

BILANS WODNY ZBIORNIKA W ZALEWANYM WYROBISKU KOŃCOWYM LIKWIDOWANEJ ODKRYWKI „LUBSTÓW” PAK KOPALNIA WĘGLA BRUNATNEGO KONIN S.A.

WATER BALANCE OF A RESERVOIR IN THE FLOODED, ABANDONED, OPEN PIT “LUBSTÓW” PAK LIGNITE OPENCAST MINE KONIN S.A.

Grzegorz Wachowiak – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy Oddział we Wrocławiu, Zakład Badań Gospodarki Wodnej w Poznaniu

W ramach rekultywacji wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” PAK KWB Konin S.A. powstaje kolejny duży zbiornik wodny. Docelowa powierzchnia zwierciadła wody ma wynosić 480 ha, a całkowita pojemność zbiornika 137 mln m³. Rzeczywisty przebieg napełniania zbiornika w odniesieniu do wielkości dopływów wody oraz terminów zastosowanego wariantu zasilania dodatkowego różni się znacznie od założeń studialnych poprzedzających rekultywację likwidowanej odkrywki.

Bilans wodny zbiornika opracowano dla okresu od maja 2009 r. do października 2013 r. uwzględniając opady atmosferyczne, zasilanie podziemne, parowanie z powierzchni wody oraz zmianę retencji w zbiorniku. Całkowity dopływ do zbiornika wyniósł średnio 0,36 m³·s⁻¹ przy zmienności w półroczach od 0,49 m³·s⁻¹ do 0,28 m³·s⁻¹.

W artykule przedstawiono również wyniki pomiarów hydrometrycznych wskazujące na ucieczki wody z koryta rzeki Noteć w jej przebiegu na północ od krawędzi odkrywki „Lubstów”.

Słowa kluczowe: górnictwo odkrywkowe, rekultywacja, tereny pogórnice, bilans wodny

Under recultivation of the abandoned open pit “Lubstów” PAK KWB Konin S.A. another big water reservoir is formed. Its final area is to be 480 ha and the total water volume 137 mln m³. Recultivation and filling of the part of reservoir overtook the completion of the mining extraction in the open pit. The real process of the reservoir filling differs from preceding recultivation project assumptions, both in water inflow and additional supply term.

Reservoir water balance is calculated from May 2009 to October 2013, taking into account rainfall, baseflow, surface water evaporation and changes in the reservoir retention. Total inflow amount to the reservoir was 0,36 m³·s⁻¹ in average, with 0,49 – 0,28 m³·s⁻¹ variability in half-year.

In the article, the results of hydrometric measurements showing water escape from the Noteć riverbed into the northern edge from the open pit “Lubstów” are presented.

