

## Możliwości odbudowy zasobów wodnych w rejonie odkrywek węgla brunatnego Józwin IIB i Kazimierz Północ

Bogumił Nowak<sup>1</sup>, Jan Przybyłek<sup>2</sup>, Paweł Szadek<sup>3</sup>, Jarosław Rosa<sup>4</sup>

**Possibilities of restoring water resources in the area of Józwin IIB and Kazimierz Północ opencast lignite mines (central Poland).** Prz. Geol., 72: 615–635; doi: 10.7306/2024.40

*Abstract.* Water loss in the brown coal mining area in the western part of the Konin Lignite Basin is a problem that has been observed for many years. It is most visible in the area located north-west of the Józwin IIB and Kazimierz Północ opencast lignite mines, where the lake's water level has decreased by up to 6 m. The factors influencing the decline in the water level in the lakes include climate change and human activity, including mining drainage. Due to the current situation, the ongoing recultivation of the Kazimierz Północ opencast lignite mine and the planned end of operation of the Józwin IIB opencast lignite mine in 2023, the Regional Water Management Board in Poznań has developed a concept for accelerating the process of flooding three mine workings and restoring the channels discharging mine water. This plan also assumes the restoration of water conditions in the area of opencast lignite mines and lakes within the impact of the depression cone associated with them, especially in the catchment area of the Ostrowo–Gopło Canal and Lake Powidzkie. The concept, which has already been partially implemented, includes: 1) reconstruction of the existing drainage system of the Józwin IIB opencast lignite mine and redirection of water from deep drainage to the final excavation left after the Kazimierz Północ opencast lignite mine (completed in 2020); 2) reconstruction of the drainage system of the Józwin IIB opencast lignite mine and redirection of water from deep drainage to the final excavation left after the Józwin IIB opencast lignite mine (completed in June 2024); 3) supplying water from Lake Gosławskie or Lake Pątnowskie using the Central Pumping Station of the Pątnów Power Plant to the final reservoir left after the Kazimierz Północ open-pit mine and further through the Roztoka reservoir to the final reservoir left after the Józwin IIB opencast lignite mine, using the resources of the Ślesiński Canal (in the design phase, planned implementation in 2025/2026).

Thanks to the solutions used, the final excavation left after the Kazimierz Północ opencast lignite mine was flooded in 2023, and not in 2030 as expected. The implementation of further plans will allow us to accelerate the process of filling the Roztoka reservoir and the excavation left after the Józwin IIB opencast lignite mine and to rebuild water conditions in their surroundings, especially in the area of Powidzki Landscape Park.

The work aims to present the stages of flooding the post-mining excavation reservoirs of the Kazimierz Północ and Józwin IIB opencast lignite mines, indicate the factors determining this process, and describe solutions that accelerate it while assessing the effects of the actions taken on the natural environment.

**Keywords:** climatic conditions, mine dewatering, regional depression cone, lake degradation, post-mining reservoirs, restoration of water resources

Środkowa i wschodnia część Pojezierza Gnieźnieńskiego (ryc. 1) jest znana nie tylko z malowniczych jezior, ale również jest kojarzona z problemem ubytku wód powierzchniowych i podziemnych, będącym efektem zmian klimatycznych, wyjątkowo niekorzystnego bilansu wodnego oraz działalności człowieka, na którą składają się głównie odwodnienia górnicze prowadzone wokół okolicznych odkrywek węgla brunatnego czy nadmierny pobór wód podziemnych w regionie i melioracje przyspieszające odpływ wód opadowych (Ilnicki, 1996, 2008; Sawicki, 2000; Gezella, 2006; Ilnicki, Orłowski, 2006a,b, 2011; Orłowski, Ilnicki, 2007; Marszelewski, Radomski, 2008; Przybyłek, Nowak, 2011; Marszelewski, 2013; Piasecki, Skowron, 2014; Nowak, 2018, 2019; Nowak i in., 2018, 2024; Piasecki, Przybyłek, 2018, 2020; Nowak, Ptak, 2019a; Nowak, Przybyłek, 2020; Nowak, Laskowski, 2024). Obniżenie poziomu wód jest obserwowane na tym terenie od dawna, podobnie jak w pozostałych częściach Wielkopolski i Kujaw (Choiński, Ptak, 2008, 2019; Wrzesiński, 2009; Graf, 2010; Nowak, Grześkowiak, 2010; 2012; Marszelewski i in., 2011; Choiński i in., 2012, 2016;

Grześkowiak i in., 2012; Ilnicki i in., 2012; Lawniczak, Kutyla, 2015; Nowak, Ptak, 2018, 2019a; Nowak i in., 2018, 2023; Bryl, Łyczkowska, 2019; Graf, Jawgiel, 2019; Sobkowiak, 2019; Wrzesiński, Perz, 2019a, b; Nowak, 2021; Pasztelaniec i in., 2021; Nowak, Władczyk, 2022), jednak szczególnie przybrało ono na sile w ostatnich 30 latach (ryc. 2). W tym okresie poziom wód w okolicznych jeziorach obniżył się o 1,5–6,0 m (tab. 1), a wiele mniejszych akwenów przestało istnieć (Nowak, 2018, 2019a; Nowak i in., 2018; Nowak, Lawniczak-Malinska, 2019; Nowak, Ptak, 2019a; Przybyłek i in., 2020). W efekcie utraty zasobów wodnych w rejonie tym zanikła większość mokradeł (Ilnicki i in., 2017), a rzeki stały się ciekami okresowymi, które przez wiele lat pozostają suche (ryc. 3). Znaczemu obniżeniu uległ również poziom zwierciadła wód podziemnych.

Utratę zasobów wodnych szczególnie wyraźnie widać w zlewni kanału Ostrowo–Gopło, która znajduje się w strefie oddziaływania leja depresji zalewanej odkrywki Kazimierz Północ i eksploatowanej Józwin IIB. W rejonie tym zanotowano największe obniżenie zwierciadła wód jezior

<sup>1</sup> IMGW-PIB, ul. Podleśna 61, 01–673 Warszawa; [rugosa@op.pl](mailto:rugosa@op.pl); ORCID ID: 0000-0002-6963-770X

<sup>2</sup> Instytut Geologii UAM, ul. Krygowskiego 12, 61–680 Poznań; [janex@amu.edu.pl](mailto:janex@amu.edu.pl); ORCID ID: 0000-0002-7692-8273

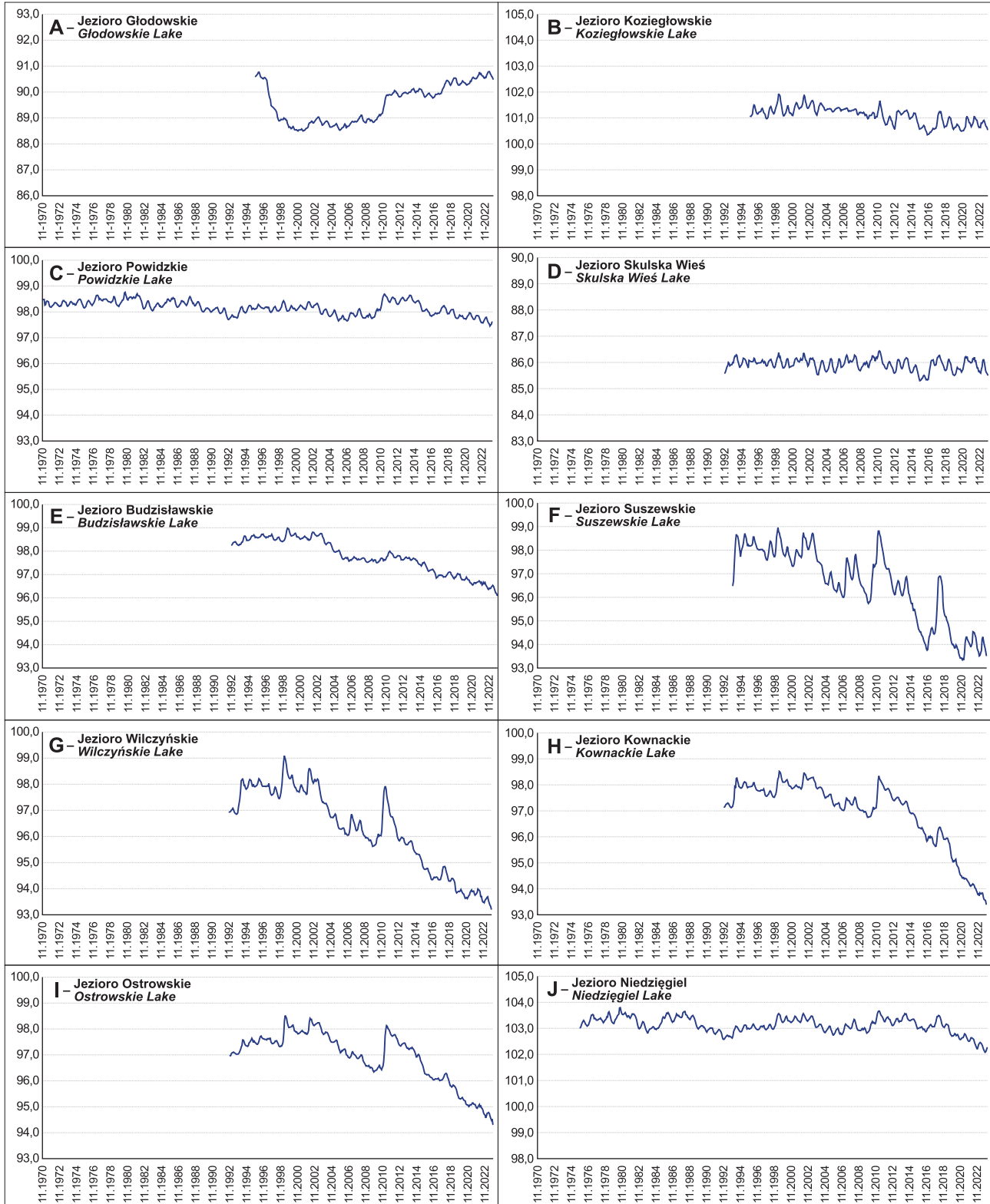
<sup>3</sup> ZE PAK S.A., ul. Kazimierska 45, 62–510 Konin; [szadek.pawel@zepak.com.pl](mailto:szadek.pawel@zepak.com.pl); ORCID ID: 0000-0003-1570-6367

<sup>4</sup> BIPROWDMEL Sp. z o.o. Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska, ul. Murawa 29, 61–655 Poznań, [jarek@biprowdmel.com.pl](mailto:jarek@biprowdmel.com.pl); ORCID ID: 0000-0001-7725-9334



Na skutek obniżenia się poziomu wody jeziora te znacząco zmniejszyły swoją powierzchnię i objętość. Uwzględniając dane z lat 60. XX w. i obliczenia wykonane na podstawie współcześnie notowanych poziomów wody, sumaryczna powierzchnia jezior na tym obszarze zmniejsza

szyła się o blisko 600 ha, a ich objętość o 55,0 mln m<sup>3</sup>, czyli o ponad 25%. Najpłytsze akwenu, takie jak: Jezioro Kańskie czy Jezioro Czarne jesienią 2023 r., w okresie występowania historycznie najniższych stanów wody, właściwie przestały funkcjonować, tracąc ponad 85% swo-



**Ryc. 2.** Średnie miesięczne stany wód wybranych jezior w zachodniej części Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego (na podstawie danych IMGW-PIB, PAK KWB Konin i pomiarów własnych)

**Fig. 2.** Average monthly water levels of selected lakes in the western part of the Konin Lignite Basin (based on data from IMWM-PIB, PAK KWB Konin and own measurements)

jej powierzchni i objętości. W efekcie stale utrzymującego się niskiego poziomu wody nastąpiła również wyraźna degradacja stref litoralnych jezior. Obniżający się poziom wody pierwotnie powodował wzrost powierzchni szuwarów wokół jezior (Nowak i in., 2011; Nowak, Lawniczak-Malinska, 2019), a w wyniku dalszego ubytku wód ich degradację oraz zastępowanie zbiorowiskami drzew i krzewów higrofilnych. W konsekwencji wiele ptaków, płazów i ryb, które do rozrodu i żerowania wykorzystują stale pozostające w wodzie szuwary, wycofało się z tego terenu, co przyczyniło się do zubożenia fauny. Obniżenie poziomu wody poniżej dna cieków łączących dawniej akweny spowodowało ich całkowite wyschnięcie, a tym samym brak możliwości migracji ryb i innych organizmów. Odsłonięte partie jezior, w których dnie dominuje gytia, zaczęły stanowić również zagrożenie dla ludzi wypoczywających nad wodą, ponieważ przy dużym nacisku osady te upłynniają się i powodują efekt zasysania. Negatywne skutki tych przeobrażeń zaczęły w konsekwencji rzutować na rozwój turystyki w regionie, która jest jednym z głównych źródeł dochodu okolicznych gmin.

Obok najbardziej zauważalnego ubytku wód w jeziorach i mokradłach w strefie oddziaływania leja depresji zanotowano również spadek poziomu wód gruntowych i głębszych poziomów wodonośnych. Ze względu na układ warstw wodonośnych oraz głębokość prowadzonych odwodnień górniczych największe obniżenia zwierciadła wód zaobserwowano w odwadnianym poziomie kredowo-miocenowym i połączonym z nim poziomie Wielkopolskiej Doliny Kopalnej. W najbliższym sąsiedztwie odkrywek poziom zwierciadła wód obniżył się o kilkadziesiąt metrów, a krzywa



Ryc. 3. Wyschnięte koryto kanału Ostrowo–Gopło poniżej Jeziora Ostrowskiego – czerwiec 2023 r. Fot. B. Nowak

Fig. 3. The dry bed of the Ostrowo–Gopło Canal below Ostrowskie Lake – June 2023. Photo by B. Nowak

leja depresji, który je objął, wyklinowuje się w odległości kilkunastu km od krawędzi odkrywek. Spadek dyspozycyjnych zasobów wód w tych głównych zbiornikach wód podziemnych regionu zaczął z kolei rzutować na wydajność licznych, komunalnych i gospodarczych ujęć wód podziemnych, które zaopatrują okoliczną ludność, przemysł i rolnictwo. W strefie tej również w nadległych poziomach międzyglinowych i poziomie wód gruntowych zaobserwowano spadek poziomu zwierciadła wód, zwłaszcza w strefie uprzywilejowanych kontaktów hydraulicznych, jakimi są misy jeziorne i głęboko wcięte doliny rzeczne wykorzystujące ryny glacialne. Obniżenie zwierciadła wód pierwszego poziomu wodonośnego przełożyło się na drastyczne zmniejszenie areału zajmowanego przez mokradła, degra-

Tab. 1. Wysokość zwierciadeł wody wybranych jezior Pojezierza Gnieźnieńskiego w analizowanym rejonie (na podstawie danych IMGW-PIB, PAK KWB Konin i pomiarów własnych)

Table 1. Elevation of the water table of selected lakes of the Gnieźnieńskie Lakeland in the analysed area (based on data from IMGW-PIB, PAK KWB Konin and own measurements)

Jezioro Lake	Rzędna zw. wody [m n.p.m.] Elevation of the water level [m a.s.l.]			Różnica wzniesienia zwierciadła wody [m] Difference in the elevation of the water table [m]	
	Lata 60. XX w.* 1960s*	1995**	2023**	lata 60. XX w.–1995 1960s–1995	lata 60. XX w.–2023 1960s–2023
Głodowskie	93,9	90,6	90,7	–3,3	–3,2
Koziegłowskie	101,6	101,2	100,8	–0,4	–0,8
Kosewskie	101,3	101,0	100,7	–0,3	–0,6
Powidzkie	98,6	98,1	97,7	–0,5	–0,9
Skulska Wieś	86,3	86,1	85,7	–0,2	–0,6
Skulskie	86,2	85,9	85,4	–0,3	–0,8
Budziślowskie (basen południowy / southern part)	99,5	98,5	96,4	–1,0	–3,1
Budziślowskie (basen główny / main part)	99,5	98,5	95,8	–1,0	–3,7
Suszewskie	99,2	98,3	93,8	–0,9	–5,4
Wilczyńskie	99,2	98,0	93,5	–1,2	–5,7
Kownackie	99,0	98,0	93,7	–1,0	–5,3
Ostrowskie (basen główny / main part)	98,9	97,5	94,6	–1,4	–4,3
Ostrowskie (odnoga Przyjezierze / Przyjezierze Bay)	98,9	97,5	95,4	–1,4	–3,5
Niedzięgiel	104,0	103,0	102,3	–1,0	–1,7

\* na podstawie materiałów kartograficznych, kart batymetrycznych Instytutu Rybactwa Śródlądowego i wywiadu środowiskowego z mieszkańcami  
based on cartographic materials, bathymetric cards of the Inland Fisheries Institute and environmental interviews with residents

\*\* na podstawie danych wodowskazowych  
based on water gauge station data

dację torfowisk oraz pogorszenie warunków użytkowania wilgotnych łąk. To z kolei spowodowało ograniczenie zasięgu występowania lub wręcz zanik niektórych cennych i bardzo rzadkich gatunków roślin związanych z obszarami wodno-błotnymi (Chmiel, 1993a, b; Chmiel i in., 2019).

## METODYKA BADAŃ

Dane hydrologiczne i meteorologiczne pozyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) oraz PAK KWB Konin. Dane o wielkości poborów wód z Warty w kierunku szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego pochodzą z Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW) w Poznaniu. Natomiast dane o ilości wód odprowadzanych z odwodnienia odkrywki Józwin IIB pozyskano z roczników hydrologicznych i meteorologicznych PAK KWB Konin. Zestawienia i charakterystyki hydrologiczne i klimatyczne przedstawiono w ujęciu lat hydrologicznych, czyli od 1 listopada roku poprzedzającego do 31 października roku analizowanego. Rzędne zwierciadła wody odnoszono do układu Kronsztad 1986. Do prac wykorzystano: udostępnione przez PAK KWB Konin szkice sytuacyjno-wysokościowe w skali 1:5 000; rastrowe mapy topograficzne w skali 1:1 0000, mapy hydrograficzne w skali 1:50 000, cyfrową *Mapę Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000* i *Szczegółową Mapę Geologiczną Polski w skali 1:50 000* (<https://geologia.pgi.gov.pl/mapy>). Wszystkie mapy wynikowe przygotowano w polskim układzie współrzędnych geograficznych 1992. Wododziały i zasięgi zlewni wyznaczono według *Mapy Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000*.

