



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

Raport końcowy z monitoringu stanów wód powierzchniowych i podziemnych oraz zasobów wodnych w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w latach 2015-2021



Tomasz Furtak, Krzysztof Stępniewski
ecoTerra

Czerwiec, 2022

Opracowanie powstało 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

Spis treści

1.STRESZCZENIE	3
2.SUMMARY	4
3.WSTĘP.....	5
4.WARUNKI METEOROLOGICZNE.....	7
5.MONITORING WÓD POWIERZCHNIOWYCH ORAZ ANALIZA ZASOBÓW WODNYCH	9
5.1. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW PRZEPŁYWU RZEK I KANAŁÓW ŚRODKOWEGO BASENU DOLINY BIEBRZY	9
5.1.1. ANALIZA ZMIENNOŚCI ROZRZADU WODY W WĘŻLE WODNYM JEGRZNIA – KANAŁ WOŹNAWIEJSKI	9
5.1.2. ANALIZA POMIARZONYCH PRZEPŁYWÓW CHWILOWYCH RZEKI EŁK I KANAŁU RUDZKIEGO.....	11
5.2.ANALIZA STANÓW WÓD POWIERZCHNIOWYCH	12
5.3. KRZYWE NATĘŻENIA PRZEPŁYWU	18
5.4. ANALIZA HYDROGRAMÓW PRZEPŁYWU W LATACH 2016-2021	24
6.ANALIZA STANÓW WÓD PODZIEMNYCH	29
7.WNIOSKI	42
8.LITERATURA.....	44
9.ZAŁĄCZNIKI	44

1.STRESZCZENIE

W raporcie przedstawiono wyniki monitoringu stanów wód powierzchniowych i podziemnych oraz przepływów w latach 2015-2021 na obszarze Środkowego Basenu doliny Biebrzy. Stany wód są odbiciem sytuacji hydrologiczno-meteorologicznej tego obszaru. Najwyższe stany wód podziemnych wystąpiły w okresach grudzień 2016 – kwiecień 2017 i listopad 2017 – kwiecień 2018 roku. Najniższe stany wody odnotowano w większości punktów pomiarowych w okresie sierpień-wrzesień 2019, kiedy było bardzo małe zasilenie przez opady atmosferyczne. Działanie jazu oraz sześciu progów na Kanale Woźnawiejskim przyczyniło się do większego transferu wody do dolnego odcinka Jegrzni w czasie niskich stanów wód. Nie została jednak ograniczona drenująca rola tego kanału wobec przylegających torfowisk. Jegrznia stanowi główne źródło wody w starym korycie Ełku. Stare koryto rzeki Ełk prawdopodobnie jest chwilowo wykorzystywane na niewielkich odcinkach w czasie wezbrań wiosennych, poza nimi następuje rozłączność rzeki Ełk od Kanału Rudzkiego do ujścia Jegrzni. Wskazuje się na kontynuację prac renaturyzacyjnych na rzece Ełk w celu poprawy warunków hydrologicznych w Basenie Środkowym doliny Biebrzy.



2.SUMMARY

In this report the results of monitoring surface water levels, groundwater levels and river discharges conducted in years 2015-2021 in the Middle Basin of Biebrza Valley are presented.

Water levels reflect the hydrological and meteorological conditions of the area. The highest levels of groundwater were noted from December 2016 to April 2017 and from November 2017 to April 2018. The lowest water levels were recorded at most measurement points from April 2019 to September 2019, which was caused by low precipitation. The implementation of the weir and six crest of spillway on the Woźnawiejski Canal contributed to greater water transfer to the lower reaches of the Jegrznia River during low water levels. However, the drainage role of this canal towards the adjacent peat bogs has not been limited. The Jegrznia River is the main source of water in the old Ełk River bed which is probably temporarily used on small reaches during spring high-water stages. Beyond them, the Ełk river is separated from the Rudzki Canal up to the mouth of the Jegrznia River.

The foregoing indicates to continue renaturalization works on the Ełk river in order to improve hydrological conditions in the Middle Basin of Biebrza Valley.

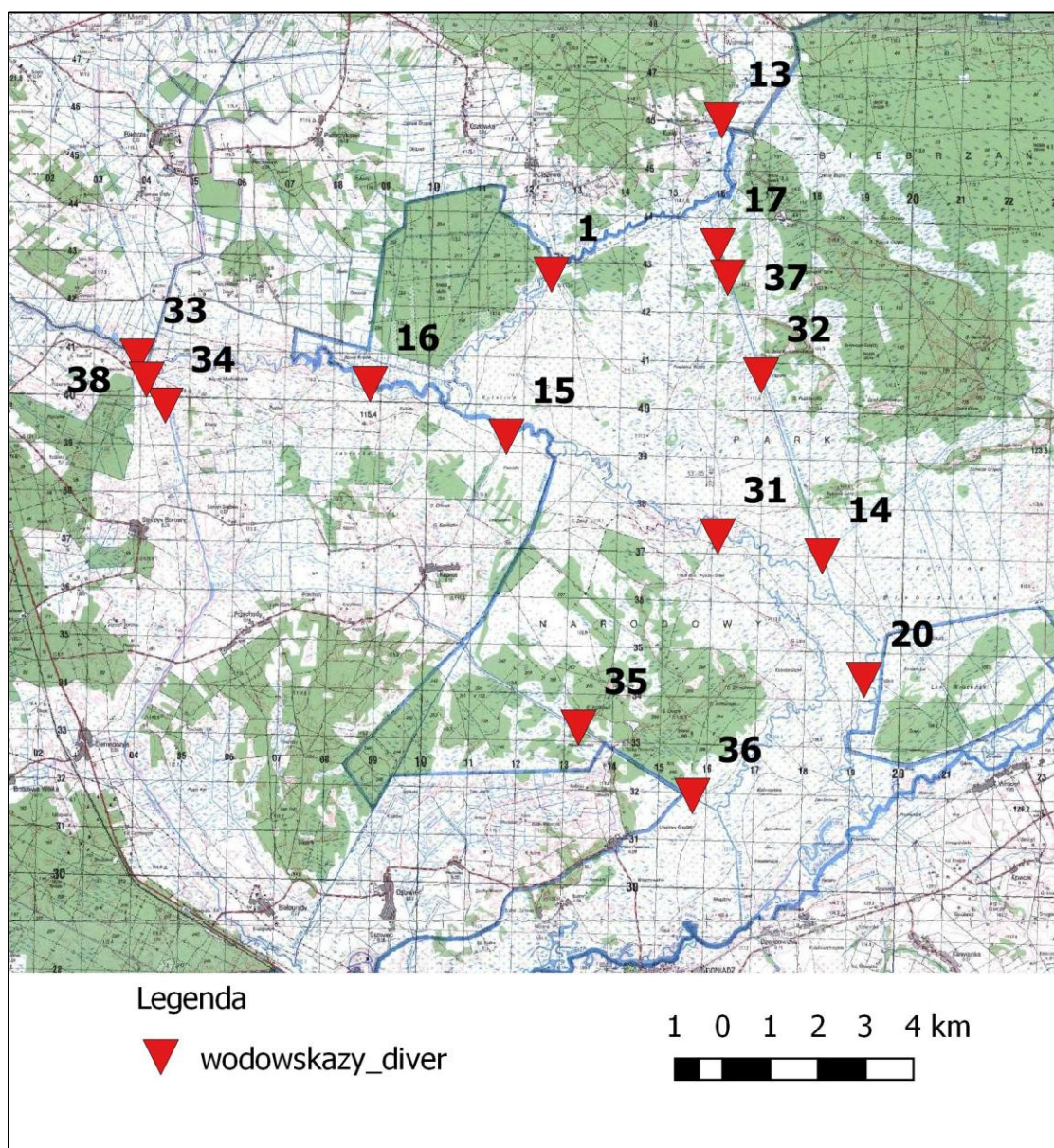


3.WSTĘP

W raporcie przedstawiono wyniki badań oraz interpretację wyników pomiarów stanów wód powierzchniowych i podziemnych, wykonanych w latach hydrologicznych 2016-2021 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.

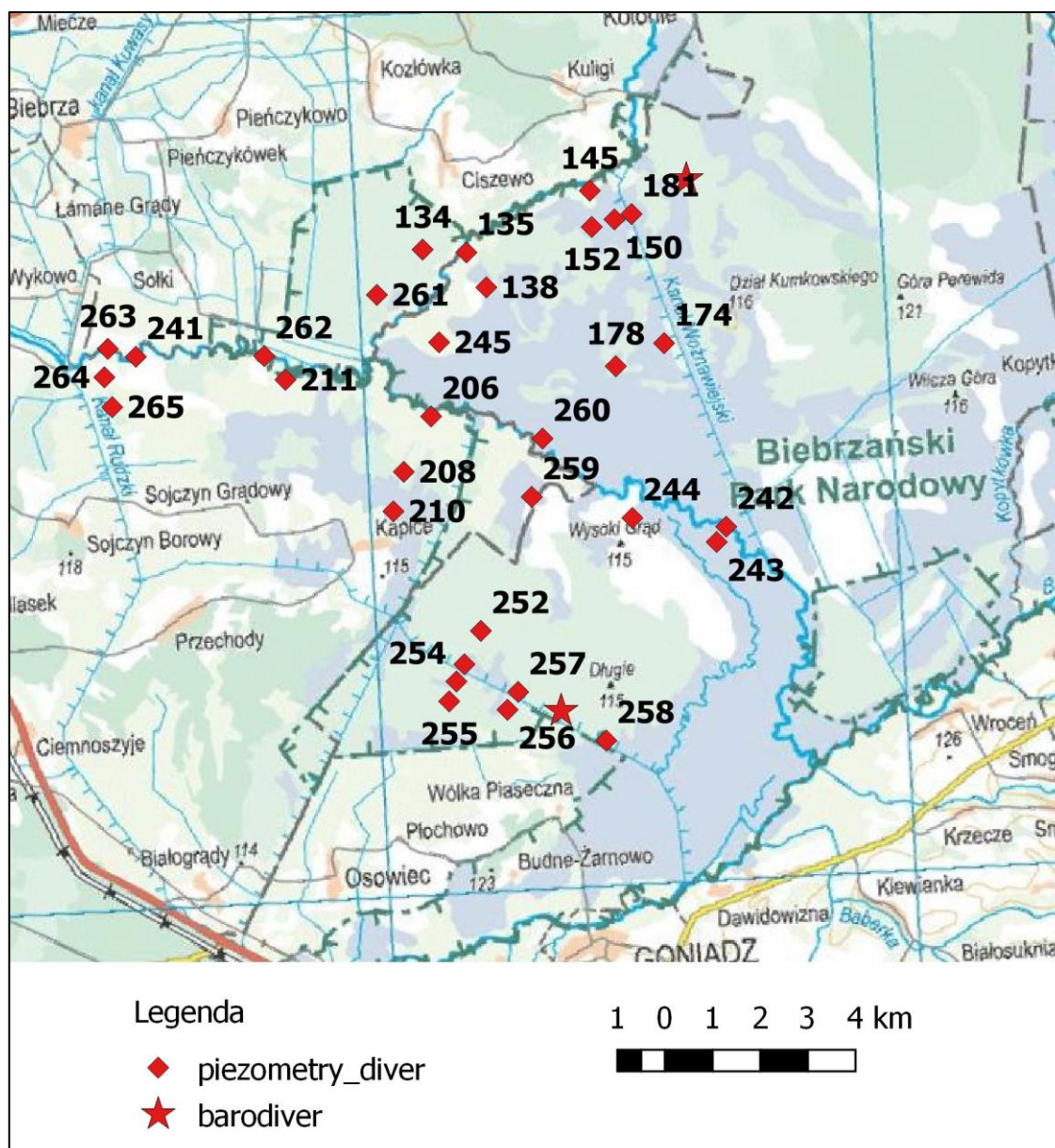
Układ raportu nawiązuje do raportu z poprzedniego okresu raportowania 2012-2016.

W latach 2015-2021 funkcjonowało na terenie Basenu Środkowego doliny Biebrzy 15 punktów monitoringu wód powierzchniowych oraz 32 punkty monitoringu wód podziemnych (ryc.1 i ryc.2).



Ryc. 1. Lokalizacja punktów monitoringu wód powierzchniowych w Basenie Środkowym doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021

Opracowanie powstało 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



Ryc. 2. Lokalizacja punktów monitoringu wód podziemnych w Basenie Środkowym doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021

4. WARUNKI METEOROLOGICZNE

W tabeli 1 przedstawiono roczne sumy opadów oraz średnie temperatury powietrza w latach hydrologicznych 2016-2021.

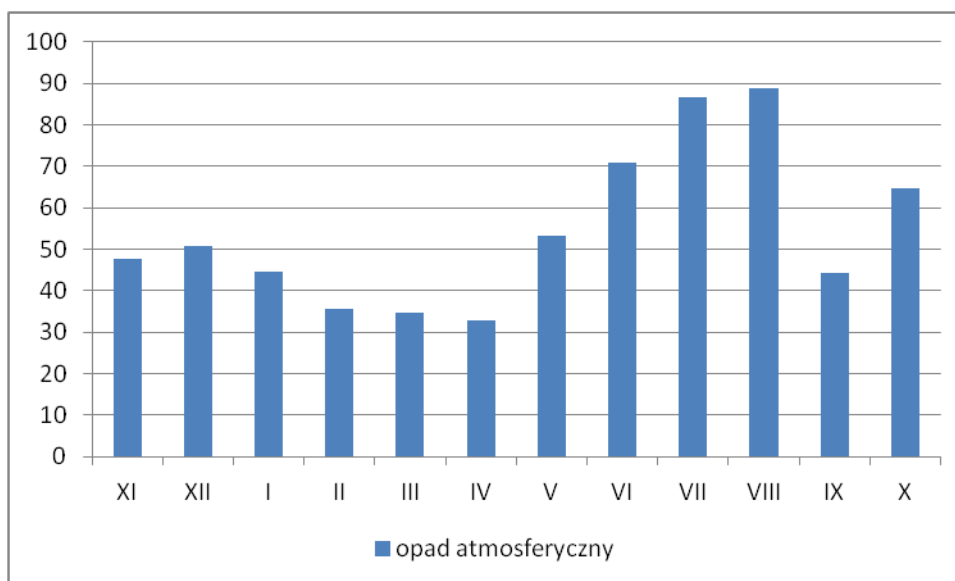
Tab.1. Roczne sumy opadów na stacji opadowej Grzędy (BbPN) i średnia roczna temperatura powietrza na stacji meteorologicznej Białystok w latach hydrologicznych 2016-2021

Rok hydrologiczny	P [mm]	T [°C]
2016	739	8,4
2017	747	7,6
2018	617	9,0
2019	523	9,2
2020	647	9,2*
2021	655	7,7*
średnia	622	8,2

źródło danych: P – Biebrzański Park Narodowy – Stacja Grzędy, T – IMGW-PIB,

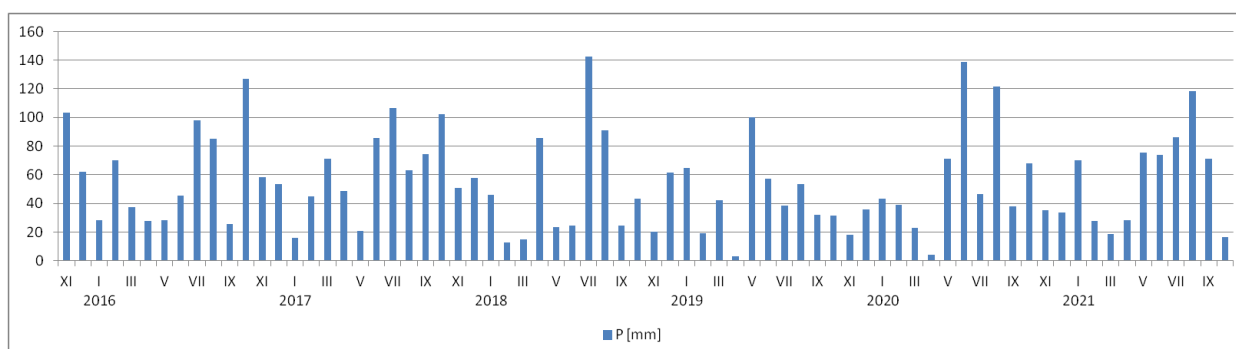
*<https://en.tutiempo.net/climate/ws-122950.html> (dostęp 04.03.2022 r.)

Okres ostatnich sześciu lat hydrologicznych 2016 -2021 (XI 2015 - X 2021) cechuje dość duża zmienność rocznych sum opadów. Najwyższe opady wystąpiły w latach 2016-2017 i odpowiednio wyniosły 739 mm (119 % średniej sumy opadów dla badanego okresu) i 747 mm (120 % średniej sumy opadów dla badanego okresu). W latach 2018 i 2019 notowano najniższe opady w sześcioleciu, i tak dla pierwszego roku 617 mm (minimalnie poniżej średniej) oraz 523 mm w roku 2019 co jest wartością minimalną w tym okresie i stanowi 84% średniej. W latach 2020 i 2021 wielkość opadów oscylowała wokół 650 mm. Średnia wartość opadów atmosferyczny na poziomie 622 mm była wyższa niż średnia roczna suma opadów z 35-letniego okresu pomiarowego (1981-2015) w dwóch stacjach synoptycznych, która wynosi 578 mm w Białymstoku i 602 mm w Suwałkach. Wartości tego parametru zmieniały się odpowiednio w zakresie od 453 mm do 851 mm i od 448 mm do 745 mm Ponad 60% opadów przypada na okres od kwietnia do września. Znaczna część opadów atmosferycznych w półroczu zimowym występuje w postaci śniegu.



Ryc. 3. Średnie miesięczne sumy opadów na stacji Grzędy (BbPN) w latach hydrologicznych 2016-2021

Najwyższe średnie miesięczne sumy opadów notowane są w lipcu (86,5 mm) oraz w sierpniu (88,8 mm). Zdecydowanie najniższe opady występują w okresie późnej zimy i wczesnej wiosny w miesiącach: luty (35,6 mm), marzec (34,6 mm) i kwiecień (32,8 mm). Lata 2016-2021 były zróżnicowane jeśli chodzi o wielkość opadów (ryc.3) .



Ryc. 4. Rozkład miesięcznych sum opadów na stacji Grzędy (BbPN) w latach hydrologicznych 2016-2021

Analizując rozkład miesięcznych sum opadów na stacji Grzędy w latach 2016-2021 stwierdzono, że miesięczne maksimum opadowe zaobserwowano w lipcu 2018 r. i wyniosło 142,6 mm. Minimum opadowe miało miejsce w kwietniu 2019 r. i wyniosło 2,9 mm. Niewiele wyższą wartość zanotowano także w kwietniu 2020 r. 4,1 mm. Najwyższe sumy opadów atmosferycznych obserwuje się w półroczu ciepłym (ryc. 4).

Rejony północno-wschodniej Polski należą do najzimniejszych w kraju. Średnia roczna temperatura powietrza w okresie 1981–2015 wynosiła 7,4°C w Białymstoku i 6,9°C w Suwałkach (Fortuniak K., Pawlak W., 2016). Lata 2016-2021 charakteryzowały się zmiennością średniej rocznej temperatury powietrza, której amplituda wyniosła 1,6 °C.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost średniej rocznej temperatury powietrza. Lata 2018 - 2020 oceniono jako najcieplejsze w całej historii pomiarów meteorologicznych. Średnia temperatura powietrza w okresie zimowym wzrosła o ok. 1 stopień, a w okresie letnim ok. 2 stopnie powyżej normy wieloletniej (okres referencyjny 1971-2000). Rok 2021 charakteryzował się spadkiem średniej temperatury powietrza o 1,5 °C do 7,7 °C w stosunku do roku 2020.