Keywords: opencast mining, recultivation, excavated areas, water balance

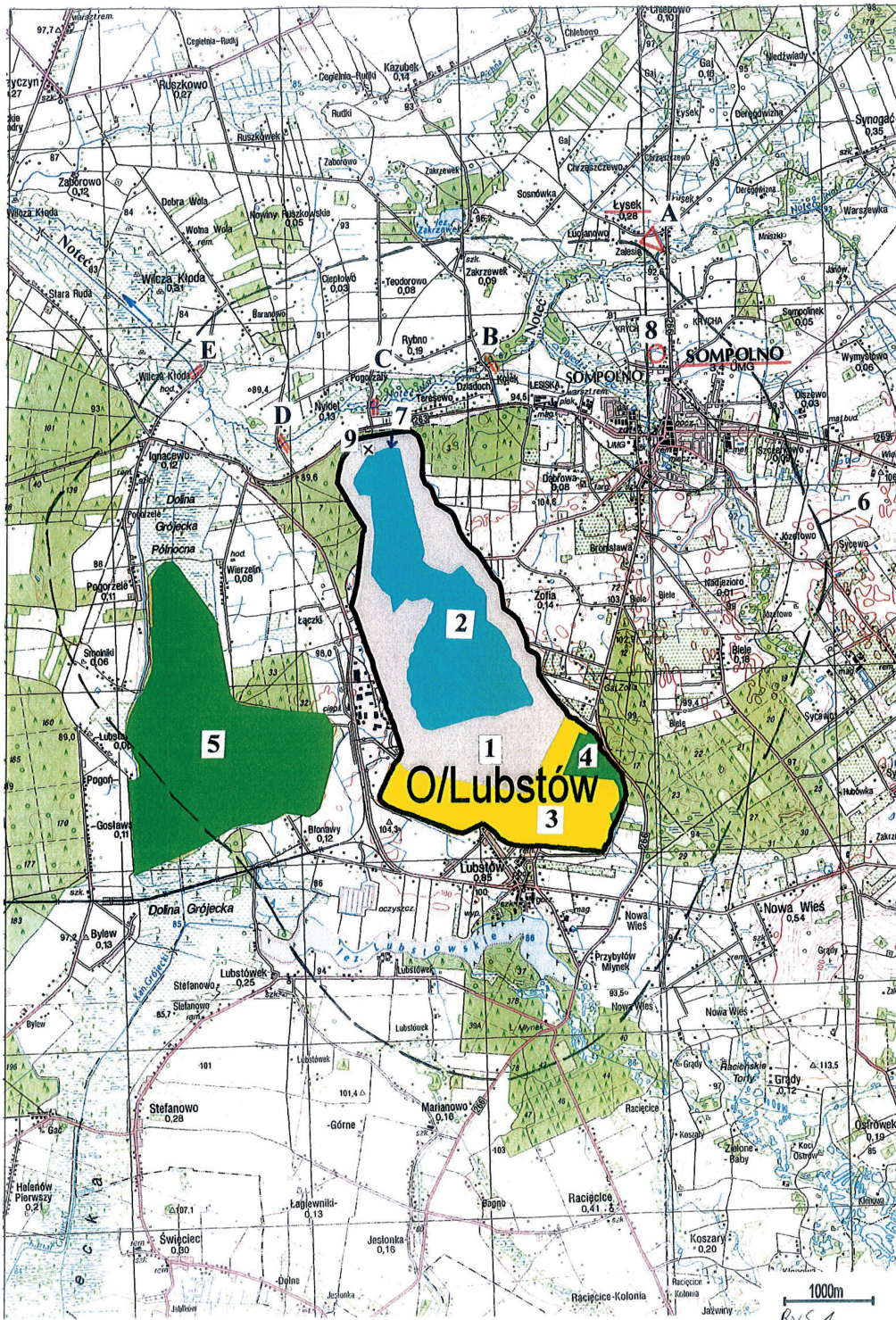
Wprowadzenie

Eksploatacja odkrywkowa węgla brunatnego prowadzi do znacznych przekształceń środowiska przyrodniczego. Zmiany te dotyczą między innymi morfologii terenu, świata roślin i zwierząt, mikroklimatu, użytkowania ziemi oraz w bardzo dużym stopniu stosunków wodnych. W tym ostatnim przypadku zmienia się wielkość zasobów wód podziemnych i powierzchniowych, ulega przekształceniu reżim odpływu rzeczno-ego czy wreszcie istotne zmiany następują w sieci hydrograficznej. Po zakończeniu eksploatacji węgla działania rekultywacyjne prowadzą do dalszych zmian w środowisku wodnym. Na celowe działania człowieka w tym kierunku nakłada się naturalna

odbudowa zasobów wód podziemnych i powierzchniowych.

Kierunek wodny zagospodarowania likwidowanych wyrobisk górniczych to obecnie jeden z głównych problemów związanych z rekultywacją górnictwa odkrywkowego [11]. Ma to związek z obecną jak i przewidywaną w przyszłości likwidacją dużych odkrywek w polskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego i powstawaniem nowych zbiorników wodnych. Zmiany zachodzące w związku z zatapianiem wyrobisk są poważne i dotyczą poszczególnych składowych bilansu wodnego [15].