Morfometrię jezior opracowano na podstawie planów batymetrycznych jezior wykonanych w latach 50. i 60. XX w. w Instytucie Rybactwa Śródlądowego, wyników pomiarów batymetrycznych realizowanych w latach 80. i 90. XX w. w oddziale IMGW w Poznaniu oraz cyfrowej batymetrii Jeziora Powidzkiego wykonanej w ostatnim dziesięcioleciu (Nowak i in., 2019a). Do oceny warunków hydrologicznych w zlewniach analizowanych jezior, oprócz danych IMGW-PIB oraz PAK KWB Konin, wykorzystano także własne pomiary położenia zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych oraz pomiary natężenia przepływu wody w ciekach (Nowak, 2018). Historyczne rzędne położenia zwierciadła wody w jeziorach

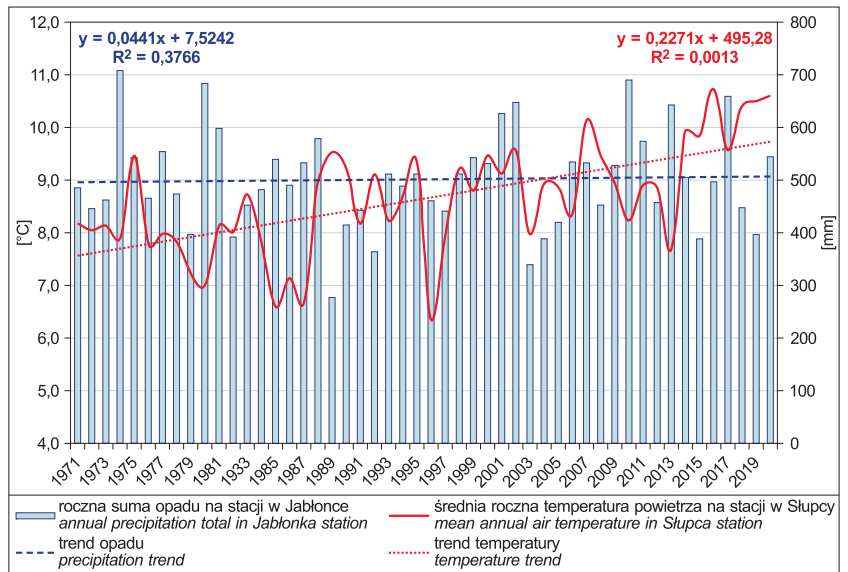
ustalono na podstawie archiwalnych map topograficznych i planów batymetrycznych, wywiadów środowiskowych z użytkownikami jezior, a także wizji terenowych, w trakcie których obserwowano krawędzie morfologiczne i zasięgi higrofilnych drzew, które wyznaczają dawne linie brzegowe jezior.

## OBSZAR BADAŃ

Badania prowadzono na Pojezierzu Gnieźnieńskim i we wschodniej części Równiny Wrzesińskiej, w odległości ok. 90 km na wschód od Poznania.

**Klimat.** Na tle kraju rejon badań cechuje się bardzo niskimi opadami i bardzo wysokim wskaźnikiem ewapotranspiracji. Średni opad z wielolecia oscyluje na tym terenie w okolicy 500 mm/rok, a w latach suchych nie osiąga 300 mm/rok (ryc. 4, tab. 2). Parowanie z wolnej powierzchni wody w ostatnich dwóch dekadach regularnie przekracza 800 mm w skali roku (Kędziora, 2008, 2011; Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Lawniczak-Malinowska, 2019; Nowak, Ptak, 2019a).

**Geomorfologia.** Według podziału geomorfologicznego Niziny Wielkopolskiej Krygowskiego (1961), zmodyfikowanego przez Stankowskiego (1999), obszar badań należy



**Ryc. 4.** Klimatogram ilustrujący zmiany średniej temperatury rocznej i wielkość opadów w rejonie obszaru badań w latach 1971–2020 (Nowak i in., 2023, na podstawie danych IMGW-PIB)

**Fig. 4.** Climograph illustrating changes in the average annual temperature and precipitation in the study area in the years 1971–2020 (Nowak et al., 2023, based on IMWM-PIB data)

**Tab. 2.** Charakterystyczne wartości opadów w rejonie badań w latach 1971–2020 (na podstawie danych IMGW-PIB)  
**Table 2.** Characteristic precipitation values in the study area for the years 1971–2020 (based on IMWM-PIB data)

Stacja opadowa Precipitation station	Jablonka	Wandowo	Konin	Słupca	Powidz	Gębice
Opad normalny / Average precipitation	501	474	545	496	532	525
Opad minimalny / Minimum precipitation	277	280	329	275	302	287
Opad maksymalny / Maximum precipitation	709	666	901	665	745	857
Trend / Trend	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)

(+) trend dodatni nieistotny statystycznie / positive trend statistically insignificant  
(-) trend ujemny nieistotny statystycznie / negative trend statistically insignificant

do Wysoczyzny Gnieźnieńskiej, a dokładniej do: 1) morenowych Pagórków Mogileńskich, obejmujących północną część obszaru badań o niewielkich deniwelacjach terenu i zróżnicowanej genezie lodowcowej, 2) Pagórków Powidzkich – czołowomorenowego wału składającego się głównie z piasków gliniastych i rozciągającego się z północnego zachodu na południowy wschód w zachodniej i środkowej części analizowanego terenu oraz 3) płaskiej, piaszczysto-gliniastej Równiny Kleczewskiej, położonej na wschód od Jeziora Powidzkiego i Budzisławskiego.

Południowo-zachodni kraniec zlewni jeziora Niedzięgiel oraz tereny położone na zachód od Jeziora Powidzkiego stanowią stożek sandrowy, będący elementem Równiny Wrzesińskiej.

Za najważniejsze formy terenu należy uznać: wzniesienia czołowomorenowe, równiny sandrowe, pagórki związane ze strefą wysoczyzny morenowej oraz rynny subglacjalne. Powierzchnię terenu urozmaicają holocenijskie formy rzeczne i równiny akumulacji biogenicznej. Wszystkie elementy składają się na dość zróżnicowaną rzeźbę terenu, przy czym najciekawsza jest ona w części zachodniej. Omawiany rejon w dużej mierze jest powierzchnią sandrową, na którą składają się sandry związane z fazą poznańską i oscylacją gnieźnieńską (Kozarski, 1962; Rotnicki, 1963). Mają one miąższość od kilku do kilkunastu metrów, a ich powierzchnie są mało urozmaicone i opadają w kierunku południowym bądź południowo-zachodnim. Starszy z sandrów sięga wysokości 106,0–117,0 m n.p.m., młodszy – 100,0–117,0 m n.p.m. (Rotnicki, 1963). Są one rozcięte dolinami rzek, rynnami subglacjalnymi, zagłębieniami powypotiskowymi oraz pagórkami czołowomorenowymi, na które składają się dwa wyraźnie ukierunkowane ciągi wzniesień, biegnące z północnego zachodu na południowy wschód wzdłuż linii Gniezno–Powidz–Konin. Deniwelacje w ich obrębie sięgają do 30 m. Pomiędzy tymi dwoma wałami znajduje się wysoczyzna morenowa falista, która cechuje się niewielką rytmiką. Głównym elementem tutejszego krajobrazu jest rozwinięta sieć głęboko wciętych rynien subglacjalnych o głębokości 20–45 m. Tworzą one wyraźnie ukierunkowane z północy na południe oraz z południowego zachodu na północny wschód ujemne formy terenu, wypełnione jeziorami oraz dolinami rzek. Pierwszy z tych systemów jest wykorzystywany przez jezioro Niedzięgiel, dolinę Noteci Zachodniej oraz jeziora z nią stowarzyszone, aż do Jeziora Pakoskiego włącznie, a drugi jest zajęty przez Meszną oraz jeziora: Powidzkie, Budzisławskie, Suszewskie, Wilczyńskie, Kownackie, Wójcińskie i Ostrowskie. Wzdłuż nich występują poziomy wyższych tarasów akumulacyjnych, najczęściej składające się z piaszczystych i żwirowych osadów fluwioglacjalnych.

We wschodniej części obszaru badań można jeszcze wyróżnić znacznie mniejszą rynnę, wykorzystywaną pierwotnie przez Strugę Kleczewską, Jezioro Ostrowite (Jarockie), Jezioro Kozięgłowskie i Biskupią Strugę, a w części północno-wschodniej rynnę jezior skulskich, stanowiącą jedną z południowych odnóg rynny goplańskiej. W rynnach tych oraz dolinach rzecznych wyróżnia się równiny akumulacji biogenicznej, wypełnione głównie torfami i gytiami. We wschodniej i północno-wschodniej części obszaru badań wyróżnia się także równinę morenową płaską, która jest mało urozmaicona i cechuje się niewielkimi deniwelacjami terenu. W rejonie tym naturalna rzeźba terenu została mocno zakłócona działalnością wydobywczą i obecnie w miejscu dawniejszych pagórków moreny płaskiej o niewielkiej rytmice znaczący areał na

zachód i północny zachód od Kleczewa zajmują najczęściej gliniaste zwałowiska wewnętrzne dawnych odkrywek węgla brunatnego: Kazimierz Północ, Józwin I, Józwin IIA i Józwin IIB. Dodatkowym elementem wkomponowanym w krajobraz są wyrobiska końcowe po tych odkrywkach (ryc. 1).

**Hydrografia.** Odkrywki Kazimierz Północ i Józwin IIB należą do zlewni Biskupiej Strugi i jej dwóch głównych dopływów: Strugi Kleczewskiej i Rowu Głównego (ryc. 1). Biskupia Struga odwadnia ten obszar w kierunku wschodnim, uchodząc do Jeziora Gosławskiego, które jest połączone z innymi akwenami należącymi do szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego, połączonego z Wartą w rejonie dzielnicy Konina Morzysław. Na północ i zachód od odkrywek przebiega wododział III rzędu pomiędzy dopływami Warty i Noteci. Tereny po zachodniej stronie odkrywek należą do zlewni Jeziora Powidzkiego, z którego bierze początek Meszna, będąca prawostronnym dopływem Warty. Obszar znajdujący się na północny zachód od odkrywki Józwin IIB jest odwadniany przez dopływy jezior w zlewni kanału Ostrowo–Gopło, uchodzącego do jeziora Gopło (ryc. 1), a na północ od odkrywki są jeziora skulskie odwadniane przez Lisewkę, która jest lewostronnym dopływem kanału Warta–Gopło.

**Geologia.** We wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego, obejmującej tereny od jezior Powidzkiego Parku Krajobrazowego poprzez Wysoczyznę Kleczewską aż po rejon jezior w biegu Kanału Ślesińskiego, w podłożu utworów kenozoicznych zalegają margle, wapienie i piaskowce wapniste górnej kredy (Kozula, 1998). Według Widery (2021) na obszarze tym, w tzw. pątnowskich złożach węgla brunatnego (Pątnów I, Pątnów II, Pątnów III i Pątnów IV) nie stwierdzono dotychczas osadów paleogeńskich, a neogen zalega wprost na górnej kredzie i składa się tylko z dwóch formacji, tj. koźmińskiej i poznańskiej. Złoża pątnowskie występują w rowie Kleczewa (Widera, 1998, 2021), który jest aktywny tektonicznie, o czym świadczy obecność wielu uskóków w osadach podwęglowych i spagowych pokładu węglowego oraz blokowa budowa stropu skał górnej kredy (Widera, 2021). Ponadto z arkusza SMGP Kleczew 476 wynika, że w niektórych miejscach bezpośrednio na skałach górnej kredy spoczywają osady plejstocenijskie (Stankowski i in., 2009), co wskazywałoby na udział w rzeźbie podłoża górnokredowego procesów subrozji (gliny zlodowacenia południowopolskiego). Na szkicu geologicznym odkrytym bez utworów czwartorzędowych, dołączonym do SMGP (Stankowski i in., 2009), głębokość rozcięć erozyjnych ukształtowanych w powierzchni podczwartorzędowej, szczególnie rynien jeziornych, sięga rzędnych od 0 do 20 m n.p.m. Rynną jeziorną w Powidzkim Parku Krajobrazowym oraz w biegu Kanału Ślesińskiego (Warta–Gopło) towarzyszą pola sandrowe, które stanowią o zdolnościach infiltracyjnych zasilania jezior z ich lokalnych zlewni hydrograficznych.

**Hydrogeologia.** Zwykle wody podziemne występują na badanym obszarze w utworach czwartorzędu, neogenu oraz górnej kredy (ryc. 5). Kenozoicznymi utworami wodonośnymi są osady piaszczyste o różnej i zmiennej granulacji, natomiast górna kreda jest reprezentowana głównie przez margle o zróżnicowanej siatce spękań wietrzeniowych i tektonicznych, w dużym stopniu decydujących o ich przewodności hydraulicznej. Głębokość

aktywnej strefy krążenia może sięgać ponad 200 m (Dąbrowski i in., 2008; Przybyłek, Nowak, 2011).

Wody podziemne w utworach czwartorzędowych tworzą układ piętrowy (Dąbrowski i in., 2008), na który składa się kilka poziomów wodonośnych: wód gruntowych, międzyglinowy górny, międzyglinowy dolny (wielkopolska dolina kopalna – GZWP nr 144) i poziom podglinowy.

Poziom wód gruntowych cechuje się bardzo dużą zmiennością i w większości, z wyjątkiem doliny Warty, jest związany z lokalnymi strukturami hydrogeologicznymi wynikającymi z podstawowych form geomorfologicznych występujących na danym obszarze (ryc. 5). Podlega on lokalnemu reżimowi zasilania i drenażu. Poziom zwierciadła wody podnosi się w półroczu zimowym, a opada w półroczu letnim. Zwierciadło wody wykazuje wzmoczone wahania związane z przemiennością występowania lat suchych i mokrych o amplitudzie 1,1–1,3 m.

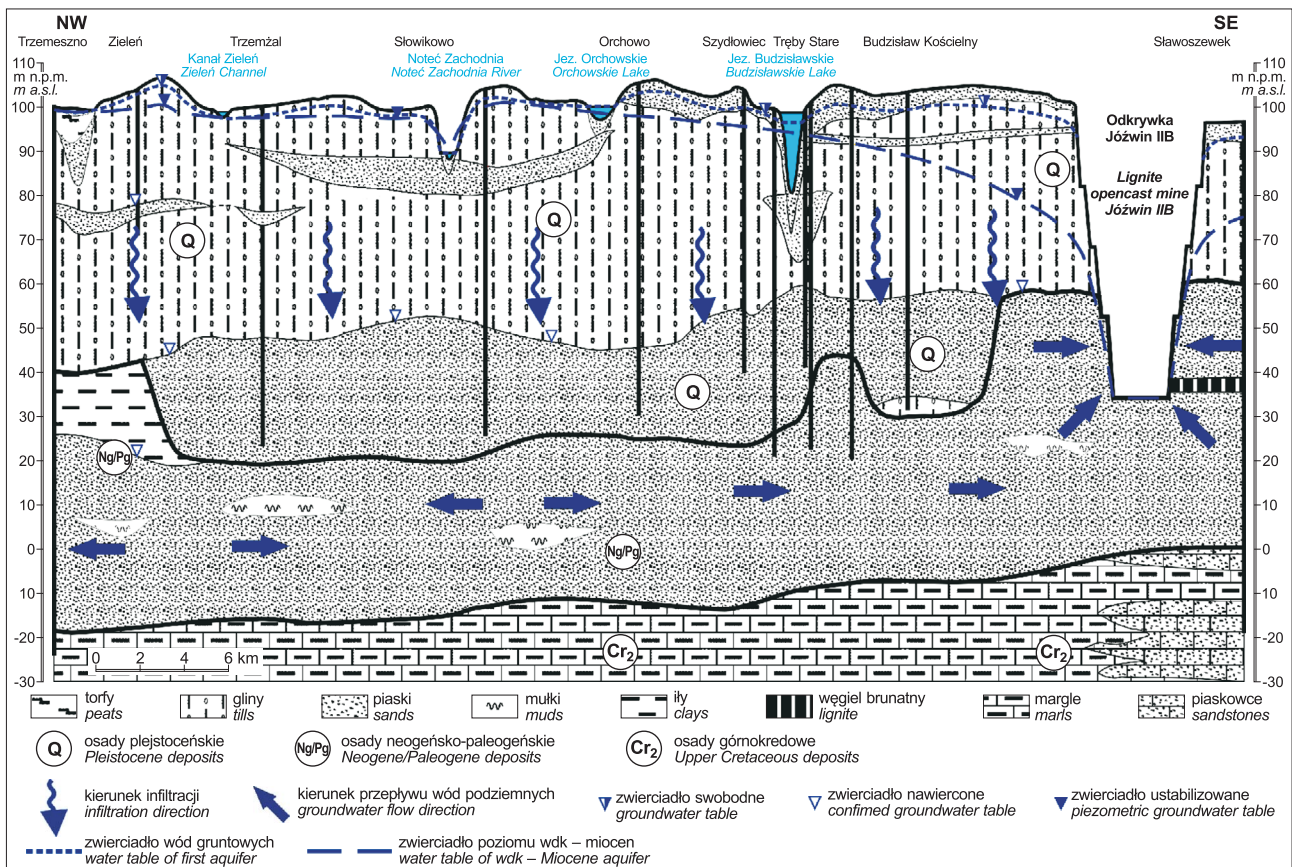
Poziom międzyglinowy górny występuje w warstwach piaszczysto-żwirowych rozdzielających gliny zlodowacenia północnopolskiego od środkowopolskiego (ryc. 5). Poziom ten, o miąższości od kilku do 15 m, występuje w środkowej i północnej części obszaru badań. Zwierciadło wody jest w nim napięte, jednak w wielu miejscach na skutek erozji nadkładu glin zwałowych może być swobodne. Na ogół przyjmuje się, że ciśnienie piezometryczne tego poziomu jest takie samo lub zbliżone do ciśnienia w poziomie wód gruntowych (Przybyłek, Nowak, 2011; Nowak, 2018).

