m. W pozostałych punktach absolutne amplitudy stanów wód podziemnych były wyższe niż 1 m (osiągając w lokalizacji 242 niemal 2 m, a w lokalizacjach 253 i 244 ponad 1,5 m). Świadczy to o wysokiej niestabilności hydrologicznej tych siedlisk, wynikającej z faktu ich położenia w pobliżu koryt cieków (głównie rz. Ełk). Z tego względu, oczekiwana w wyniku podjęcia projektu renaturyzacji sieci hydrograficznej stabilizacja odpływu rz. Ełk pozwoli na ograniczenie najwyższych amplitud stanów wody.

Na podstawie danych z automatycznego monitoringu położenia zwierciadła wód podziemnych stwierdzono, że średnie z wielolecia stany wód podziemnych w czterech lokalizacjach badawczych były niższe niż 0,5 m p.p.t. Były to piezometry ID134, ID241, ID244 i ID265, położone na najsilniej przesuszonych glebach w okolicach Modzelówki oraz na zachodni, brzegu „Cichego Ełku”. W przeważającej jednak większości, średnie stany wód podziemnych obszaru badań układały się około 0,30 m p.p.t. (Tab. 4.2-4.4). Najwyższe stany wody przekraczające 1,0 m nad powierzchnią terenu i występujące okresowo stwierdzono w piezometrze 242. W pozostałych piezometrach utrzymywanie się stanów wody ponad terenem było jedynie epizodyczne, a ich wartości rzadko przekraczały 0,3 m.

Najniższe średnie stany wód podziemnych stwierdzono w piezometrach 244, 241, 134 oraz 265. W każdym z tych punktów, średnie stany wód podziemnych były niższe niż 0,5 m p.p.t., co wskazuje na skrajne przesuszenie tych siedlisk. Poza nielicznymi wyjątkami (np. ID181, ID206, ID210, ID242, ID243 oraz ID245), najniższe stany wód podziemnych w analizowanym okresie spadały ponad 1 m p.p.t. Działo się tak nawet w przypadku

piezometrów położonych w siedliskach blisko wzniesionych piętrzeń w korycie Kan. Woźnawiejskiego (np. ID152, ID150, ID174, ID178) (Tab. 4.2-4.7). Obserwacja ta wskazuje, że wyrównanie najniższych stanów wód podziemnych w okresach suszy do poziomu charakterystycznego dla dobrze zachowanych torfowisk (max do -0,5 m p.p.t) jest niemożliwe.

Tab. 4.1. Lokalizacje (współrzędne w układzie PUG 1992) i rzędne punktów monitoringu oraz terenu.

ID	X92	Y92	H punktu (Kronsztad 86) [m n.p.m.]	H piezometru [m n.p.t.]	H terenu (Kronsztad 86) [m n.p.m.]
134	645964,01	743795,75	112,57	0,03	112,54
135	645904,38	744715,34	112,16	0,10	112,06
138	645171,01	745134,35	112,58	0,33	112,25
145	647202,35	747306,50	112,76	0,15	112,61
150	646598,73	747823,25	112,77	0,13	112,64
152	646439,82	747347,42	113,19	0,34	112,85
174	643996,55	748866,80	111,74	0,22	111,52
178	643512,94	747852,92	111,58	0,27	111,31
181	646711,56	748182,86	113,00	0,41	112,59
206	642458,77	743974,04	111,02	0,16	110,86
208	641293,37	743401,15	111,07	0,07	111,00
210	640462,78	743182,41	111,63	0,30	111,33
211	643227,51	740914,79	111,67	0,11	111,56
241	643711,76	737774,00	112,86	0,11	112,75
242	640141,21	750171,35	110,36	0,25	110,11
243	639819,80	749970,78	110,82	0,00	110,82
244	640324,26	748201,27	111,63	0,22	111,41
245	644015,42	744142,13	111,84	0,15	111,69
252	637951,90	745019,64	110,57	0,29	110,28
253	637249,94	744673,65	110,26	0,25	110,01
254	636887,54	744505,52	110,16	0,28	109,88
255	636470,19	744353,89	109,87	0,19	109,68
256	636294,33	745578,62	109,77	0,20	109,57
257	636668,10	745802,31	110,46	0,21	110,25
258	635646,65	747654,12	108,55	0,21	108,34
259	640767,43	746087,69	111,12	0,16	110,96
260	641993,08	746315,34	110,70	0,25	110,45
261	644910,38	742597,06	112,45	0,16	112,29
262	643727,60	740469,38	111,99	0,14	111,85
263	643877,89	737185,06	111,91	0,12	111,79
264	643280,55	737113,19	111,68	0,20	111,48
265	642652,64	737277,75	112,34	0,12	112,22

Tab. 4.2. Stany charakterystyczne w piezometrach 134-211 w latach 2012(15)-2018. (WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody; AMP – amplituda stanów wody). Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu. Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu. Wartości AMP podano w metrach.

ID Punktu	134	135	138	145	150	152	174	178	181	206	208	210	211
WW	-0,31	0,19	0,16	0,25	0,11	0,15	-0,01	0,22	0,10	0,40	0,12	0,18	0,19
SW	-0,87	-0,33	-0,33	-0,40	-0,40	-0,36	-0,44	-0,18	-0,33	-0,23	-0,31	-0,22	-0,33
NW	-1,44	-0,95	-1,17	-1,18	-1,11	-1,31	-1,06	-1,09	-0,87	-0,87	-1,02	-0,69	-1,13
AMP	1,13	1,14	1,33	1,43	1,22	1,46	1,05	1,31	0,97	1,27	1,13	0,87	1,31

Tab. 4.3. Stany charakterystyczne w piezometrach 241-257 w latach 2012(15)-2018. (WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody; AMP – amplituda stanów wody). Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu. Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu. Wartości AMP podano w metrach.

ID Punktu	241	242	243	244	245	252	253	254	255	256	257
WW	-0,15	1,13	0,46	0,19	0,27	0,05	0,50	0,17	0,14	0,15	0,23
SW	-0,78	0,29	-0,08	-0,50	-0,35	-0,26	-0,15	-0,21	-0,22	-0,25	-0,19
NW	-1,44	-0,86	-0,77	-1,32	-0,92	-1,02	-1,04	-1,06	-1,08	-1,10	-1,07
AMP	1,29	1,98	1,23	1,51	1,19	1,07	1,54	1,23	1,22	1,26	1,30

Tab. 4.4. Stany charakterystyczne w piezometrach 241-257 w latach 2012(15)-2018. (WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody; AMP – amplituda stanów wody). Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu. Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu. Wartości AMP podano w metrach.

ID Punktu	258	259	260	261	262	263	264	265
WW	0,04	0,16	0,24	0,10	0,14	0,43	0,67	-0,14
SW	-0,43	-0,37	-0,33	-0,48	-0,36	-0,19	-0,12	-0,89
NW	-1,25	-1,24	-0,97	-1,18	-0,96	-1,03	-0,96	-1,81
AMP	1,29	1,40	1,21	1,28	1,10	1,46	1,63	1,67

Tab. 4.5. Stany charakterystyczne I stopnia w piezometrach 134-208 w latach 2012(15)-2018. (WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody). Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu. Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu.