Wodny kierunek rekultywacji stwarza nowe możliwości ekspansji przyrody, a nowy zbiornik może się stać elementem, który wzbogaci środowisko, podniesie walory krajobrazowe i



Rys. 1. Mapa poglądowa rejonu wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” PAK KWB Konin oraz lokalizacja sieci pomiarowej
 1 – wyrobisko końcowe, 2 – zasięg zbiornika (stan na koniec lipca 2011 r.), 3 – obszar zrehabilitowany w kierunku rolnym, 4 – obszar zrehabilitowany w kierunku leśnym, 5 – zwałowisko zewnętrzne, 6 – zasięg lejki depresji poziomu trzeciorzędowego (wg Poltegor-Projekt Sp. z o.o.), 7 – miejsce zrzutu wód z bariery studni, 8 – stacja opadowa IMGW-PIB (Sompolno), 9 – miejsce pomiarów wysokości położenia zwierciadła wody
 A – stacja wodowskazowa i profil pomiarowy IMGW-PIB (Łysek), B-E – okresowe profile pomiarowe IMGW-PIB

Fig. 1. Map of the region of the abandoned open pit “Lubstów” PAK KWB Konin and measurement network
 1 – open pit, 2 – range of reservoir (end of July 2011), 3 – land reclamation for forests use, 4 – internal dumping, 5 – external dumping, 6 – range of the depression cone of a tertiary layer (according Poltegor-projekt Sp.z o.o.), 7 – place of water discharge from barrier wells, 8 – precipitation gauging station Sompolno (IMGW-PIB), 9 – place of water level measurements
 A – water gauging station and measurement profile Łysek (IMGW-PIB), B-E – periodical measurements profiles (IMGW-PIB)

zwiększy bioróżnorodność. Wzrasta lokalny poziom retencji i zwiększa się nawilgotnienie gleb. Korzystne zmiany dotyczą również mikroklimatu. Zbiornik wielofunkcyjny powiększa lub może inicjować lokalny ruch turystyczny. Kierunek wodny rekultywacji staje się więc najbardziej pożądanym przez jednostki samorządu terytorialnego [16].

W polskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego kierunek wodny rekultywacji obecny jest już od dość dawna [2, 9, 13, 14, 19]. Do końca ubiegłego wieku wypełniane wodą wyrobiska końcowe nie były zbyt duże. Przełomem stała się rekultywacja i zagospodarowanie wyrobiska końcowego likwidowanej od 2001 roku odkrywki „Pątnów” KWB Konin.

Powstały już zbiornik jest dotychczas największym akwenem w Polsce na terenach poeksploatacyjnych węgla brunatnego.

Zbiornik w wyrobisku końcowym odkrywki „Pątnów” doczekał się też najszerzej prezentacji zagadnień związanych z kierunkiem wodnym rekultywacji w górnictwie odkrywkowym. Na podstawie danych pomiarowych z początkowego okresu tworzenia zbiornika została opracowana metoda prognozowania napełnień wyrobisk przy wykorzystaniu szeregów czasowych [8]. Przedstawiony był również problem podatności zbiornika na degradację i zagrożenia jakości wód [10, 12]. Opracowany został hydrologiczny bilans wodny zalewanego zbiornika w wyrobisku na różnych etapach jego rozwoju [20, 21, 2].

Powstający obecnie zbiornik w wyrobisku końcowym likwidowanej odkrywki „Lubstów” PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin S.A. będzie docelowo jeszcze większy od wspomnianego wyżej wypełnionego wodą zbiornika w odkrywce „Pątnów”. Zagadnienia związane z zalewaniem wyrobiska końcowego tej odkrywki omawiane były już częściowo przez G. Wachowiaka i B. Nowaka [22] oraz w artykule W. Szablewskiego i M. Derkowskiej-Sitarz [17]. W tym drugim przypadku poddano analizie rzeczywiste napełnienie zbiornika oraz przedstawiono prognozę jego całkowitego wypełnienia opierając się jednak tylko na danych dotyczących rzędnych zwierciadła wody.