Poziom międzyglinowy dolny jest związany z warstwami wodonośnymi występującymi w dolinach kopal-

nych (gdzie ma miąższość 10–65 m) i w pokrywach fluwioglacjalnych (10–20 m) i charakteryzuje się ciśnieniem subartezyjskim (ryc. 5). W systemie regionalnego krążenia przekazuje wody do poziomu mioceńskiego lub piętra górnej kredy – poprzez okna hydrogeologiczne lub na drodze ograniczonego przesiąkania przez muły, ropy piaszczyste i węgle brunatne, przeważnie w strefach zmniejszania się ich miąższości (Dąbrowski i in., 2008).

Poziom międzyglinowy dolny zalega w sposób ciągły na dużych obszarach w obniżeniach dolin kopalnych interglacjału wielkiego, tworząc na północy wielkopolską dolinę kopalną, a w kierunku wschodnim od rynny powidzko-ostrowskiej tworzy jedną, zagregowaną jednostkę z poziomem mioceńskim (ryc. 5). Strefa alimentacji poziomu międzyglinowego znajduje się na zachód od badanego obszaru, w obrębie wysoczyznowych pagórków czołowo-morenowych związanych z fazą poznańską ostatniego zlodowacenia. Osiami drenażu są głębokie ryny subglacialne, skorzęcińsko-pakoska i powidzko-ostrowska, które rozciągają podścielające warstwy glin lub łączą się z wyższymi warstwami wodonośnymi przez skomplikowane systemy okien hydrogeologicznych w paleorynnach z wcześniejszych zlodowaceń (Stankowski, Włodarski, 2019; Nowak, Przybyłek, 2020). Dodatkowo przez wiele lat poziom ten drenaowała zachodnia bariera studni odwadniających odkrywki usytuowane na zachód od Kleczewa.

Poziom mioceński o rozprzestrzenieniu regionalnym (ryc. 5) tworzy głównie seria piasków drobnoziarnistych i pylastych, rzadziej średnioziarnistych. Prowadzi on wody subartezyjskie i artezyjskie (Dąbrowski i in., 2008). Zasila-



Ryc. 5. Przekrój hydrogeologiczny obrazujący schemat przepływu wód podziemnych w rejonie badań oraz lej depresji odkrywki Józwin IIB (Nowak, Przybyłek, 2020, zmienił)

Fig. 5. Hydrogeological cross-section, showing the pattern of groundwater flows in the research area and the depression cone of the Józwin IIB opencast lignite mine (Nowak, Przybyłek, 2020, modified)

nie poziomu mioceńskiego pochodzi z wysoczyzny morenowej i odbywa się poprzez przesiąkanie wód z piętra czwartorzędowego, głównie w strefach wyraźnego zmniejszenia się nadkładu iłłów, lub lokalnie przez przepływ w oknach hydrogeologicznych. W układzie regionalnym poziom mioceński strefy konińskiej jest zasilany od północy i północno-zachodu wodami z podziemnej wielkopolskiej doliny kopalnej. Strefami drenażu są: pradolina warszawsko-berlińska, rytna jezior konińskich oraz dolina Noteci z jeziorem Gopło. Dodatkowo drenowały go odwodnienia górnicze odkrywek zlokalizowanych na północno-zachód od Konina.

Poziom oligoceński, o miąższości od kilku do ok. 20–30 m, tworzą piaski glaukonitowe, najczęściej drobne, występujące lokalnie w zagłębieniach podłoża mezozoicznego.

Poziom górnokredowy jest wykształcony w postaci spękanych i szczelinowatych margli oraz drobnoziarnistych piaskowców marglistych. Najpłycej strop skał górnokredowych występuje na głębokości 5–15 m w rejonie Konina (Stankowska, Stankowski, 1995). Zawodnienie skał jest funkcją głębokości ich zalegania, systemu spękań oraz więzi hydraulicznej z nadległymi poziomami wodonośnymi. Najbardziej wodonośna jest strefa ze szczelinami wietrzeniowymi i tektonicznymi, występująca w stropie masywu górnokredowego. Wody górnej części poziomu górnokredowego są włączone w układ krążenia wód w osadach neogeńskich. Zróznicowanie poziomów hydrodynamicznych wystąpiło jedynie w trakcie prowadzenia głębokiego odwadniania odkrywek węgla brunatnego rejonu konińskiego.

### Zarys odkrywkowego wydobywania węgla brunatnego ze złoża Pątnów

Złoże Pątnów eksploatowano od lat 50. XX w. aż do lat 20. XXI w. Front prac wydobywczych posuwał się z południowego wschodu ku północnemu zachodowi, obejmując odkrywkę Gosławice, która sąsiadowała z Jeziorem Gosławskim (Nowak i in., 2024). W kolejnych latach uruchamiano i zamykano odkrywki: Pątnów, Kazimierz Południe, Józwin I, Kazimierz Północ, Józwin IIA i jako ostatnią Józwin IIB, którą zamknięto w 2023 r. Taki kierunek prac górniczych determinował sposób odprowadzania wód kopalnianych, które wykorzystywały systemy odwodnieniowe tworzone we wcześniejszych latach. Od początku działalności górniczej wody kopalniane odprowadzano przez kanały i z wykorzystaniem naturalnych cieków w stronę Jeziora Gosławskiego – za pośrednictwem największego zachodniego dopływu Jeziora Gosławskiego, czyli Biskupiej Strugi, oraz jej dwóch dopływów: Strugi Kleczewskiej i Rowu Głównego (ryc. 6). W efekcie tereny na zachód od odkrywek, które pozostawały w zasięgu leja depresji, były drenowane przez odwodnienie wgłębne, a zlewnie po wschodniej i południowej stronie wyrobisk były zasilane wodami pochodzącymi spoza ich naturalnej strefy alimentacji. Doprowadziło to do przesuszenia obszarów zlokalizowanych na zachód i północ od odkrywek i przyczyniło się do pogorszenia możliwości zasilania w wodę wyrobisk końcowych, pozostałych po zamykanych odkrywkach.

### Budowle hydrotechniczne i ich rola w górnictwie odkrywkowym oraz energetyce

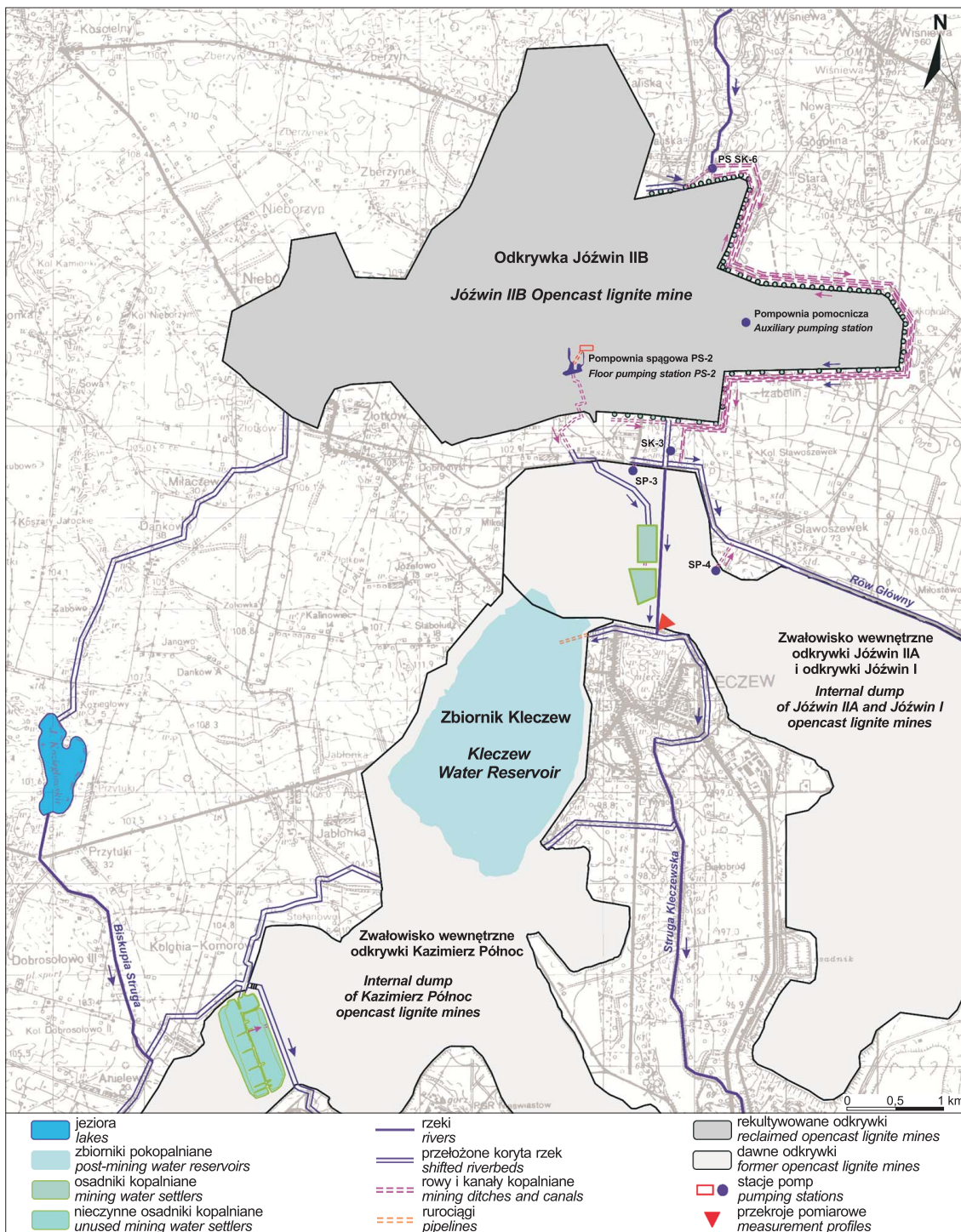
Kanał Ślesiński (ryc. 1), znajdujący się na wschód od konińskich odkrywek węgla brunatnego i będący przez wiele lat docelowym odbiornikiem wód kopalnianych, sta-

nowi łącznik kilku jezior, które są włączone do chłodzenia elektrowni konińskich. Budowę kanału rozpoczęto w 1936 r. w celu gospodarczego ożywienia środkowej Polski poprzez połączenie Warty i jeziora Gopło, które dawało początek uregulowanemu i żeglownemu odcinkowi Noteci. Do 1939 r. wykonano prace ziemne na pierwszym odcinku kanału o długości 8,5 km, między rzeką Wartą i Jeziorem Pątnowskim, a także około 80% robót na przekopie o długości 1,8 km, łączącym Jezioro Ślesińskie z Jeziorem Czarnym. Wojna przerwała dalsze prace, które wznowiono w 1948 r. Zakończenie budowy i oddanie do eksploatacji kanału nastąpiło w listopadzie 1949 r. (Nowicki, 2014). Ten 32-kilometrowy kanał jest wyposażony w cztery śluzy żeglugowe (ryc. 7) – oddane do użytkowania w 1939 r. śluzy w Morzysławiu i Pątnowie oraz w 1948 r. śluzy w Gawronach i Koszewie. Oprócz kanału kluczowym elementem drogi wodnej Warta–Gopło jest również ciąg naturalnie połączonych jezior polodowcowych: Pątnowskiego, Wąsowsko-Mikorzyńskiego, Ślesińskiego i Czarnego (ryc. 7). Jeziora te tworzą szczytowe stanowisko kanału, które jest zamknięte od południa śluzą w Pątnowie, a od północy śluzą w Gawronach (Nowicki, 2014). W 1966 r. zostały one włączone w obieg chłodzenia Elektrowni Konin, która rozpoczęła pracę w 1958 r., oraz Elektrowni Pątnów, oddanej do użytkowania w 1967 r. Przystosowanie tych jezior do funkcjonowania w systemie chłodzącym podgrzaną wodę uzyskano poprzez podpiętrzenia oraz odpowiednią zabudowę hydrotechniczną brzegów. Wysokość zwierciadła wody w systemie jezior jest sztucznie utrzymywana na poziomie 83,5–84,0 m n.p.m. Pojemność użytkowa szczytowego stanowiska, która jest zawarta między minimalnym a normalnym poziomem piętrzenia, wynosi 3,655 mln m<sup>3</sup>, natomiast pojemność powodziowa, mieszcząca się pomiędzy normalnym a maksymalnym poziomem piętrzenia, to 1,462 mln m<sup>3</sup>. Powierzchnia lustra wody jezior tworzących szczytowe stanowisko, a także łączących je odcinków kanału, wynosi 7,31 km<sup>2</sup>, a objętość wody zgromadzonej w tych akwenach to 48,70 mln m<sup>3</sup> (Kamiński, 2009).

Podgrzewanie wody generuje większe parowanie w systemie hydrologicznym jezior konińskich i Kanału Ślesińskiego, a tym samym zwiększa straty wody. W związku z tym przy śluzach w Morzysławiu i Pątnowie wybudowano w 1963 r. pompownie do doprowadzania (w okresach niedoborów) wody z Warty do szczytowego stanowiska kanału. Układ ten daje możliwość wprowadzania maksymalnie do 5,9 m<sup>3</sup>/s wody do szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego i związanych z nim jezior konińskich, co kilkukrotnie przewyższa realne zapotrzebowanie elektrowni na wodę.

W obieg chłodzenia elektrowni poprzez system kanałów i rurociągów włączono również Jezioro Gosławskie, którego powierzchnia, w wyniku podpiętrzenia poziomu wody o 1,5 m, zwiększyła się w 1966 r. o ponad 75 ha (19,9%), a objętość zmieniła z 4,9 do 13,4 mln m<sup>3</sup>, oraz zlokalizowane na wschód od głównej rytny jeziornej Jezioro Licheńskie, z którego wyprowadzono kanał zrzutowy, kończący się efektywnym wodospadem w Jeziorze Ślesińskim. Za pośrednictwem Kanału Ślesińskiego do systemu chłodzenia elektrowni włączono również kompleks stawów hodowlanych dawnego Państwowego Gospodarstwa Rybackiego w Gosławicach.

W 1985 r. na wschodnim brzegu Jeziora Czarnego zbudowano jaz przeznaczony do regulowania poziomu piętrzenia na szczytowym stanowisku, a także do odprowadzania wód powodziowych kanałem odpływowym poprzez jezioro Mielno do rzeki Noteć. W latach 2011–2013 Kanał



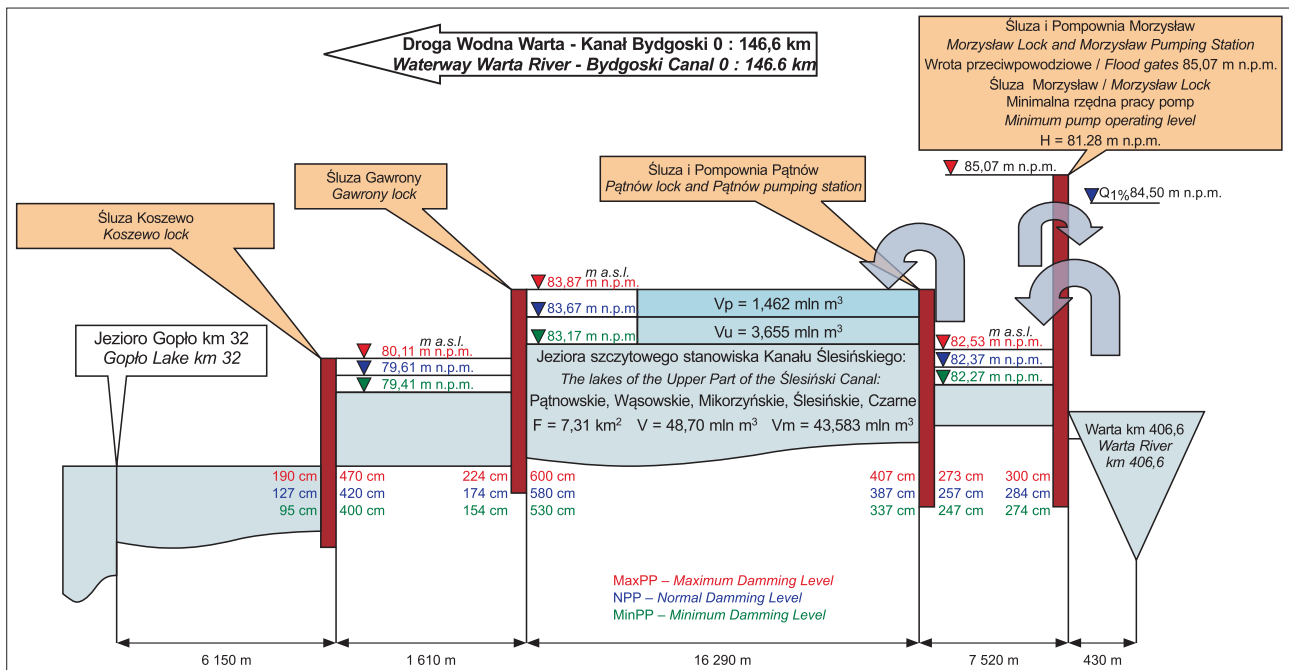
**Ryc. 6.** Schemat odwodnienia odkrywki Józwin IIB i zasilania wyrobiska końcowego po odkrywce Kazimierz Północ (Nowak i in., 2023)

**Fig. 6.** Drainage diagram of the Józwin IIB opencast lignite mine and recharge of the final excavation left after the Kazimierz Północ opencast lignite mine (Nowak et al., 2023)

Ślesiański poddano modernizacji, której efektem jest poprawa stanu infrastruktury technicznej (Kamiński, 2009).