5.MONITORING WÓD POWIERZCHNIOWYCH ORAZ ANALIZA ZASOBÓW WODNYCH

5.1. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW PRZEPŁYWU RZEK I KANAŁÓW ŚRODKOWEGO BASENU DOLINY BIEBRZY

5.1.1. ANALIZA ZMIENNOŚCI ROZRZADU WODY W WĘZLE WODNYM JEGRZNIA – KANAŁ WOŹNAWIEJSKI

Analizą rozdziału wody na węźle Jegrznia - Kanał Woźnawiejski zajmowano się od czasu udroźnienia i powiększenia koryta Jegrzni (1991 r.) poniżej odgałęzienia się Kanału Woźnawiejskiego (Byczkowski, Kubrak J., 1996). W ramach „Renaturyzacji sieci hydrograficznej w Basenie Środkowym Doliny Biebrzy. Etap I” wybudowano jaz na Kanale Woźnawiejskim oraz 6 progów stabilizujących poziom wód w Kanale na odcinku poniżej jazu. Nadrzędnym celem tego działania jest rozdział wód pomiędzy starym korytem Jegrzni a Kanałem Woźnawiejskim tak by osiągnąć proporcję 75% do 25%, czyli większość wód prowadzonych przez Jegrznię zamiast trafiać do Kanału Woźnawiejskiego ma zasilać pierwotne koryto (Renaturyzacja sieci hydrograficznej ..., 2016). Zgodnie z instrukcją gospodarowania wodą piętrzenie poziomu wód na wybudowanym jazu odbywa się głównie w zakresie przepływów niskich.

Podobnie jak w okresie 2012-2018 kontynuowano pomiary przepływów wykonywanych tego samego dnia w przekrojach zlokalizowanych w korycie Jegrzni powyżej oraz poniżej węzła wodnego Jegrznia-Kanał Woźnawiejski (punkt pomiarowy ID13 i ID1) oraz w górnym odcinku Kanału Woźnawiejskiego (ID17 a od 2020 roku ID37)(tab. 2).

Tab. 2. Analiza rozrządu wody na węźle Jegrznia – Kanał Woźnawiejski na podstawie wyników wykonanych pomiarów hydrometrycznych

Data	Przepływ w profilu pomiarowym [m ³ /s]			(1+17)/13	1/13
	Profil 13 – Jegrznia (Kuligi)	Profil 17 – Kanał Woźnawiejski	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
				średnia	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
2019-07-11	0,630	0,122	0,471	0,94	0,75
2019-08-01	0,723	0,069	0,575	0,89	0,79
2019-09-28	0,806	0,111	0,590	0,87	0,73
2019-10-19	0,623	0,074	0,462	0,86	0,74
2020-03-05	1,298	0,542	0,945	1,15	0,73
2020-05-22	0,862	0,078	0,931	1,17	1,08
2020-07-30	0,954	0,495	0,192	0,72	0,20
2020-10-18	1,340	0,782	1,298	1,55	0,98
2021-03-05	5,622	4,109	1,557	1,01	0,28
2021-05-17	3,244	2,012	1,234	1,00	0,38
2021-09-14	1,986	1,548	0,391	0,98	0,20
2021-10-24	3,028	2,471	0,608	1,02	0,20
średnia					0,57

*przed rozpoczęciem piętrzenia na jazie w kanale Woźnawiejskim

Przed rozpoczęciem piętrzeń na Kanale Woźnawiejskim (przed 01.05.2016 r.) średni udział dolnej Jegrzni (ID 1 profil Ciszewo) w transferze wód górnej Jegrzni (ID13 profil Kuligi Most Betonowy) wynosił 0,41 (tab. 2). Po rozpoczęciu systematycznego piętrzenia wód w korycie Kan. Woźnawiejskiego udział dolnej Jegrzni w transferze wód górnej Jegrzni wyniósł 0,57. Pomimo niewielkiej liczby dostępnych danych z pomiarów hydrometrycznych prowadzonych w węźle wodnym Jegrznia-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” (Grygoruk 2019). Podobnie jak w okresie poprzednim (2012-2018) udział dolnej Jegrzni w transferze wód z górnej Jegrzni był większy w okresie przepływów niskich w porównaniu do przepływów wysokich. Odzwierciedlają to wyniki np. z roku 2019 (niskie stany wody), w którym przepływ Jegrznią stanowił ponad 70%. Odwrotną sytuację obserwowaliśmy w roku 2021 (wysokie stany) kiedy udział Kanału Woźnawiejskiego kształtował się w przedziale 62-80% (tab. 2). Przy najwyższych przepływach niemal całe wezbrania uchodzą przez Kanał Woźnawiejski, a tylko niewielka część wody z wezbrań odpływa Jegrznią w kierunku Ciszewa (ryc. 19). Taka sytuacja może spowodować, że koryto Jegrzni, wobec braku „oczyszczającej” roli wezbrań, będzie coraz mocniej zarastać i zamulać się, utrudniając jeszcze bardziej odpływ wody tym odcinkiem rzeki.

5.1.2. ANALIZA POMIERZONYCH PRZEPŁYWÓW CHWILOWYCH RZeki EŁK I KANAŁU 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 2016-2021 podobnie jak w okresie wcześniejszym 2015-2018 przechwytywany przez Kan. Rudzki. Obserwowano także, że np. w okresach niżówek, udział przepływu Kan. Rudzkiego w całkowitym przepływie rz. Ełk powyżej jazu w Modzelówce wynosił 78%. (Grygoruk 2019). Niższe przepływy notowane w punkcie pomiarowym ID34 w porównaniu z ID33 mogą być też pochodną piętrzeń w okresie letnim na jazie w Przechodach. Piętrzenia prowadzone na jazie w Przechodach powodują tzw. „cofkę” i wzrost poziomu wody, szczególnie w profilu ID34 przy zmniejszeniu średniej prędkości wody oraz zmniejszeniu przepływu.

W roku hydrologicznym 2021 wykonano dodatkowo pomiary przepływu na Kanale Kuwasy co potwierdza zasilenie Ełku także z kierunku północnego do Kanału Rudzkiego. Stare koryto rzeki Ełk prawdopodobnie jest chwilowo wykorzystywane na niewielkich odcinkach w czasie wezbrań wiosennych. Tak jak w raporcie z okresu 2012-2018 tak i teraz potwierdza się konieczność podjęcia działań zmierzających do przekierowania części wód górnego Ełku do jego dawnego koryta (tab. 3).

Tab. 3. Wyniki pomiarów natężenia przepływu rz. Ełk, Kan. Rudzkiego oraz Kan. Kuwaskiego oraz wybrane charakterystyki pomierzonych wartości

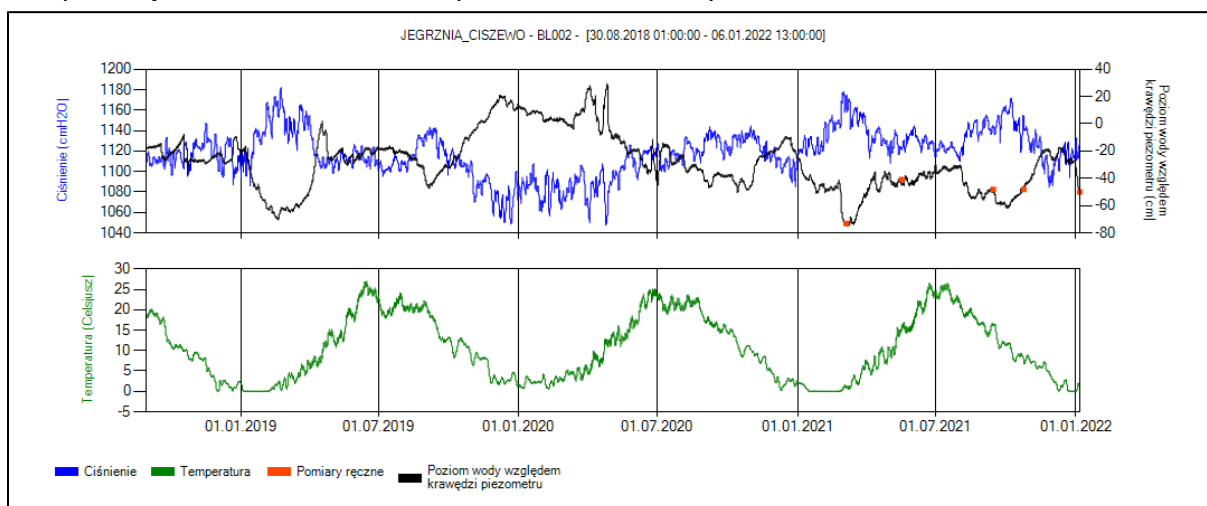
Data	Q w profilu 33 [m3/s]	Q w profilu 34 [m3/s]	Q w profilu 16 [m3/s]	Q w profilu K. Kuwasy [m3/s]	Q34/Q33
04.12.2015	0,41	0,43	0,00	-	1,06
24.03.2016	0,51	0,47	-	-	0,93
13.06.2016	0,22	0,17	-	-	0,78
26.10.2016	0,25	0,23	-	-	0,91
02.10.2017	8,46	9,68	-	-	1,14
28.10.2017	12,93	18,36	-	-	1,42
03.07.2017	6,50	7,82	-	-	1,20
27.05.2017	8,86	10,27	-	-	1,16
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
02.08.2019	2,12	1,91	-	-	0,90
28.09.2019	2,76	2,50	-	-	0,91
18.10.2019	3,10	3,38	-	-	1,09
06.03.2020	4,39	4,76	-	-	1,08
21.05.2020	4,56	5,26	-	-	1,15
30.07.2020	2,42	2,67	-	-	1,10
17.10.2020	3,75	3,91	-	-	1,04
04.03.2021	12,32	15,50*	-	3,36	1,26
17.05.2021	7,25	8,75*	-	1,35	1,21

14.09.2021	4,09	4,63*	-	0,61	1,13
24.10.2021	3,64	4,72*	-	0,72	1,30
Średnia					1,06

*pomiar za mostem w Sojczynie

5.2.ANALIZA STANÓW WÓD POWIERZCHNIOWYCH

W latach hydrologicznych 2016-2021 funkcjonowało na terenie Basenu Środkowego doliny Biebrzy 15 punktów automatycznego monitoringu wód powierzchniowych. W poprzednim okresie pomiary prowadzono w 13 punktach pomiarowych. Od września 2019 zainstalowano dodatkowy punkt nr ID37 poniżej jazu na Kanale Woźnawiejskim (ID17) oraz dnia 22 maja 2020 r. został zainstalowany piezometr ID38 na Kanale Rudzkim, poniżej jazu na Modzelówce, a przed ujściem Kanału Kuwasy do Kanału Rudzkiego, aby pominąć wpływ piętrzeń powyżej jazów. Dane automatyczne były weryfikowane przez pomiary ręczne oraz monitoring standardowy prowadzony przez Biebrzański Park Narodowy. Wykonano kompensację ciśnienia w programie Diver-Office. Przykładowy weryfikacji serii danych oraz kompensacji dla wodowskazu ID 1 przedstawiono na ryc. 5.



Ryc. 5. Przykładowa weryfikacja i kompensacja danych dla wodowskazu ID1

Tab. 4. Rzędne punktów referencyjnych przyjętych w analizie stanów wody. Źródło danych: BbPN 2022

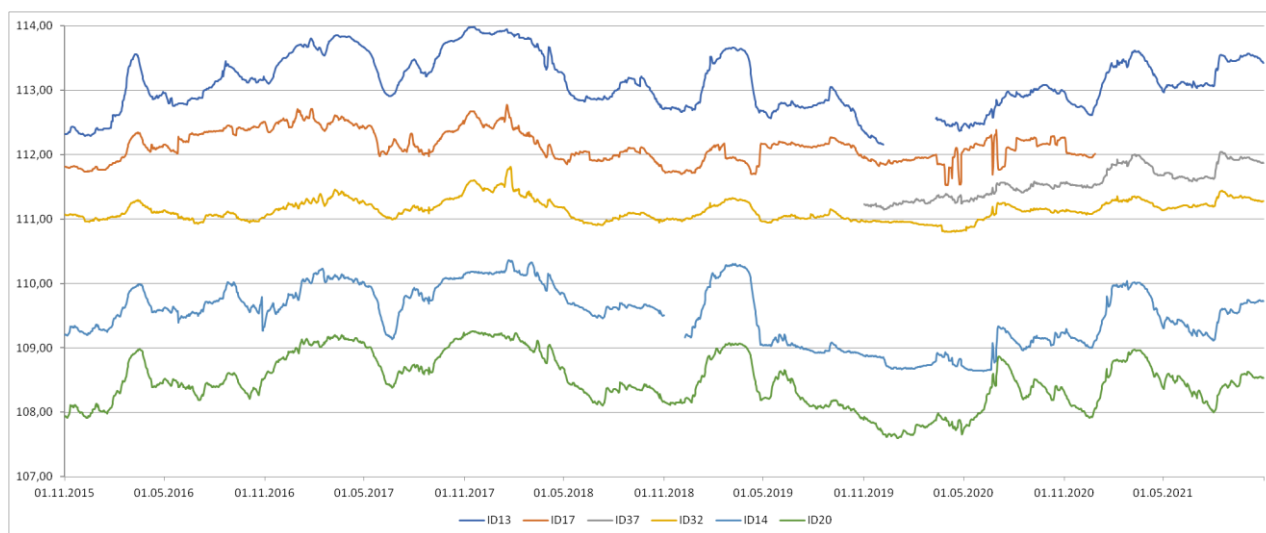
ID	X-2000	Y-2000	Okres monitoringu	H główki piezometru (Kronsztad 86) [m n.p.m.]
1	5944092,00	8414057,20	2011-2021	111,13
13	5947068,57	8417757,03	2011-2021	112,97
14	5938108,48	8419611,59	2011-2021	109,32
15	5940720,72	8413045,94	2011-2021	110,22
16	5941871,39	8410218,18	2011-2021	110,97
17	5944625,72	8417539,14	2011-2021	112,25

20	5935492,06	8420422,28	2011-2021	108,07
31	5938560,93	8417431,88	2014-2021	109,32
32	5941902,65	8418397,00	2014-2021	111,40
33	5942544,50	8405370,52	2015-2021	111,04
34	5941508,59	8405927,75	2015-2021	111,38
35	5934617,78	8414446,7	2015-2021	109,54
36	5933145,26	8416805,57	2015-2021	108,67
37	5943969,6	8417735,29	2020-2021	111,90
38	5942144,30	8405508,22	2021	111,14

Do analizy stanów wód powierzchniowych przyjęto rzędne wodowskazów (punktów pomiarowych) na podstawie wykonanej niwelacji w 2020 r. przez firmę Zbigniew Bartosik Specjalistyczna Pracownia Projektowa „WAGA-BART” (tab. 4). Wartości stanów wód powierzchniowych z lat 2016-2018 zostały zweryfikowane do nowych rzędnych.

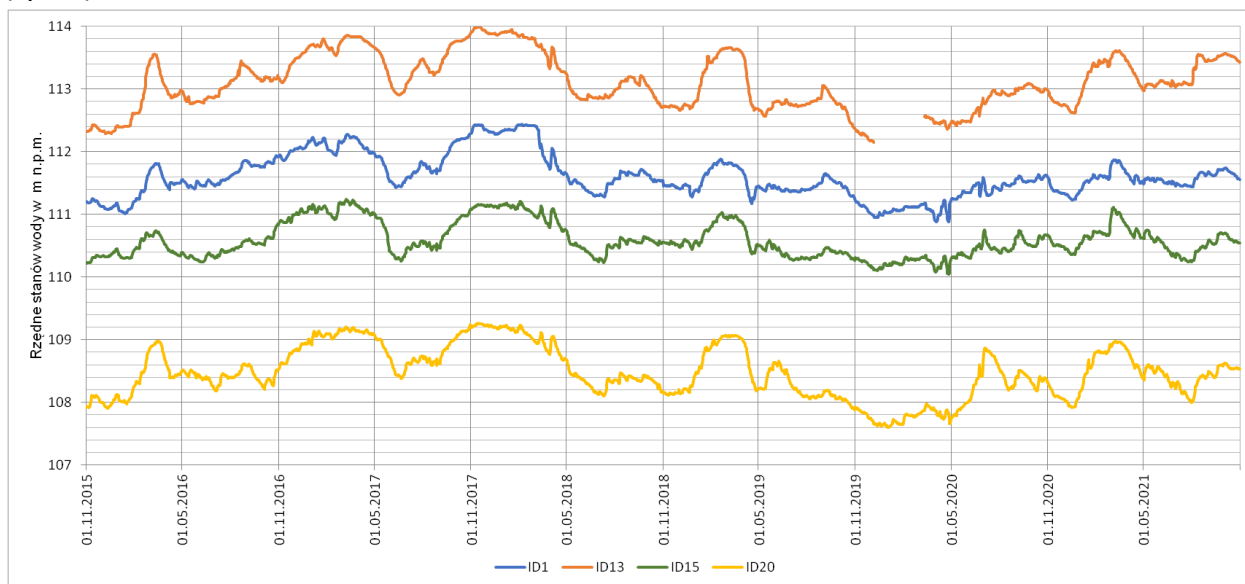
Reżim hydrologiczny rzek i kanałów Basenu Środkowego doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021 był zróżnicowany. Najwyższe stany wód wystąpiły na początku roku hydrologicznego 2018 (XI 2017), co było związane z większym zasilaniem przez opady atmosferyczne pod koniec roku hydrologicznego 2017: VII 2017 r. - 107 mm, VIII 2017 r. - 63 mm, IX - 2017 r. 74 mm i X 2017 r. - 102 mm, gdzie łącznie w roku hydrologicznym opad atmosferyczny wyniósł 747 mm (120 % średniej sumy opadów dla tego okresu). Najniższe stany wody notowano w pierwszej połowie roku hydrologicznego 2020 (XII 2019 r. – V 2020r.).

Przebieg stanów wód powierzchniowych wykazuje wysoką współkształtność hydrogramów w poszczególnych sekwencjach profili pomiarowych (ryc. 6 – ryc. 10).



Ryc. 6. Hydrogramy stanów wód powierzchniowych w sekwencji punktów monitoringu Jęgrznia – Kanał Wożnawiejski – Ełk w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego w m n.p.m. (źródło: Biebrzański Park Narodowy)

Stany wody rejestrowane w punkcie pomiarowy ID17 są odbiciem funkcjonowania jazu na Kanale Woźnawiejskim i prowadzonych tam piętrzeń w okresach kwiecień – wrzesień roku hydrologicznego. W czasie prowadzenia piętrzeń następuje wzrost poziomu wody powyżej jazu oraz jego spadek poniżej jazu (ID37, ID32, ID14). Prowadzenie piętrzeń na tym jazu powoduje ograniczenie przepływu Kanalem Woźnawiejskim i przekierowanie wód do Jęgrzni (ryc. 6).