W prezentowanym artykule przedstawiono wyniki obliczeń bilansu hydrologicznego zalewanego zbiornika w odkrywce „Lubstów” do których wykorzystano założenia metodyczne [18] oraz wyniki badań czynników hydrologicznych i meteorologicznych dla rejonu zbiornika opracowane w Zakładzie Badań Gospodarki Wodnej w Poznaniu Oddziału Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) we Wrocławiu. Danymi wyjściowymi do obliczeń bilansowych były również uzyskane z PAK KWB Konin S.A.:

- krzywe powierzchni i objętości zbiornika,
- wyniki pomiarów położenia zwierciadła wody oraz jej temperatury w latach 2009-2013.

Przedstawiony materiał dotyczący bilansu zbiornika uzupełniono prezentacją wyników badań oceniających wielkość ucieczek wody z Noteci w rejonie północnej krawędzi likwidowanej odkrywki „Lubstów”.

Położenie zbiornika oraz lokalizację profili i punktów pomiarowych zawarto na rysunku 1.

Ogólna charakterystyka zbiornika

W kwietniu 2009 roku zakończono wydobywanie węgla w odkrywce „Lubstów”. Jednocześnie rozpoczęto likwidację wyrobiska końcowego poprzez jego rekultywację pod kątem przyszłego zagospodarowania jako zbiornika wodnego. Samo zagospodarowanie według założeń miało polegać na wykonaniu szeregu prac, takich jak: odpowiednie ukształtowanie zboczy wyrobiska, wykonanie odbudowy biologicznej skarpy zbiornika oraz jego napełnienie do docelowej rzędnej [4]. W okolicy zbiornika wodnego przewidziane jest utworzenie m.in. ośrodka sportów wodnych, miejsca zabaw i wypoczynku dla dzieci, terenów zabudowy lotniskowej, układów komunikacyjnych [6].

Przyjmuje się, że powstający zbiornik wodny zlokalizowany na obszarze wododziałowym Warty i Noteci będzie mieć docelowy poziom zwierciadła wody wynoszący 83 m n.p.m.

Podawane parametry zbiornika nieznacznie się różnią [1, 3, 7]. Przyjąć jednak można, że docelowo powierzchnia wody w zbiorniku wyniesie około 480 ha, a całkowita pojemność to 137 mln m³. Zarys górnej krawędzi odkrywki to 5,4 km² a powierzchnia stoków zbiornika wyniesie około 0,6 km².

Warianty napełniania zbiornika

Rozpatrywane były trzy warianty zalewania wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” [3, 7]. W zależności od źródeł zasilania zbiornika bardzo różny miał być okres jego napełniania.

Wariant I zakładał wyłącznie naturalne napełnianie się wyrobiska końcowego wskutek infiltracji wód podziemnych przez dno i skarpy wyrobiska oraz dopływ wód pochodzących z opadów atmosferycznych pomniejszony przez parowanie. Przyjęto przy tym do obliczeń wysokość średniego rocznego opadu z wielolecia wynoszącą 495 mm, a parowania z wolnej powierzchni wody 568 mm.

Oszacowano, że natężenie dopływów wód podziemnych będzie się zmieniać od około 24,7 mln m³/rok to jest 0,78 m³·s⁻¹ w początkowym okresie napełniania do około 1,3 mln m³·s⁻¹ tj. 0,04 m³·s⁻¹ w fazie końcowej przy docelowym poziomie wody w zbiorniku (83 m n.p.m.). W tym wariantcie czas napełniania zbiornika wynosiłby około 46 lat, a zalewanie wyłącznie naturalne zakończyłoby się w 2055 r.