Rok	Stan	134	135	138	145	150	152	174	178	181	206	208
2012	NW			-0,49		-0,61	-0,57	-0,67				-0,20
	SW			-0,29		-0,42	-0,34	-0,48				-0,11
	WW			-0,05		-0,15	-0,10	-0,29				0,01
2013	NW			-0,27		-0,49	-0,40	-0,53				-0,22
	SW			-0,09		-0,31	-0,15	-0,37				-0,09
	WW			0,03		-0,16	-0,03	-0,26				0,00
2014	NW	-1,18		-0,72		-0,79	-0,86	-0,79				-0,70

	SW	-1,08		-0,23		-0,33	-0,26	-0,43				-0,23
	WW	-0,92		0,06		-0,08	0,06	-0,17				0,03
2015	NW	-1,39	-0,86	-1,07	-1,12	-1,04	-1,20	-0,93	-0,80		-0,69	-0,90
	SW	-0,95	-0,54	-0,68	-0,72	-0,67	-0,64	-0,60	-0,27		-0,59	-0,65
	WW	-0,55	0,00	-0,36	-0,46	-0,35	-0,21	-0,32	0,10		0,00	-0,41
2016	NW	-1,07	-0,56	-0,78	-0,74	-0,74	-0,93	-0,77	-0,64	-0,86	-0,59	-0,86
	SW	-0,73	-0,42	-0,53	-0,61	-0,55	-0,59	-0,53	-0,26	-0,57	-0,32	-0,51
	WW	-0,39	-0,15	-0,17	-0,32	-0,30	-0,16	-0,26	0,13	-0,42	-0,03	-0,15
2017	NW	-0,31	-0,39	-0,47	-0,29	-0,38	-0,29	-0,36	-0,12	-0,35	-0,20	-0,28
	SW	-0,38	-0,13	-0,19	-0,10	-0,21	-0,18	-0,25	0,00	-0,17	0,00	-0,20
	WW	-0,48	-0,01	0,04	0,04	0,02	0,02	-0,11	0,15	-0,01	0,16	-0,10
2018	NW		-0,62	-0,79	-0,57	-0,72	-0,83	-0,69	-0,81	-0,49	-0,32	-0,60
	SW		-0,25	-0,30	-0,22	-0,28	-0,32	-0,39	-0,18	-0,26	-0,07	-0,34
	WW		0,12	0,03	0,15	0,04	0,11	-0,14	0,16	0,04	0,32	-0,07

Tab. 4.6. Stany charakterystyczne I stopnia w piezometrach 210-255 w latach 2012(15)-2018. (WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody). Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu. Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu.

Rok	Stan	210	211	241	242	243	244	245	252	253	254	255
2012	NW		-0,64									
	SW		-0,40									
	WW		-0,13									
2013	NW		-0,39									
	SW		-0,20									
	WW		-0,03									
2014	NW		-0,66	-0,93	-0,54		-0,87	-0,87				
	SW		-0,29	-0,91	-0,02		-0,87	-0,78				
	WW		-0,05	-0,81	0,31		-0,78	-0,72				
2015	NW	-0,66	-0,95	-1,24	0,08		-1,30	-0,87	-0,88	-0,90	-0,92	-0,98
	SW	-0,32	-0,55	-0,81	0,28		-0,78	-0,55	-0,35	-0,32	-0,36	-0,33
	WW	-0,06	-0,22	-0,47	0,67		-0,42	-0,30	-0,03	0,02	-0,04	0,04
2016	NW	-0,65	-0,74	-1,30	0,04	-0,52	-0,96	-0,56	-0,74	-0,24	-0,57	-0,82
	SW	-0,35	-0,48	-0,92	0,38	-0,32	-0,72	-0,38	-0,31	-0,12	-0,18	-0,26
	WW	0,04	-0,09	-0,56	0,78	-0,03	-0,37	-0,07	0,00	0,14	0,08	0,09
2017	NW	-0,17	-0,40	-0,57	0,80	-0,02	-0,25	-0,24	-0,19	-0,16	-0,15	-0,20
	SW	-0,05	-0,11	-0,51	0,76	0,15	-0,09	0,00	-0,13	-0,07	-0,08	-0,06
	WW	0,06	0,08	-0,42	0,69	0,36	0,04	0,21	-0,04	0,03	-0,03	0,04
2018	NW	-0,48	-0,68	-0,52	-0,05	-0,53	-0,69	-0,60	-0,43	-0,35	-0,38	-0,53
	SW	-0,18	-0,29	-0,52	-0,05	-0,07	-0,28	-0,33	-0,25	-0,09	-0,25	-0,21
	WW	0,11	0,07	-0,33	0,06	0,38	0,12	0,03	-0,02	0,15	-0,05	0,08

Tab. 4.7. Stany charakterystyczne I stopnia w piezometrach 256-265 w latach 2015-2018. (WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody). Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu. Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu.

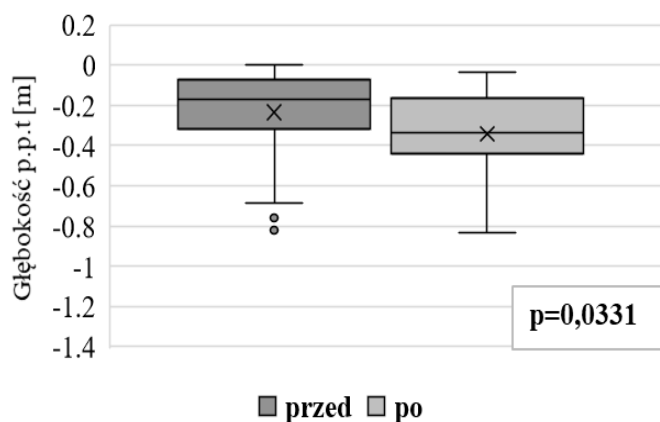
Rok	Stan	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
2015	NW	-0,94	-0,89	-1,06	-1,15	-0,81	-1,11	-0,72	-0,85	-0,85	-1,43
	SW	-0,34	-0,28	-0,53	-0,63	-0,47	-0,72	-0,49	-0,37	-0,49	-1,07
	WW	0,05	0,11	-0,25	-0,33	-0,13	-0,48	-0,27	0,01	-0,22	-0,83
2016	NW	-0,83	-0,79	-0,84	-0,86	-0,61	-0,93	-0,52	-0,70	-0,49	-1,24
	SW	-0,30	-0,25	-0,48	-0,53	-0,48	-0,66	-0,41	-0,31	-0,30	-0,96
	WW	0,10	0,15	-0,22	-0,15	-0,27	-0,33	-0,21	0,08	0,08	-0,57
2017	NW	-0,30	-0,19	-0,40	-0,22	-0,33	-0,38	-0,45	-0,09	0,02	-0,86
	SW	-0,08	-0,02	-0,30	-0,08	-0,18	-0,19	-0,22	0,01	0,16	-0,59
	WW	0,10	0,15	-0,13	0,02	-0,06	0,03	-0,03	0,16	0,44	-0,33
2018	NW	-0,65	-0,57	-0,69	-0,64	-0,49	-0,83	-0,65	-0,47	-0,52	-1,73
	SW	-0,27	-0,19	-0,42	-0,28	-0,19	-0,38	-0,33	-0,08	0,08	-0,96
	WW	0,09	0,13	-0,11	0,13	0,19	0,06	0,03	0,25	0,53	-0,25

4.2 Analiza stanów wód podziemnych na podstawie monitoringu manualnego – ocena wpływu jazu w Kan. Woźnawiejskim na wzrost stanów wód podziemnych

Na podstawie dostępnych danych z monitoringu manualnego prowadzonego w sieci piezometrów Biebrzańskiego Parku Narodowego dokonano oceny wpływu piętrzenia wód w korycie Kan. Woźnawiejskiego na zmianę stanów wody w poszczególnych lokalizacjach pomiarowych. W tym celu posłużono się dostępnymi danymi z pomiarów standardowych w piezometrach zainstalowanych w ciągach piezometrycznych (Rys. 1.1) za okres przed rozpoczęciem piętrzenia (05.01.2010 – 30.04.2016) oraz po rozpoczęciu piętrzącego działania jazu w korycie Kan. Woźnawiejskiego (15.05.2016-30.10.2018). W celu odniesienia wyników pomiarów stanów wody w punktach położonych w zasięgu oddziaływania piętrzenia jazu w korycie Kan. Woźnawiejskiego do danych referencyjnych zmierzonych w ekosystemach bagiennych położonych poza zasięgiem oddziaływania piętrzenia wody na jazu w korycie Kan. Woźnawiejskiego, posłużono się danymi z piezometru „T” położonego w lokalizacji ID 179 (współrzędne GPS 22,816235 E; 53,66348 N) na obszarze „Czerwonego Bagna” (lokalizacja przedstawiona na rys. 1.1; punkt położony najdalej na północnym-wschodzie mapy obszaru badań).