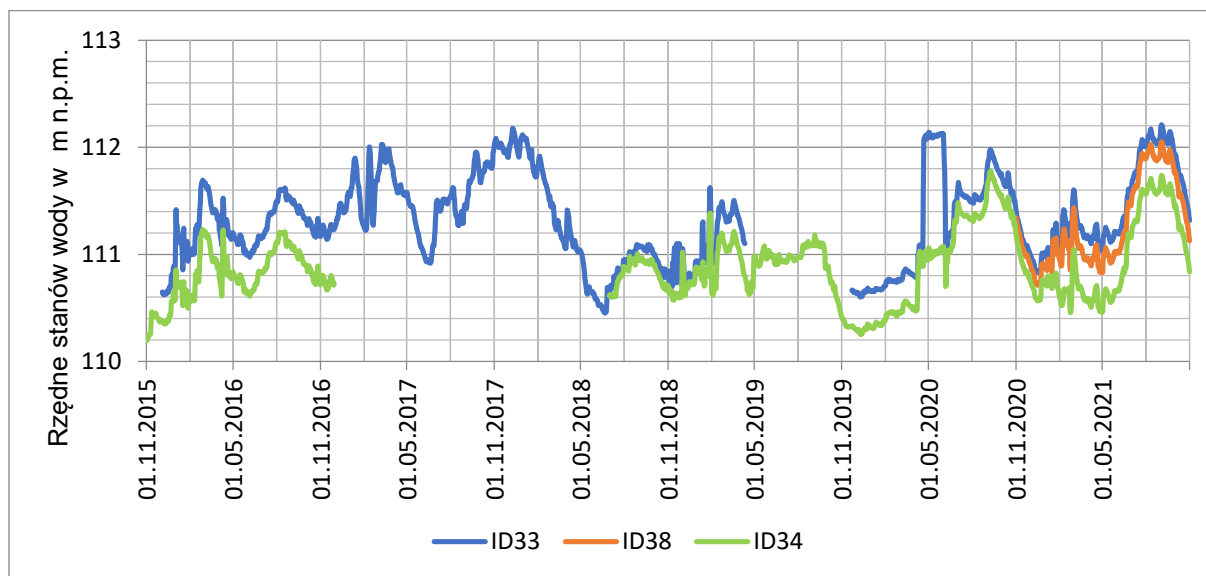
Ryc. 7. Hydrogram stanów wód powierzchniowych w sekwencji punktów rzeka Jęgrznia – „Martwy Ełk” – Ełk w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego w m n.p.m. (źródło: Biebrzański Park Narodowy)

Przedstawioną na ryc. 7 sekwencję punktów pomiarowych Jęgrznia – „Martwy Ełk” – Ełk na rzekach, gdzie brak jest urządzeń wodnych cechuje wysoka współkształtność stanów wody.



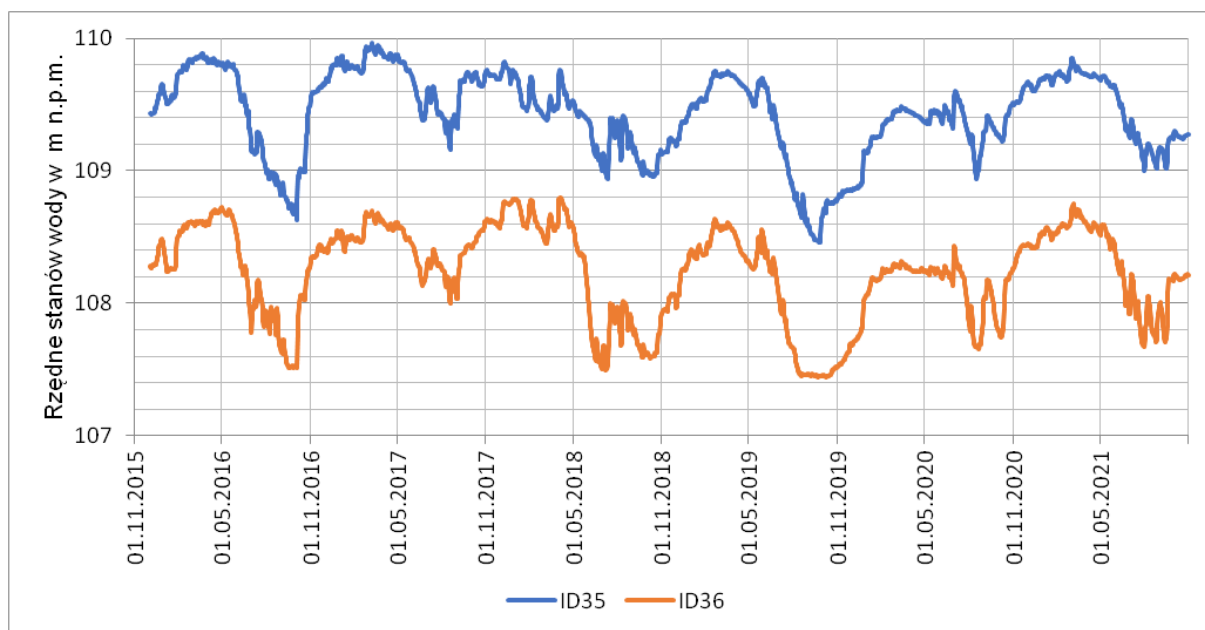
Ryc. 8. Hydrogram stanów wód powierzchniowych wzdłuż rzeki Ełk w m n.p.m. w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło: Biebrzański Park Narodowy)

Wzdłuż rzeki Ełk stwierdza się wysoką współkształtność stanów wody w profilach ID16, ID15, ID31 i ID20. Podobnie jak w okresie 2012-2018 (Grygoruk 2019) w wielu okresach występuje nakładanie się rzędnych zwierciadła wody powyżej jazu w Modzelówce (ID33) oraz w profilu Dębiec (ID16). Świadczy to o rozłączności hydraulicznej rzeki Ełk na tym odcinku przez większość okresu obserwacji. Jedynie przy najwyższych stanach wody uruchamiany jest przepływ Martwym Ełkiem na niewielkich odcinkach w dolnym jego biegu.



Ryc. 9. Hydrogram stanów wód powierzchniowych w sekwencji punktów rzeka Ełk – Kanał Rudzki w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego w m n.p.m. (źródło: Biebrzański Park Narodowy)

Stany wody rejestrowane w punkcie pomiarowym ID33 są odbiciem funkcjonowania jazu w Modzelówce od 2020 r. i prowadzonych tam piętrzeń w okresach kwiecień – wrzesień roku hydrologicznego. W czasie prowadzenia piętrzeń następuje wzrost poziomu wody powyżej jazu (ID33). Stan wody poniżej jazu (ID38 i ID34) jest odbiciem pracy jazu w Modzelówce oraz jazu w Przechodach. Piętrzenia prowadzone na jazu w Przechodach powodują tzw. „cofkę” i wzrost poziomu wody, szczególnie w profilu ID34 przy zmniejszeniu średniej prędkości wody oraz zmniejszeniu przepływu.



Ryc. 10. Hydrogram stanów wód powierzchniowych w m n.p.m. Kanału Kapickiego w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło: Biebrzański Park Narodowy)

Wzdłuż Kanału Kapickiego stwierdza się wysoka współzależność stanów wody w profilach ID35 i ID36. W latach 2016-2021 występowały okresy wyschnięcia Kanału Kapickiego (m.in. sierpień 2020 – listopad 2020).

Stany charakterystyczne analizowanych rzek i kanałów podobnie jak w latach 2012-2015 odzwierciedlały sytuację meteorologiczną panującą w latach 2016-2021 a głównie wielkość opadów atmosferycznych (tab. 5 i tab. 6). Najmniejszą zmienność stanów wody zanotowano na „Martwym Ełku” (ID16), która wynosiła 0,98 m, a także dalej na Ełku w Kapicach (ID15) 1,20 m oraz na dolnym odcinku tzw. „Cichego Ełku” 1,29 m. Również w górnym odcinku Kanału Woźnawiejskiego obserwowano stosunkowo niskie amplitudy: ID17 – 1, 25 m oraz ID32 -1,01 m.

Tab. 5. Stany charakterystyczne I stopnia monitorowanych rzek i kanałów w poszczególnych punktach monitoringu w latach hydrologicznych 2016-2021. 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
2016	WW	111,93	113,56	110,02	110,84	111,32	112,51	108,98	109,85
	SW	111,48	112,88	109,58	110,44	110,99	112,14	108,36	109,24
	NW	111,01	112,29	109,19	110,22	110,74	111,73	107,91	108,85
2017	WW	112,29	113,89	110,23	111,24	111,56	112,71	109,24	109,85
	SW	111,95	113,51	109,86	110,84	111,24	112,36	108,89	109,59
	NW	111,43	112,91	109,14	110,26	110,79	111,98	108,38	109,17
2018	WW	112,44	113,99	110,36	111,21	111,62	112,78	109,26	109,56
	SW	111,87	113,36	109,87	110,77	111,19	112,16	108,71	109,35

	NW	111,28	112,71	109,46	110,23	110,64	111,75	108,10	109,07
2019	WW	111,89	113,66	110,31	111,03	111,57	112,27	109,07	109,97
	SW	111,50	112,94	109,38	110,53	111,12	112,02	108,41	109,29
	NW	111,18	112,37	108,88	110,27	110,82	111,70	107,89	108,87
2020	WW	111,63	113,09	109,34	110,75	111,25	112,38	108,87	109,59
	SW	111,26	112,68	108,88	110,35	110,89	112,02	108,05	109,03
	NW	110,88	112,15	108,64	110,04	110,69	111,53	107,60	108,71
2021	WW	111,87	113,99	110,04	111,11	111,53	112,27	108,97	110,00
	SW	111,55	113,21	109,51	110,58	111,12	112,01	108,45	109,50
	NW	111,23	112,62	109,00	110,24	110,86	111,96	107,92	109,02

Rok	Stan	ID32	ID33	ID34	ID35	ID36	ID37	ID38
2016	WW	111,30	111,69	111,23	109,89	108,72		
	SW	110,06	111,24	110,83	109,43	108,26		
	NW	110,92	110,62	110,19	108,63	107,51		
2017	WW	111,46	112,03	111,80	109,96	108,70		
	SW	111,22	111,51	110,74	109,69	108,43		
	NW	110,99	110,92	110,67	109,16	108,00		
2018	WW	111,81	112,18	111,01	109,82	108,80		
	SW	111,21	111,25	110,83	109,40	108,25		
	NW	110,90	110,45	110,60	108,94	107,50		
2019	WW	111,32	111,62	111,39	109,75	108,63		
	SW	111,08	111,08	110,90	109,27	108,08		
	NW	110,95	110,70	110,42	108,46	107,44		
2020	WW	111,25	112,14	111,78	109,60	108,43	111,58	
	SW	111,01	111,28	110,89	109,28	108,07	111,36	
	NW	110,80	110,60	110,25	108,79	107,52	111,15	
2021	WW	111,44	112,21	111,74	109,85	108,75	112,04	112,05
	SW	111,24	111,42	110,96	109,50	108,32	111,75	111,27
	NW	111,07	110,83	110,45	109,00	107,67	111,49	110,71

Najwyższą zmienność stanów wody, reprezentowaną przez największe amplitudy (rozstęp) serii danych o stanach wody, stwierdzono w profilach ID13, ID33 i ID14. Na Jęgrzni w punkcie ID13 podobnie jak w latach ubiegłych (Grygoruk 2019) może to wynikać z pozostawiania pod wpływem rozrządu wody w węźle Rajgród (Jęgrznia – Kanał Kuwaski). Zaobserwowano krótkie epizody wezbraniowe, które następowały najprawdopodobniej poprzez przekierowanie większości wody dopływającej z górnych partii zlewni rz. Jęgrzni, z pominięciem Kanału Kuwaskiego. Zmienność stanów wody w tych profilach charakteryzuje zmienność warunków hydrologicznych panujących w regionie Pojezierza Łęckiego (ID13 i ID33). Profil ID14 charakteryzuje głębokie wcięcie koryta Kanału Woznawiejskiego (około 1 m).

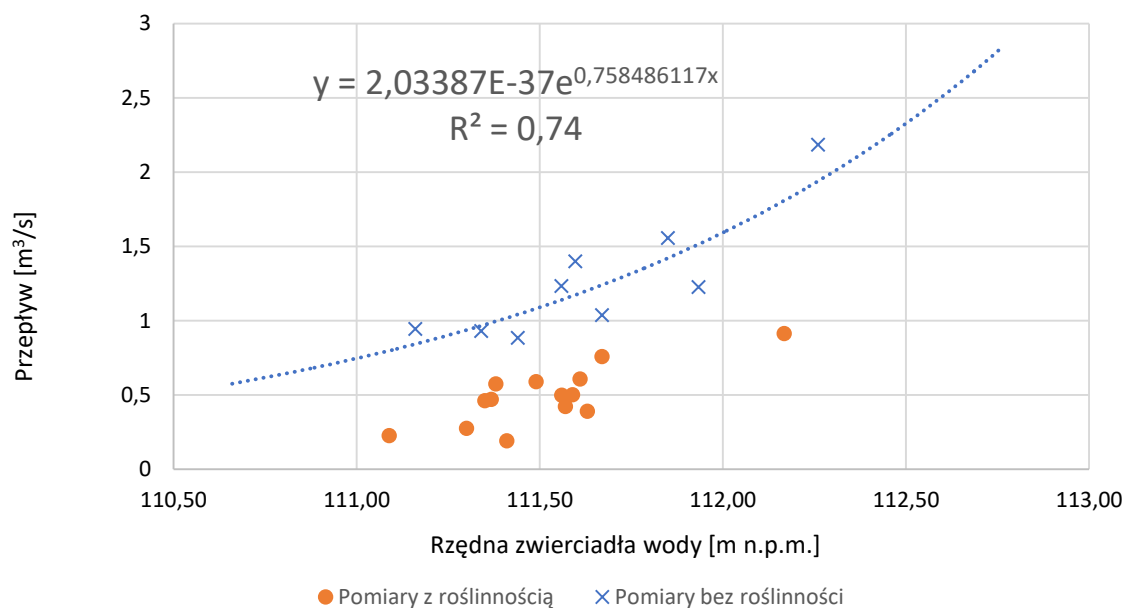
Tab. 6. Stany charakterystyczne II stopnia w latach hydrologicznych 2016-2021 oraz amplitudy (2016-2021) monitorowanych rzek i kanałów w poszczególnych punktach monitoringu. Wartości stanów wody (NNW – najniższy z najniższych; SSW – średni ze średnich; WWW – najwyższy z najwyższych) podano w m n.p.m. w układzie Kronsztad 86. Amplitudy podano w metrach

Stan	ID1	ID13	ID14	ID15	ID16	ID17	ID20	ID31
NNW	110,88	112,05	108,64	110,04	110,64	111,53	107,6	108,71
SSW	111,60	113,10	109,51	110,59	111,09	112,12	108,48	109,33
WWW	112,44	113,99	110,36	111,24	111,62	112,78	109,26	110,00
Amp	1,56	1,94	1,72	1,20	0,98	1,25	1,66	1,29

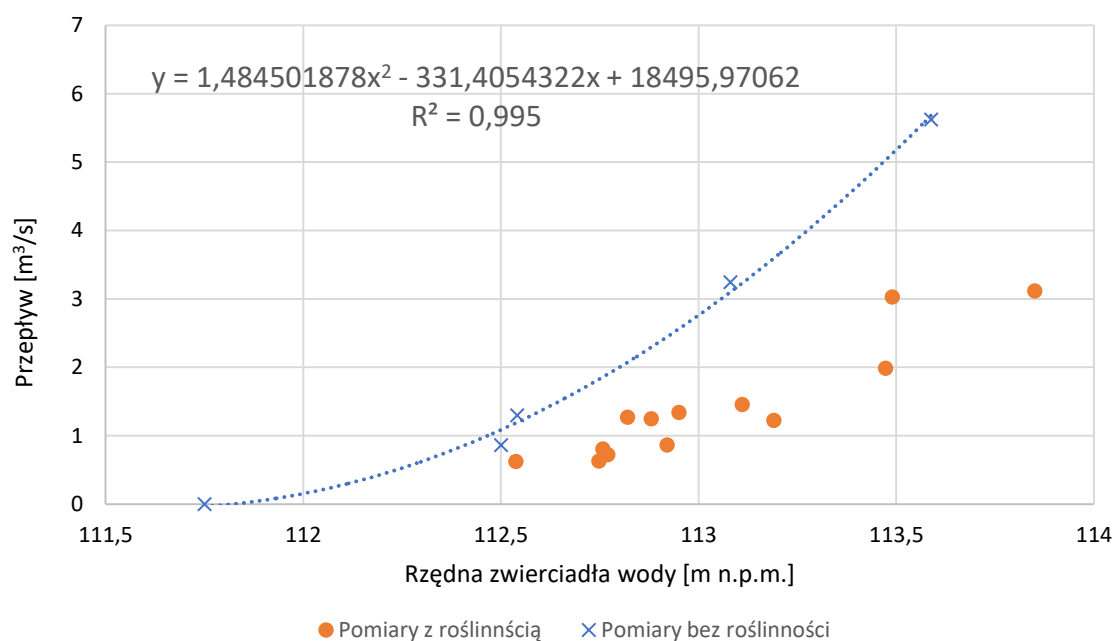
Stan	ID32	ID33	ID34	ID35	ID36	ID37	ID38
NNW	110,80	110,45	110,19	108,46	107,44	111,15	110,71
SSW	111,14	111,30	110,85	109,43	108,23	111,56	111,27
WWW	111,81	112,21	111,78	109,96	108,80	112,04	112,05
Amp	1,01	1,76	1,59	1,50	1,36	0,89	1,34

5.3. KRZYWE NATĘŻENIA PRZEPŁYWU

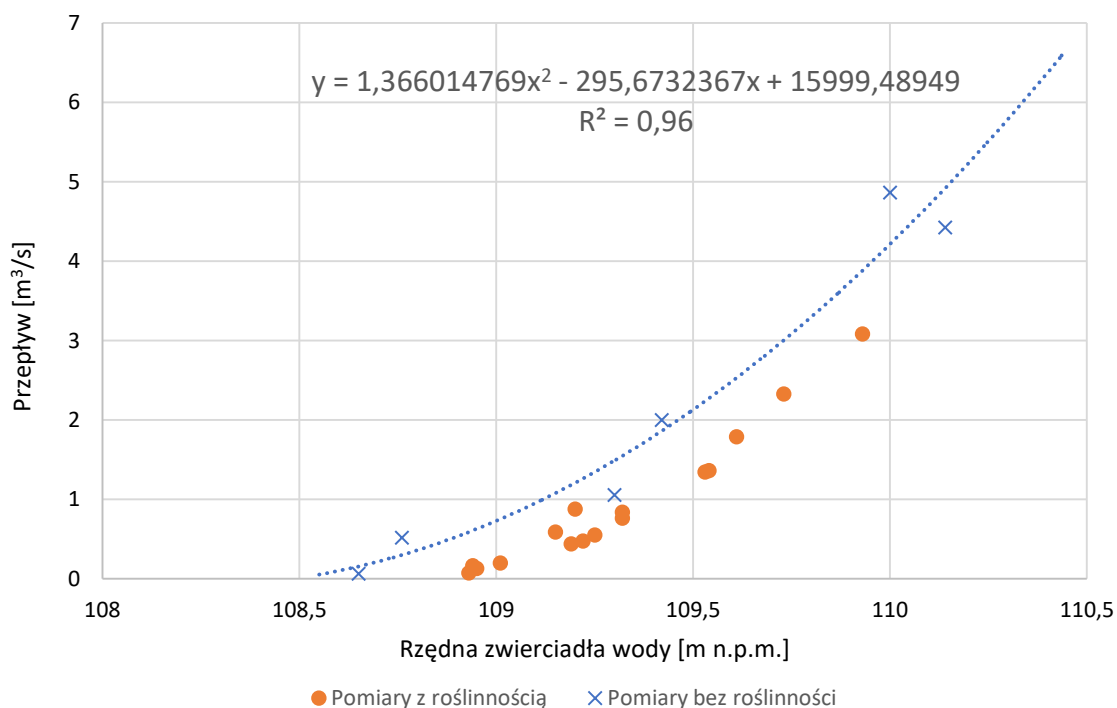
Na podstawie wyników pomiarów stanów wody i natężenia przepływu w badanych ciekach, wykonanych w latach hydrologicznych 2019-2021, opracowano krzywe konsumpcyjne natężenia przepływu wykorzystując też wcześniejsze dane pomiarowe z „Raportu końcowego... w latach 2012-2018” (Grygoruk 2019). Po weryfikacji danych zestawiono ze sobą wyniki pomiarów stanów wody oraz odpowiadające im, zmierzone wartości natężenia przepływu w profilach: ID1, ID13, ID14, ID15 oraz ID20 (ryc. 11-15). Ze względu na duże zróżnicowanie wyników pomiarów, opracowane początkowo krzywe z całości pomiarów, tak jak w poprzednim raporcie okazały się bardzo niedokładne (niski współczynnik determinacji określający stopień współzależności stan-przepływ $R^2 < 0,6$). Dlatego zdecydowano się na wykreślenie krzywych podstawowych tylko w oparciu o pomiary w czasie, gdy rozwój roślinności nie utrudnia przepływu, a pozostałe pomiary wykorzystano do wyznaczenia współczynników redukcji letniej (Bajkiewicz-Grabowska i in. 1993). Przy takim podejściu współczynniki R^2 dla żadnej z krzywych przepływu nie były mniejsze niż 0,74 (ryc. 11-15), a obliczone w ten sposób przepływy rzadko różniły się więcej niż 10 % od zmierzonych, której to dokładności nie uzyskano w poprzednim raporcie zbiorczym dla lat 2012-2018. Poniższe krzywe należałoby w przyszłości aktualizować poprzez kontrolne wykonywanie pomiarów w różnych warunkach przepływu.