Zrzut podgrzanych wód z Elektrowni Pątnów jest prowadzony z wykorzystaniem tzw. bliskiego i dalekiego obiegu. W okresach niższych temperatur (od października do kwietnia) każda z elektrowni schładza wodę w oddzielnym, tzw. bliskim, obiegu. Dla Elektrowni Pątnów jest nim Jezioro Goślawskie, a dla Elektrowni Konin – jeziora: Pątnowskie, Licheńskie i południowa część Jeziora Wąsowsko-Mikorzyskiego. Istotną rolę odgrywa również

zbiornik wstępnego schładzania Łokacz, który przechwytytuje wody bezpośrednio po ich zejściu z turbin Elektrowni Konin. W sezonie letnim (od maja do września) jest uruchamiany tzw. daleki obieg chłodzenia, wspólny dla obydwu elektrowni. Zrzut wód podgrzanych odbywa się wówczas dodatkowo do Jeziora Ślesiańskiego za pośrednictwem kanału i przepompowni w miejscowości Piotrkowice. Po schłodzeniu w Jeziorze Ślesiańskim wody te wpływają grawitacyjnie do północnej części Jeziora Mikorzyskiego i dalej mieszają się z wodami Jeziora Pątnowskiego, z któ-



Ryc. 7. Schemat systemu wodnego Kanału Ślesińskiego i jezior konińskich pozostających w obiegu chłodzenia Elektrowni Pątnów (Przybyłek i in., 2020, zmienione)

Fig. 7. Diagram of the water system of the Ślesiński Canal and the Konin lakes included in the cooling circuit of the Pątnów Power Plant (Przybyłek et al., 2020, modified)

rego woda na powrót trafia do elektrowni bądź jest wprowadzana przez Pompownię Przesmyk do Jeziora Gosławskiego. Wszystkie opisane jeziora są połączone systemem kanałów o długości ok. 32 km, tworzących obieg zamknięty, regulowany za pomocą przepompowni i przepustów.

### Rozwój górniczego leja depresji we wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego

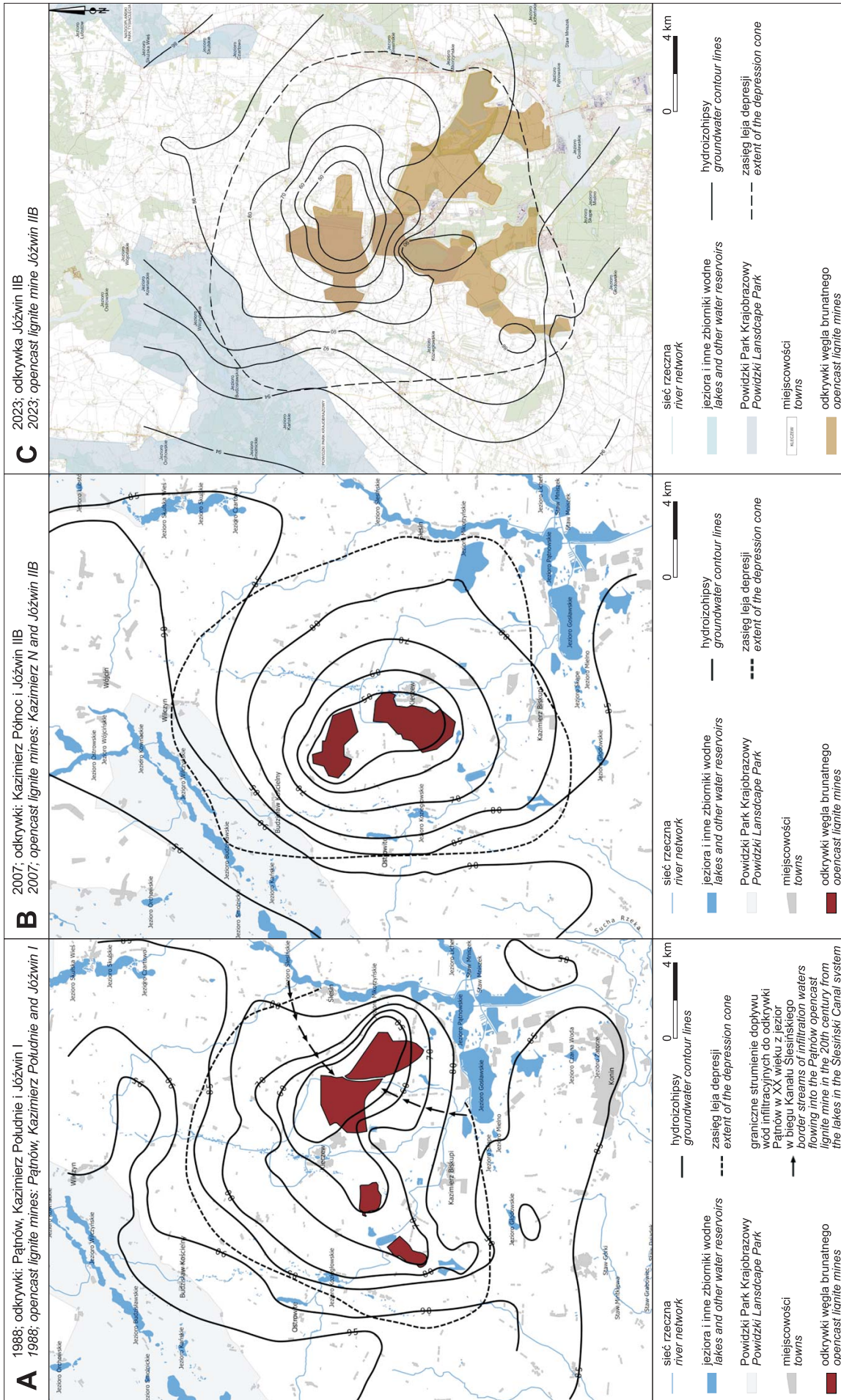
Systematyczne odwadnianie złoża węgla brunatnego Pątnów IV we wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego podjęto w kwietniu 1958 r. w obrysie odkrywki Pątnów. Odwadnianie odkrywki Kazimierz Południe w rejonie Kazimierza Biskupiego rozpoczęto w 1962 r., a odkrywki Józwin I na północny wschód od Kleczewa w 1966 r.

Przed rozpoczęciem górniczych robót odwodnieniowych zwierciadło wody poziomu mioceńskiego stabilizowało się w rejonie przyległym do jezior w rynn timer Powidz–Ostrowo (Jezioro Powidzkie, Jezioro Budziszawskie) na rzędnej 99,0 m n.p.m. (ryc. 1) i na odcinku o długości ~19,0 km obniżało się z gradientem hydraulicznym  $I = 0,0008$  w kierunku wschodnim, ku bazie drenażu naturalnego do rzędnej 84,0 m n.p.m. przy Kanale Ślesińskim (Blechacz, Karpa, 1969).

W wyniku wzajemnego oddziaływania systemów odwodnieniowych wokół odkrywek Pątnów i Kazimierz Południe oraz wokół odkrywki Józwin na północ od Konina ukształtował się wspólny, rozległy lej depresji, sięgający w kierunku na zachód i północ od odkrywek na odległość ponad 10 km, obejmujący łączące się ze sobą wgłębne poziomy wodonośne: mioceński i górnokredowy o zasięgu regionalnym (ryc. 5) oraz nadległe warstwy wodonośne w obrębie piętra czwartorzędowego. Regionalny lej depresji z odwodnienia górniczego intensywnie rozwijał się w stronę jezior w glacialnej rynn timer Powidz–Ostrowo (jest to obszar Powidzkiego Parku Krajoobrazowego) i wraz z upływem kolejnych dziesięcioleci spowodował obniżenie się zwierciadła wody w tych jezio-

rach, zagrażające ich bilansowi wodnemu (Ilnicki, 1996, 2008; Gezella, 2006; Ilnicki, Orłowski, 2006a, b, 2011; Orłowski, Ilnicki, 2007; Marszelewski, Radomski, 2008; Przybyłek, 2011, 2018, 2020; Przybyłek, Nowak, 2011; Piasecki, Marszelewski, 2013; Piasecki, Skowron, 2014; Nowak, 2018, 2019a, b; Nowak i in., 2018, 2024; Nowak, Ptak, 2019a; Nowak, Przybyłek, 2020; Nowak, Laskowski, 2024). Natomiast w kierunku wschodnim i południowym ten rozległy lej depresji osiągnął pasmo jezior w biegu Kanału Ślesińskiego. Spowodowało to wzmogłą infiltrację wód powierzchniowych do odwadnianych warstw wodonośnych w odkrywce Pątnów i skutkowało większym dopływem wody do tej odkrywki (Blechacz, Karpa, 1969) w porównaniu z dopływem do odkrywki Kazimierz Południe, znacznie oddalonej od tych jezior (ryc. 1). Na skutek braku dopływu do odkrywki Kazimierz Południe wod powierzchniowych pochodzących z infiltracji wydatek systemu odwodnieniowego wyrobiska zmniejszył się prawie trzykrotnie w stosunku do wydatku z odkrywki Pątnów. We wrześniu 1968 r. dopływ do odkrywki Pątnów wynosił 115 m<sup>3</sup>/min, a do odkrywki Kazimierz Południe tylko 44,2 m<sup>3</sup>/min, podczas gdy depresja zwierciadła wody w spągu tych równoległe odwadnianych odkrywek była zbliżona (44 i 41 m).

W latach 70. i 80. XX w. centra regionalnego leja depresji wokół odkrywek wyznaczały hydroizohipsy: 40,0 m n.p.m. (Pątnów) oraz 45,0 m n.p.m. (Kazimierz Południe; Sawicki, 2000). Presji hydrodynamicznej były poddane systemy krążenia wód podziemnych związane z jeziorami: Ślesińskim, Mikorzyńskim, Wąsowskim, Pątnowskim, Gosławskim i Głodowskim. W efekcie antropogenicznych zmian warunków krążenia wód podziemnych pojawiły się bardzo znaczne dopływy wód powierzchniowych do odwadnianej odkrywki Pątnów. Wody te pochodziły z infiltracji brzegowej 6 wymienionych jezior, a środowiska gruntowo-wodne i przyrodnicze w rejonie źródłiskowego Jeziora Głodowskiego podlegały wzmogłej degradacji (ryc. 1, ryc. 8A), co zostało opisane przez Kanieckiego (1991) i Rot-



**Ryc. 8.** Mapy hydrozoochips i zasięgi leja depresji w poziomie neogenu-gómkredowym wokół odkrywek PAK KWB Konin w latach 1988, 2007 i 2023 (na podstawie Przybyłek, Nowak, 2011; Monitoring, 2024)

**Fig. 8.** Maps of groundwater contour lines and the extent of the depression cone in the Neogene-Upper Cretaceous horizon around the PAK KWB Konin opencast lignite mines in 1988, 2007 and 2023 (based on Przybyłek, Nowak, 2011; Monitoring, 2024)

nicką (1991). Od strony rynny jeziornej Powidz–Ostrowo układ hydrodynamiczny Pojezierza Gnieźnieńskiego nie był w tym czasie zakłócony, gdyż regionalny lej depresji końca lat 80. XX w. nie sięgał terenu Powidzkiego Parku Krajobrazowego (PPK; ryc. 8A). Natomiast w latach 1989–1992 jeziora tego parku bardzo ucierpiały w wyniku regionalnej suszy (tab. 1).

Na początku XXI w. w wyniku eksploatacji złóż węgla brunatnego przez PAK KWB *Konin* granice odkrywek Kazimierz zbliżyły się do jezior PPK. Wachowiak (2003) szacował, że w 2001 r. całkowita powierzchnia regionalnego leja depresji w piętrze neogeńsko-górnokredowym miała  $\sim 300 \text{ km}^2$ .

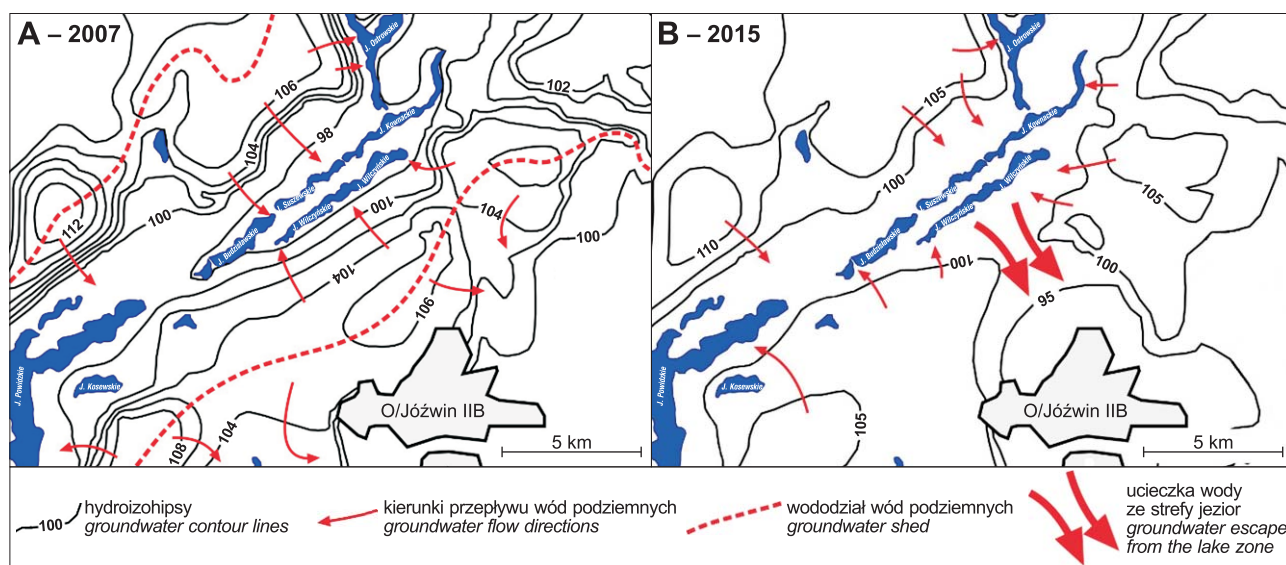
Lokalizacja jezior: Budziszawskiego, Wilczyńskiego, Suszewskiego i Kownackiego w sąsiedztwie działu wodnego oraz bardzo małe ich zlewnie powierzchniowe i podziemne (Ilnicki, 2008) są przyczyną ich wrażliwości na zmiany bilansowe wywołane suszami oraz na oddziaływanie regionalnego leja depresji. Obrazem tego stanu rzeczy jest mapa hydroizohips Fiszer i in. (2009; ryc. 8B), ilustrująca stan wód w 2007 r., w tym m.in. zanik hydroizohipsy 95,0 m n.p.m. po wschodniej stronie rynny Powidz–Ostrowo i jej przemieszczenie się w stronę zachodnią powyżej tych jezior. Zjawisko to świadczy o kaptażu części strumienia wód podziemnych ze zbiornika wielkopolskiej doliny kopalnej w poziomie międzyglinowym dolnym (GZWP nr 144) i skierowaniu go w stronę systemu odwodnieniowego odkrywki Józwin IIB (ryc. 1). Wymienione na wstępie akapitu jeziora nadal są objęte lejem depresji kopalni w poziomach wód wgłębnych plejstoceńsko-neogeńsko-górnokredowych (ryc. 8).

Stan pola hydrodynamicznego w piętrze czwartorzędowym (poziom nadkładowy) w 2007 r. wskazuje na obustronnie drenujący charakter jezior PPK w stosunku do wód czwartorzędowego piętra wodonośnego (ryc. 8). Należy zwrócić uwagę, że w tym czasie istniał jeszcze wyraźnie zarysowany dział wodny wód podziemnych, opisany wartościami hydroizohips od 100,0 do 106,0 m n.p.m.,

między zlewniami jezior PPK a rejonem drenażu górniczego odkrywki Józwin IIB.

Sytuację hydrodynamiczną w przypowierzchniowych poziomach wodonośnych w rejonie nieeksploatowanej już odkrywki węgla brunatnego Józwin IIB analizował Przybyłek (2018) i zilustrował ją w postaci mapy hydroizohips poziomu wód gruntowych w latach 2007 i 2015 (ryc. 9). Symulacja modelowa dla roku 2015 pokazuje, że front odwodnienia odkrywki Józwin IIB przesunął się na północ (ryc. 9). Pogrubione linie strumieni, zaznaczone na tej mapie, obrazują przełamanie wododziału wód podziemnych pomiędzy rejonem drenażu odkrywki Józwin IIB a Jeziorem Wilczyńskim. Stan ten dobrze ilustruje położenie hydroizohipsy 100 m n.p.m. w odniesieniu do jej usytuowania w 2007 r. W konsekwencji przerwania wododziału uległa likwidacji wschodnia część podziemnej zlewni Jeziora Wilczyńskiego i zwiększył się odpływ wód z rejonu jezior PPK ku odwadnianej odkrywce Józwin IIB, skutkujący dalszym obniżaniem się zwierciadła wody w najbardziej zagrożonym Jeziorze Wilczyńskim, bliźniaczym Jeziorze Suszewskim oraz Jeziorze Kownackim. Opisane zmiany, w tym przełamanie wododziału wód podziemnych w piętrze czwartorzędowym, znajdują pełne uzasadnienie w treści map hydrogeologicznych z naniesionymi obszarami preferencyjnymi zasilania, przepływu i drenażu wód podziemnych, jakimi są rynna jezior Powidzkiego Parku Krajobrazowego oraz obszar pomiędzy tymi jeziorami a odkrywka Józwin IIB (Dąbrowski i in., 2008).

Wyłączanie w ostatnich latach studni bariery zachodniej w systemie odwadniania odkrywki Józwin IIB zatrzymało dalszy postęp leja depresji w kierunku Powidzkiego Parku Krajobrazowego, ale utrwalony obniżony stan wody podziemnej nadal będzie się utrzymywał, pomimo przystąpienia od października 2023 r. do rekultywacji wodnej wyłączzonej z eksploatacji górniczej odkrywki Józwin IIB. Świadectwem tego stanu rzeczy jest mapa leja depresji w poziomie neogeńsko-kredowym wg stanu na czerwiec 2023 r. (ryc. 8C). Wykreślony na tej mapie zasięg leja depresji jest orientacyjny. Według szczegółowych analiz



**Ryc. 9.** Zmiany warunków przepływu wód podziemnych w piętrze czwartorzędowym pomiędzy odkrywka węgla brunatnego Józwin IIB a Jeziorem Wilczyńskim w Powidzkim Parku Krajobrazowym w latach 2007–2015. Interpretacja na podstawie wyników modelowania numerycznego (Przybyłek, 2020, zmienione)

**Fig. 9.** Changes in the flow conditions of groundwater in the Quaternary aquifer system between the Józwin IIB opencast lignite mine and Wilczyńskie Lake in the Powidzki Landscape Park in the years 2007–2015. Interpretation based on the results of numerical modelling (Przybyłek, 2020, modified)

danych z monitoringu stanów wód podziemnych i wód jeziornych wynika, że zasięg leja depresji nadal przekracza Jezioro Wilczyńskie i Jezioro Suszewskie i sięga do granic ich zachodniej (lewobrzeżnej) zlewni również w piętrze czwartorzędowym.