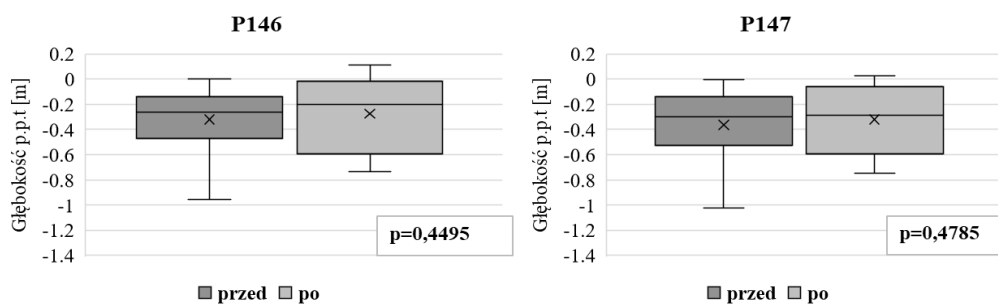
Analiza rozkładów stanów wód podziemnych (Rys. 4.1) wykazała, że pomimo nieco większych miesięcznych sum opadów w okresie po rozpoczęciu piętrzenia (por. Rys. 2.4), stany wód podziemnych w piezometrze referencyjnym były istotnie statystycznie niższe (nieparametryczny test T-Studenta $p < 0.05$). Przy założeniu zbliżonego funkcjonowania zasilania w wodę torfowisk położonych w lokalizacji referencyjnej oraz w lokalizacjach w

pobliżu Kan. Woźnawiejskiego należałoby się więc spodziewać, że w przypadku braku oddziaływania piętrzenia na jazie w Kan. Woźnawiejskim, stany wód podziemnych przed oraz po rozpoczęciu piętrzenia charakteryzowałyby się w siedliskach położonych w pobliżu kan. Woźnawiejskiego podobną zależnością, jak w piezometrze referencyjnym.

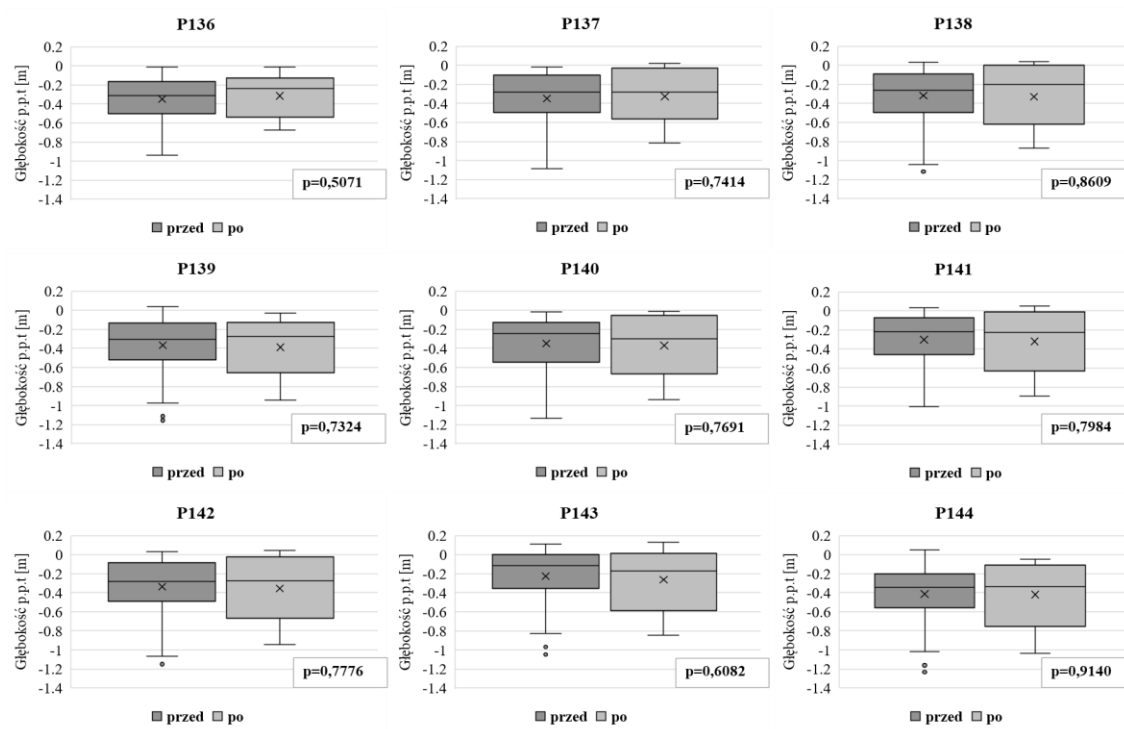


Rys. 4.1. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrze referencyjnym ID 179 „T” w okresie przed i po rozpoczęciu piętrzenia wód na jazie w Kan. Woźnawiejskim.

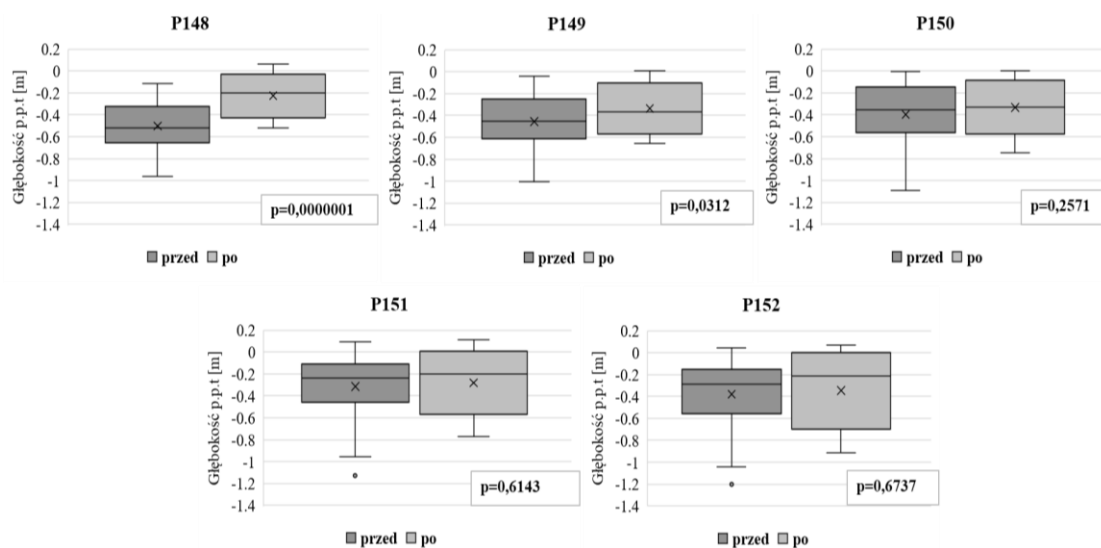
Tymczasem, na podstawie analizy stanów wód podziemnych zmierzonych w trybie standardowego monitoringu hydrologicznego dowiedziono, że stany wód podziemnych w piezometrach położonych w pobliżu Kan. Woźnawiejskiego są w okresie po rozpoczęciu piętrzenia wyższe (w niektórych przypadkach – istotnie statystycznie), aniżeli w piezometrach od niego oddalonych (Rys. 4.2-4.7). Największy i istotny statystycznie wzrost stanów wód podziemnych, jaki zaobserwowano po rozpoczęciu piętrzenia wody na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego względem stanów sprzed okresu piętrzenia stwierdzono w piezometrach 148, 149, 172, 173, 174, 175, 187 i 188 (Rys. 4.2-4.7; lokalizację piezometrów przedstawiono na Rys. 4.8). Wzrost ten wynosił średnio od 0,25 m (piezometr 148) do około 0,08 m (piezometr 174).