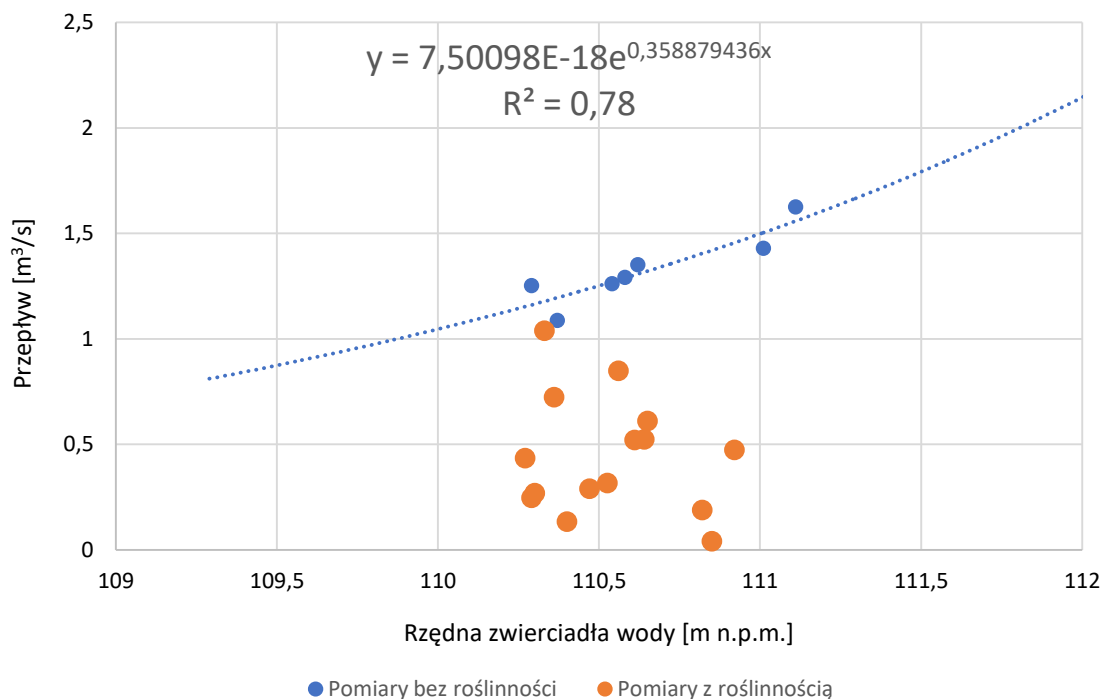
Ryc. 11. Wykładnicza krzywa natężenia przepływu rz. Jęgrzni w profilu Ciszewo (ID1)



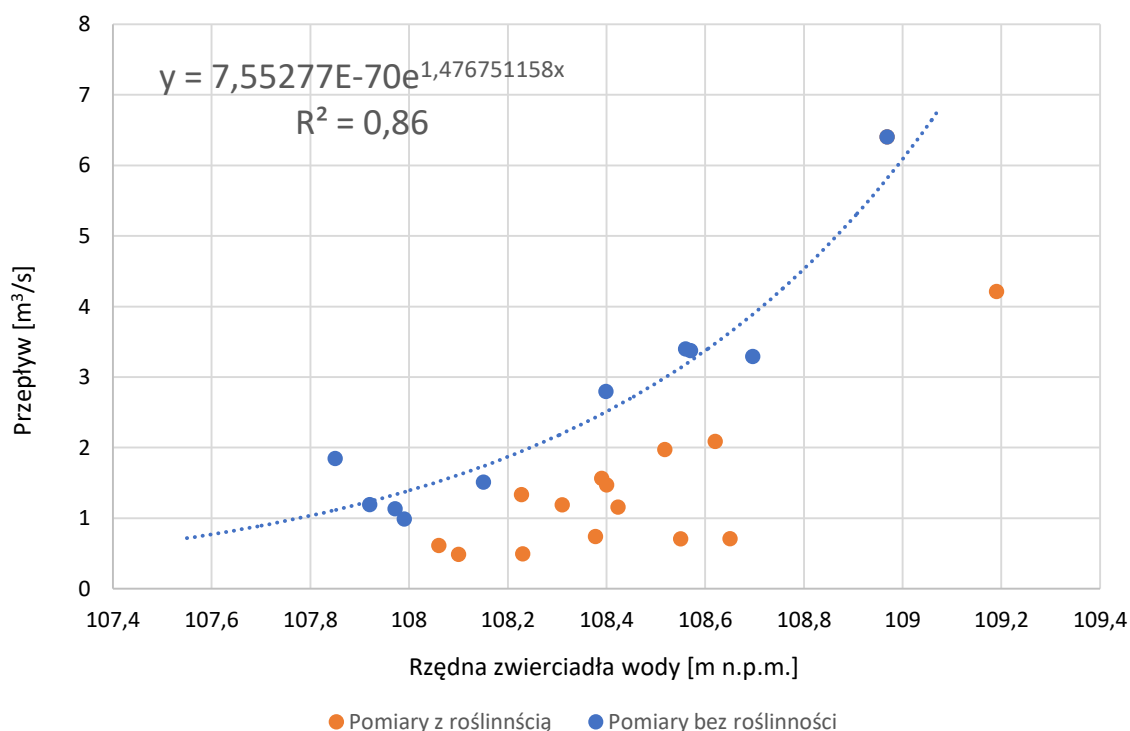
Ryc.12. Wielomianowa krzywa natężenia przepływu rz. Jęgrzni w profilu Kuligi-Most Betonowy (ID13). W celu uzyskania lepszej dokładności krzywej wyznaczono graficznie teoretyczny stan wody $B = 111,75$ m n.p.m., przy którym przepływ $Q=0$)



Ryc. 13. Wielomianowa krzywa natężenia przepływu Kan. Woźnawiejskiego w profilu poniżej ostatniego progu piętrzącego (ID14)

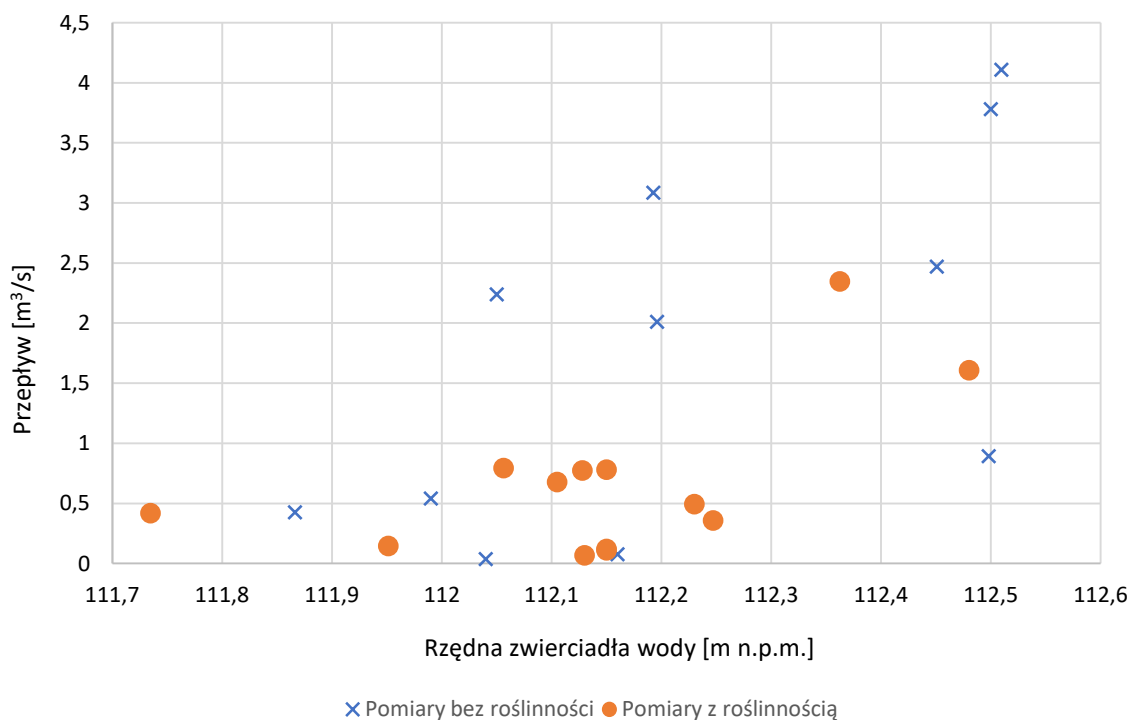


Ryc. 14. Wykładnicza krzywa natężenia przepływu rz. Ełk w profilu Kapice (ID15).

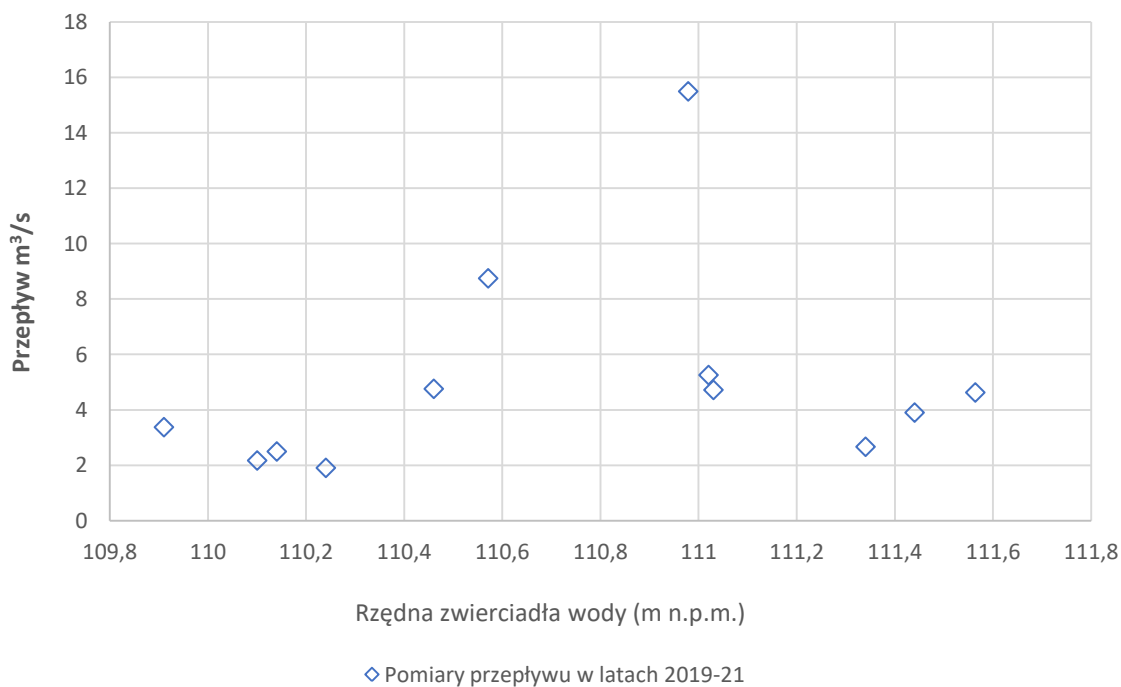


Ryc. 15. Wykładnicza krzywa natężenia przepływu rz. Ełk poniżej ujścia Kan. Woźnawiejskiego w profilu ID20

Ze względu na słabą zależność regresyjną pomiędzy wynikami pomiarów stanów wody a pomiarami natężenia przepływu w pozostałych profilach pomiarowych (ID17, ID33 i ID34) nie udało się utworzyć miarodajnych krzywych przepływu. Dla zestawienia dobowych przepływów Kanału Rudzkiego w profilu ID34, skorzystano z powszechnie dostępnych danych IMGW dla profilu Przechody, położonego nieco ponad 5 km poniżej profilu ID 34 w Modzelówce. Na rz. Ełk poniżej ujścia Jęgrzni (ID16), nie prowadzono pomiarów przepływu, wobec stwierdzenia braku ruchu wody, spowodowanym niedrożnością między starym Ełkiem a Kanałem Rudzkim i silnym zarośnięciem brzegów i koryta rzecznej. Wyniki pomiarów natężenia przepływu oraz stanów wody, znajdują się w raportach częściowych wykonanych za lata 2019-2021.



Ryc. 16. Wyniki pomiarów stanów wody i odpowiadających im natężeń przepływu Kan. Woźnawiejskiego w profilu ID17. Duże zróżnicowanie pomiarów uniemożliwia wykonanie krzywej przepływu.



Ryc. 17. 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, ID15 i ID20 oraz wielomianami 2-st. w punktach ID13 i ID14 przedstawiono odpowiednio w równ. 1.1-1.5:

$$Q_{ID1} = 2,03387 \cdot 10^{-37} e^{0,758486117H_{ID1}} \quad (\text{Równ. 1.1})$$

$$Q_{ID13} = 1,484501878H_{ID13}^2 - 331,4054322H_{ID13} + 18496 \quad (\text{Równ. 1.2})$$

$$Q_{ID14} = 1,366014769H_{ID14}^2 - 295,6732367H_{ID14} + 15999 \quad (\text{Równ. 1.3})$$

$$Q_{ID15} = 7,50098 \cdot 10^{-18} e^{0,358879436H_{ID15}} \quad (\text{Równ. 1.4})$$

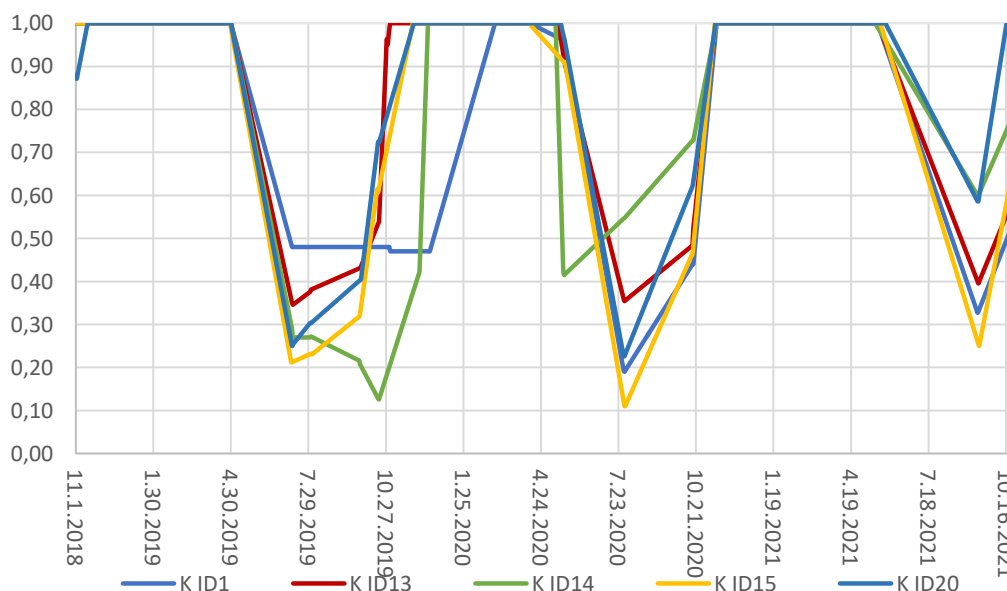
$$Q_{ID20} = 7,55277 \cdot 10^{-70} e^{1,476751158H_{ID20}} \quad (\text{Równ. 1.5}),$$

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.].

Powyższe równania odnoszą się tylko do natężenia przepływu w warunkach przepływu swobodnego, w korytach niezarośniętych i bez piętrzenia wody. Aby obliczone z krzywych wielkości przepływu odzwierciedlały wartości rzeczywiste, otrzymane z pomiaru, zastosowano współczynniki redukcji letniej, zgodnie ze wzorem:

$$Q = Q_{IDn} \cdot K$$

gdzie Q – ostateczna, obliczona wielkość przepływu chwilowego, Q_{IDn} – wartość przepływu obliczona z równania krzywej przepływu (Równ. 1.1-1.5), K – współczynnik redukcji letniej. Współczynniki K wyznaczono jako stosunek rzeczywistego (zmierzonego w terenie) natężenia przepływu w okresach bez roślinności (zwykle z III, V i X), do natężenia przepływu dla danego stanu wody w okresach z piętrzeniem roślinnym, a dobowe wartości współczynników K w poszczególnych latach, otrzymano poprzez interpolację wyników w okresach pomiędzy pomiarami (ryc. 18).



Ryc. 18. Przebieg zmienności wartości współczynnika redukcji letniej K dla lat hydrologicznych 2019-2021 w profilach pomiarowych, dla których wykreślono krzywe przepływu.