Wariant II zakładał z kolei, że oprócz naturalnego napełniania, wyrobisko końcowe byłoby również zasilane wodami kopalnianymi pochodzącymi z odwodnienia odkrywki „Drzewce” usytuowanej na południe od wyrobiska odkrywki „Lubstów”. W wariantcie tym rozpatrywano dwa przypadki:

- woda z odwodnienia odkrywki „Drzewce” byłaby przezrzucała bezpośrednio rurociągami do odkrywki „Lubstów”,
- woda do wyrobiska odkrywki „Lubstów” miałaby być pobierana z Jeziora Lubstowskiego, do którego zrzucana jest część wód z odwodnienia odkrywki „Drzewce”. I ten przypadek zasilania dodatkowego był preferowany. Wykonane obliczenia wykazały, że przy dodatkowym zasilaniu w ilości 0,25 m³·s⁻¹ czas napełniania zbiornika wyniósłby 11 lat, natomiast przy zasilaniu w ilości 0,50 m³·s⁻¹ skróciłby się do 9 lat.

Wariant III przyjmował, że oprócz wykorzystania wód z odwodnienia odkrywki „Drzewce” dodatkowe zasilanie wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” będzie się odbywać poprzez pobór wody z Noteci. Przewidywano jednak, że zastosowanie tego wariantu będzie możliwe dopiero po zapoczątkowaniu zrzutu części wód z odkrywki „Tomisławice” do Noteci powyżej miejscowości Sompolno (powyżej przekroju wodowskazowego IMGW-PIB w Łysku). Uważano, że częścią tych wód lub nawet całością (0,67 m³·s⁻¹) będzie można zasilać zbiornik w odkrywce „Lubstów”. Napełnianie zbiornika w wyrobisku trwałoby w takim przypadku około 7 lat.

Rzeczywisty przebieg napełniania zbiornika w odkrywce „Lubstów” zarówno w odniesieniu do wielkości dopływów wody jak również zastosowanych wariantów zasilania dodatkowego różni się jednak znacznie od założeń studialnych poprzedzających rekultywację likwidowanej odkrywki.

W 2009 roku, czyli już po rozpoczęciu rekultywacji odkrywki „Lubstów”, w Hydroconsult Sp.z o.o. z Poznania opracowano dokumentację określającą warunki hydrogeolo-

giczne w związku z likwidacją odkrywki [1]. Na podstawie badań modelowych wykonano dwie prognozy dopływu wody do zbiornika.

W pierwszej prognozie określono, że napełnienie zbiornika z zasilania naturalnego do rzędnej 83,0 m n.p.m. nastąpi po 26 latach (około 2035 r.) i będzie to stan nieustalony. Z kolei stan ustalony w zbiorniku, w istniejących warunkach hydrodynamicznych dla wód rejonu, jest to rzędna 86,5 m n.p.m., która to stabilizacja nastąpi prawdopodobnie po 55 latach (około 2064 r.).

Druga prognoza uwzględniała dodatkowo napełnianie zbiornika do 2010 roku do rzędnej 83,0 m n.p.m. z przerzutu wody do Jeziora Lubstowskiego w ilości $50 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ i pochodzącej z odwodnienia odkrywki „Drzewce”. W tym przypadku rzędną tę zbiornik miał osiągnąć już po 6 latach. W praktyce powyższy wariant zasilania dodatkowego powstającego zbiornika w wyrobisku odkrywki „Lubstów” nie został zrealizowany.

Przebieg napełniania zbiornika

Wstępne prace rekultywacyjne, które polegały na właściwym wyprofilowaniu zboczy wyrobiska pod zbiornik wykonywane były już w czasie eksploatacji węgla. Podobnie było z napełnianiem wodą zbiornika. W czasie eksploatacji węgla wykonana została grobla transportowa, która podzieliła wyrobisko na dwie części – komorę południową i komorę północną. Umożliwiło to napełnienie wodą części zbiornika (komora południowa) w czasie gdy w części północnej wyrobiska eksploatowano jeszcze węgiel. Z kolei stopniowe wyłączanie bariery studni w części północnej odkrywki spowodowało napełnienie również komory północnej.