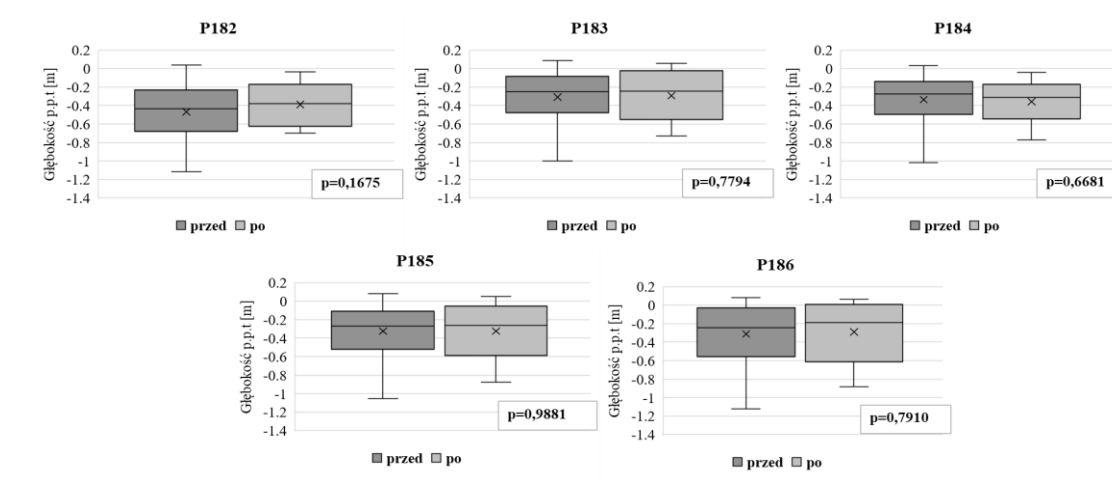
Rys. 4.2. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrach 146 i 147 (Transekt „Kuligi”) przed i po rozpoczęciu piętrzenia na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego.



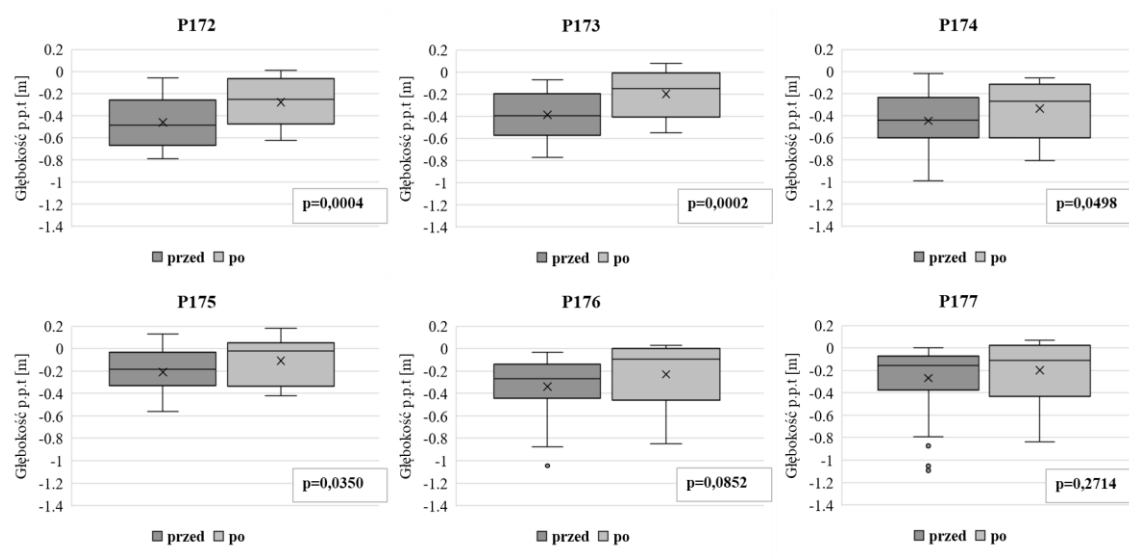
Rys. 4.3. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrach 136-144 (Transekt „Ciszewo”) przed i po rozpoczęciu piętrzenia na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego.



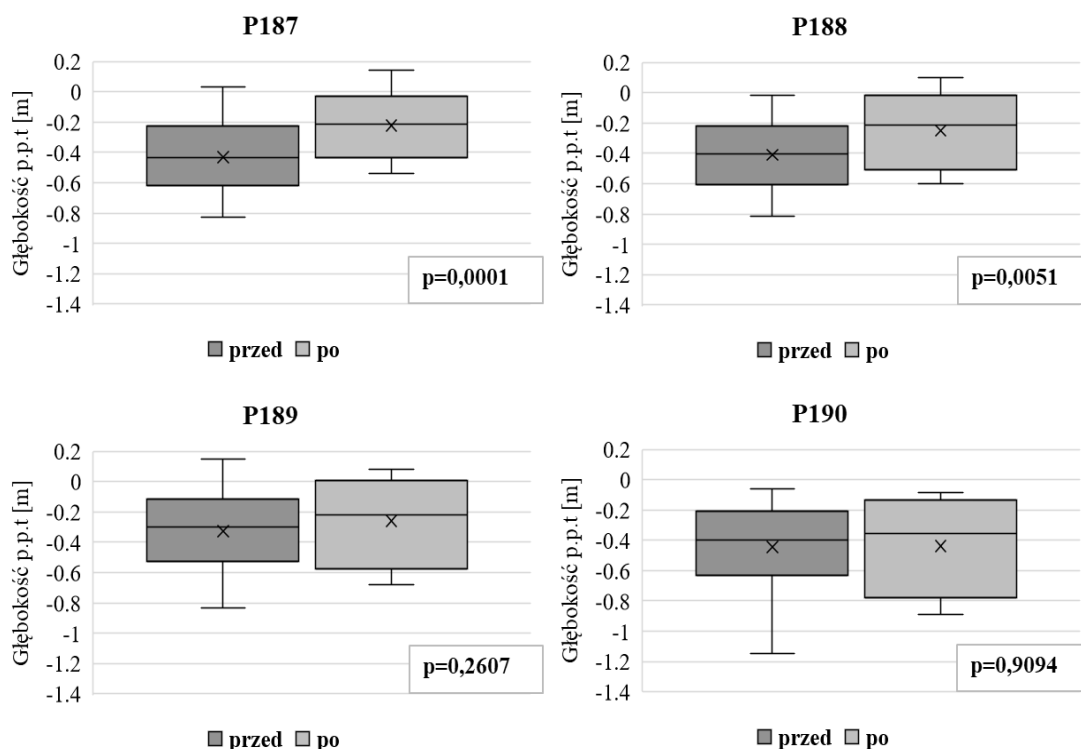
Rys. 4.4. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrach 148-152 (Transekt „Trójkąt I”) przed i po rozpoczęciu piętrzenia na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego.



Rys. 4.5. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrach 182-186 (Transekt „Grzędy I”) przed i po rozpoczęciu piętrenia na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego.