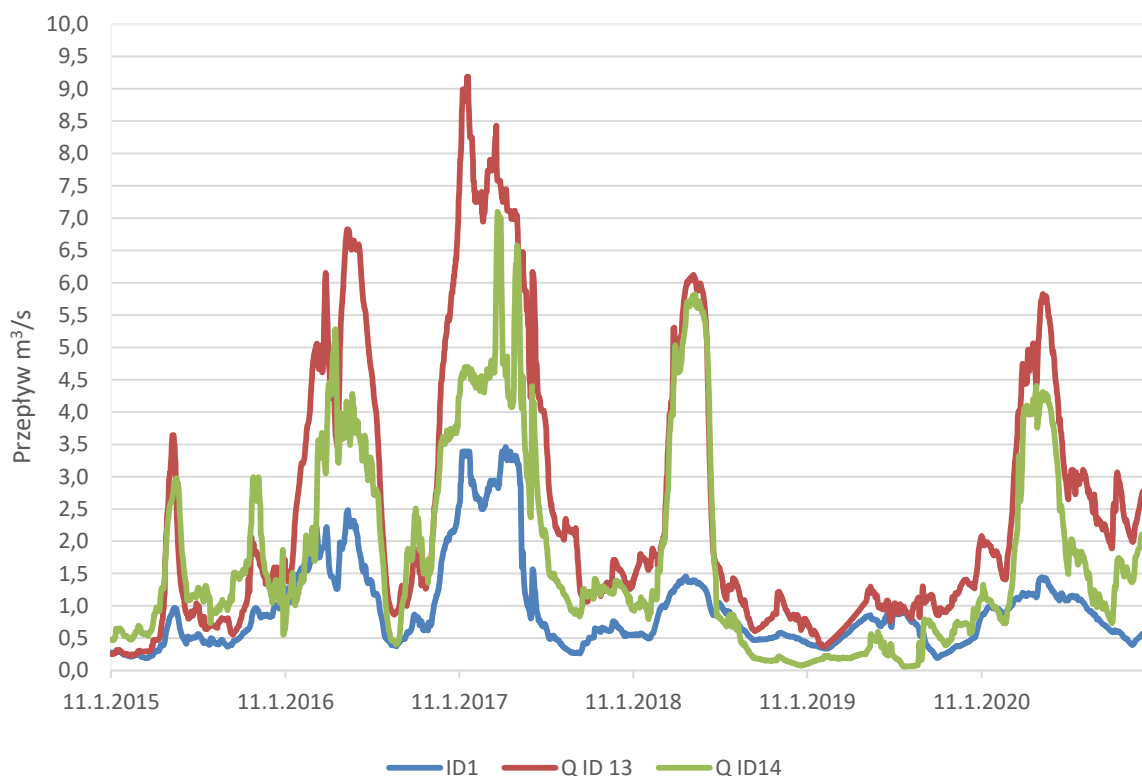
Wartości K zmieniały się zarówno rok do roku, jak też były zróżnicowane pomiędzy profilami pomiarowymi, co wynika z warunków zarastania spowodowanego głównie zmiennością warunków hydrometeorologicznych i morfologią koryta w profilu poprzecznym i podłużnym. Tak wyznaczone wartości współczynników K w poszczególnych profilach pomiarowych, zmieniały się od 1 na początku okresu zarastania do nawet poniżej 0,2 w okresie najbujniejszego rozwoju roślinności wodnej, powracając do 1 na końcu okresu zarastania (ryc. 18). Przebieg wartości współczynnika K w poszczególnych profilach pomiarowych wskazuje, że wpływ roślinności na zależność pomiędzy przepływem chwilowym a stanem wody w ciepłych okresach, jest kluczowy w rejonie tzw. Trójkąta, czyli obszaru między rz. Ełk, rz. Jęgrnią a Kanałem Woźnawiejskim. Nawet w zacienionym zwykle Kanale Woźnawiejskim, w przypadku ekstremalnie niskich przepływów i zmniejszonej prędkości wody (jak w 2019 r.) następuje zarastanie, wydatnie zmniejszające przepływ.

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

5.4. ANALIZA HYDROGRAMÓW PRZEPŁYWU W LATACH 2016-2021

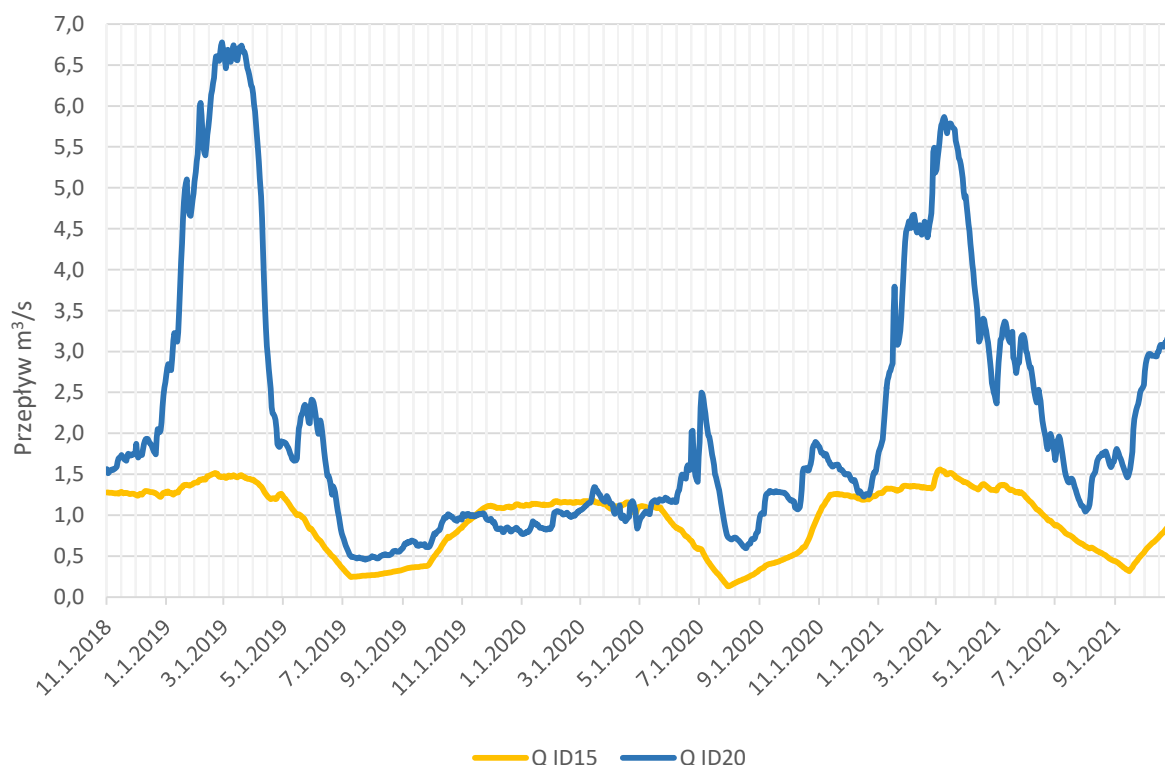
Na podstawie opracowanych równań krzywych przepływu z wykorzystaniem obliczonych współczynników redukcji przepływu, otrzymano serię danych średnich dobowych wartości natężenia przepływu rz. Jęgrzni (w profilach ID13 i ID1), rz. Ełk (w profilach ID20 i ID15) oraz Kan. Woźnawiejskiego (w profilu ID14). Hydrogramy przepływów dobowych przedstawiono na ryc. 19-21.

Na hydrogramach wyraźnie zaznacza się okres wysokich, wiosennych przepływów w latach hydrologicznych 2019 i 2021, typowy dla rzek klimatu umiarkowanego przejściowego i brak takiego wezbrania oraz głębokie niżówki w roku 2020. W rejonie Trójkąta najwyższe przepływy wystąpiły na Jęgrzni w Kuligach (ID13) najniższe zaś w ujściu Kanału Woźnawiejskiego (ID14), przy czym zwraca uwagę fakt, że niemal całe wezbrania uchodzą przez Kanał Woźnawiejski, a tylko niewielka część wody z wezbrań odpływa Jęgrnią w kierunku Ciszewa (ryc. 19). Taka sytuacja może spowodować, że koryto Jęgrzni, wobec braku „oczyszczającej” roli wezbrań, będzie coraz mocniej zarastać i zamulać się, utrudniając jeszcze bardziej odpływ wody tym odcinkiem rzeki.



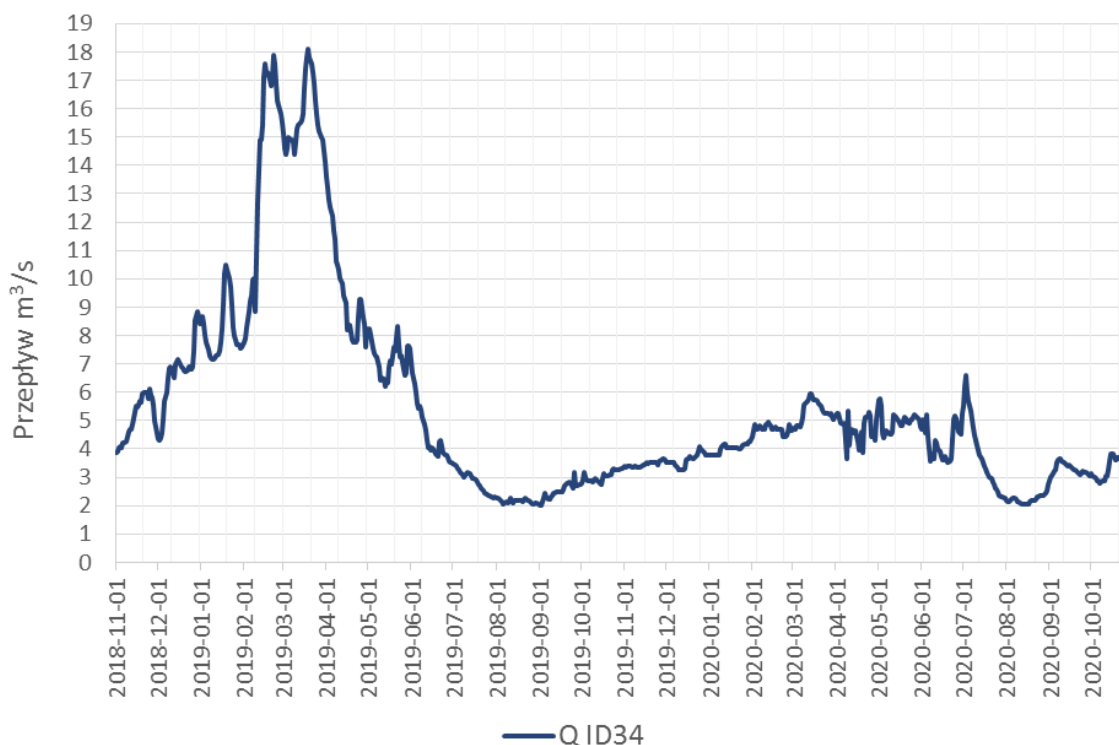
Ryc. 19. Hydrogram przepływów rz. Jegrzni powyżej (ID 13) i poniżej (ID 1) węzła wodnego oraz na ujściu Kanału Woźnawiejskiego (ID 14) w okresie lat hydrologicznych 2016-2021

Dodatkowo, wobec braku połączenia z Kanałem Rudzkim, Jegrznia stanowi główne źródło wody w starym korycie Ełku, co doskonale widać na hydrogramie przepływów w tej rzece, w profilu ID15 (ryc. 20). Należy spodziewać się, że i tu zarastanie i zamulanie koryta będzie się nasilać. Pośrednio widać już symptomy tego procesu – o ile w 2012 i 2013 roku hydrogramy przepływów w Ciszewie i Kapicach (Grygoruk 2019) nawiązywały przebiegiem do profilu w Kuligach, to po suchym okresie 2015-2016, wezbrania zostały tam zredukowane o ok. 1/3 roku 2017, blisko o połowę w roku 2018, i o 3/4 w latach 2019 i 2021. Także podobieństwo przebiegów przepływów Kanału Woźnawiejskiego i Ełku poniżej jego ujścia, wskazuje na drenujący charakter tego Kanału, mimo oddania do użytku jazu piętrzącego. Pozytywny efekt piętrzenia na wspomnianym jazu, polega natomiast na powstrzymywaniu odpływu wody do Kanału w okresach o niskich przepływach, kiedy więcej wody odpływa Jegrzną (ryc. 20).



Ryc. 20. Hydrogram przepływów rz. Ełk w Kapicach (ID15) i w poniżej ujścia Kanału Woźnawiejskiego (ID 20) Hydrogram w latach hydrologicznych 2019-2021

Hydrogram przepływów na Kanale Rudzkim obejmuje lata hydrologiczne 2019-2020 i został stworzony w oparciu o dane z IMGW (Ryc. 3.18) dla położonego poniżej Modzelówki jazu w Przechodach, przy czym najnowsze dane w chwili opracowania wyników były jeszcze niedostępne. Przebieg przepływów nawiązuje do opisanych wyżej, dlatego docelowo, na potrzeby tego i podobnych opracowań, dane takie mogą być alternatywą, szczególnie w przypadku ograniczonych funduszy na badania lub niewielkiej liczby własnych pomiarów, utrudniających stworzenie krzywych przepływów.



Ryc. 21. Hydrogram przepływów w Kanale Rudzkim w Przechodach na podstawie danych z IMGW

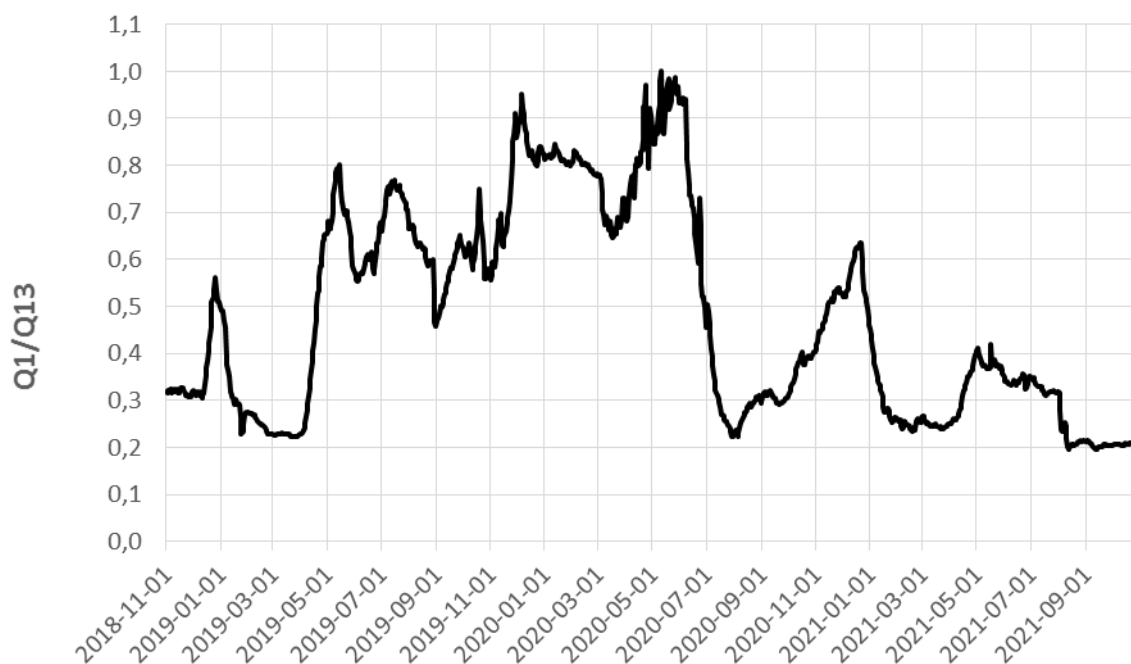
W oparciu o obliczone dobowe wartości natężenia przepływu oraz dane z Raportu za lata 2012-18 (Grygoruk M., 2019) wyznaczono przepływy charakterystyczne I i II stopnia badanych cieków (tab. 7-8). Maksymalne przepływy (WQ) rz. Jęgrzni nie uległy zmianie i wyniosły od 9,48 m³/s w profilu ID13 Kuligi-Most Betonowy, położonym powyżej węzła wodnego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski do 3,46 m³/s w profilu ID1 (Ciszewo), a w okresie 2019-2021 wyniosły od 6,12 m³/s (ID13) do 1,46 m³/s (ID1) (Tab. 3.8). Nie zmieniły się też najwyższe przepływy rz. Ełk (31,4 m³/s w profilu Modzelówka ID33), jak też ich ponad czterokrotna przewaga nad najwyższymi przepływami Ełku w Kapicach (profil ID15) i w pobliżu ujścia do Biebrzy (ID20), gdyż wody rzeki Ełk z Modzelówki trafiają w całości do Kanału Rudzkiego.

Tab. 7. Przepływy charakterystyczne I stopnia rz. Jęgrzni, rz. Ełk, Kan. Woźnawiejskiego i Kan. Rudzkiego w latach 2016-2021

Rok	Przepływ	Q1	Q13	Q14	Q15	Q20	Q33	Q34
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	-	31,4	-
	SQ	1,49	3,51	2,80	1,53	-	7,43	-

	NQ	0,26	0,43	0,83	0,12	-	0,55	-
2019	WQ	1,46	6,12	5,82	1,52	6,77	-	18,10
	SQ	0,81	2,24	1,74	0,94	2,46	-	6,73
	NQ	0,43	0,61	0,07	0,24	0,46	-	2,01
2020	WQ	0,93	2,07	1,11	1,19	2,50	-	6,60
	SQ	0,56	0,95	0,37	0,84	1,12	-	3,98
	NQ	0,19	0,36	0,06	0,13	0,60	-	2,04
2021	WQ	1,44	5,83	4,40	1,56	5,86	-	-
	SQ	0,92	3,07	2,05	1,06	2,74	-	-
	NQ	0,39	1,41	0,73	0,32	1,04	-	-

W latach 2016-2021 maksymalne przepływy dobowe w Jegrzni były zbliżone do tych z „Cichego Ełku” w Kopicach, co wskazuje, podobnie jak hydrogramy przepływów, że Jegrznia jest głównym źródłem wody w tym odcinku Ełku. Średnie przepływy (SSQ) rz. Jegrzni kształtowały się na poziomie od 2,241 m³/s w profilu Kuligi-Most Betonowy (ID13) do 0,802m³/s w profilu Ciszewo (ID1) (tab. 8). Oznacza to, że w przeciętnych warunkach układu hydrologicznego Jegrznia-Kan. Woźnawiejski, udział dolnej Jegrzni w dalszym transferze wód dopływających do węzła wodnego Jegrznia-Kan. Woźnawiejski nie zmienił się. Sięga nieco ponad 35%, podobnie jak niezmieniony został transfer wody w warunkach niskich przepływów, z udziałem wynoszącym 70%. Ten ważny aspekt wymiany wód w dolnej Jegrzni w warunkach niskich przepływów, podkreśla wykres zmienności rozrządu wód na węźle wodnym w Ciszewie, wyrażony jako stosunek Q ID1/Q ID13 (ryc. 22), zmieniający się od 0,2 w czasie wysokich wezbrań do 0,6-1,0 podczas niszówek, przy czym są to wielkości niższe niż w latach ubiegłych, szczególnie w zakresie wyższych wartości.



Ryc. 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)

Wśród badanych cieków największą stabilnością hydrologiczną wyrażoną wartościami współczynnika nieregularności przepływów (WWQ/NNQ) < 50 (Choiński 1988) charakteryzował się Kanał Rudzki ($Q34 < 50$) oraz rz. Jęgrznia ($Q1$ i $Q13 < 50$), a najmniejszą – Kanał Woźnawiejski (ID 14), którego zmienność przepływów (>150) jest duża (tab. 8).

Tab. 8. Przepływy charakterystyczne II stopnia rz. Jęgrzni, rz. Ełk i Kan. Woźnawiejskiego w latach 2016-2021. WWQ – najwyższy z wysokich przepływów, SWQ – średni wysoki przepływ z wielolecia, SSQ – średni przepływ z wielolecia, SNQ - średni niski przepływ z wielolecia, NNQ – najniższy przepływ z wielolecia

Przepływ	Q1	Q13	Q14	Q15	Q20	Q33	Q34
WWQ	3,460	9,480	9,900	7,860	6,775	31,400	18,100
SWQ	1,769	5,968	4,845	2,936	5,045	21,287	12,350
SSQ	0,802	2,241	1,862	1,054	2,106	6,417	5,358
SNQ	0,267	0,576	0,452	0,191	0,700	1,003	2,025
NNQ	0,170	0,240	0,061	0,090	0,458	0,550	2,010
WWQ/NNQ	20	40	162	87	15	57	9

6. ANALIZA STANÓW WÓD PODZIEMNYCH

W latach hydrologicznych 2016 - 2021 funkcjonowały na terenie Basenu Środkowego doliny Biebrzy 32 punkty monitoringu wód podziemnych (tab. 9).