### Skumulowane przyczyny degradacji jezior w Powidzkim Parku Krajobrazowym

Oprócz oddziaływania górniczego leja depresji do degradacji środowiska jezior PPK przyczyniają się również:

□ drastyczne wzmoczenie odpływu wód neogeńskiego poziomu wodonośnego o rzędnych 97,0–99,0 m n.p.m. ze strefy zasilania jezior w Powidzkim Parku Krajobrazowym w stronę bazy regionalnego drenażu wzdłuż biegu jezior w przebiegu Kanału Ślesińskiego o rzędnej ~84,0 m n.p.m., wytworzone na skutek budowy pod koniec XX w. oraz w XXI w. sztucznego systemu drenażu wód podziemnych wokół odwadnianych odkrywek Kazimierz Północ i Józwin IIB (pompownia spągowa na rzędnej ~30,0 m n.p.m.; Ilnicki, 1996, 2008; Ilnicki, Orłowski, 2006a, b, 2011; Orłowski, Ilnicki, 2007; Nowak, Przybyłek, 2011; Przybyłek, 2018, 2020, 2021; Przybyłek i in., 2020);

□ zbyt małe naturalne powierzchnie bilansowe jezior znajdujących się w pozycji regionalnego wododziału hydrograficznego (Przybyłek, Nowak, 2011; Nowak, 2018, 2019b);

□ zmiany klimatu skutkujące ujemnym klimatycznym bilansem wodnym w wielu latach hydrologicznych z niskimi opadami, wysoką temperaturą powietrza, wody i gleby, brakiem corocznej pokrywy śnieżnej, wydłużonym okresem wegetacji i wysoką ewapotranspiracją (Kędziora, 2008; Nowak, Przybyłek, 2011; Nowak i in., 2016, 2023; Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Lawniczak-Malinska, 2019; Nowak, Ptak, 2019a);

□ zwiększenie poboru wód podziemnych z ujęć komunalnych w odpowiedzi na wzmoczoną urbanizację pobliskich miejscowości oraz zwiększenie liczby siedlisk zabudowań rekreacyjnych wokół jezior (Nowak, Przybyłek, 2011; Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Ptak, 2019a);

□ wzrost poboru wód powierzchniowych i podziemnych do nawodnień rolniczych (Nowak, 2018);

□ zwiększenie sezonowego niekontrolowanego poboru wody w siedliskach zabudowy stałej i rekreacyjnej wokół brzegów jezior (Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Ptak, 2019a);

□ wadliwa gospodarka wodno-ściekowa polegająca na wyprowadzaniu oczyszczonych wód poza lokalne zlewnie hydrograficzne (Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Ptak, 2019a);

□ braki w infrastrukturze hydrotechnicznej urządzeń małej retencji, powodujące bezradność w warunkach możliwości zatrzymania nadmiernych wód opadowych w latach mokrych w lokalnych zlewniach hydrograficznych (Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Ptak, 2018, 2019a, b; Nowak i in., 2018; Nowak, Władczyk, 2022; Nowak, Laskowski, 2024);

□ wielkoskalowe melioracje, prowadzone w Wielkopolsce od setek lat, przyspieszające spływ wód ze zlewni (Kaniecki, 1997, 2007; Bryl i in., 2019; Sobkowiak, 2019);

□ utrata kolejnych powierzchni czynnych dla infiltracji opadów atmosferycznych w wyniku zabudowy terenu bazami wojskowymi i innymi obiektami wieloprzestrzennymi i związana z tym wielohektarowa wycinka lasów (Nowak, Laskowski, 2024);

□ intensyfikacja ewapotranspiracji na skutek zwiększenia powierzchni szuwarów i roślinności przybrzeżnej (Nowak i in., 2011; Nowak, 2018, 2019b; Nowak, Lawniczak-Malinska, 2019; Nowak, Ptak, 2019a; Nowak, Laskowski, 2024).

### WYNIKI BADAŃ

#### Działania na rzecz naprawy stosunków wodnych na terenach pogórnicznych k. Konina i w rejonie jezior Powidzkiego Parku Krajobrazowego

Mając na uwadze zasoby przyrodnicze PPK, jak również dobro okolicznych mieszkańców i turystów, podjęto działania, które pozwolą powstrzymać dalszy ubytek wody z jezior, a w przyszłości przywrócić ich historyczny poziom z lat 70. XX w. Pierwszym ich etapem było przyspieszenie zalewania wyrobiska po odkrywcę Kazimierz Północ, co osiągnięto poprzez zmianę systemu odprowadzania wód pochodzących z odwodnienia odkrywki Józwin IIB, które we wcześniejszych latach były kierowane poprzez kanały do Strugi Kleczewskiej i Rowu Głównego, a następnie do Biskupiej Strugi, którą odpływały do Jeziora Gosławskiego. Od 2016 r. część tych wód odprowadzano do wyrobiska końcowego odkrywki Kazimierz Północ, które jednocześnie napełniano wodami podziemnymi z drenowanych warstw wodonośnych oraz opadami. Jednak wydajność tych dostaw wody nie przekraczała na ogół 0,15 m<sup>3</sup>/s. Pod koniec 2019 r., gdy odkrywka Józwin IIB była już w końcowej fazie eksploatacji, a zwierciadło wody w zalewanym wyrobisku końcowym odkrywki Kazimierz Północ bardzo wolno się podnosiło, w celu szybszego wypełnienia formującego się zbiornika podjęto decyzję o zmianie kierunku przerzutu wód. W połowie 2020 r. przebudowano rurociąg odprowadzający wody do powstającego zbiornika, co umożliwiło przekierowanie w jego stronę większej ilości wód kopalnianych. A pół roku później dokończono drugą nitkę rurociągu tłoczącego, którą do powstającego zbiornika popłynęło dwukrotnie więcej wody.

W maju 2021 r. zostało zmienione pozwolenie wodnoprawne na odwodnienie odkrywki Józwin IIB, aby umożliwić przekierowanie większej ilości wód do zbiornika powstającego po odkrywcę Kazimierz Północ (Decyzja, 2021). W efekcie tych działań nastąpiło przekierowanie większości wód pochodzących z odwodnienia odkrywki Józwin IIB do zbiornika Kleczew. W szczytowym momencie dostarczano do niego ~1,0 m<sup>3</sup>/s wód kopalnianych, co spowodowało gwałtowne podniesienie się poziomu zwierciadła wody w tym zbiorniku (Nowak i in., 2023). Od pierwszej przebudowy rurociągu doprowadzającego wody kopalniane w maju 2020 r., gdy zwierciadło wody w zbiorniku Kleczew było na rzędnej 71,5 m n.p.m., do maja 2023 r., gdy osiągnięto zakładany poziom zwierciadła wody na wysokości 92,00 m n.p.m., doprowadzono do niego blisko 75,0 mln m<sup>3</sup> wody. W efekcie zalanie wyrobiska nastąpiło w 2023 r., a nie – jak pierwotnie szacowano – dekadę później.

Wypełnienie zbiornika Kleczew zaczęło się przekładać na szybszą odbudowę poziomów wód podziemnych w okolicy nowopowstałego akwenu oraz zwiększony dopływ wód do strefy źródłiskowej Biskupiej Strugi i jezior z nią związanych oraz do Jeziora Głodowskiego. W jeziorach Ostrowitym (Jarockim) i Koziegłowskim już w 2022 r. zaobserwowano zahamowanie opadania poziomu wody, którego nie odnotowano w innych jeziorach Pojezierza Gnieźnieńskiego, a w Jeziorze Głodowskim zaznacza się

od tego czasu trend wznoszący (ryc. 2). Podobne obserwacje poczyniono w akwenach Puszczy Bieniszewskiej, która znajduje się na południowy wschód od odkrywki Kazimierz Północ. Tym samym można uznać, że w rejonie na zachód, południe i wschód od tej odkrywki rozpoczął się proces odbudowy stosunków wodnych, który w sprzyjających warunkach atmosferycznych powinien przybrać na sile w kolejnych latach.

Kolejnym zadaniem, które należy zrealizować w celu przeciwdziałania deficytom wodnym w regionie, jest odbudowa zasobów wodnych w rejonie oddziaływania zamkniętej pod koniec 2023 r. odkrywki Józwin IIB i jednocześnie zapewnienie stałego dopływu wód do zbiornika Kleczew, który podlega silnemu drenażowi powodowanemu przez spływ wód do zalewanego wyrobiska po odkrywce Józwin IIB, usytuowanego niecałe 2 km na północ. Cel ten można osiągnąć m.in. poprzez przekierowanie wód z bariery studni odwodnieniowych do środka wyrobiska Józwin IIB oraz doprowadzenie do niego wody spoza przesuszonej zlewni Biskupiej Strugi czy innych pobliskich terenów. W pierwotnej koncepcji rozważano zasilanie wyrobiska po odkrywce Józwin IIB bezpośrednio wodami z Jeziora Ślesińskiego bądź Mikorzyńskiego, które to akweny mają zagwarantowaną stabilność zasobów wodnych poprzez ewentualne przerzuty wód z Warty (Przybyłek i in., 2020).

W wyniku analizy: czynników ekonomicznych, zdiagnozowanych potencjalnych kolizji budowanych infrastruktury przesyłowej z gruntami prywatnymi i ciągami komunikacyjnymi oraz potrzeby zasilania zbiornika Kleczew, opracowano nową koncepcję przerzutu wód w celu zasilania zbiorników pokopalnianych w zlewni Biskupiej Strugi. Zakłada ona budowę rurociągu przerzutowego o długości ~9,5 km, umożliwiającego wtlaczanie wody ujmowanej przez przebudowaną Centralną Pompownię Elektrowni Pątnów z Jeziora Gosławskiego lub Pątnowskiego i wprowadzanie jej do południowego krańca zbiornika Kleczew. Woda ta będzie następnie wtlaczana do położonego na północy zbiornika Rozтока, skąd grawitacyjnie będzie spływać systemem rurociągów i kanałów otwartych w stronę formującego się zbiornika Józwin. Projekt tego systemu zakłada maksymalną wydajność na poziomie 1,5 m<sup>3</sup>/s, przy czym jego realne wykorzystanie będzie determinowane dostępnością wody w systemie jezior konińskich, które wchodzi w skład szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego. Jego budowa umożliwi skrócenie czasu potrzebnego na zalanie wyrobiska po odkrywce Józwin IIB z szacowanych 30 lat do maksymalnie 10 lat i utrzymanie poziomów wody w zbiorniku Kleczew i zbiorniku Rozтока. To z kolei przełoży się na szybszą odbudowę zasobów wód podziemnych w strefie objętej zasięgiem górniczego leja depresji wykształconego wokół obu odkrywek i przywrócenie stanów wód z lat 70. XX w. w jeziorach Powidzkiego Parku Krajobrazowego i jeziorach skulskich (Przybyłek i in., 2020; Nowak i in., 2022a).

### Techniczne i przyrodnicze aspekty instalacji zasilającej odkrywki

Znaczącym zadaniem PAK KWB *Konin* jest zalanie zamkniętej w 2023 r. odkrywki Józwin IIB, wysuniętej najdalej na północ spośród odkrywek eksploatujących złoża Pątnów (ryc. 1). Pozostałe po niej wyrobisko końcowe znajduje się w strefie wododziałowej Biskupiej Strugi i kanału Ostrowo-Gopło i ma największe wymiary ze wszystkich pozostawionych przez PAK KWB *Konin* (powierzchnię

840,0 ha, objętość 235,0 mln m<sup>3</sup> i maksymalną głębokość 68,7 m). Znajduje się ono w środku obszaru objętego górniczym lejem depresji o największym zasięgu spośród wszystkich odkrywek eksploatowanych w zagłębiu konińskim.

Proces zalewania odkrywki Józwin IIB jest złożony i obejmuje wiele różnego rodzaju inwestycji. Część z nich, np. zmiana systemu odwadniania odkrywki Józwin IIB, została już wykonana; kolejne prace (przerzut wody z Jeziora Gosławskiego do zbiornika Kleczew i dalej przez zbiornik Rozтока do zbiornika Józwin) są na etapie projektowania, a jeszcze inne (m.in. zasilanie zlewni Jeziora Wilczyńskiego i Jeziora Budzisławskiego) znajdują się w fazie opracowania koncepcji.

Zmiana systemu odwadniania odkrywki Józwin IIB polega na skierowaniu wody z wglębnego odwadniania odkrywki na spąg wyrobiska. Część z tych wód nadal będzie odprowadzana do odbiorników zewnętrznych w celu zasilania wód powierzchniowych ( $Q = \sim 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ). W celu skierowania wód do odkrywki przecięto kolektory grawitacyjne (bariera północna i południowa) i wykonano dwa kolektory w kierunku spągu wyrobiska. Maksymalna ilość wód kierowana do wyrobiska będzie wynosić  $Q_{\text{max}} = 0,353 \text{ m}^3/\text{s}$ , zgodnie z wydanym 25.04.2024 r. przez dyrektora RZGW w Poznaniu pozwoleniem wodnoprawnym numer P.RUZ.4210.20.2024.PK.8 z datą obowiązywania do dnia 06.02.2034 r. Obecnie wody nie są jeszcze kierowane do czaszy przyszłego zbiornika.

Przerzut wody z Jeziora Gosławskiego do zbiornika Kleczew i dalej przez zbiornik Rozтока do zbiornika Józwin jest obecnie na etapie uzgodnień środowiskowych. Projektuje się, że będzie on realizowany z wykorzystaniem:

- istniejącego układu zasilania szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego (Pompownia Morzysław ujmująca wodę z Warty oraz Pompownia Pątnów, piętrząca wodę z poziomu górnego stanowiska Pompowni Morzysław (tzw. pośrednie stanowisko Kanału Ślesińskiego) do szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego);

- elementu układu zasilania Elektrowni Pątnów (Pompownia Przesmyk), umożliwiającego przerzut wód ze szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego do Jeziora Gosławskiego (ryc. 10);

- przebudowanego stanowiska Pompowni Centralnej Elektrowni Pątnów. Przebudowa będzie obejmować wymianę dwóch pomp, modernizację układu zasilania i sterowania oraz armatury i rurażu. Wydatek każdej z pomp będzie wynosić maksymalnie 1,5 m<sup>3</sup>/s. Długość rurociągu tłoczego o średnicy do 1200 mm wyniesie ~9,5 km z wylotem otwartym, zlokalizowanym w południowej skarpcie zbiornika Kleczew (ryc. 10);

- nowej pompowni zlokalizowanej w północnej części zbiornika Kleczew (ryc. 10), podobnie jak Pompownia Centralnej Elektrowni Pątnów o maksymalnym wydatku 1,5 m<sup>3</sup>/s. Pompownia ta będzie kierować wodę ze zbiornika Kleczew do zbiornika Rozтока rurociągiem tłocznym średnicy do 1200 mm i długości ~700 m. Następnie wody będą spływać grawitacyjnie kanałem otwartym o długości ~300 m do zbiornika Józwin. Na trasie doprowadzenia wód, o długości całkowitej ~1,0 km, konieczne będzie rozwiązanie kolizji z rurociągiem Przyjaźń. W końcowym odcinku kanału otwartego do czasu napełnienia zbiornika konieczne będzie sprowadzenie wody tymczasowym rurociągiem po skarpcie zbiornika Józwin na dno wyrobiska. Ze względu na złożoną procedurę uzyskiwania decyzji środowiskowej przewiduje się, że rozpoczęcie realizacji inwestycji będzie możliwe najwcześniej w 2025 r.

Zasilanie zlewni Jeziora Wilczyńskiego i Jeziora Budzislawskiego ma w założeniu wspomóc odbudowę poziomu lustra wody w regionie konińskim i uzupełnić inne działania opisane w artykule. Koncepcja ta jest we wstępnej fazie opracowania, ale zakłada się rozbudowę projektowanej pompowni na zbiorniku Kleczew o pompy umożliwiające skierowanie dodatkowej ilości wody ( $Q = \sim 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ ) rurociągiem tłocznym o długości  $\sim 5,6 \text{ km}$  i dalej, po niezbędnej modernizacji lub też konserwacji, wykorzystując naturalną sieć hydrograficzną (ryc. 10):

- w kierunku Jeziora Wilczyńskiego – do dopływu z Wilczogóry o długości  $\sim 7,2 \text{ km}$ ;
- w kierunku Jeziora Budzislawskiego – poprzez odnogę dopływu spod Nieborzyna o długości  $\sim 1,4 \text{ km}$ .

Na obecnym etapie rozpoznania nie zakłada się konieczności budowy kolejnej pompowni na trasie przetrzutu wód, choć ze względu na fazę prac nie można jej wykluczyć. Nie planuje się bezpośredniego przetrzutu wód do jezior, tylko zasilanie ich dopływów oraz pierwszego poziomu wodonośnego w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Ze względu na znaczny obszar przedsięwzięcia i fakt, że obejmuje ono wiele gruntów prywatnych na obecnym, wstępnym etapie nie można jednoznacznie ustalić czasu jej realizacji.

Jak już wskazano, pobór wody na potrzeby uzupełniania jej niedoborów w rejonie odkrywek węgla brunatnego Kazimierz Północ i Józwin IIB jest planowany z jeziora Gosławskiego i Pątnowskiego, których zasoby będą uzupełniane wodami z Warty. Instalacja ma doprowadzać do zbiornika Kleczew maksymalnie do  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  wody, czyli ponad  $47,3 \text{ mln m}^3$  wody rocznie. Należy zatem rozważyć, czy taką ilość wód można pozyskać z Warty bez uszczerbku dla niej samej i jej doliny. Analizując przepływy wody w przekroju wodowskazowym Sławsk, zlokalizowanym  $13,1 \text{ km}$  poniżej ujścia Kanału Ślesińskiego do Warty, można oszacować, jakimi zasobami wodnymi ta rzeka dysponuje. Wodowskaz ten jest o tyle istotny w obliczeniach, że to właśnie na podstawie danych z tego przekroju ustalono przepływ nienaruszalny, określony w obowiązującym pozwoleniu wodnoprawnym na szczególne korzystanie z wód Kanału Ślesińskiego (Decyzja Wojewody Wielkopolskiego z dnia 22 grudnia 2006 r., znak SR.II-6.6811-45/06). Pozwolenie to umożliwi pobór wód w celu zasilania szczytowego Kanału Ślesińskiego. Zgodnie z nim przetrzut wody na pośrednie stanowisko kanału przez Pompownię Morzysław i dalej na szczytowe stanowisko przez Pompownię Pątnów może być realizowane w ilości  $Q_{max} = 4,4 \text{ m}^3/\text{s}$  w okresach normalnego zapotrzebowania na wodę, a w przypadku wystąpienia deficytów wody w Kanale Ślesińskim dopuszcza się  $Q_{max} = 5,9 \text{ m}^3/\text{s}$  pod warunkiem zachowania przepływu nienaruszalnego  $Q_n = 18,2 \text{ m}^3/\text{s}$  w przekroju Sławsk. Sumarycznie daje to zatem dopuszczalny pobór wód w ilości  $V = \sim 138,8 \text{ mln m}^3$  rocznie w normalnych warunkach hydrologicznych i  $V = \sim 186,1 \text{ mln m}^3$  w czasie niedoborów wody w Kanale Ślesińskim. Pobór taki nie jeszcze zaistniał – wedle danych, którymi dysponuje RZGW w Poznaniu, w dotychczasowej historii kształtował się on na poziomie od kilku do kilkunastu mln  $\text{m}^3$  rocznie. W związku z tym pojawia się pytanie, czy na skutek stałego pompowania wód w kierunku Kanału Ślesińskiego nie nastąpi drastyczne zmniejszenie zasobów wodnych Warty.