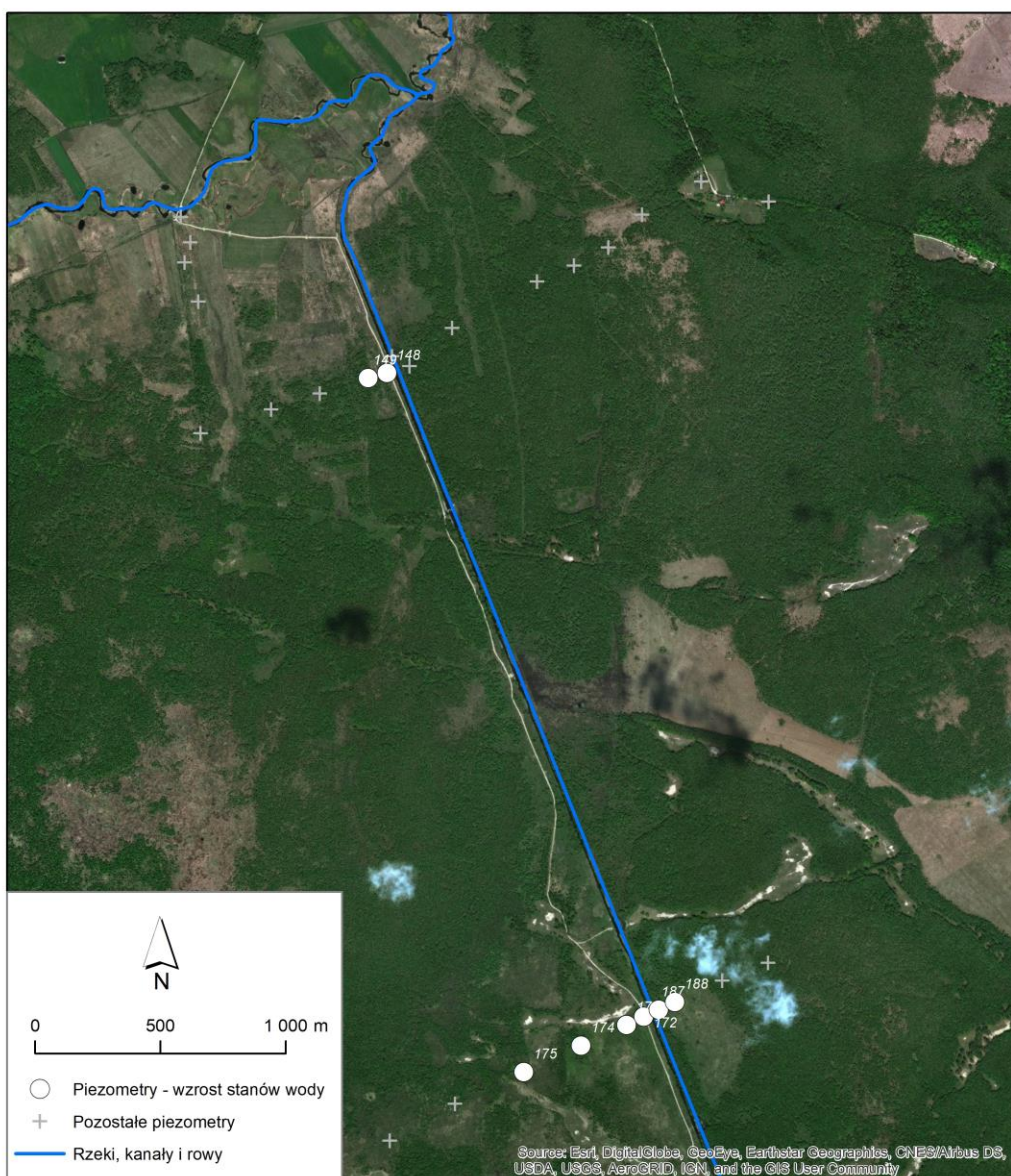


Rys. 4.6. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrach 172-177 (Transekt „Trójkąt II”) przed i po rozpoczęciu piętrenia na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego.



Rys. 4.7. Rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrach 187-190 (Transekt „Grzędy II”) przed i po rozpoczęciu piętrzenia na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego.

Mając na względzie rozkłady stanów wód podziemnych w piezometrze referencyjnym można więc twierdzić, że w stany wód podziemnych w piezometrach 148, 149, 172, 173, 174, 175, 187 i 188 w okresie po rozpoczęciu piętrzenia wody na jazie w korycie Kan. Woźnawiejskiego wzrosły, co należy wiązać bezpośrednio z pozytywnymi skutkami projektu renaturyzacji sieci hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy etapu 1.. Istotny statystycznie wzrost stanów wód podziemnych, jaki stwierdzono w okresie po rozpoczęciu funkcjonowania piętrzenia na jazie jest największy w pobliżu samego kanału i maleje wraz ze wzrostem odległości od jego koryta.



Rys. 4.8 Lokalizacja piezometrów, w których stwierdzono istotny statystycznie wzrost stanów wód podziemnych w wyniku piętrzenia wody w korycie Kan. Woźnawiejskiego. Ortofotomapa: esri.com

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz hydrologicznych sformułowano 10 wniosków badawczych odpowiadających pytaniom postawionym we wstępie.

1) Jakie warunki hydrologiczno-meteorologiczne panowały w latach 2012(15)-2018 i czy ich zmienność pozwala na interpretację zmian wybranych wskaźników hydrologicznych w kontekście przeprowadzonych działań technicznych projektu Renaturyzacji Sieci Hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy?

Okres badań 2012(15)-2018 pokrywa szerokie spektrum sytuacji hydrologiczno-meteorologicznej, zawierając lata wyjątkowo suche (2015) i lata wilgotne. Z tego względu można wnioskować, że przedstawiona analiza zmienności stanów wody i przepływów jest relatywnie uniwersalna, a przedstawione charakterystyki hydrologiczne są prawdopodobnie zbliżone do wartości charakteryzujących dłuższe wielolecie. Okres przed wprowadzeniem i oddaniem do użytku piętrzeń w Kan. Woźnawiejskim (przed majem 2016 r.) był okresem nieco suchszym, niż okres po wprowadzeniu piętrzeń, co może zaburzać wnioskowanie na temat oddziaływania piętrzeń na położenie stanów wody. Jakkolwiek, uzyskane dane z piezometru referencyjnego (tj. położonego poza zasięgiem oddziaływania piętrzeń) pozwoliły na wykazanie, że stany wód podziemnych w okresie po wprowadzeniu piętrzeń były wyższe niż w okresie przed majem 2016 r. Pozwala to więc sądzić, że w przypadku stwierdzenia innej zmienności stanów wód podziemnych (tj. niższych stanów wód podziemnych przed wprowadzeniem piętrzenia i wyższych stanów wód podziemnych po wprowadzeniu piętrzenia) można mówić o skutecznym działaniu piętrzeń względem podniesienia poziomów wód podziemnych analizowanego obszaru.

2) Jak zmieniał się rozrząd wód w węźle wodnym Jegrznia-Kan. Woźnawiejski w kontekście rozpoczęcia piętrzenia wody na jazie i zestawie progów piętrzących, które nastąpiło w maju 2016 r. (zarówno w świetle równoległych pomiarów przepływu cieków jak również w świetle zmienności hydrogramów przepływu i stanów wody)?

Podjęcie działań technicznych mających na celu zmianę rozrządu wody w węźle Kan. Woźnawiejski-Jegrznia zaowocowało wzrostem transferu wód do dolnego odcinka rz. Jegrzni o wartość wynoszącą od 5 punktów procentowych (obliczoną na podstawie hydrogramów przepływu – Rys. 3.23) do 15 punktów procentowych (obliczoną na podstawie wyników równoległych pomiarów przepływu w profilach położonych na rz. Jegrzni powyżej i poniżej bifurkacji Kan. Woźnawiejskiego.

3) Czy drenujące oddziaływanie Kan. Woźnawiejskiego względem przyległych mokradel zostało ograniczone w wyniku przeprowadzenia działań technicznych projektu?

Analiza wyników pomiarów hydrometrycznych pozwala stwierdzić, że drenująca rola Kan. Woźnawiejskiego w stosunku do przylegających torfowisk nie została wydatnie ograniczona w wyniku wprowadzenia działań technicznych. Jest ona znikoma w okresach wezbrań, lecz wzrasta wraz ze spadkiem wartości przepływów. Wykazano, że w okresach przepływów niżówkowych, przepływ Kan. Woźnawiejskiego w profilu dolnym (ID14) po wprowadzeniu progów piętrzących oraz jazu jest średnio o 8,3% większy niż w profilu górnym (ID17; Tab. 3.2). W okresie najgłębszych zmierzonych niżówek przepływ w Kan. Woźnawiejskim na stanowisku dolnym był jednak nawet o 28% wyższy, co wciąż dowodzi drenującej roli kanału względem wód podziemnych, nawet po wprowadzeniu piętrzenia

wód w korycie Kan. Woźnawiejskiego (progi oraz jaz). Potwierdzenie tego wniosku wymaga jednak kontynuacji równoległych pomiarów natężenia przepływu w profilach ID14 i ID17.

4) Jak kształtuje się rozrząd wód w węźle wodnym Modzelówka (rz. Ełk – Kan. Rudzki)?

W analizowanym okresie, całość dopływu rz. Ełk do węzła wodnego Modzelówka przejmują Kan. Rudzki. Udział „Martwego Ełku” i „Cichego” Ełku w transferze wód z górnych partii rz. Ełk jest pomijalnie mały.