Tab. 9. Lokalizacje (współrzędne w układzie PUG 2000) i rzędne punktów monitoringu oraz terenu (według WAGA-BART, Warszawa 2020)

ID	X-2000	Y-2000	H punktu (Kronsztad 86) [m n.p.m.]	H terenu (Kronsztad 86) [m n.p.m.]*
134	5944143,45	8413178,88	112,70	112,34
135	5944022,04	8414091,04	112,32	112,20
138	5943262,42	8414459,88	112,54	112,23
145	5945135,52	8416769,21	112,79	112,62
150	5944498,66	8417242,66	112,85	112,69
152	5944370,96	8416759,02	113,01	112,66
174	5941829,04	8418099,9	111,77	111,56
178	5941417,16	8417055,58	111,63	111,38
181	5944584,28	8417609,09	113,08	112,67
206	5940637,9	8413112,29	111,05	110,91
208	5939517,12	8412459,61	111,53	111,42
210	5938702,43	8412182,49	111,66	111,37
211	5941619,09	8410110,25	111,73	111,63
241	5942319,85	8407018,12	112,04	111,92
242	5937890,76	8419131,14	109,39	109,15

243	5937581,46	8418907,30	109,70	109,55
244	5938209,54	8417177,40	110,23	109,98
245	5942179,37	8413387,54	112,07	111,71
252	5936068,92	8413838,94	110,61	110,34
253	5935392,92	8413444,63	110,24	109,99
254	5935043,3	8413251,39	110,19	109,91
255	5934637,53	8413070,03	109,89	109,70
256	5934377,93	8414280,65	109,76	109,56
257	5934733,39	8414529,84	109,88	109,74
258	5933586,34	8416305,41	109,32	109,15
259	5938802,10	8415101,40	110,84	110,68
260	5940008,91	8415413,47	110,86	110,55
261	5943265,20	8412154,00	112,29	112,13
262	5942148,92	8409703,06	111,76	111,67
263	5942530,16	8406439,58	111,91	111,77
264	5941939,29	8406326,04	111,73	111,50
265	5941301,38	8406445,98	112,28	112,20

*H terenu było modyfikowane ze względu na wysokość rury piezometru

Stany wód podziemnych zarejestrowane w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021 są odbiciem sytuacji hydrologiczno-meteorologicznej tego obszaru. Najwyższe stany wód podziemnych wystąpiły w okresach grudzień 2016 – kwiecień 2017 i listopad 2017 – kwiecień 2018 roku (ryc. 23– ryc. 26) Głównym czynnikiem, który na to wpłynął była wysoka suma opadów w latach 2016-2017 wynosząca odpowiednio 739 mm i 747 mm (około 120% średniej dla analizowanego okresu). Najniższe stany wody odnotowano w większości punktów pomiarowych w okresie sierpień-wrzesień 2019, kiedy było bardzo małe zasilenie przez opady atmosferyczne.

W latach 2016-2021 wystąpiły niewielkie różnice w rozkładzie stanów wód podziemnych w różnych rejonach Środkowego Basenu doliny Biebrzy:

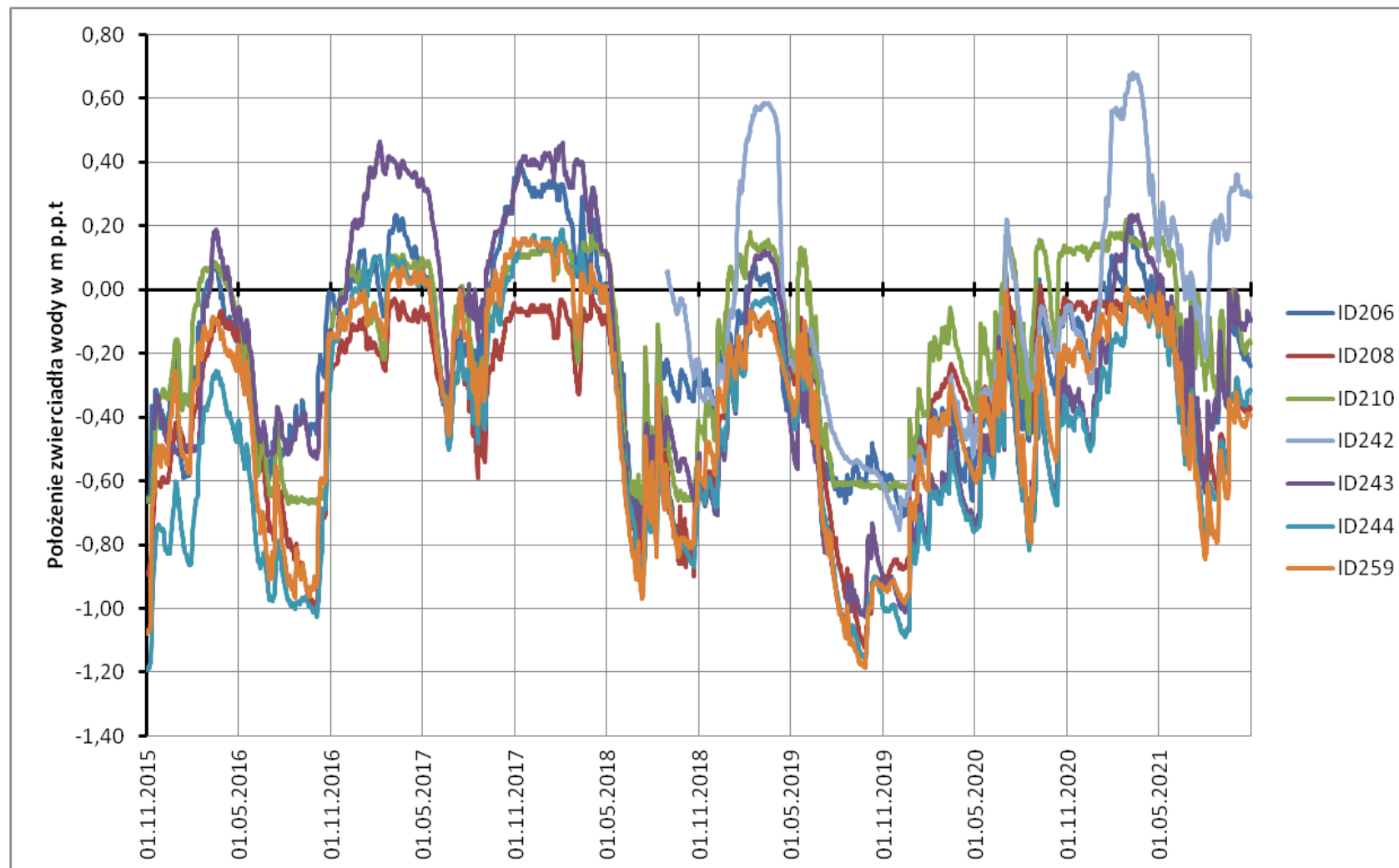
- w pobliżu rzeki Ełk pomiędzy ujściem Jegrzni a ujściem Kanału Woźnawiejskiego,
- w granicach tzw. „Trójkąta” oraz w jego pobliżu,
- w pobliżu Kanału Kapickiego,
- w pobliżu tzw. „Martwego Ełku”.

W pobliżu rzeki Ełk pomiędzy ujściem Jegrzni a ujściem Kanału Woźnawiejskiego okres najwyższych stanów wody trwał w okresach grudzień 2016 r. – kwiecień 2017 r. i listopad 2017 r. – kwiecień 2018 roku. Jedynie w punkcie ID208 notowano w tym okresie wartości poniżej powierzchni terenu. W punkcie tym w późniejszych okresach – III-IV 2019 r. i III-IV 2020 r. wystąpiły wartości wyższe. Jednak ze względu na położenie w starorzeczu Ełku charakteryzuje się on inną dynamiką wahań wody. Najniższe stany wody odnotowano w okresie sierpień – wrzesień 2019 roku po długim okresie ze słabym zasilaniem przez opady atmosferyczne (ryc. 23).

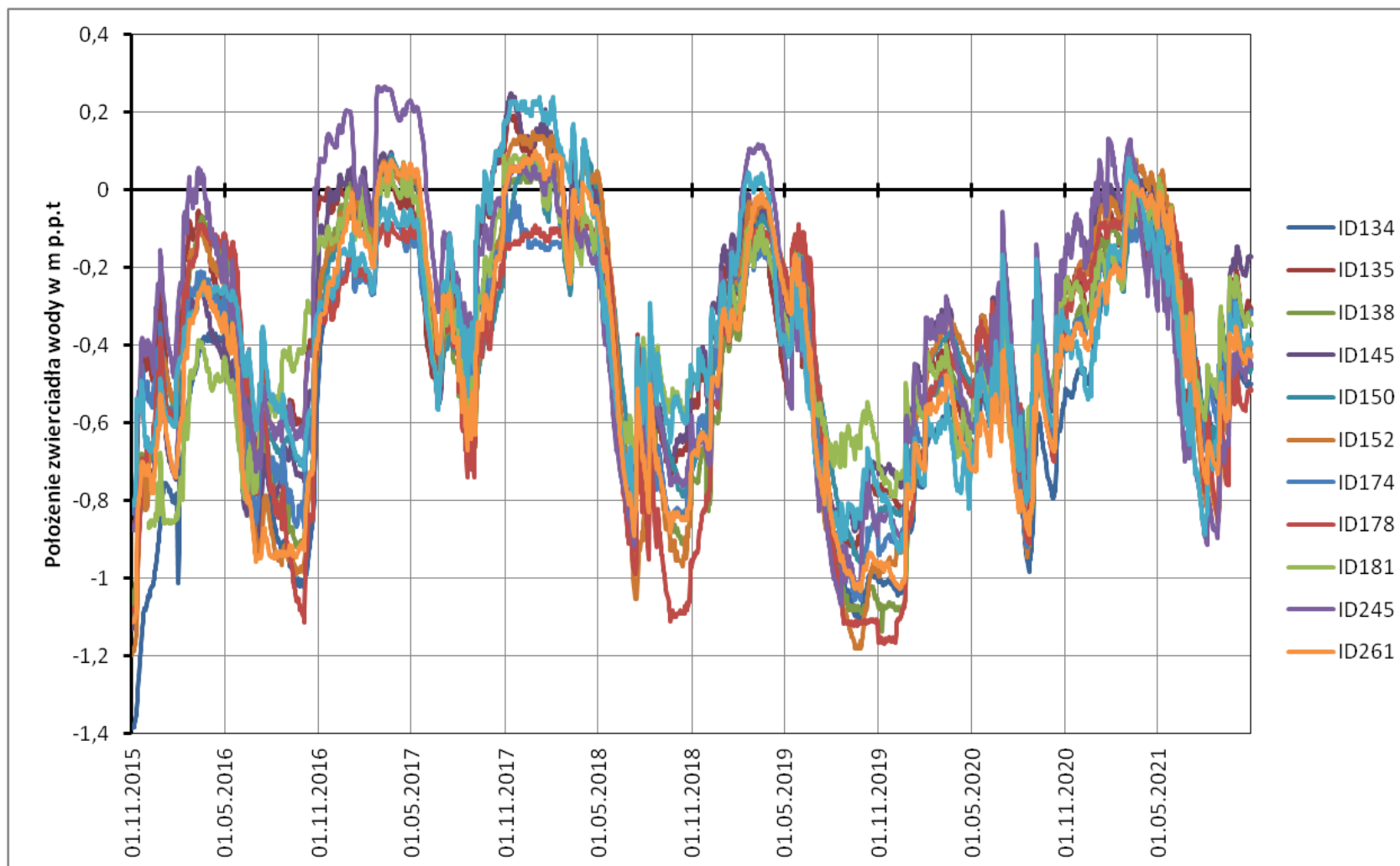
Podobnie jak w pobliżu rzeki Ełk w rejonie tzw. „Trójkąta” okres najwyższych stanów wody trwał w okresach listopada 2016 r. – kwiecień 2017 r. i listopad 2017 r. – kwiecień 2018 roku. Najniższe stany wody odnotowano w okresie sierpień – grudzień 2019 roku po długim okresie ze słabym zasilaniem przez opady atmosferyczne (ryc. 24).

Nieco odmienna sytuacja hydrologiczna panowała w rejonie Kanału Kapickiego, gdzie obserwujemy cztery okresy wysokich stanów wody nawet do 20 cm n.p.t. (I-V 2016 r., XI 2016 r.- IV 2017 r., XI 2017 r. – IV 2018 r., XI 2020 r. – IV 2021 r.). Najniższe stany wody odnotowano w okresie sierpień – wrzesień 2019 roku po długim okresie ze słabym zasilaniem przez opady atmosferyczne (ryc. 25).

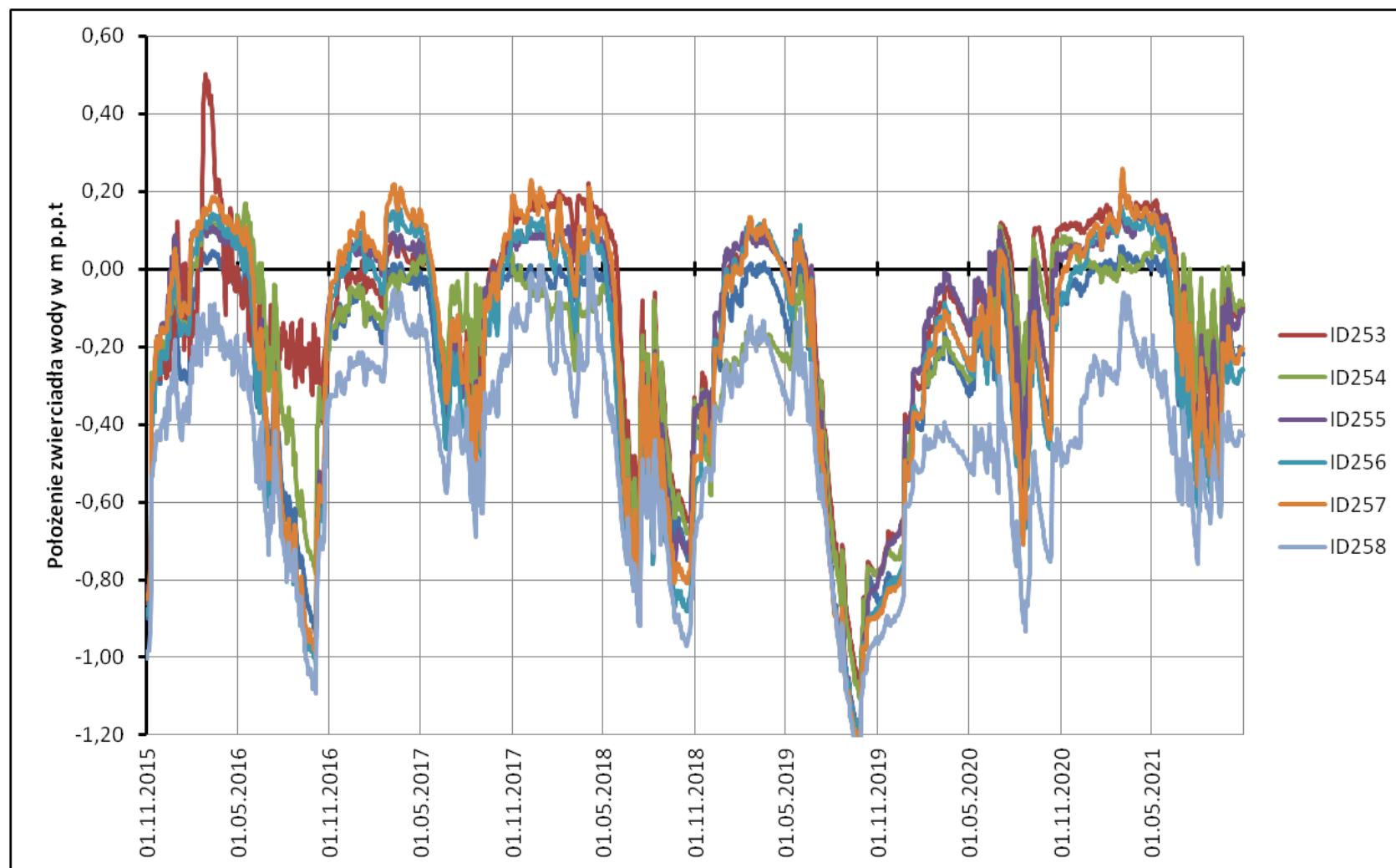
W rejonie tzw. „Martwego Ełku” najwyższe stany wody obserwowano od listopada 2017 r. do kwietnia 2018 r. (ryc. 26).