Dane z obserwacji stanu wód Warty na wodowskazie Sławsk w ciągu 30 ostatnich lat umożliwiają określenie charakterystycznych przepływów rzeki w czasie funkcjonowania zbiornika Jezioro, który w istotny sposób wpływa na kształtowanie się zasobów wodnych środkowej Warty (Kałuża i in., 2017; Nowak i in., 2022b). W wielole-

ciu tym średni przepływ wynosił  $SSQ_{1994-2023} = 62,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , najniższy przepływ  $NNQ_{1994-2023} = 19,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , a najwyższy  $WWQ_{1994-2023} = 407,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Średnie niskie przepływy z wielolecia kształtują się z kolei na poziomie  $SNQ_{1994-2023} = 31,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , a średnie wysokie na poziomie  $SWQ_{1994-2023} = 151,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Odpływ w roku przeciętnym wynosił  $V = 1,985 \text{ mld m}^3$ , w roku skrajnie suchym (2020)  $V = 0,921 \text{ mld m}^3$ , a w roku najbardziej mokrym (2001)  $V = 3,148 \text{ mld m}^3$ . Dane te wskazują, że w rozpatrywanym 30-leciu występowały zarówno lata skrajnie suche, jak i wyjątkowo wilgotne. Jednocześnie w okresie tym panował trend do obniżania się przepływów w Warcie o  $12,1 \text{ m}^3/\text{s}$  w ciągu dekady. Warto nadmienić, że położone poniżej tereny zalewowe w dolinie Warty, będące celem ochrony w ramach Nadwarciańskiego Parku Krajobrazowego oraz Obszaru Specjalnej Ochrony Ptaków PLB300002 Dolina Środkowej Warty, wypełniają się wodą, gdy przepływy przekroczą  $Q = 90,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tylko przepływy na takim poziomie lub wyższym gwarantują wystąpienie wody poza koryto oraz wypełnienie starorzeczy i zalanie łąk oraz łągów umiejscowionych w dolinie rzeki. Oceniając wpływ ewentualnego poboru wód z Warty na jej zasoby, należy pamiętać, że powyżej jej połączenia z Prosną na terenie Nadwarciańskiego Parku Krajobrazowego, zasilają ją liczne dopływy, np.: Powa, Czarna Struga, Meszna, Kanał Flisa i Wrzeńnica, a średnie przepływy Proсны w rejonie jej ujścia wynoszą  $Q = \sim 18,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Uwzględniając te liczby stwierdzono, że aby nie uszczuplać nadmiernie zasobów wodnych Warty na odcinku od Konina do jej połączenia z Prosną, przetrzut wód w kierunku szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego przez obie pompownie będzie realizowany w czterech wariantach:

- I – gdy  $Q_{dobowy} < Q_n + 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , poboru wody nie będzie;
- II – gdy  $Q_{dobowy}$  będzie się mieścił w przedziale  $Q_n + 0,5 \text{ m}^3/\text{s} - SNQ$ , pobór na poziomie  $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- III – gdy  $Q_{dobowy}$  będzie się mieścił w przedziale  $SNQ - SSQ$ , pobór na poziomie  $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- IV – gdy  $Q_{dobowy} > SSQ$ , pobór na poziomie  $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Taki schemat działania będzie można utrzymywać w okresie występowania w Warcie stanów niskich, średnich i częściowo wysokich. W przypadku, gdy stan wody w Warcie przekroczy na wodowskazie Konin–Morzysław rzędą  $82,53 \text{ m n.p.m.}$  (odpowiadającą przepływowi na poziomie  $Q = \sim 85,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ), będzie uruchamiana procedura zamykania wrót przeciwpowodziowych na śluzie w Morzysławiu. Celem tego działania jest uniemożliwienie wodom Warty wtargnięcia na pośrednie stanowisko Kanału Ślesińskiego i zalania okolicznych terenów. Nadwyżki wód gromadzące się w tym czasie w kanale, zgodnie ze wzmiankowanym pozwoleniem wodnoprawnym numer SR.II-6.6811-45/06, powinny być wówczas przekierowywane pompownią zwrotną o wydatku  $Q_{max} = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$  w stronę Warty. W przypadku wystąpienia takiej sytuacji tym bardziej wskazane będzie uruchomienie pomp na śluzie w Pątnowie, w wymiarze umożliwiającym zasilanie szczytowego stanowiska kanału do rzędnej zbliżonej do maksymalnego poziomu piętrzenia  $MaxPP$ . Przechwyconą w ten sposób wodę można będzie dalej doprowadzić przez Pompownię Przesmyk do Centralnej Pompowni Elektrowni Pątnów, mającej możliwość poboru wody zarówno z Jeziora Gosławskiego jak i Jeziora Pątnowskiego, skąd w najwyższym projektowanym wymiarze będzie się ją kierować do zbiornika Kleczew. Takie działanie pozwoli wykorzystać nadwyżki wód w Warcie bez potrzeby uruchamiania pompowni w Morzysławiu, co niewątpliwie ograniczy koszty przetrzutu wody.



Ryc. 10. Schemat zasilania zbiorników utworzonych po odkrywkach zlokalizowanych na zachód i północny zachód od Kleczewa  
 Fig. 10. Diagram showing the recharge of reservoirs created after opencast lignite mines located west and north-west of Kleczew

Na podstawie danych statystycznych o przepływach wód w Warcie na wysokości Konina wyliczono, że możliwy pobór wód z tej rzeki do szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego wyniósłby w roku średnim dla 30-lecia 1994–2023 (liczącym ~365,3 dni)  $V = 36,0$  mln  $m^3$ , na co składały się pobór wody na poziomie:  $Q = 1,5$   $m^3/s$  przez 137,6 dni w roku ( $11888640$  s  $\times$   $1,5$   $m^3/s$ ),  $Q = 1,0$   $m^3/s$  przez 193,2 dni w roku ( $16692480$  s  $\times$   $1,0$   $m^3/s$ ) i  $Q = 0,5$   $m^3/s$  przez 34,5 dni w roku ( $2980800$  s  $\times$   $0,5$   $m^3/s$ ).

W latach 1994–2023 nie wystąpił przepływ niższy od  $Q_n + 0,5$   $m^3/s$ , w związku z czym nie zaistniała potrzeba zaprzestania pompowania. Uwzględniając średni odpływ wody w wieloleciu, wynoszący  $V_{1994-2023} = 1,985$  mld  $m^3$ , pobór ten stanowiłby zatem ~1,8% wód płynących Wartą na wysokości Konina.

W roku wilgotnym (weźmy na przykład dane z 2010 r. – drugiego roku w rozpatrywanym wieloleciu pod względem wielkości przepływów; ryc. 11), pobór ten kształto-

wałby się następująco:  $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  przez 324 dni w roku ( $27993600 \text{ s} \times 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i  $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  przez 41 dni w roku ( $27993600 \text{ s} \times 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Łącznie dałoby to  $V = 46,6 \text{ mln m}^3$  wody, którą można by w takim roku wtłoczyć do źródłowego odcinka Biskupiej Strugi. Dla porównania w roku tym Wartą w przekroju Sławsk płynęło prawie  $3,011 \text{ mld m}^3$  wody, czyli pobierana woda stanowiłaby nieco ponad 1,5% wód spływających ku Odrze.

Z kolei w suchym roku 2016 (drugim z najniższymi przepływami w wieloleciu) przekierowanie wód w stronę Kanału Ślesińskiego i dalej do zbiorników powyrobiskowych byłoby możliwe w wymiarze:  $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  przez 24 dni w roku ( $2073600 \text{ s} \times 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ),  $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  przez 232 dni w roku ( $20044800 \text{ s} \times 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i  $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  przez 110 dni w roku ( $9504000 \text{ s} \times 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Łącznie dałoby to objętość  $27,6 \text{ mln m}^3$  wody pobranej z Warty, co stanowiłoby 2,2% wód nią płynących ( $1,256 \text{ mld m}^3$ ).

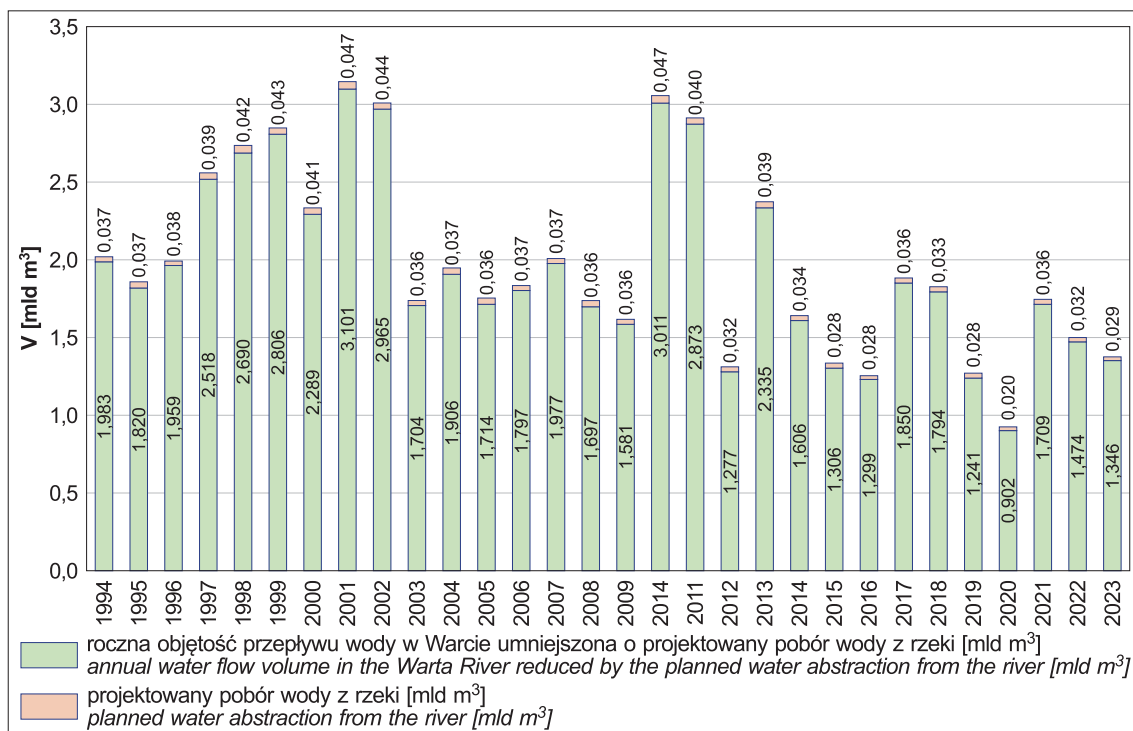
Obowiązujące dotychczas pozwolenie wodnoprawne nr SR.II-6.6811-45/06 daje możliwość przerzutu strumienia wód z Warty na szczytowe stanowisko Kanału Ślesińskiego o wydajności  $Q_{\text{max}} = 5,9 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $V = 186,0 \text{ mln m}^3$ ). Warto dodać, że pozwolenie to gwarantuje nie tylko pokrycie zapotrzebowania na wodę elektrowni konińskich, ale także utrzymanie warunków żeglugowych na drodze wodnej na odcinku Warta–Gopło oraz pokrywa potrzeby wodne stawów rybackich i zakładów przemysłowych zlokalizowanych w rejonie Kanału Ślesińskiego, a w razie potrzeby także w okolicach środkowej Noteci.

## DYSKUSJA I WNIOSKI

Planowana odbudowa stosunków wodnych w rejonie odkrywek Kazimierz Północ i Józwin IIB w głównej mierze

ma doprowadzić do szybkiego zalania wyrobisk pogórnich, a tym samym zmniejszyć oddziaływanie związanego z nimi górniczego leja depresji na pobliskie poziomy wodonośne oraz jeziora i rzeki pozostające z nimi w łączności hydraulicznej. Znaczna część działań polega na zagospodarowaniu wód powierzchniowych i podziemnych spływających do zbiorników powstałych po odkrywkach, jednakże wypełnienie wyrobiska końcowego po odkrywce Józwin IIB z udziałem wód pochodzących z przesuszonych zlewni objętych rozległym, górniczym lejem depresji będzie procesem rozciągniętym w czasie. W celu jego przyspieszenia niezbędne jest doprowadzenie wód ze zlewni zasobniejszej w wodę, na przykład z jezior włączonych w system Kanału Ślesińskiego, który w razie potrzeby jest zasilany wodami Warty. Istotne jest zatem określenie warunków, w jakich możliwy będzie pobór wody z Warty bez uszczerbku dla jej zasobów przyrodniczych.

Na podstawie stanów wód w Warcie w wieloleciu 1994–2023 wyliczono, że w zależności od warunków hydrogeologicznych planowany pobór wód z tej rzeki stanowiłoby od 1,4% do 2,5% (średnio 1,8%) jej zasobów dyspozycyjnych (ryc. 11). Należałoby przeprowadzić analizę, jak ten pobór wpłynie na częstotliwość i zasięg wylewów wód rzecznych w dolinie środkowej Warty, od który jest uzależnione istnienie wielu zbiorowisk roślinnych czy sukces rozrodczy ryb, ptaków i innych organizmów. Uwzględniając modele hydrauliczne oraz krzywe wypełnienia doliny, można oszacować, jak pobór wody z rzeki wpłynie na zmiany rzędnej zwierciadła wody w jej korycie i dolinie, a tym samym na potencjalne wystąpienia wód z koryta na taras zalewowy na terenie Nadwarciańskiego Parku Krajobrazowego i Obszaru Natura 2000 Dolina Środkowej Warty.



**Ryc. 11.** Przepływ wód Warty w przekroju wodowskazowym Sławsk w latach 1994–2023 (na podstawie danych IMGW-PIB) na tle potencjalnych poborów wody na potrzeby uzupełnienia zasobów wodnych zbiorników powyrobiskowych po odkrywce Kazimierz Północ i Józwin IIB

**Fig. 11.** Annual flow of water of the Warta River in the Sławsk water gauge cross-section in the years 1994–2023 (based on data provided by IMWM-PIB data) against the background of potential water abstractions for the needs of replenishing water resources of post-excitation reservoirs left after the Kazimierz Północ and Józwin IIB opencast lignite mines

Z przeprowadzonych analiz statystycznych wynika, że proponowane pobory wody w wyznaczonych zakresach przepływów od średnich najniższych (SNQ) do średnich najwyższych (SWQ) nie będą istotnie oddziaływały na reżim hydrologiczny, powodując zmiany zwierciadła wody w korycie na poziomie 1–2 cm, a przy wystąpieniu wody poza koryto ulegną jeszcze zmniejszeniu. Są to zatem zmiany bardzo małe, mieszczące się w granicach błędu pomiarowego odczytu wodowskazowego. Przepływy wody w Warcie muszą przekraczać  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  w okolicach Konina, aby nastąpiły wylewy w środkowym biegu tej rzeki. Z analizy odczytów stanów wód na wodowskazie Sławsk w ciągu ostatnich 30 lat wynika, że średnio przez 303 dni w roku zaproponowane wielkości poborów wody z Warty w kierunku szczytowego stanowiska Kanału Ślesińskiego i dalej do zbiorników pokopalnianych nie będą miały wpływu na zasilanie jej terenów zalewowych.

Mając na względzie pozostającą do uzupełnienia kubaturę wyrobiska po odkrywce Józwin IIB, wypełnienie zbiornika Roztoka i Kleczew do rzędnych odpowiadających zakładanym poziomom wód powierzchniowych w tym rejonie oraz uzupełnienie zasobów wód podziemnych zgromadzonych w warstwach wodonośnych odwadnianych w czasie eksploatacji węgla brunatnego, wielkość deficytu wód w rejonie omawianych odkrywek oszacowano na  $\sim 500,0 \text{ mln m}^3$ . Po odjęciu czasu niezbędnego na uzyskanie wszelkich pozwoleń na budowę instalacji doprowadzającej wodę do systemu zbiorników pokopalnianych oraz czasu na wykonanie tej inwestycji (3–4 lata), należy się spodziewać, że objętość ta zmniejszy się o blisko połowę w wyniku zasilania potamicznego (uzależnionego od dopływu wód powierzchniowych) i podziemnego tego obszaru z terenów sąsiednich. Jednocześnie należy wskazać, że naturalne zasilanie rozpatrywanego obszaru będzie przebiegać w okresie ewentualnego pompowania. Ze względu na podnoszący się poziom wody w zbiornikach, skutkujący zmniejszeniem się spadku hydraulicznego pomiędzy zwierciadłem wody w zbiorniku a okolicznymi poziomami wodonośnymi oraz zwiększeniem powierzchni zbiornika, proces ten będzie przebiegał wolniej niż w pierwszych latach po zamknięciu odkrywki Józwin IIB. Uwzględniając wszystkie te przesłanki, można stwierdzić, że zapotrzebowanie na wodę dostarczaną z instalacji wyniesie  $\sim 200,0 \text{ mln m}^3$ , a średnie pobory wody z Warty –  $36,0 \text{ mln m}^3$ . Czas potrzebny na odbudowanie zasobów wodnych w tym rejonie można oszacować zatem na około 6 lat od momentu uruchomienia przerzutu wody.