5) Jak zmieniało się położenie zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych w latach 2012(15)-2018?

Położenie zwierciadła wód podziemnych na analizowanym obszarze Środkowego Basenu doliny Biebrzy nawiązywało do aktualnej sytuacji hydrologiczno-meteorologicznej. W większości (26) spośród analizowanych 32 punktów automatycznego monitoringu położenia zwierciadła wód podziemnych w krytycznych okresach suszy spadały poniżej 1 m p.p.t. Jakkolwiek, średnie stany wód podziemnych jedynie w 4 analizowanych piezometrach były niższe niż 0,5 m pod terenem. Oznacza to, że istnieje potencjał do odtwarzania procesów torfotwórczych na analizowanym obszarze. Niestety, wydaje się, że dominujący wpływ na położenie zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych analizowanego obszaru mają czynniki meteorologiczne.

6) Jak kształtowały się zależności pomiędzy stanami wody a natężeniem przepływu rz. Ełk, rz. Jęgrzni oraz Kan. Woźnawiejskiego w analizowanym okresie czasu?

Odcinkowe krzywe natężenia przepływu wyznaczone dla 5 badanych profili oraz obliczone na ich podstawie i zredukowane wartości chwilowych przepływów pozwoliły na analizę dynamiki przepływów badanych cieków. Poza ekstremalnymi sytuacjami wysokich i długotrwałych opadów, nawet pomimo wprowadzonych piętrzeń i ograniczenia udziału Kan. Woźnawiejskiego w transferze wód z rz. Jęgrzni, bardzo rzadko obserwowano przepływy pozakorytowe. Na podstawie wyników obserwacji położenia stanów wód podziemnych wzdłuż dolnej Jęgrzni (np. wciągu Ciszewo) można na tych podstawach sądzić, że zwiększenie transferu wód do koryta dolnej Jęgrzni nie wpłynęło na wzrost częstości podtopień po wprowadzeniu piętrzeń.

7) Jakie są przepływy charakterystyczne badanych rzek?

Obliczone przepływy charakterystyczne (Tab. 3.8-3.9) pozwala stwierdzić, że największą równomiernością przepływu charakteryzowała się dolna Jęgrznia (profil ID1), a Kan. Woźnawiejski w okresach przepływów wysokich działa skutecznie jako kanał ulgi dla górnej Jęgrzni, odprowadzając ponad 60% wód dopływających do węzła wodnego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski.

8) Czy wybrane charakterystyki stanów wód podziemnych na obszarze wdrażania projektu są podobne czy rozbieżne w stosunku do stanów wód podziemnych zmierzonych w siedliskach położonych poza obszarem oddziaływania projektu?

Poza niektórymi obszarami położonymi w bezpośrednim sąsiedztwie koryta Kan. Woźnawiejskiego, charakterystyki stanów wód podziemnych układają się podobnie jak na obszarach położonych poza zasięgiem oddziaływania projektu Renaturyzacji Sieci Hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy.

9) Czy w wyniku podjętych działań renaturyzacyjnych udało się doprowadzić do wzrostu stanów wód podziemnych na obszarze „Trójkąta”

W świetle przeprowadzonych analiz hydrologicznych można wnioskować, że przeprowadzone działania techniczne polegające na wprowadzeniu piętrzeń w korycie Kan. Woźnawiejskiego doprowadziły do istotnego statystycznie wzrostu stanów wód podziemnych w piezometrach położonych najbliżej kanału (ID148, ID149, ID172, ID173, ID174, ID175, ID187 i ID188) średnio o ok. 0.2 m. Nie stwierdzono wzrostu stanów wód podziemnych na obszarach „Trójkąta” położonych dalej niż ok. 600 m od koryta Kanału.

10) Jak szeroka jest strefa wzdłuż Kan. Woźnawiejskiego, w której stwierdzono istotny statystycznie wzrost stanów wód podziemnych, jaki nastąpił w wyniku piętrzenia wody przez budowle wzniesione w korycie Kanału?

Na podstawie wyników monitoringu standardowego prowadzonego przez Biebrzański Park Narodowy można stwierdzić, że zasięg oddziaływania piętrzeń na położenie zwierciadła wód podziemnych obszaru sięga na obydwu brzegach ok. 200 m od koryta Kanału w górnym jego odcinku do ok. 300 m (od strony Grząd) - 700 m (od strony „Trójkąta”) na dolnym odcinku Kanału, w okolicach ciągów piezometrycznych Trójkąt II – Grzędy II. Zasięg prowadzonego monitoringu stanów wód podziemnych pozwala stwierdzić, że powierzchnia strefy bezpośredniego i istotnego statystycznie oddziaływania piętrzeń wynosi przynajmniej ok. 270 ha, choć jest zapewne większa (pod uwagę nie wzięto odcinka Kan. Woźnawiejskiego poniżej ciągów piezometrycznych Trójkąt II – Grzędy II).

6. Literatura

Byczkowski, A. 1996. Hydrologia. Wyd. SGGW, Warszawa.

Grygoruk, M., 2016. Opracowanie wyników pomiarów hydrologiczno-meteorologicznych wykonanych w Środkowym Basenie Biebrzy w okresie 2012-2016. Raport BbPN, 44 pp.

Grygoruk, M., Bańkowska, A., Jabłońska, E., Janauer, G.A., Kubrak, J., Mirosław-Świątek, D., Kotowski, W., 2015. Assessing habitat exposure to eutrophication in restored wetlands:

model-supported ex-ante approach to rewetting drained mires. *Journal of Environmental Management* 152, 230-240.

Grygoruk, M., Biereżnoj-Bazille, U., Mazgajski, M., Sienkiewicz, J., 2014. Climate-induced challenges for wetlands: revealing the background for adaptive management of ecosystems in the Biebrza Valley, Poland. [in]: Rannow, S. and Neubert, M. (eds.) *Managing protected areas in Central Europe under climate change. Advances in Global Change Research* 58, Springer, Berlin Heidelberg, 209-232; DOI: 10.1007/978-94-007-7960-0_14.

7. Załączniki

Załącznik 1. Płyta DVD z danymi oraz elektroniczną formą niniejszego raportu.

- wersja *.doc niniejszego raportu,
- wersja *.pdf niniejszego raportu,
- wyniki pomiarów stanów wód powierzchniowych i podziemnych w latach 2012(15)-2018.