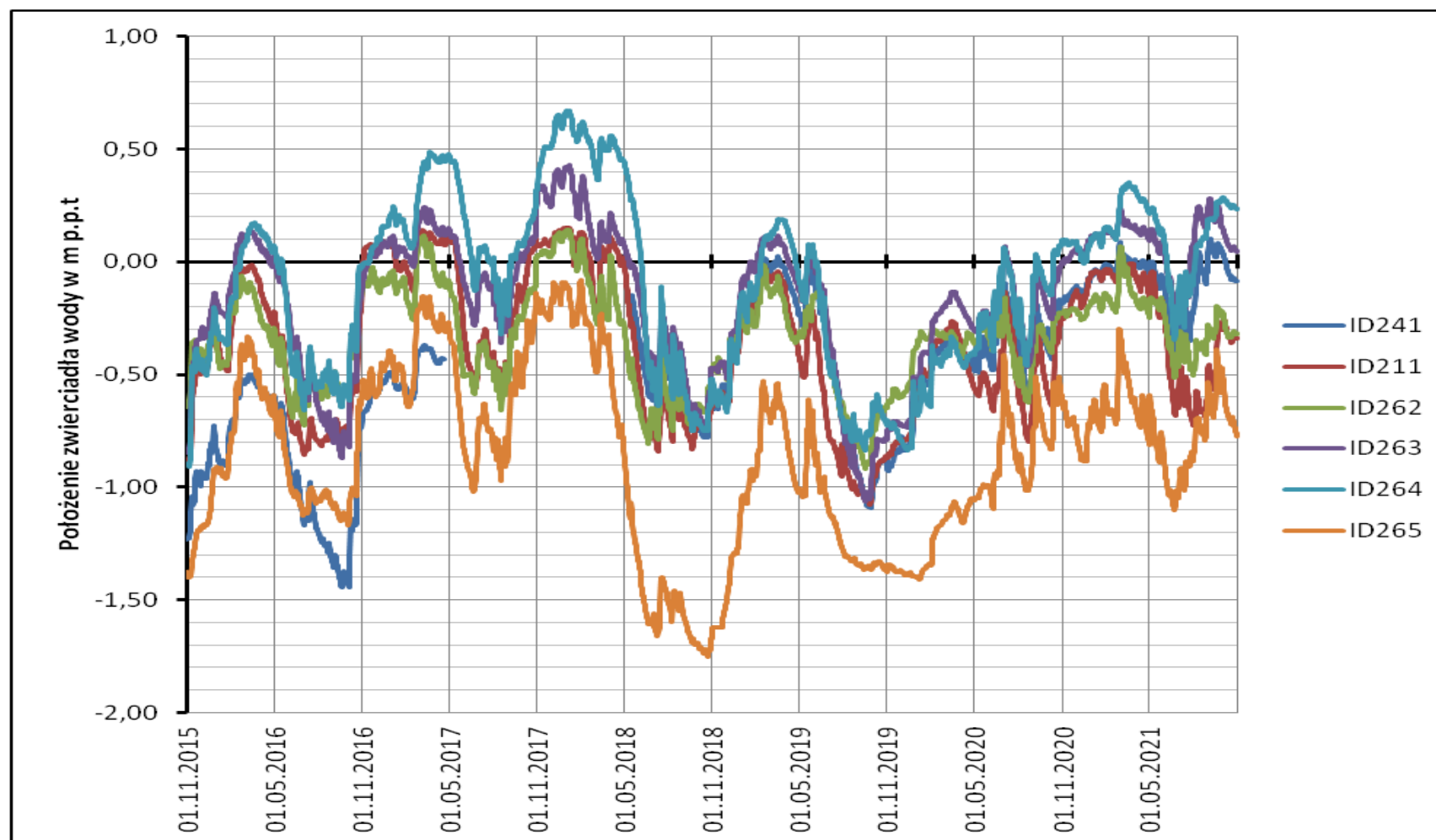
Ryc. 23. Położenie stanów wód podziemnych w piezometrach zlokalizowanych w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w pobliżu rzeki Ełk pomiędzy ujściem Jegrzni a ujściem Kanału Woźnawiejskiego w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)



Ryc. 24. Położenie stanów wód podziemnych w piezometrach zlokalizowanych w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w granicach tzw, Trójkąta oraz w jego pobliżu w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)



Ryc. 25. Położenie stanów wód podziemnych w piezometrach zlokalizowanych w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w pobliżu Kanału Kapickiego w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)



Ryc. 26. Położenie stanów wód podziemnych w piezometrach zlokalizowanych w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w pobliżu tzw. Martwego Ełku w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)

Tab. 10. Stany charakterystyczne w piezometrach 134-211 w latach 2016-2021. (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	-0,01	0,19	0,10	0,25	0,11	0,15	-0,01	-0,04	0,10	0,40	0,03	0,22	0,15
SW	-0,58	-0,36	-0,43	-0,34	-0,39	-0,40	-0,43	-0,45	-0,36	-0,21	-0,35	-0,17	-0,37
NW	-1,39	-0,93	-1,14	-1,13	-1,10	-1,20	-1,06	-1,17	-0,87	-0,83	-1,12	-0,67	-1,08
AMP	1,38	1,12	1,24	1,38	1,21	1,35	1,05	1,13	0,97	1,23	1,15	0,87	1,23

Tab. 11. Stany charakterystyczne w piezometrach 241-257 w latach 2016-2021. (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	0,10	1,13	0,46	0,19	0,27	0,06	0,50	0,17	0,15	0,17	0,26
SW	-0,48	0,03	-0,25	-0,43	-0,34	-0,25	-0,12	-0,20	-0,18	-0,24	-0,20
NW	-1,44	-0,83	-1,07	-1,19	-1,07	-1,08	-1,08	-1,11	-1,19	-1,20	-1,23
AMP	1,54	1,96	1,53	1,38	1,34	1,14	1,58	1,28	1,34	1,37	1,46

Tab. 12. Stany charakterystyczne w piezometrach 241-257 w latach 2016-2021,. (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	-0,08
SW	-0,45	-0,37	-0,38	-0,45	-0,33	-0,16	-0,11	-0,87
NW	-1,26	-1,19	-0,93	-1,11	-0,92	-1,06	-0,91	-1,75
AMP	1,30	1,35	1,17	1,21	1,06	1,49	1,58	1,83

Tab. 13. Stany charakterystyczne I stopnia w piezometrach 134-208 w latach 2016-2021. (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
2016	NW	-1,39	-0,86	-1,08	-1,13	-1,10	-1,20	-0,87	-1,11	-0,87	-0,66	-1,02
	SW	-0,73	-0,42	-0,53	-0,61	-0,55	-0,59	-0,53	-0,54	-0,57	-0,32	-0,51
	WW	-0,34	-0,04	-0,07	-0,23	-0,23	-0,10	-0,21	-0,09	-0,14	0,08	-0,07
2017	NW	-0,48	-0,55	-0,70	-0,55	-0,59	-0,64	-0,60	-0,74	-0,58	-0,37	-0,59
	SW	-0,38	-0,13	-0,19	-0,10	-0,21	-0,18	-0,25	-0,28	-0,17	0,00	-0,20
	WW	-0,31	0,10	0,09	0,16	0,09	0,08	-0,04	-0,08	0,09	0,35	-0,03
2018	NW		-0,77	-0,92	-0,74	-0,79	-1,05	-0,87	-1,11	-0,70	-0,83	-0,90

	SW		-0,25	-0,30	-0,23	-0,28	-0,32	-0,39	-0,44	-0,26	-0,07	-0,34
	WW		0,19	0,10	0,25	0,11	0,15	-0,01	-0,06	0,10	0,40	0,00
2019	NW	-1,11	-0,93	-1,09	-0,88	-0,96	-1,18	-1,06	-1,12	-0,71	-0,67	-1,12
	SW	-0,52	-0,50	-0,55	-0,42	-0,47	-0,54	-0,51	-0,55	-0,41	-0,33	-0,47
	WW	-0,05	-0,09	-0,11	-0,01	-0,06	-0,02	-0,14	-0,09	-0,09	0,07	-0,07
2020	NW	-1,04	-0,82	-1,14	-0,76	-0,84	-1,00	-0,94	-1,17	-0,79	-0,71	-0,91
	SW	-0,72	-0,54	-0,64	-0,47	-0,54	-0,56	-0,61	-0,61	-0,54	-0,39	-0,37
	WW	-0,44	-0,21	-0,30	-0,16	-0,34	-0,28	-0,32	-0,19	-0,27	0,06	0,03
2021	NW	-0,70	-0,72	-0,40	-0,63	-0,67	-0,86	-0,68	-0,85	-0,59	-0,60	-0,64
	SW	-0,34	-0,29	-0,23	-0,18	-0,32	-0,26	-0,28	-0,29	-0,25	-0,15	-0,20
	WW	-0,01	-0,01	-0,09	0,09	-0,06	0,08	-0,07	-0,04	0,03	0,23	0,00

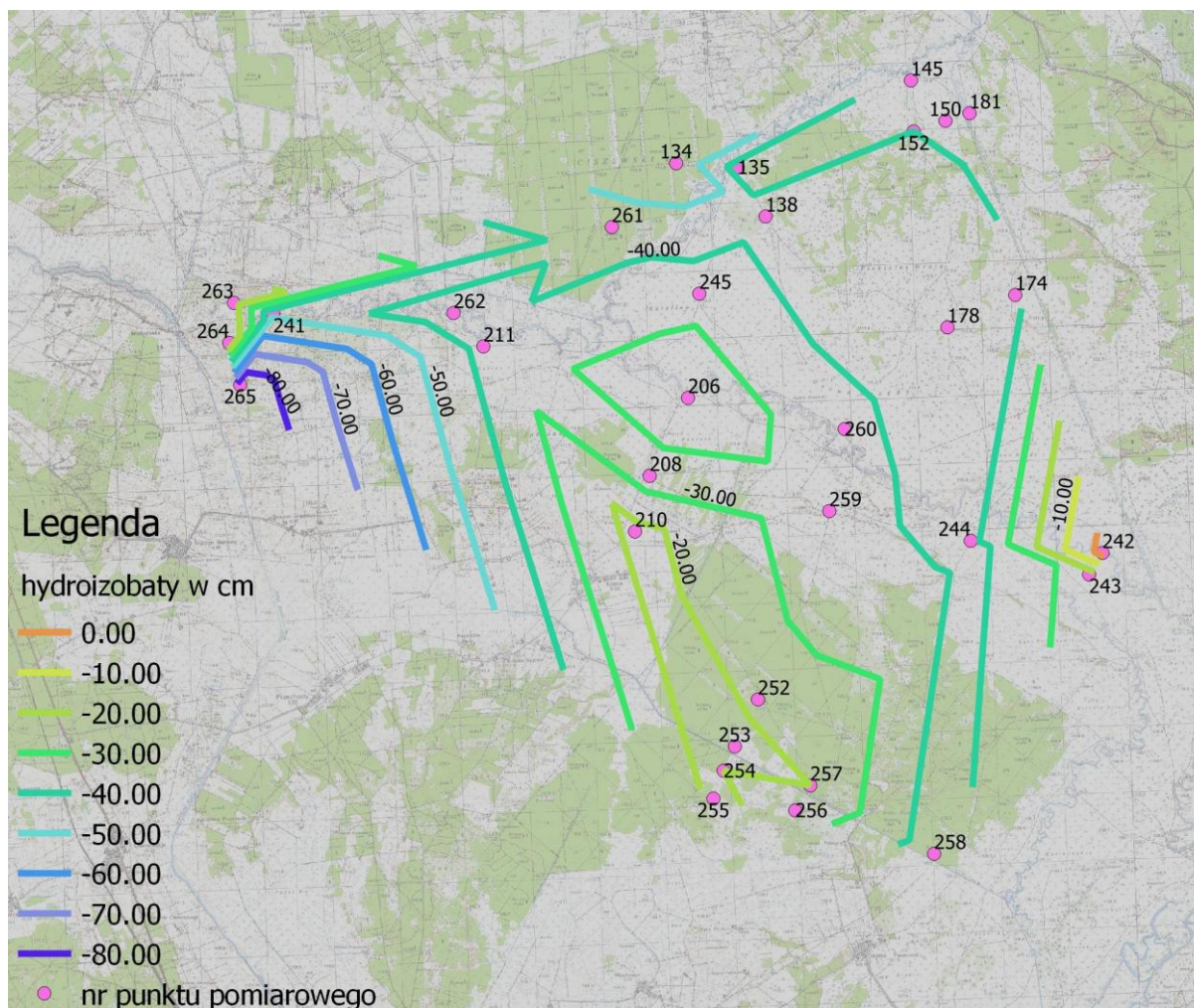
Tab. 14. Stany charakterystyczne I stopnia w piezometrach 210-255 w latach 2016-2021.
(WW – najwyższy stwierdzony stan wody; SW – średni stan wody; NW – najniższy stan wody), Wartości WW, SW i NW podane w m pod powierzchnią terenu.
Wartości dodatnie oznaczają stan wody ponad powierzchnią terenu

Rok	Stan	210	211	241	242	243	244	245	252	253	254	255
2016	NW	-0,67	-0,89	-1,44	-0,83	-0,53	-1,19	-0,88	-0,95	-0,86	-0,84	-1,01
	SW	-0,35	-0,48	-0,92	0,38	-0,32	-0,72	-0,39	-0,31	-0,12	-0,18	-0,26
	WW	0,08	-0,02	-0,50	1,13	0,19	-0,25	0,06	0,05	0,50	0,17	0,12
2017	NW	-0,44	-0,62	-0,70	0,69	-0,33	-0,50	-0,43	-0,55	-0,53	-0,40	-0,63
	SW	-0,05	-0,11	-0,52	0,76	0,15	-0,09	0,00	-0,13	-0,07	-0,08	-0,06
	WW	0,11	0,14	-0,37	0,80	0,46	0,11	0,27	0,02	0,12	0,05	0,09
2018	NW	-0,66	-0,84	-0,78	-0,28	-0,77	-0,90	-0,92	-0,79	-0,65	-0,75	-0,87
	SW	-0,19	-0,29	-0,55	-0,10	-0,07	-0,28	-0,33	-0,25	-0,10	-0,25	-0,21
	WW	0,18	0,15	-0,15	0,06	0,46	0,19	0,07	0,03	0,22	0,04	0,14
2019	NW	-0,62	-1,08	-1,09	-0,61	-1,07	-1,16	-1,07	-1,08	-1,08	-1,11	-1,19
	SW	-0,24	-0,53	-0,42	-0,14	-0,49	-0,52	-0,49	-0,35	-0,28	-0,42	-0,32
	WW	0,18	-0,03	0,02	0,59	0,12	-0,03	0,12	0,03	0,12	-0,02	0,11
2020	NW	-0,63	-0,87	-0,93	-0,76	-1,01	-1,09	-0,89	-0,86	-0,79	-0,79	-0,80
	SW	-0,22	-0,52	-0,45	-0,34	-0,61	-0,65	-0,50	-0,35	-0,19	-0,26	-0,22
	WW	0,17	-0,13	-0,10	0,22	-0,04	-0,13	-0,05	0,00	0,12	0,11	0,10
2021	NW	-0,43	-0,73	-0,42	-0,29	-0,64	-0,79	-0,91	-0,52	-0,38	-0,34	-0,52
	SW	0,01	-0,27	-0,08	0,19	-0,16	-0,33	-0,31	-0,11	0,02	-0,03	-0,03
	WW	0,22	0,01	0,10	0,68	0,23	-0,02	0,13	0,06	0,23	0,11	0,15

Tab. 15. Stany charakterystyczne I stopnia w piezometrach 256-265 w latach 2016-2021.
(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
2016	NW	-1,02	-1,00		-1,08	-0,81	-1,11	-0,73	-0,87	-0,91	-1,40
	SW	-0,30	-0,25	-0,48	-0,53	-0,48	-0,66	-0,41	-0,32	-0,30	-0,91
	WW	0,14	0,19	-0,09	-0,08	-0,25	-0,23	-0,06	0,14	0,17	-0,33
2017	NW	-0,65	-0,61	-0,69	-0,46	-0,57	-0,67	-0,66	-0,36	-0,32	-1,02
	SW	-0,08	-0,02	-0,30	-0,08	-0,18	-0,19	-0,22	0,00	0,16	-0,53
	WW	0,15	0,22	-0,05	0,16	0,18	0,08	0,11	0,24	0,49	-0,14
2018	NW	-0,90	-0,84	-0,97	-0,97	-0,82	-0,89	-0,81	-0,72	-0,75	-1,75
	SW	-0,27	-0,20	-0,42	-0,28	-0,20	-0,32	-0,33	-0,08	0,08	-0,91
	WW	0,14	0,23	0,04	0,16	0,24	0,10	0,14	0,43	0,67	-0,08
2019	NW	-1,20	-1,23	-1,26	-1,19	-0,91	-1,03	-0,92	-1,06	-0,84	-1,62
	SW	-0,35	-0,35	-0,52	-0,52	-0,44	-0,51	-0,41	-0,34	-0,32	-1,10
	WW	0,12	0,13	-0,10	-0,07	0,05	-0,01	-0,01	0,12	0,19	-0,53
2020	NW	-0,88	-0,90	-0,96	-0,98	-0,93	-1,03	-0,64	-0,75	-0,84	-1,41
	SW	-0,34	-0,33	-0,59	-0,51	-0,62	-0,68	-0,39	-0,30	-0,36	-1,04
	WW	0,05	0,05	-0,28	-0,01	-0,17	-0,37	-0,16	0,07	0,08	-0,41
2021	NW	-0,62	-0,56	-0,76	-0,85	-0,89	-0,75	-0,52	-0,26	-0,35	-1,10
	SW	-0,09	-0,05	-0,38	-0,28	-0,35	-0,31	-0,25	0,08	0,12	-0,72
	WW	0,17	0,26	-0,06	0,01	0,08	0,02	0,07	0,28	0,35	-0,30

Istnieje dość silny związek korelacyjny pomiędzy stanami wód powierzchniowych a położeniem zwierciadła wód podziemnych. Wzrost stanów wody w rzekach i kanałach wiąże się ze wzrostem poziomu wód gruntowych, z kolei spadek stanów wód w rzekach i kanałach związany jest ze spadkiem poziomu wód gruntowych. Analiza przebiegu wahań zwierciadła wód podziemnych wykazuje, że podlega ono naturalnym sezonowym wahaniom, nawiązującym do zmiennych warunków hydrologiczno-meteorologicznych.

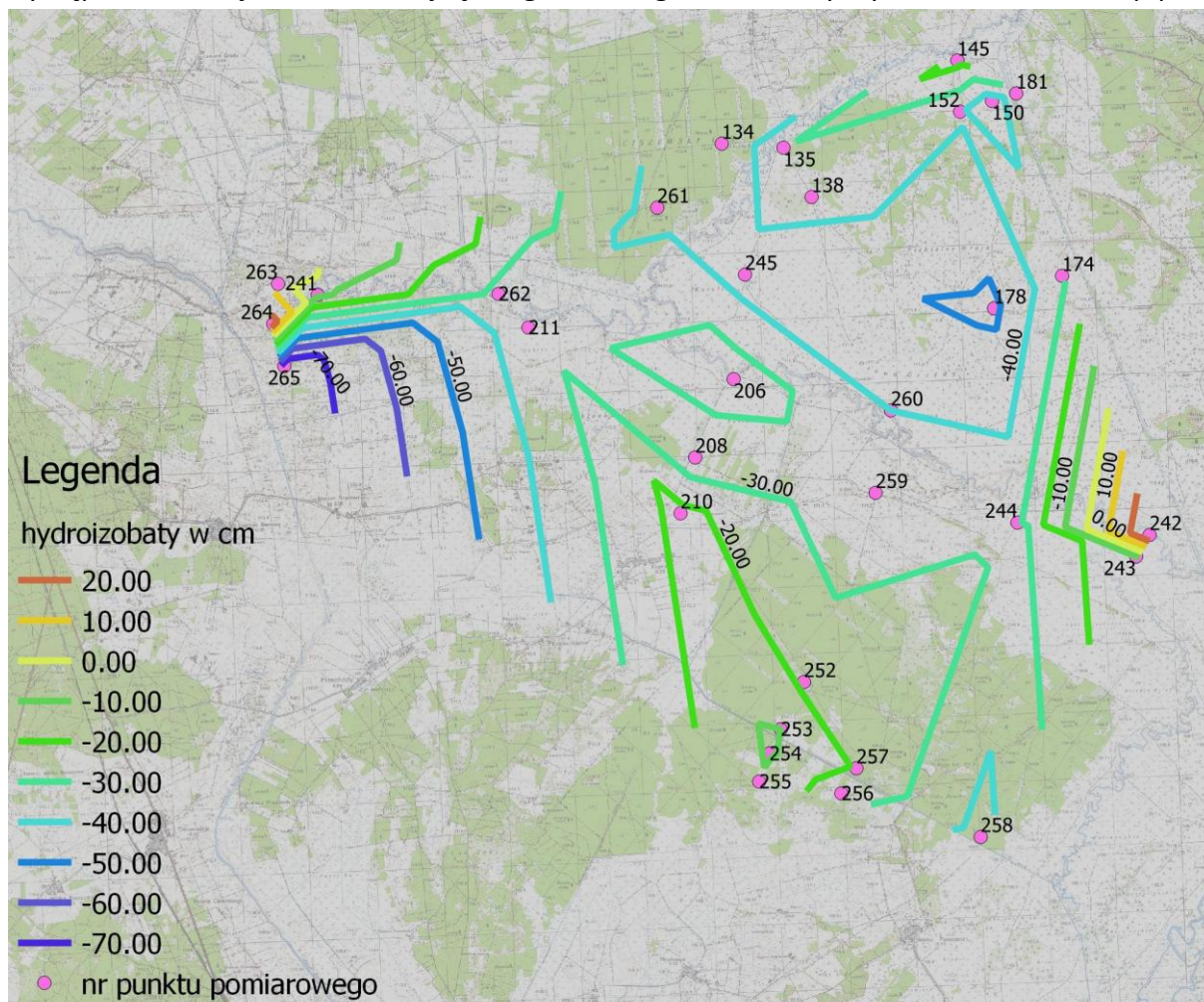


Ryc. 27. Mapa hydroizobat średnich stanów wód podziemnych Środkowego Basenu doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)