Przez cały rok 2009 i 2010 poziom wody w komorze północnej zalegał wyżej niż w komorze południowej. Stopniowo miało miejsce wyrównywanie się poziomów wody w obu komorach, a okresowo dochodziło do powierzchniowego przelewania się wody z części wyższej północnej do niższej południowej. Całkowite wyrównanie poziomu wody w obu komorach miało miejsce na przełomie listopada i grudnia roku kalendarzowego 2010.

Oprócz zasilania podziemnego, spływu powierzchniowego po skarpach odkrywki, okresowych ewentualnych nadwyżek opadów atmosferycznych nad parowaniem z powierzchni wody zbiornik był zasilany wodami z bariery studni.

W celu zabezpieczenia skarp wyrobiska przed erozją wsteczną i wgłębną oraz możliwością wystąpienia zapadlisk na jego przedpolu, oprócz wykonywanych prac zabezpieczających, wystąpiła konieczność pozostawienia kilkunastu czynnych studni odwodnienia wgłębnego wzdłuż całej północnej i częściowo wschodniej krawędzi wyrobiska oraz odprowadzania tych wód do zbiornika wodnego końcowego odkrywki „Lubstów”. Zmniejsza to ciśnienie spływu oraz utrzymuje stateczność skarp w tej części zbiornika. Wody z bariery studni są więc czynnikiem zasilającym powstający zbiornik.

W roku 2013 wybudowano ujęcie brzegowe na rzece Noteć oraz rurociąg doprowadzający wody do zbiornika w wyrobisku. Według informacji z KWB Konin obiekt ten został przekazany do eksploatacji 1.08.2013 r. Umożliwia on przerzut wód do zbiornika i jego szybsze napełnienie.

Zwrócić przy tym należy uwagę na istotne ograniczenia w warunkach zawartych w pozwoleniu wodnoprawnym na przerzuty wody z rzeki Noteć do zbiornika wodnego w wyrobisku

kończącym odkrywki „Lubstów”. Wielkość przerzutów wody określona została w ilości:

- przerzut maksymalny godzinowy – 3000 m^3 t.j. $0,83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- przerzut średni dobowy – 43200 m^3 t.j. $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Przy czym przerzuty wody mogą być realizowane przy zachowaniu przepływu nienaruszalnego w Noteci poniżej ujęcia wody w ilości $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Równanie bilansu wodnego zbiornika

Dla analizy napełnienia, określenia dopływu wody oraz obliczenia bilansu wodnego zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” zastosowano wzory:

$$\Delta Z_{zb} = \Delta R_{zb} \quad (1)$$

$$P_{zb} - E_{zb} + \Delta Z'_{zb} = \Delta R_{zb} \quad (2)$$

gdzie:

- ΔZ_{zb} – zasilanie całkowite zbiornika,
- $\Delta Z'_{zb}$ – zasilanie podziemne zbiornika (w tym zrzuty wód z bariery studni),
- P_{zb} – skorygowane opady atmosferyczne na powierzchnię zbiornika,
- E_{zb} – parowanie z powierzchni wody zbiornika,
- ΔR_{zb} – zmiana retencji wody w zbiorniku między początkiem i końcem poszczególnych okresów bilansowych.

Dla okresu do końca roku 2010 obliczenia wykonano odrębnie dla komory północnej i komory południowej oraz następnie dla obu komór łącznie. Od roku 2011 w związku z wyrównaniem poziomu wody w obu komorach obliczeń dokonywano już dla całego zbiornika.

Parametry zbiornika

W ramach monitoringu zalewania zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” KWB Konin prowadzi m.in. okresowe pomiary rzędnych lustra wody. Pierwszy pomiar wykonany został w końcu czerwca 2008 roku, a pomiary systematyczne (przeważnie raz w miesiącu) wykonuje się od początku maja 2009 roku, co warunkowało początek szczególnych obliczeń bilansowych.