Załącznik 2. Miesięczne przepływy charakterystyczne okresie 2012(15)-2018

ROK	Miesiąc	Q	Q1	Q13	Q14	Q15	Q33	ROK	Miesiąc	Q	Q1	Q13	Q14	Q15	Q33
2011	XI	WQ	0.54	0.97	0.73	0.55		2013	XI	WQ	1.16	4.42	3.25	2.24	
		SQ	0.40	0.71	0.55	0.48				SQ	0.89	2.79	2.53	1.64	
		NQ	0.28	0.47	0.40	0.45				NQ	0.52	1.07	1.23	0.85	
2011	XII	WQ	0.49	1.43	1.03	0.72		2013	XII	WQ	0.92	3.41	2.90	1.85	
		SQ	0.29	0.62	0.49	0.64				SQ	0.65	1.52	1.65	1.23	
		NQ	0.23	0.41	0.37	0.54				NQ	0.40	0.88	0.90	0.68	
2012	I	WQ	0.80	1.50	1.10	0.71		2014	I	WQ	1.81	3.41	2.93	1.79	
		SQ	0.66	2.20	2.07	0.91				SQ	1.43	6.34	5.30	3.11	
		NQ	0.51	1.50	1.10	0.71				NQ	0.91	3.41	2.93	1.79	
2012	II	WQ	0.76	2.52	3.95	2.13		2014	II	WQ	1.94	8.99	9.90	4.56	
		SQ	0.56	1.88	1.96	0.76				SQ	1.70	7.06	7.04	3.98	
		NQ	0.42	1.29	1.21	0.46				NQ	1.37	6.24	5.61	3.52	
2012	III	WQ	1.07	5.26	4.14	1.50		2014	III	WQ	1.33	5.97	6.41	3.41	
		SQ	0.82	3.59	2.97	1.28				SQ	0.92	3.60	4.64	2.05	
		NQ	0.62	1.95	2.00	0.96				NQ	0.54	1.35	2.53	1.10	
2012	IV	WQ	1.06	5.02	3.81	1.71		2014	IV	WQ	0.57	1.91	2.34	1.00	
		SQ	0.77	3.25	2.85	1.36				SQ	0.50	1.40	1.77	0.74	
		NQ	0.62	2.49	2.14	0.91				NQ	0.44	1.04	1.30	0.49	
2012	V	WQ	0.60	2.33	2.20	0.84		2014	V	WQ	0.42	1.15	1.26	0.46	
		SQ	0.40	1.07	1.01	0.54				SQ	0.36	1.05	1.02	0.30	
		NQ	0.30	0.54	0.56	0.36				NQ	0.29	0.87	0.90	0.17	
2012	VI	WQ	0.36	0.86	0.95	0.43		2014	VI	WQ	0.29	1.00	1.45	0.18	
		SQ	0.32	0.78	0.83	0.36				SQ	0.27	0.96	1.27	0.14	
		NQ	0.26	0.58	0.58	0.29				NQ	0.25	0.91	1.01	0.10	
2012	VII	WQ	0.47	1.49	2.35	0.74		2014	VII	WQ	0.33	1.05	2.03	0.14	
		SQ	0.38	1.06	1.68	0.43				SQ	0.30	0.66	1.74	0.12	
		NQ	0.25	0.64	0.94	0.27				NQ	0.27	0.52	1.50	0.10	
2012	VIII	WQ	0.47	1.93	2.21	0.41		2014	VIII	WQ	0.51	1.01	1.95	0.22	
		SQ	0.43	1.67	1.99	0.38				SQ	0.40	0.81	1.69	0.15	
		NQ	0.40	1.37	1.90	0.35				NQ	0.33	0.61	1.57	0.12	
2012	IX	WQ	0.47	1.92	1.97	0.39		2014	IX	WQ	0.85	1.93	2.90	0.42	
		SQ	0.39	1.55	1.60	0.38				SQ	0.68	1.36	1.97	0.32	
		NQ	0.32	1.30	1.18	0.36				NQ	0.51	0.84	1.11	0.22	
2012	X	WQ	0.32	1.34	1.15	0.49		2014	X	WQ	0.53	0.87	1.07	0.23	
		SQ	0.28	1.09	0.88	0.46				SQ	0.42	0.58	0.67	0.18	
		NQ	0.21	0.77	0.64	0.39				NQ	0.32	0.39	0.56	0.15	
2012	XI	WQ	0.56	2.08	1.20	0.98		2014	XI	WQ	0.38	0.51	0.55	0.20	
		SQ	0.29	1.23	0.88	0.67				SQ	0.32	0.42	0.53	0.16	
		NQ	0.17	0.80	0.65	0.51				NQ	0.27	0.30	0.46	0.13	
2012	XII	WQ	1.08	5.42	4.74	2.69		2014	XII	WQ	0.42	0.65	0.83	0.21	
		SQ	0.81	3.57	2.77	1.44				SQ	0.31	0.51	0.56	0.15	
		NQ	0.61	2.27	1.29	0.97				NQ	0.25	0.42	0.40	0.10	
2013	I	WQ	1.57	3.78	3.35	2.64		2015	I	WQ	0.59	0.70	0.63	0.12	
		SQ	1.30	5.60	4.54	4.22				SQ	0.39	1.49	1.12	0.23	
		NQ	0.99	3.78	3.35	2.64				NQ	0.24	0.70	0.63	0.12	
2013	II	WQ	1.59	6.18	6.44	7.41		2015	II	WQ	0.90	1.69	1.78	0.66	
		SQ	1.35	5.27	4.21	6.39				SQ	0.64	0.89	1.47	0.46	
		NQ	1.10	4.42	3.37	5.57				NQ	0.39	0.41	1.17	0.28	
2013	III	WQ	1.08	4.64	3.87	5.62		2015	III	WQ	0.38	0.85	1.12	0.28	
		SQ	0.83	3.51	2.74	2.62				SQ	0.28	0.50	0.83	0.16	
		NQ	0.57	2.18	1.46	0.80				NQ	0.20	0.28	0.56	0.09	
2013	IV	WQ	2.70	9.48	6.38	7.86		2015	IV	WQ	0.38	0.81	1.24	0.24	
		SQ	1.65	6.06	4.14	3.71				SQ	0.34	0.74	1.07	0.19	
		NQ	0.56	2.01	1.37	0.84				NQ	0.27	0.66	0.81	0.15	
2013	V	WQ	1.74	8.55	5.31	3.83		2015	V	WQ	0.35	0.77	1.52	0.24	
		SQ	1.20	6.49	4.53	2.58				SQ	0.34	0.71	1.36	0.20	
		NQ	0.76	3.94	3.75	1.45				NQ	0.32	0.62	1.06	0.17	
2013	VI	WQ	1.02	4.97	4.69	3.39		2015	VI	WQ	0.34	0.67	1.46	0.18	
		SQ	0.74	3.53	3.52	1.76				SQ	0.31	0.61	1.18	0.15	
		NQ	0.48	2.33	2.39	0.76				NQ	0.29	0.54	1.04	0.14	
2013	VII	WQ	0.48	2.31	2.36	0.78		2015	VII	WQ	0.31	0.57	1.01	0.15	
		SQ	0.38	1.32	1.70	0.47				SQ	0.27	0.43	0.77	0.12	
		NQ	0.34	0.99	1.46	0.37				NQ	0.25	0.34	0.64	0.10	
2013	VIII	WQ	0.63	2.36	2.28	0.51		2015	VIII	WQ	0.35	0.55	0.76	0.14	
		SQ	0.47	1.69	1.81	0.46				SQ	0.31	0.50	0.54	0.12	
		NQ	0.32	1.05	1.42	0.36				NQ	0.29	0.43	0.44	0.10	
2013	IX	WQ	1.39	4.93	3.63	5.33		2015	IX	WQ	0.41	0.65	0.54	0.18	
		SQ	0.85	2.96	2.50	2.12				SQ	0.38	0.54	0.51	0.16	
		NQ	0.52	1.91	1.82	0.45				NQ	0.34	0.45	0.46	0.12	
2013	X	WQ	1.33	5.97	3.99	3.76		2015	X	WQ	0.38	0.60	0.54	0.27	
		SQ	1.22	5.29	3.67	2.61				SQ	0.33	0.45	0.51	0.20	
		NQ	1.12	4.51	3.21	2.09				NQ	0.27	0.30	0.47	0.14	