Odbudowa zasobów wodnych w rejonie Konina to nie tylko szybkie zalanie wyrobisk pogórnich i ponowne nawodnienie warstw wodonośnych w zlewni Strugi Kleczewskiej, co można będzie osiągnąć w ciągu kilku lat po uruchomieniu instalacji przerzutowej z Centralnej Pompowni Elektrowni Pątnów. Znacznie trudniejsze będzie przywrócenie zakładanych poziomów wód powierzchniowych i podziemnych w zlewniach sąsiadujących z wyrobiskami, a zwłaszcza w tych na zachód od nich, które są obszarem alimentacyjnym względem głębokich poziomów wodonośnych, drenowanych zarówno przez odwodnienie odkrywek węgla brunatnego, jak i rynnę goplańsko-ślesińską (Przybyłek, 2018, 2020). W tym przypadku zasadne są wszelkie działania zmierzające do niwelowania powstałych na tym terenie w ostatnim czasie deficytów wodnych, korzystając z ich lokalnych zasobów. Efekt ten można osiągnąć m.in. poprzez przechwycenie nadwyżek wód opadowych z rzek i jezior oraz podniesienie poziomu

lokalnych baz drenażu w strefach źródłiskowych i przepływowych pobliskich zlewni. Przeprowadzenie tego zabiegu będzie możliwe dzięki stabilizacji poziomu wody w jeziorach i rzekach regionu w trakcie występowania ich nadwyżek w okresie wiosennych roztopów czy w trakcie lat wilgotnych, a działania zmierzające do osiągnięcia zamierzonego celu można będzie realizować sukcesywnie, w miarę odtwarzania zasobów wodnych w zlewniach, w których będzie zanikać górniczy lej depresji.

W pierwszej kolejności sugeruje się podjąć tego rodzaju zabiegi w południowo-zachodniej i południowej części zlewni Biskupiej Strugi, następnie w zlewni Mesznej i w zlewni Lisewki, a na końcu w zlewni kanału Ostrowo–Gopło. W przypadku Biskupiej Strugi najlepsze efekty można będzie osiągnąć poprzez budowę jazów stabilizujących na założonej rzędnej zwierciadła wody w Jeziorze Ostrowite (Jarockie) i Jeziorze Koziegłowskim oraz budowę stopni spowalniających odpływ wód tej rzeki w jej dolnym odcinku. Oprócz odtworzenia poziomu wody z połowy XX w. w tych jeziorach i zretencjonowania w nich blisko  $0,5 \text{ mln m}^3$  wody, zostaną przywrócone mokradła na tym terenie. Utrzymujący się wysoki stan wód gruntowych w dolinie Biskupiej Strugi, wespół z wysokim stanem wody w Jeziorze Gosławskim korzystnie wpłyną również na akwenty i bagna w Puszczy Bieniszewskiej. Wyższy poziom wód w tym rejonie przyspieszy odbudowę poziomu wody w Jeziorze Głodowskim.

W źródłiskowej części zlewni Mesznej, obejmującej zlewnię Jeziora Powidzkiego, po uruchomieniu przepływów w lokalnych ciekach odwadniających ten obszar należy podjąć czynności polegające na: odbudowie zniszczonego jazu na wypływie z Jeziora Kosewskiego, budowie bystrzy stabilizujących Jezioro Kańskie i Jezioro Smolnickie oraz racjonalnym korzystaniu z jazu w Kochowie, pozwalającego utrzymywać wysoki poziom wody w Jeziorze Powidzkim i Jeziorze Powidzkim Małym. Prawdopodobnie realizowane piętrzenia, przystosowane do obecnych warunków hydrologiczno-meteorologicznych, umożliwią zgromadzenie ponad  $15,0 \text{ mln m}^3$  wody we wspomnianych jeziorach i odtworzenie ich zasięgów z lat 70. XX w., a dodatkowo nawodnią wysuszone obszary wodno-błotne w dolinach rzek łączących te akwenty. Budowa jazu na Lisewce poniżej Jeziora Skulskiego, najniżej umiejscowionego w kompleksie jezior skulskich, przełoży się z kolei na zmagazynowanie  $\sim 1,8 \text{ mln m}^3$  wody w tych akwenach i restytucję pobliskich mokradeł.

Największe znaczenie dla poprawy sytuacji hydrologicznej w regionie na zachód od Konina będzie miała odbudowa utraconych zasobów wodnych w zlewni kanału Ostrowo–Gopło. Na tym obszarze wskazane byłoby usprawnienie funkcjonowania obiektów hydrotechnicznych zlokalizowanych na wypływie z Jeziora Suszewskiego (oddziałującego również na Jezioro Budzisławskie i jezioro Anastazewo) oraz na wypływie z Jeziora Ostrowskiego (stabilizującego dodatkowo Jezioro Kownackie i Jezioro Wójcińskie). Dzięki tym zabiegom możliwe będzie zwiększenie zasobów zlewni o blisko  $26,7 \text{ mln m}^3$  wody. Szczególnie istotne będzie utrzymanie wysokiego poziomu wody w Jeziorze Suszewskim i przechwycenie do niego nadwyżek wód spływających z zachodniej części zlewni, ze względu na bezpośrednią łączność hydrauliczną tego jeziora przez poziom wód gruntowych i poziom międzyglinowy górny z Jeziorzem Wilczyńskim (Nowak, Przybyłek, 2020). Pozwoli to zasilic akwen położony najbardziej na wschód w zlewni kanału Ostrowo–Gopło, którego zlewnia powierzch-

niowa w całości jest objęta górniczym lejem depresji odkrywki Józwin IIB. W jego przypadku możliwe będzie zwiększenie objętości o 9,3 mln m<sup>3</sup> w stosunku do notowanej obecnie.

Układ warstw wodonośnych i prognozowana zmiana krzywej górniczego leja depresji odkrywki Józwin IIB sprawiają, że odbudowa zasobów wodnych zlewni kanału Ostrowo–Gopło, zasilanych wodami opadowymi oraz wodami podziemnymi napływającymi z zachodu, będzie spowolniona w stosunku do wzniosu zwierciadła wody w zbiorniku powyrobiskowym. W związku z tym zaplanowano dodatkowy transfer wód ze zbiornika Kleczew do cieków, które zasilają Jezioro Wilczyńskie i Jezioro Budzisławskie, zajmujące źródłowe pozycje w systemie hydrologicznym kanału Ostrowo–Gopło. Transfer ten umożliwi stałe zasilanie wodą obszaru pomiędzy wypełniającym się wyrobiskiem po odkrywce Józwin IIB a tymi jeziorami, którego zasoby wód podziemnych są uzupełniane tylko przez opad. Spodziewanym rezultatem tych działań będzie szybsze przywrócenie powierzchniowego i podziemnego działu wodnego między Biskupią Strugą a kanałem Ostrowo–Gopło, odtworzenie obszarów wodno-błotnych w dolinach tych cieków i stałe zasilanie jezior w okresach posusznych.

Widocznym efektem podejmowanych działań będą przede wszystkim 3 nowe zbiorniki wodne: zbiornik Kleczew (o kubaturze ~155,0 mln m<sup>3</sup>), zbiornik Roztoka (~1,5 mln m<sup>3</sup>) i zbiornik Józwin (~235,0 mln m<sup>3</sup>). Zbiorniki te, jak można wnioskować na podstawie obserwacji innych wcześniej zalanych wyrobisk końcowych, będą się charakteryzowały bardzo dobrymi parametrami fizyczno-chemicznymi wody (badania własne), cechującymi zbiorniki mezotroficzne. W związku z tym akwenty te, o głębokości do kilkudziesięciu metrów, staną się atrakcyjnym środowiskiem życia dla wielu organizmów wodnych oraz miejscem wypoczynku dla ludzi.

Instalacja przerzutowa, służąca przez pierwszych kilka lat do uzupełnienia niedoborów wody i wypełnienia formujących się zbiorników pokopalnianych, w kolejnych latach może być wykorzystywana do wprowadzania części wód wezbraniowych Warty do systemu zlewniowego Biskupiej Strugi. W okresach niżówkowych tę nadwyżkę wód można będzie wykorzystywać do alimentacji Kanału Śleskiego, zmniejszając tym samym obciążenie Warty w czasie, kiedy będzie ona prowadzić małe ilości wody. W zależności od ukształtowania brzegów zbiorników oraz możliwości regulowania ich poziomów na odpływie, zostaną w nich zgromadzone zasoby wody o kubaturze 10,0–15,0 mln m<sup>3</sup>, które będą mogły alimentować zlewnie położone poniżej tych zbiorników.

Odbudowa poziomów wód powierzchniowych i podziemnych w zlewniach jeziornych położonych na zachód i północ od odkrywek węgla brunatnego k. Konina pozwoli zwiększyć w ciągu kilku lat zasoby wodne jezior środkowego Pojezierza Gnieźnieńskiego o blisko 55,0 mln m<sup>3</sup> wody. Podniesienie się zwierciadła wody w jeziorach zahamuje proces ich zarastania i poprawi warunki bytowania wielu gatunków ryb i zwierząt zasiedlających zbiorowiska szuwarów. Wyższy stan wody w jeziorach i płytszych poziomach wodonośnych będzie się też przekładał na uruchomienie przepływów w ciekach oraz restytucję mokradł w otoczeniu rynien jeziornych i dolin rzecznych. Odtworzone zostaną zatem szlaki migracyjne ryb, które przez lata nie funkcjonowały, oraz torfowiska, które w ostatnich dekadach ulegały procesowi murszenia. Wyższe poziomy wód powierzchniowych i gruntowych przełożą

się również na poprawę warunków siedliskowych w okolicznych lasach oraz zwiększą produktywność użytków zielonych, poprzez zwiększenie dostępności wody dla systemu korzeniowego roślin porastających te obszary.

## PODSUMOWANIE

Mając na uwadze pogłębiający się deficyt wodny w rejonie Powidzkiego Parku Krajobrazowego oraz odtworzenie środowiska przyrodniczego na terenach pogórnicych we wschodniej Wielkopolsce, podjęto szeroko zakrojone działania zmierzające do jak najszybszego wypełnienia wyrobisk pokopalnianych wodą i unormowania stosunków hydrologicznych na tym obszarze. Znając układ hydrostrukturalny badanego regionu oraz funkcjonujący schemat odwodnienia odkrywek węgla brunatnego, opracowano koncepcję zmiany zasilania zalewanego wyrobiska końcowego po odkrywce Kazimierz Północ. Zadanie, polegające na przekierowaniu wód pochodzących z odwodnienia pobliskiej odkrywki Józwin IIB, zrealizowano w 2020 r. W efekcie tych działań zbiornik Kleczew, powstający w tym wyrobisku, wypełnił się w drugim kwartale 2023 r., a nie jak pierwotnie szacowano pod koniec dekady.

Kolejnym etapem podejmowanych działań jest przyspieszenie zalewania wyrobiska po odkrywce Józwin IIB, będącego docelowo największym ze zbiorników pokopalnianych w rejonie działania PAK KWB Konin oraz zlokalizowanego pomiędzy nimi niewielkiego zbiornika Roztoka, powstałego po odkrywce Józwin IIA. W pierwszej fazie napełniania zbiornika Józwin przewiduje się jego dodatkowe zasilanie z czynnej przez kilka lat po zakończeniu eksploatacji węgla brunatnego bariery studni odwodnieniowych, a w późniejszych latach doprowadzenie do niego poprzez zbiornik Kleczew i zbiornik Roztoka wody z Jeziora Gosławskiego lub też Pątnowskiego, z wykorzystaniem zasobów wodnych szczytowego stanowiska Kanału Śleskiego i nadwyżek wód z Warty. Rozwiązanie to pozwoli nie tylko utrzymać wodę w istniejących już zbiornikach pokopalnianych, które są drenowane przez zalewane wyrobisko po odkrywce Józwin IIB, ale przede wszystkim przyspieszy jego zalanie. Uzupełnienie zasobów wodnych w tym rejonie pozwoli również na odtworzenie zasobów wodnych w źródłowych partiach zlewni Biskupiej Strugi, która w naturalnych warunkach odwadniała ten teren. Szybsza odbudowa poziomów wód podziemnych w okolicach nowopowstałego akwenu w ciągu kilku lat wpłynie na poprawę stosunków wodnych w pobliskich zlewniach objętych zasięgiem górniczego leja depresji zalewanej odkrywki, co przełoży się m.in. na przywrócenie poziomów zwierciadła wód podziemnych i powierzchniowych na terenach sąsiednich, w tym przede wszystkim w rynnie jezior powidzko-ostrowskich oraz zlewni górnej Lisewki i powiązanych z nią jezior Skulskich.

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, uwzględniających: naturalne zasilanie zbiornika z własnej zlewni, możliwości przesyłowej instalacji podającej wodę z Kanału Śleskiego oraz racjonalne korzystanie z zasobów Warty, odtworzenie stosunków wodnych we wskazanym rejonie może nastąpić w ciągu najbliższej dekady. Podobnych efektów można się również spodziewać w jeziorach zlokalizowanych na zachód i północ od rozpatrywanych odkrywek węgla brunatnego. Choć w ich przypadku, ze względu na stały drenaż głębokich poziomów wodonośnych w kierunku wschodnim, duże znaczenie będzie mieć również przechwytywanie nadwyżek wód z ich lokalnych zlewni

oraz w miarę ewentualnych potrzeb, dodatkowy transfer wód z zalewanego zbiornika Józwin.

Pragniemy złożyć serdeczne podziękowania recenzentom za szczegółową analizę naszego manuskryptu oraz za ich cenne i twórcze uwagi, które sprawiły, że niniejszy artykuł zyskał na wartości naukowej.