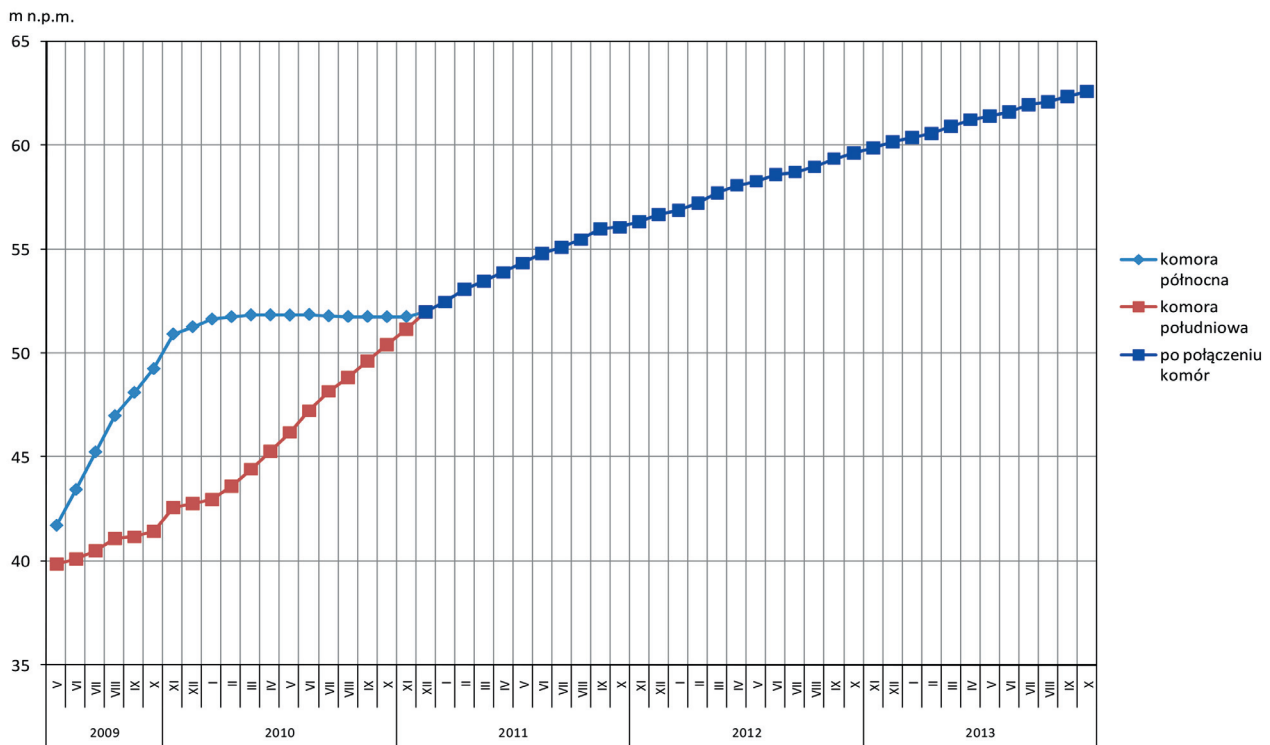
Z kolei zamknięcie prezentowanego bilansu zbiornika na roku 2013 wiąże się z jednej strony z zakończeniem zasilania zbiornika wodami z bariery studni (listopad 2013), z drugiej strony na możliwym od końcowych miesięcy 2013 roku zasilaniu dodatkowym poprzez ujęcie wód z rzeki Noteć. Sytuacja ta zmienia całkowicie dotychczasowe warunki zalewania wyrobiska.

Ogółem w okresie V 2009 – X 2013 r. wykonano 53 serie pomiarów położenia zwierciadła wody w zbiorniku. Początkowo pomiary prowadzono w obu komorach zbiornika, a po ich połączeniu w jednym punkcie, w części północnej.