ROK	Miesiąc	Q	Q1	Q13	Q14	Q15	Q33	ROK	Miesiąc	Q	Q1	Q13	Q14	Q15	Q33
2015	XI	WQ	0.31	0.32	0.66	0.25		2017	XI	WQ	3.39	9.19	4.69	3.47	25.32
		SQ	0.28	0.28	0.57	0.22				SQ	3.17	8.53	4.57	3.22	21.00
		NQ	0.24	0.25	0.46	0.17				NQ	2.58	7.57	4.25	2.66	16.75
2015	XII	WQ	0.27	0.31	0.69	0.36	1.57	2017	XII	WQ	2.88	7.73	4.66	3.41	31.40
		SQ	0.24	0.26	0.55	0.27	1.07			SQ	2.65	7.29	4.48	3.24	23.89
		NQ	0.22	0.24	0.48	0.23	0.84			NQ	2.50	6.95	4.30	2.95	16.84
2016	I	WQ	0.28	0.29	0.53	0.22	1.45	2018	I	WQ	3.39	6.65	4.53	2.70	10.95
		SQ	0.22	0.33	0.62	0.24	2.68			SQ	2.97	7.63	5.55	3.25	18.02
		NQ	0.19	0.29	0.53	0.22	1.45			NQ	2.77	6.65	4.53	2.70	10.95
2016	II	WQ	0.73	2.69	2.36	0.82	10.21	2018	II	WQ	3.46	7.10	6.28	4.07	17.14
		SQ	0.43	1.08	1.36	0.55	4.68			SQ	3.34	6.44	4.67	2.89	10.85
		NQ	0.28	0.46	0.87	0.35	2.00			NQ	3.25	6.10	4.08	2.07	5.80
2016	III	WQ	0.97	3.64	2.98	0.90	9.63	2018	III	WQ	3.25	6.24	6.58	3.22	6.19
		SQ	0.80	2.50	2.56	0.69	6.65			SQ	1.80	4.24	4.11	1.85	3.70
		NQ	0.50	1.14	1.67	0.43	4.36			NQ	0.80	2.17	2.37	1.08	2.30
2016	IV	WQ	0.56	1.14	1.59	0.41	6.91	2018	IV	WQ	1.57	4.61	4.40	2.81	5.35
		SQ	0.50	0.91	1.21	0.30	3.63			SQ	0.95	2.67	2.87	1.58	3.01
		NQ	0.41	0.81	1.08	0.25	2.45			NQ	0.68	1.87	2.08	0.87	2.14
2016	V	WQ	0.57	1.00	1.31	0.30	3.24	2018	V	WQ	0.69	1.83	2.11	0.91	2.19
		SQ	0.47	0.74	1.14	0.22	2.59			SQ	0.52	1.02	1.52	0.45	1.18
		NQ	0.39	0.64	0.74	0.16	1.96			NQ	0.42	0.76	1.29	0.30	0.78
2016	VI	WQ	0.48	0.82	1.10	0.21	2.93	2018	VI	WQ	0.41	0.88	1.30	0.30	0.95
		SQ	0.43	0.74	0.98	0.17	2.36			SQ	0.33	0.78	1.09	0.20	0.69
		NQ	0.38	0.66	0.89	0.14	1.86			NQ	0.27	0.72	0.89	0.13	0.55
2016	VII	WQ	0.54	0.81	1.52	0.24	6.04	2018	VII	WQ	0.51	0.81	1.27	0.32	1.69
		SQ	0.44	0.67	1.31	0.20	4.22			SQ	0.35	0.55	1.04	0.21	1.22
		NQ	0.37	0.55	0.93	0.14	2.81			NQ	0.26	0.43	0.83	0.12	0.88
2016	VIII	WQ	0.97	2.06	2.99	0.47	7.98	2018	VIII	WQ	0.67	1.27	1.42	0.50	2.32
		SQ	0.72	1.40	2.07	0.33	7.02			SQ	0.59	0.95	1.26	0.41	1.90
		NQ	0.55	0.86	1.48	0.25	5.96			NQ	0.50	0.65	1.11	0.29	1.53
2016	IX	WQ	0.96	1.83	2.99	0.53	6.06	2018	IX	WQ	0.76	1.49	1.39	0.62	2.25
		SQ	0.86	1.52	1.93	0.45	4.94			SQ	0.67	1.24	1.26	0.49	2.12
		NQ	0.82	1.26	1.22	0.40	3.93			NQ	0.61	1.04	1.19	0.43	1.86
2016	X	WQ	1.24	1.72	1.87	1.27	4.47	2018	X	WQ	0.66	1.12	1.36	0.61	1.86
		SQ	1.03	1.52	1.15	0.74	3.59			SQ	0.57	0.82	1.18	0.51	1.53
		NQ	0.84	1.28	0.56	0.41	2.95			NQ	0.53	0.58	0.94	0.43	1.22
2016	XI	WQ	1.52	2.90	1.51	2.10	3.90	2017	XI	WQ	1.52	2.90	1.51	2.10	3.90
		SQ	1.27	1.95	1.16	1.57	3.42			SQ	1.27	1.95	1.16	1.57	3.42
		NQ	1.06	1.37	0.73	1.36	2.81			NQ	1.06	1.37	0.73	1.36	2.81
2016	XII	WQ	2.02	4.90	2.21	3.11	7.86	2017	XII	WQ	2.02	4.90	2.21	3.11	7.86
		SQ	1.68	3.79	1.76	2.46	5.53			SQ	1.68	3.79	1.76	2.46	5.53
		NQ	1.53	2.97	1.29	2.07	3.68			NQ	1.53	2.97	1.29	2.07	3.68
2017	I	WQ	2.23	4.61	1.70	2.25	3.69	2017	I	WQ	2.23	4.61	1.70	2.25	3.69
		SQ	1.97	5.11	3.28	2.88	9.14			SQ	1.97	5.11	3.28	2.88	9.14
		NQ	1.63	4.61	1.70	2.25	3.69			NQ	1.63	4.61	1.70	2.25	3.69
2017	II	WQ	1.98	5.72	5.28	3.90	20.99	2017	II	WQ	1.98	5.72	5.28	3.90	20.99
		SQ	1.53	4.36	4.27	2.40	8.68			SQ	1.53	4.36	4.27	2.40	8.68
		NQ	1.26	3.46	3.21	1.62	3.42			NQ	1.26	3.46	3.21	1.62	3.42
2017	III	WQ	2.48	6.83	4.28	4.55	22.25	2017	III	WQ	2.48	6.83	4.28	4.55	22.25
		SQ	2.24	6.55	3.84	3.81	16.91			SQ	2.24	6.55	3.84	3.81	16.91
		NQ	1.95	5.82	3.49	3.19	11.36			NQ	1.95	5.82	3.49	3.19	11.36
2017	IV	WQ	2.07	6.60	3.85	3.28	13.41	2017	IV	WQ	2.07	6.60	3.85	3.28	13.41
		SQ	1.59	5.64	3.38	2.53	8.79			SQ	1.59	5.64	3.38	2.53	8.79
		NQ	1.35	4.63	2.95	2.02	7.31			NQ	1.35	4.63	2.95	2.02	7.31
2017	V	WQ	1.38	4.59	3.22	2.28	7.82	2017	V	WQ	1.38	4.59	3.22	2.28	7.82
		SQ	0.96	3.12	2.24	1.23	4.70			SQ	0.96	3.12	2.24	1.23	4.70
		NQ	0.49	1.40	0.96	0.26	2.33			NQ	0.49	1.40	0.96	0.26	2.33
2017	VI	WQ	0.49	1.32	0.90	0.26	3.98	2017	VI	WQ	0.49	1.32	0.90	0.26	3.98
		SQ	0.42	0.99	0.53	0.18	2.07			SQ	0.42	0.99	0.53	0.18	2.07
		NQ	0.37	0.86	0.40	0.14	1.62			NQ	0.37	0.86	0.40	0.14	1.62
2017	VII	WQ	0.87	1.81	2.41	0.39	6.55	2017	VII	WQ	0.87	1.81	2.41	0.39	6.55
		SQ	0.61	1.30	1.60	0.29	5.94			SQ	0.61	1.30	1.60	0.29	5.94
		NQ	0.47	1.00	0.79	0.22	4.94			NQ	0.47	1.00	0.79	0.22	4.94
2017	VIII	WQ	0.84	1.87	2.51	0.40	8.10	2017	VIII	WQ	0.84	1.87	2.51	0.40	8.10
		SQ	0.72	1.49	1.84	0.34	5.22			SQ	0.72	1.49	1.84	0.34	5.22
		NQ	0.62	1.27	1.36	0.27	3.51			NQ	0.62	1.27	1.36	0.27	3.51
2017	IX	WQ	1.89	4.93	3.62	1.20	16.94	2017	IX	WQ	1.89	4.93	3.62	1.20	16.94
		SQ	1.26	3.24	2.77	0.76	10.59			SQ	1.26	3.24	2.77	0.76	10.59
		NQ	0.69	1.57	1.52	0.31	5.01			NQ	0.69	1.57	1.52	0.31	5.01
2017	X	WQ	2.55	7.41	4.25	2.72	20.53	2017	X	WQ	2.55	7.41	4.25	2.72	20.53
		SQ	2.17	5.95	3.72	1.88	13.47			SQ	2.17	5.95	3.72	1.88	13.47
		NQ	1.89	4.97	3.50	1.22	8.67			NQ	1.89	4.97	3.50	1.22	8.67