Na podstawie danych z automatycznego monitoringu położenia zwierciadła wód podziemnych stwierdzono, że średnie stany wód podziemnych z okresu 2016-2021 w dwóch lokalizacjach były niższe niż 0,5 m p.p.t. (piezometr ID134, ID 265). Dla porównania w okresie 2012-2016 średnie stany wód podziemnych poniżej 0,5 m p.p.t. notowano w czterech punktach pomiarowych: ID134, ID241, ID244 i ID265 (Grygoruk 2019). W latach 2016-2021 w jednym punkcie pomiarowym średni stan wody podziemnej dla tego okresu był powyżej powierzchni terenu – ID 242. Punkt ten położony w pobliżu starorzecza silnie reaguje na zmiany stanu wody w rzece Ełk. W pozostałych punktach monitoringu zanotowano następujące średnie stany wód podziemnych: w 6 (10-20 cm p.p.t.), w 5 (20-30 cm p.p.t.), w 11 (30-40 cm p.p.t.), w 7 (40-50 cm p.p.t.) i w 2 (pow. 50 cm p.p.t.). Podobnie jak w poprzednim okresie (2012-2018) najniższe stany wód podziemnych spadały poniżej 1 m p.p.t. (oprócz punktów ID181, ID206, ID210, ID242, ID260, ID262 i ID264). Działo się tak nawet w przypadku piezometrów położonych blisko piętrzenia na jazie Kanału Woźnawiejskiego (ID150, ID152). Grygoruk (2019) stwierdza, że wyrównanie najniższych stanów wód podziemnych w okresach suszy do poziomu charakterystycznego dla dobrze

Opracowanie powstało 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

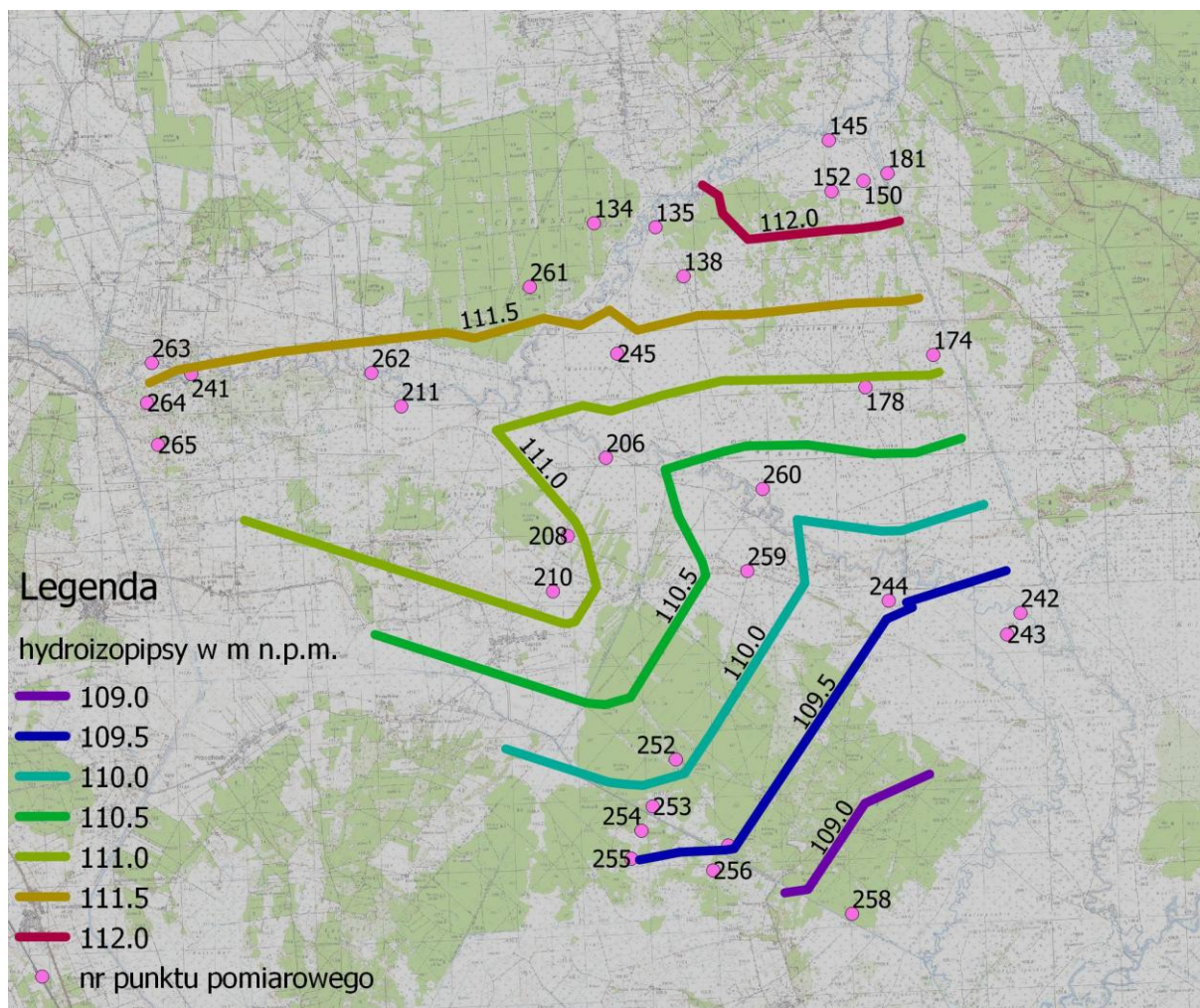
zachowanych torfowisk (max do – 0,5 m p.p.t) jest niemożliwe (tab. 10-12). Na ryc. 27 przedstawiono rozkład średnich stanów wód podziemnych dla okresu 2016-2021. Wyraźnie widać, że najlepsze warunki hydrologiczne panowały w rejonie Kanału Kapickiego, gdzie zwierciadło wód podziemnych jest położone powyżej 20 cm p.p.t. Odmienna sytuacja występowała w rejonie tzw. „Trójkąta”, gdzie odległość do wody wynosiła około 40 cm p.p.t.



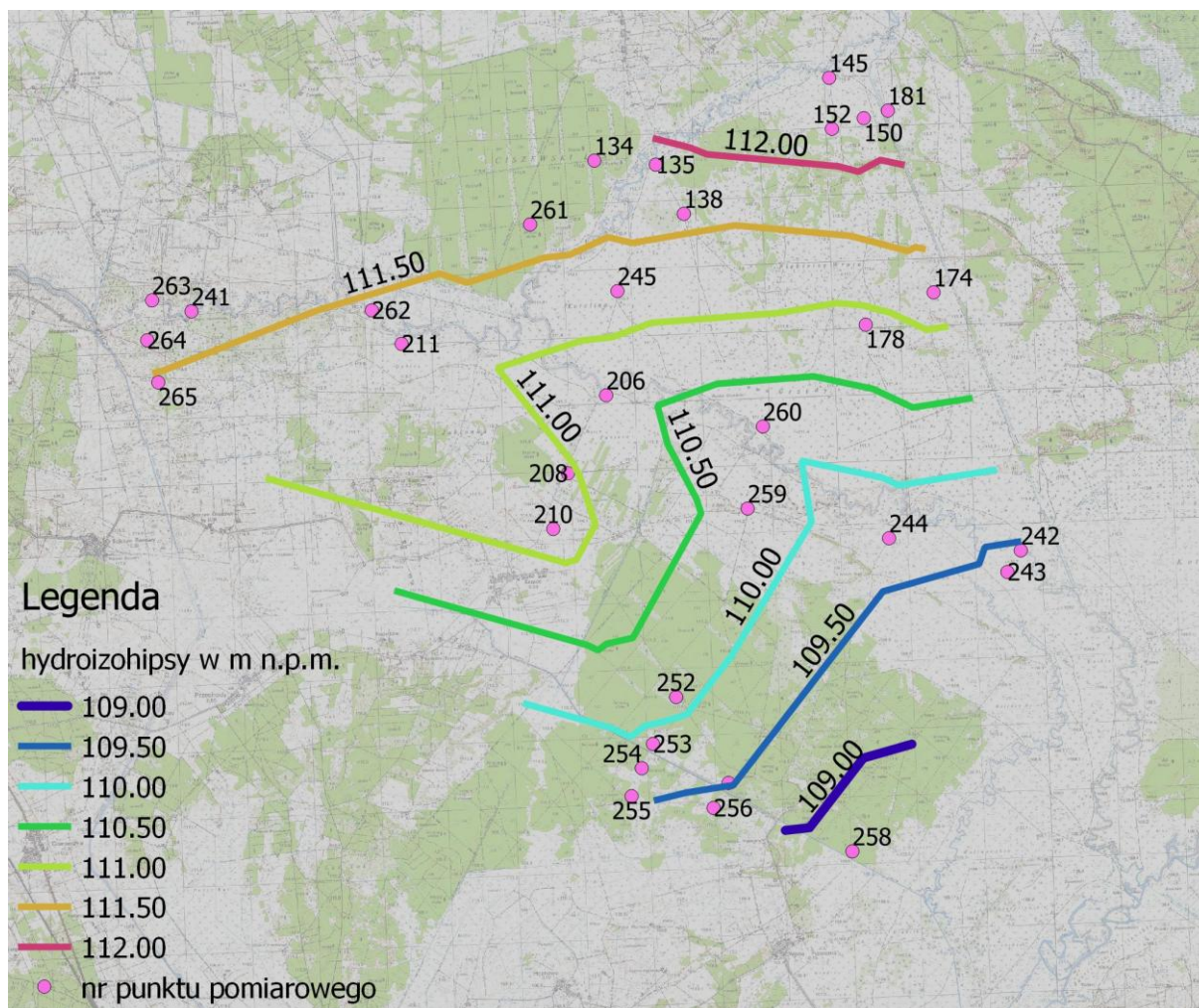
Ryc. 28 . Mapa hydroizobat wód podziemnych Środkowego Basenu doliny Biebrzy na koniec roku hydrologicznego 2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)

Stany wód podziemnych na koniec roku hydrologicznego 2021 są na podobnym poziomie jak średnie dla wielolecia (ryc. 28).

Na ryc. 29 przedstawiono mapę hydroizohips dla średnich stanów wód powierzchniowych dla okresu 2016-2021 a na ryc. 30 sytuację hydrologiczną na koniec roku hydrologicznego 2021. Przedstawione mapy wskazują na niewielką drenującą rolę Ełku na odcinku od ujścia Jegrzni do dolnego Ełku a w rejonie tzw. „Martwego Ełku”, nie stwierdzono tego procesu.



Ryc. 29. Mapa hydroizohips średnich stanów wód podziemnych Środkowego Basenu doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)



Ryc. 30 . Mapa hydroizohips wód podziemnych Środkowego Basenu doliny Biebrzy na koniec roku hydrologicznego 2021 na podstawie automatycznego monitoringu hydrologicznego (źródło danych: Biebrzański Park Narodowy)

7.WNIOSKI

Lata hydrologiczne 2016-2021 cechowała duża zmienność warunków meteorologicznych, a zwłaszcza rocznych sum opadów. Lata 2018 – 2019 były suche a szczególnie rok 2019, co miało swoje odbicie w małych przepływach rzek i kanałów oraz w najniższych stanach wód podziemnych. Wilgotny okres trwał w latach 2016-2017. Wtedy notowano najwyższe stany wody w półroczach zimowych. Stany wód podziemnych w okresie po oddaniu do użytku jazu i piętrzeń na Kanale Woźnawiejskim (maj 2016 r.) były wyższe niż w okresie przed majem 2016 r. Można stwierdzić skuteczne działanie piętrzeń względem podniesienia poziomów wód podziemnych w jego otoczeniu.

Przed rozpoczęciem piętrzeń na Kanale Woźnawiejskim (przed 01.05.2016 r.) średni udział dolnej Jegrzni (ID 1 profil Ciszewo) w transferze wód górnej Jegrzni (ID13 profil Kuligi Most Betonowy) wynosił 0,41. Podobnie jak w okresie poprzednim (2012-2018) udział dolnej Jegrzni w transferze wód z górnej Jegrzni był większy w okresie przepływów niskich w

Opracowanie powstało 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

porównaniu do przepływów wysokich. Odzwierciedlają to wyniki np. z roku 2019 (niskie stany wody), w którym przepływ Jęgrznią stanowił ponad 70%. Odwrotną sytuację obserwowano w roku 2021 (wysokie stany), kiedy udział Kanału Woźnawiejskiego kształtował się w przedziale 62-80%. Przy najwyższych przepływach niemal całe wezbrania uchodzą przez Kanał Woźnawiejski, a tylko niewielka część wody z wezbrań odpływa Jęgrznią w kierunku Ciszewa. Taka sytuacja może spowodować, że koryto Jęgrzni, wobec braku „oczyszczającej” roli wezbrań, będzie coraz mocniej zarastać i zamulać się, utrudniając jeszcze bardziej odpływ wody tym odcinkiem rzeki. Średnie przepływy (SSQ) rz. Jęgrzni w latach 2016-2021 kształtowały się na poziomie od 2,241 m³/s w profilu Kuligi-Most Betonowy do 0,802 m³/s w profilu Ciszewo. Oznacza to, że w przeciętnych warunkach układu hydrologicznego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski, udział dolnej Jęgrzni w dalszym transferze wód dopływających do węzła wodnego Jęgrznia-Kan. Woźnawiejski nie zmienił się. Sięga nieco ponad 35%, podobnie jak niezmienny został transfer wody w warunkach niskich przepływów, z udziałem wynoszącym 70%. Wskazane są czynności związane z ograniczeniem rozwoju roślinności w dolnej Jęgrzni. W okresie wegetacyjnym rozwój roślinności jest tak duży, że nawet przy wysokich stanach wody notuje się bardzo niskie przepływy.

Analiza wyników 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 2016-2021 podobnie jak w okresie wcześniejszym 2015-2018 przechwytywany jest przez Kan. Rudzki. Stare koryto rzeki Ełk prawdopodobnie jest okresowo wykorzystywane na niewielkich odcinkach w czasie wezbrań wiosennych. Tak jak w raporcie z okresu 2012-2018, tak i teraz potwierdza się konieczność podjęcia działań zmierzających do przekierowania części wód górnego Ełku do jego dawnego koryta.

Stany wód podziemnych zarejestrowane w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w latach hydrologicznych 2016-2021 są odbiciem sytuacji hydrologiczno-meteorologicznej tego obszaru. Najwyższe stany wód podziemnych wystąpiły w okresach grudzień 2016 – kwiecień 2017 i listopad 2017 – kwiecień 2018 roku. Głównym czynnikiem, który na to wpłynął była wysoka suma opadów w latach 2016-2017 wynosząca odpowiednio 739 mm i 747 mm (około 120% średniej dla analizowanego okresu). Najniższe stany wody odnotowano w większości punktów pomiarowych w okresie sierpień-wrzesień 2019, kiedy było bardzo małe zasilenie przez opady atmosferyczne. Średnie stany wód podziemnych z okresu 2016-2021 w dwóch lokalizacjach były niższe niż 0,5 m p.p.t. (piezometr ID134, ID 265). Dla porównania w okresie 2012-2016 średnie stany wód podziemnych poniżej 0,5 m p.p.t. notowano w czterech punktach pomiarowych: ID134, ID241, ID244 i ID265. Podobnie jak w poprzednim okresie (2012-2018) najniższe stany wód podziemnych spadały poniżej 1 m p.p.t. (oprócz punktów ID181, ID206, ID210, ID242, ID260, ID262 i ID264). Mapy hydroizohips wskazują na niewielką drenującą rolę Ełku na odcinku od ujścia Jęgrzni do dolnego Ełku a w rejonie do tzw. „Martwego Ełku”, nie stwierdzono tego procesu. Analiza przebiegu wahań zwierciadła wód podziemnych wykazuje, że podlega ono naturalnym sezonowym wahaniom, nawiązującym do zmiennych warunków hydrologiczno-meteorologicznych.

Okres wysokich, wiosennych przepływów wystąpił w latach hydrologicznych 2019 i 2021. Jest typowy dla rzek klimatu umiarkowanego przejściowego. Brak takiego wezbrania oraz głębokie niżówki rejestrowano w roku 2020. W rejonie Trójkąta najwyższe przepływy wystąpiły na Jegrzni w Kuligach (ID13), najniższe zaś w ujściu Kanału Woźnawiejskiego, przy czym zwraca uwagę fakt, że niemal całe wezbrania uchodzą przez Kanał Woźnawiejski. Tylko niewielka część wody z wezbrań odpływa Jegrznią w kierunku Ciszewa. Dodatkowo, wobec braku połączenia z Kanałem Rudzkim, Jegrznia stanowi główne źródło wody w starym korycie Ełku. Należy spodziewać się, że i tu zarastanie i zamulanie koryta będzie się nasilać. Pośrednio widać już symptomy tego procesu. O ile w 2012 i 2013 roku hydrogramy przepływów w Ciszewie i Kapicach nawiązywały przebiegiem do profilu w Kuligach, to po suchym okresie 2015 - 2016, wezbrania zostały tam zredukowane - o ok. 1/3 roku 2017, blisko o połowę w roku 2018, i o 3/4 w latach 2019 i 2021. Także podobieństwo przebiegów przepływów Kanału Woźnawiejskiego i Ełku poniżej jego ujścia, wskazuje na drenujący charakter tego Kanału, mimo oddania do użytku jazu piętrzącego. Pozytywny efekt piętrzenia na wspomnianym jazu polega natomiast na powstrzymaniu odpływu wody do Kanału w okresach o niskich przepływach, kiedy więcej wody odpływa Jegrznią.

8. LITERATURA

Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z., 1993: *Hydrometria*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1-311

Bartosik Z., Rukść S., Batory J., Pietrykowski R., 2020; Sprawozdanie z wykonanych pomiarów geodezyjnych, Zbigniew Bartosik Specjalistyczna Pracownia Projektowa „WAGA-BART”

Choiński A., 1988: Zróżnicowanie i uwarunkowania zmienności przepływów rzek polskich. Wydawnictwo Naukowe UAM. Poznań; 1-99.

Fortuniak K., Pawlak W., 2016; Atlas parametrów meteorologicznych na stacji meteorologicznej w Kopytkowie (Biebrzański Park Narodowy) w 2015 roku. Katedra Meteorologii i Klimatologii WNG UŁ. Łódź

Furtak T., Stępniewski K., 2020; Raport roczny z monitoringu stanów wód powierzchniowych i podziemnych prowadzonego w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w roku hydrologicznym 2019. EcoTerra

Grygoruk M., 2019: Raport końcowy z monitoringu stanów wód podziemnych i powierzchniowych oraz zasobów wodnych w latach 2012-2018. Stow. Niezał. Inic. Nasza Natura, 2019

Grygoruk M., 2019; Raport roczny z monitoringu stanów wód powierzchniowych i podziemnych prowadzonego w Środkowym Basenie doliny Biebrzy w roku hydrologicznym 2018. Stowarzyszenie Niezależnych Inicjatyw Nasza Natura

9. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1. Płyta DVD z danymi oraz elektroniczną wersją niniejszego raportu:

- wersja *.docx niniejszego raportu,
- wersja *.pdf niniejszego raportu,
- wyniki pomiarów stanów wód powierzchniowych i podziemnych w latach hydrologicznych 2016 - 2021
- wyniki przepływów wód powierzchniowych w latach hydrologicznych 2016 - 2021