## LITERATURA

- BLECHACZ J., KARPA Z. 1969 – Odwodnienie kopalń węgla brunatnego w rejonie Konina. Przewodnik XLI Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Wyd. Geol., Warszawa: 59–63.
- BRYLM., ŁYCZKOWSKA G. 2019 – Wody powierzchniowe w Wielkopolsce – gospodarowanie zasobami, ochrona i zagrożenia wynikające ze zmian klimatycznych i działalności człowieka. [W:] Choiński A. (red.), Wody Wielkopolski. Wyd. Naukowe UAM, Poznań: 491–513.
- CHMIEL J. 1993a – Flora roślin naczyniowych wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego i jej antropogeniczne przeobrażenia w wieku XIX i XX, część 1. Pr. Zakł. Taksonomii Roślin UAM w Poznaniu, 1: 1–202.
- CHMIEL J. 1993b – Flora roślin naczyniowych wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego i jej antropogeniczne przeobrażenia w wieku XIX i XX, część 2, Atlas rozmieszczenia roślin. Pr. Zakł. Taksonomii Roślin UAM w Poznaniu, 1: 1–212.
- CHMIEL J., NOWAK B., GEZELLA-NOWAK I. 2019 – Rośliny naczyniowe Jeziora Powidzkiego i jego okolic. [W:] Nowak B. (red.), Jezioro Powidzkie wczoraj i dziś. IMGW-PIB, Warszawa: 75–98.
- CHOIŃSKI A., PTAK M. 2008 – Zanikanie jezior w Wielkopolsce na tle Polski. Rocz. Glebozn., 59 (2): 25–31.
- CHOIŃSKI A., PTAK M. 2019 – Zmiany i zanik powierzchni jezior. [W:] Choiński A. (red.), Wody Wielkopolski. Wyd. Naukowe UAM, Poznań: 314–332.
- CHOIŃSKI A., PTAK M., STRZELCZAK A. 2012 – Examples of lakes disappearance as an effect of reclamation works in Poland. *Limnol. Rev.*, 4: 161–167.
- CHOIŃSKI A., ŁAWNICZAK A.E., PTAK M., SOBKOWIAK L. 2016 – Causes of lake area changes in Poland. *Polish J. Environmental Studies*, 25 (5): 1883–1890.
- DĄBROWSKI S., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., RYNARZEWSKI W., ZACHAŚ J., MATUSIAK M., JANISZEWSKA B., PAWLAK A. 2008 – Model warunków hydrogeologicznych w zasięgu leja depresji KWB Konin dla potrzeb ich modelowania programem Visual Modflow. Arch. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- DECYZJA Dyrektora RZGW w Poznaniu z dnia 25 maja 2021 r. znak PO.RUZ.4210.8.2021.OB.8 na usługę wodną w zakresie piętrzenia wód powierzchniowych cieku Strugi Kleczewskiej za pomocą przepustu 2×DN888+DN1500 w km 8+883 cieku wyposażonego w zastawki z zamknięciem szandorowym oraz szczególne korzystanie z wód, obejmujące przerzut wód powierzchniowych ze Strugi Kleczewskiej do projektowanego zbiornika wodnego zlokalizowanego w wyrobisku końcowym likwidowanego zakładu górniczego odkrywki Kazimierz Pódnoc.
- FISZER J. 2013 – Model numeryczny warunków hydrogeologicznych dla projektowanej odkrywki Ościłowo. HYDROS Biuro Usług Hydrogeologicznych i Kompleksowych Analiz Środowiska, Oborniki Śląskie. Arch. KWB Konin.
- FISZER J., DĄBROWSKI S., ORION-JĘDRYSEK M., DERKOWSKA-SITARZ M., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., RYNARZEWSKI W., ZACHAŚ J., MATUSIAK M., JANISZEWSKA B., PAWLAK A. 2009 – Numeryczny model hydrogeologiczny dla KWB Konin w zasięgu oddziaływania systemu odwadniania wraz z bilansem wodnogospodarczym. Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. Arch. KWB Konin.
- GEZELLA I. 2006 – Warunki hydrogeologiczne w zlewni rynny jeziornej Powidz–Ostrowo wraz z analizą czynników wpływających na stany wód podziemnych i powierzchniowych, pr. magisterska. Arch. Instytutu Geologii UAM, Poznań (numer arch.).
- GRAF R. 2010 – Tendencje zmian stanów płytkich wód podziemnych na Nizinie Wielkopolskiej w latach 1961–2000. [W:] Graf R., Marciniak M. (red.), Zasoby, zagrożenia i ochrona wód podziemnych. Stud. Pr. Geogr. Geol., 11: 79–95.
- GRAF R. 2012 – Struktura i funkcjonowanie lokalnych systemów krążenia wód podziemnych na obszarze Wysoczyzny Poznańskiej. Pr. Stud. Geogr. Geol., 26: 1–403.
- GRAF R., JAWGIEL K. 2019 – Wieloletnie tendencje zmian stanów płytkich wód podziemnych. [W:] Choiński A. (red.), Wody Wielkopolski. Wyd. Naukowe UAM, Poznań: 445–462.
- GRZEŚKOWIAK A., NOWAK B., NOWAK D. 2012 – Możliwości retencji wód jeziora Lednica i jego zlewni. Biul. Parków Krajobrazowych Wielkopolski, 18 (20): 119–130.
- ILNICKI P. 1996 – Wpływ drenażu odkrywek węgla brunatnego na walory rekreacyjne Pojezierza Gnieźnieńskiego. *Aura*, 11: 10–12.
- ILNICKI P. 2008 – Ratowanie jezior Powidzkiego Parku Krajobrazowego. *Biul. Parków Krajobrazowych Wielkopolski*, 14 (16): 48–65.
- ILNICKI P., ORŁOWSKI W. 2006a – Ocena oddziaływania odwodnienia odkrywki w rejonie Kleczewa prowadzonych przez Kopalnię Węgla Brunatnego „Konin” S.A. w Kleczewie na poziomy wody w jeziorach położonych przy wododziale rzeki Noteci i rzeki Warty. *Polskie Towarzystwo Rybackie*, Poznań. Arch. Gminy Powidz.
- ILNICKI P., ORŁOWSKI W. 2006b – Klęska ekologiczna w Powidzkim Parku Krajobrazowym. *Aura*, 10: 11–14.
- ILNICKI P., ORŁOWSKI W. 2011 – Rezygnacja z retencjonowania wody na wododziale Noteci i Warty sprzeczna z zasadą zrównoważonego rozwoju. *Gosp. Wodna*, 8: 322–328.
- ILNICKI P., FARAT R., GÓRECKI K., LEWANDOWSKI P. 2012 – Wielkopolska nie stepowieje. *Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie*, 4: 152–158.
- ILNICKI P., GÓRECKI K., SZCZEPAŃSKI M. 2017 – Accelerated peatland disappearance in the vicinity of the Konin brown coal strip mine. *J. Water and Land Develop.*, 35 (10–12): 83–93.
- KALUŻA T., SROKA Z., LEWANDOWSKA J. 2017 – Wpływ obniżenia normalnego poziomu piętrzenia zbiornika Jezioro na przepływy niżówkowe na rzece Warcie. *Acta Scient. Polon. Formatio Circumiectus*, 16 (2): 107–122.
- KAMIŃSKI W. 2009 – Modernizacja Kanału Ślesińskiego ze środków Wielkopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego na lata 2007–2013. *Gosp. Wodna*, 6: 225–229.
- KANIECKI A. 1991 – Zmiany stosunków wodnych w rejonie Konina związane z działalnością kopalnictwa odkrywkowego. [W:] Stankowski W. (red.), Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin–Turek. Wyd. Naukowe UAM, Poznań: 137–151.
- KANIECKI A. 1997 – The influence of anthropopressure on water relations in the Wielkopolska Lowland. *Geogr. Polonica*, 68: 65–80.
- KANIECKI A. 2007 – Przemiany stosunków wodnych na obszarze Niziny Wielkopolskiej do końca XVIII wieku związane z antropopresją. [W:] Michalczyk Z. (red.), Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym. Wyd. Uniw. Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin: 304–318.
- KĘDZIORA A. 2008 – Bilans wodny krajobrazu konińskich kopalni odkrywkowych w zmieniających się warunkach klimatycznych. *Rocz. Glebozn.*, 59 (2): 104–118.
- KOZARSKI S. 1962 – Recesja ostatniego lądolodu z północnej części Wysoczyzny Gnieźnieńskiej a kształtowanie się Pradoliny Noteci–Warty. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk*, Pr. Komisji Geograficzno-Geologicznej, 2 (3): 1–154.
- KOZUŁA R. 1998 – Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego Koźmin w kat. B+C1+C2. Przedsiębiorstwo Geologiczne PROXIMA S.A., Wrocław (nazwa archiwum i numer arch.).
- KRYGOWSKI B. 1961 – Geografia fizyczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej, część I, Geomorfologia. Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Komitet Fizjograficzny Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Poznań.
- ŁAWNICZAK A.E., KUTYŁA S. 2015 – Zmiany powierzchni jezior wybranych obszarów chronionych na podstawie materiałów kartograficznych. *Prz. Geogr.*, 81 (1): 96–107.
- MARSZELEWSKI W., RADOMSKI B. 2008 – Quantitative degradation of water resources of the lakes in the eastern part of the Gniezno Lakeland. [W:] Bajkiewicz-Grabowska E., Borowiak D. (red.), Anthropogenic and natural transformations of lakes, vol. 2. *Polskie Towarzystwo Limnologiczne*, Gdańsk: 119–122.
- MARSZELEWSKI W., PTAK M., SKOWRON R. 2011 – Antropogeniczne i naturalne uwarunkowania zaniku jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim. *Rocz. Glebozn.*, 62 (2): 283–294.
- MONITORING środowiska wodnego rejonu odkrywki PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A. w roku hydrologicznym 2023 (11.2022–10.2023), tom II, część 1 – Odkrywka Józwin IIB i Odkrywka Kazimierz w likwidacji. 2024 – POLTEGOR–INSTYTUT, Wrocław. Arch. KWB Konin.
- NOWAK B. 2018 – Rola jezior w kształtowaniu zasilania i drenażu wód podziemnych na Pojezierzu Gnieźnieńskim w warunkach naturalnych i antropopresji hydrodynamicznej, praca doktorska. Arch. Instytutu Geologii UAM, Poznań.
- NOWAK B. 2019a – Znikające jeziora. *Obserwator*, Zima 2019/2020: 22–25.
- NOWAK B. 2019b – Reżim hydrologiczny Jeziora Powidzkiego oraz jego znaczenie w lokalnych i regionalnych systemach wodonośnych. [W:] Nowak B. (red.), Jezioro Powidzkie wczoraj i dziś. IMGW-PIB, Warszawa: 37–48.
- NOWAK B. 2021 – Raport roczny z Zadania DS.-6.3/2020 pt. Ryzyko zaniku jezior w Polsce środkowo-zachodniej – ocena stopnia i czynników odpowiedzialnych. Arch. Pracowni Limnologii IMGW-PIB, Poznań.

- NOWAK B. (red.) 2022 – Zwiększenie retencji i odbudowa zasobów wodnych terenów pogórnicych na obszarze Wielkopolski wschodniej. Arch. RZGW, Poznań.
- NOWAK B., GRZEŚKOWIAK A. 2010 – Ocena skutków piętrzenia jezior jako element wstępnego opracowania modelu rewitalizacji jezior województwa wielkopolskiego. [W:] Mońka B. (red.). Zarządzanie zasobami wodnymi w dorzeczu Odry. Wyd. PZITS, 894: Wrocław: 271–280.
- NOWAK B., LASKOWSKI M. 2024 – Modernizacja zabudowy hydrotechnicznej rzeki Meszny jako przykład działań w celu zwiększenia możliwości retencyjnych w zlewniach małych rzek nizinnych. Gosp. Wodna, 9: 6–15.
- NOWAK B., LAWNICZAK-MALINSKA A.E. 2019 – The influence of hydrometeorological conditions on changes in littoral and riparian vegetation of a meromictic lake in the last half-century. *Water*, 11, 2651; <http://doi.org.10.3390/w11122651>
- NOWAK B., MIELCAREK M. 2016 – Water resources of Powidzkie Lake and its catchment. [W:] Klimaszek P., Marszelewski W., Rzymki P., Books of abstracts International Conference „Lakes, Reservoirs and Ponds Impacts – Threats – Conservation”, Iława (Poland), 31.05–03.06.2016. *Polish Limnol. Soc.*, Toruń: 163–168.
- NOWAK B., PRZYBYŁEK J. 2020 – Recharge and drainage of lakes in Powidzki Landscape Park in the conditions of increased anthropogenic and environmental pressure (Central-Western Poland). *Geol. Quart.*, 64 (1): 205–219.
- NOWAK B., PTAK M. 2018a – The effect of a water dam on Lake Powidzkie and its vicinity. *Bull. Geogr., Physical Geogr. Ser.*, 15: 5–13.
- NOWAK B., PTAK M. 2018b – Potential use of lakes as a component of small retention in Wielkopolska. [W:] E3S Web Conf., vol. 44, 2018, 10<sup>th</sup> Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO-DOK 2018, Article Number: 00127; <https://doi.org.10.1051/e3sconf/20184400127>
- NOWAK B., PTAK M. 2019a – Natural and anthropogenic conditions of water level fluctuations in lakes – Powidzkie Lake case study (Central-Western Poland). *Journal of Water and Land Development*, 40 (I–III): 13–25.
- NOWAK B., PTAK M. 2019b – Możliwości retencyjne jezior w zlewni rzeki Panny na Pojezierzu Gnieźnieńskim. *Gosp. Wodna*, 6: 7–11.
- NOWAK B., WŁADCZYK J. 2022 – Działania Wód Polskich poprawiających retencję na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim. *Gosp. Wodna*, 2: 12–19.
- NOWAK B., BRODZIŃSKA B., GEZELLA-NOWAK I. 2011 – Natural and economic factors of shrinkage of lakes of the Wielkopolska Lakeland. *Limnol. Rev.*, 11 (3): 123–132.
- NOWAK B., NADOLNA A., STANEK P. 2018 – Evaluation of the potential for the use of lakes in restoring water resources and flood protection, with the example of the Notec Zachodnia River catchment (Gniezno Lakeland, Poland). *Meteorology Hydrology and Water Management*, 6 (2): 45–58.
- NOWAK B., JAWGIEL K., NADOLNA A. 2019 – Morfometria Jeziora Powidzkiego. [W:] Nowak B. (red.) Jezioro Powidzkie wczoraj i dziś. IMGW-PIB, Warszawa: 31–36.
- NOWAK B., NADOLNA A., KOWALEWSKI G. 2019 – Przemiany hydrograficzne Jeziora Powidzkiego i jego okolic. [W:] Nowak B. (red.), Jezioro Powidzkie wczoraj i dziś. IMGW-PIB, Warszawa: 21–29.
- NOWAK B., PTAK M., BARTCZAK J., SOJKA M. 2022a – Hydraulic structures as a key component of sustainable water management at the catchment scale – case study of the Rgilewka River (Central Poland). *Buildings*, 12: 675; <https://doi.org/10.3390/buildings12050675>
- NOWAK B., PTAK M., SOJKA M. 2022b – Monitoring of the technical condition and optimisation of the functioning of small hydraulic structures in Poland: The case study of the Oświecim weir. *Buildings*, 12: 1527; <https://doi.org/10.3390/buildings12101527>
- NOWAK B., ANDRZEJAK A., FILIPIAK G., PTAK M., SOJKA M. 2022b – Assessment of the impact of flow changes and water management rules in the dam reservoir on energy generation at the Jeziorsko hydropower plant. *Energies*, 15, 7695; <https://doi.org/10.3390/en15207695>
- NOWAK B., ANDRZEJAK A., JEWASIK M., FILIPIAK G., WALCZAK Ł. 2023 – Stabilizacja poziomu wody w jeziorach Bruzdy Zbąszyńskiej jako przykład działań przeciwdziałających niedoborom wody w rejonie Pojezierza Lubuskiego. [W:] Czerniawski R. (red.), Materiały konferencyjne IV Konferencji Naukowo-Technicznej „Funkcjonowanie i ochrona wód płynących” POTAMON III, Łukęcin, 20–22 września 2023 r. Uniw. Szczeciński, Szczecin: 62–63.
- NOWAK B., SZADEK P., SZYMAŃSKI K., LAWNICZAK-MALINSKA A. 2023 – Concept and implementation of solutions improving water relations in the area of the flooded opencast lignite mine Kazimierz Półoś in the East Wielkopolska Region (Central-West Poland). *Water*, 15: 706; doi: 10.3390/w15040706
- NOWAK B., SZADEK P., WIDERA M., KRUCZYŃSKA E. 2024 – Przyrodnicze i gospodarcze wyzwania związane z eksploatacją i rekultywacją konińskich odkrywek węgla brunatnego. [W:] Rotnicka-Dłużewska J. (red.). Przewodnik do wycieczek terenowych. IV Polski Kongres Geologiczny, Poznań, 10–14 czerwca 2024 r.: 105–135.
- NOWICKI P. 2014 – Kanał Ślesiański. Jak bursztyn na wielkiej pętli. *Eko-fakty*, 6. WFOŚiGW, Poznań: 11–13.
- ORŁOWSKI W., ILNICKI P. 2007 – Problemy gospodarowania wodą w otoczeniu Kopalni Węgla Brunatnego Konin. *Gospodarka Wodna*, 9/2007: 383–386.
- PASZTELANIEC A., KOLADA A., KUTYŁA S., BIELCZAŃSKA A., NOWAK B., HOBOT A., DZIURA A. 2021 – Obszary ochronne zbiorników wód śródlądowych – aspekty przyrodnicze i uwarunkowania formalno-prawne. Dokumentacja jezior regionów wodnych Noteci i Warty: Niedziegół, Chłop i Szarcz. IOŚ-PIB, Warszawa: 1–149.
- PIASECKI A., MARSZELEWSKI W. 2013 – Krótkookresowe zmiany zasobów wodnych jezior w zlewni Kanału Ostrowo-Gopło. *Wydawnictwo Bezkrępy Wiedzy, Saarbrücken*: 1–112.
- PIASECKI A., SKOWRON R. 2014 – Changing the geometry of basins and water resources of Lakes Gopło and Ostrowskie under the influence of anthropopressure. *Limnological Review*, 14(1): 33–43.
- PRZYBYŁEK J. 2011 – Warunki hydrogeologiczne i problemy odwadniania odkrywek węgla brunatnego we wschodniej Wielkopolsce. *Roczniki Gleboznawcze*, 62(2): 341–356.
- PRZYBYŁEK J. 2018 – Aktualne problemy odwadniania złóż węgla brunatnego w Wielkopolsce. *Górnictwo Odkrywkowe*, 2/2018: 5–14.
- PRZYBYŁEK J. 2020 – Środowiskowe uwarunkowania skutków eksploatacji odkrywkowej węgla brunatnego na Pojezierzu Gnieźnieńskim. *Przegląd Geologiczny*, 68(8): 645–654.
- PRZYBYŁEK J. 2021 – Stan i możliwości odbudowy stosunków wodnych na Pojezierzu Gnieźnieńskim po zakończeniu odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego. [W:] KROGULEC E. (red.), Wybrane zagadnienia hydrogeologiczne oraz różne aspekty związane z eksploatacją wód podziemnych. PZITS, Częstochowa: 11–25.
- PRZYBYŁEK J., NOWAK B. 2011 – Wpływ niżówek hydrogeologicznych i odwodnień górniczych na systemy wodonośne Pojezierza Gnieźnieńskiego. *Biuletyn PIG*, 445, Seria Hydrogeologia, XII/2: 513–527.
- PRZYBYŁEK J., GAJKA M., KAMIŃSKI W., WILIŃSKI R. 2020 – Analiza możliwości zasilania jezior Powidzkiego Parku Krajobrazowego zasobami wodnymi rzeki Warty oraz szczytowego stanowiska Kanału Ślesiańskiego. Wielkopolskie Biuro Planowania Przestrzennego, Poznań.
- ROTNICKA J. 1991 – Zmiany w zakresie bilansu wód powierzchniowych i podziemnych w obszarach eksploatacji węgla brunatnego regionu Konina (odkrywki Pątnów, Józwin, Kazimierz). [W:] STANKOWSKI W. (red.), Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin-Turek. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań: 153–163.
- ROTNICKI K. 1963 – Zagadnienie zasięgu stadiau leszczyńskiego i poznańskiego w południowo-wschodniej części Wysoczyzny Gnieźnieńskiej. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 11: 133–189.
- SAWICKI J. 2000 – Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego, górniczego drenażu. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, Wrocław: 1–174.
- SOBKOWIAK L. 2019 – Przekształcenia stosunków wodnych na Nizinie Wielkopolskiej w czasach historycznych. [W:] CHOIŃSKI A. (red.), *Wody Wielkopolski*. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań: 477–490.
- STANKOWSKI W. 1999 – Wielkopolska. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa: 1–140.
- STANKOWSKA A., STANKOWSKI W. 1995 – Litologia i stratygrafia kenozoiku okolic Konina. *Przegląd Geologiczny*, 43(7): 559–564.
- STANKOWSKI W., WIDERA M., WILKOSZ P., DANIEL W., PIEŁACH M. 2009 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50000, Arkusz Kleczew (476). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STANKOWSKI W., WŁODARSKI W. 2019 – Morfogenezę rynny powidzko-ostrowskiej i jej otoczenia w ujęciu strukturalnym i paleogeograficznym. [W:] NOWAK B. (red.), Jezioro Powidzkie wczoraj i dziś. IMGW-PIB, Warszawa: 13–20.
- WACHOWIAK G. 2003 – Aktualny bilans wodny zlewni Strugi Biskupiej jako efekt zmian wywołanych eksploatacją odkrywkową w Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*. Seria A – Geografia Fizyczna, 54: 131–150.
- WIDERA M. 1998 – Ewolucja paleomorfologiczna i paleotektoniczna elewacji konińskiej. *Geologos*, 3: 55–102.
- WIDERA M. 2021 – Geologia polskich złóż węgla brunatnego. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe*, Poznań: 1–180.
- WRZESIŃSKI D. 2009 – Entropia odpływu rzek w Polsce. *Studia i Prace z Geografii i Geologii*, 33, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- WRZESIŃSKI D., PERZ A. 2019a – Odpływ rzeczny i jego struktura. [W:] CHOIŃSKI A. (red.), *Wody Wielkopolski*. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań: 114–126.
- WRZESIŃSKI D., PERZ A. 2019b – Tendencje zmian odpływu rzeczny. [W:] CHOIŃSKI A. (red.), *Wody Wielkopolski*. Wydawnictwo Naukowe UAM: Poznań: 126–136.

Praca wpłynęła do redakcji 24.09.2024 r.  
 Akceptowano do druku 22.10.2024 r.