Wstępna analiza przyrostu słupa wody w zbiorniku między poszczególnymi pomiarami pozwala stwierdzić, że niekiedy miał miejsce za duży lub za mały wzrost położenia zwierciadła wody przypadający średnio na 1 dobę. Sytuację taką nie zawsze dało się uzasadnić panującymi warunkami atmosferycznymi czyli np. wysokimi lub bardzo niskimi opadami atmosferycznymi.

Tab. 1. Parametry zbiornika wodnego w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” dla lat hydrologicznych 2009-2013
 Tab. 1. Parameters of the abandoned open pit “Lubstów” reservoir for the hydrological years 2009-2013

Stan w dniu:	Rzędna lustra wody			Powierzchnia zwierciadła wody [ha]	Objętość zbiornika [mln m ³]
	Komora północna	Komora południowa [m n.p.m.]	Po połączeniu		
01.05.2009	41,73	39,68	-	158	10,3
01.11.2009	50,93	42,59	-	192	18,1
01.05.2010	51,84	46,20	-	206	23,1
01.11.2010	51,77	51,15	-	221	30,8
01.05.2011	-	-	54,36	241	38,0
01.11.2011	-	-	56,36	254	42,9
01.05.2012	-	-	58,30	268	48,0
01.11.2012	-	-	59,92	277	52,4
01.05.2013	-	-	61,44	302	56,9
01.11.2013	-	-	62,96	306	61,5



Rys. 2. Zmiana rzędnych poziomów wody w zbiorniku w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” w latach hydrologicznych 2009-2013
 Fig. 2. Changes of water level ordinates in the abandoned open pit “Lubstów” reservoir for the hydrological years 2009-2013

mi, intensywnym tajaniem pokrywy śnieżnej. Przypuszczać można, że niektóre takie nieproporcjonalne zmierzone przyrosty słupa wody w zbiorniku mogą być wynikiem dokładności przy określaniu wysokości położenia zwierciadła wody GPS-em np. wskutek zamarznięcia wody w zbiorniku czy silnego falowania.

Pomiary poziomu wody w zbiorniku oraz opracowane przez KWB Konin krzywe powierzchni i objętości zbiornika umożliwiły określenie potrzebnych do opracowania bilansu parametrów zbiornika. Dane te wyinterpolowano na początek każdego miesiąca okresu bilansowego. Wyznaczono również średnią powierzchnię zbiornika dla poszczególnych miesięcy, co wykorzystane zostało do obliczenia kubatury opadów atmosferycznych i parowania z powierzchni wody.

Podstawowe parametry zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” zawarto w tabeli 1, a zmianę rzędnych lustra wody w zbiorniku przedstawia dodatkowo rysunek 2.

Na początku okresu bilansowego to jest 1 maja 2009 roku rzędna lustra wody w komorze północnej układała się na poziomie 41,73 m n.p.m., a południowej na 39,86 m n.p.m. Całkowita powierzchnia zwierciadła wody w obu komorach wyniosła wówczas 158 ha, a objętość zbiornika 10,3 mln m³. Po cztero- i półrocznym okresie poziom wody w zbiorniku podniósł się o ponad 20 metrów i wyniósł 1 listopada 2013 roku 62,96 m n.p.m. Powierzchnia zbiornika zwiększyła się o ponad 90% i wyniosła 306 ha, a objętość wzrosła prawie 5-krotnie osiągając wielkość 61,5 mln m³.

Tab. 2. Półroczne i roczne zmierzone oraz skorygowane sumy opadów atmosferycznych [mm] dla rejonu zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” w latach hydrologicznych 2009-2013

Tab. 2. Measured and adjusted 6-month periods and yearly sums of precipitation [mm] in the region of the abandoned open pit “Lubstów” for the hydrological years 2009-2013

Opady atmosferyczne	Lata	Półroczna		Rok
		XI – IV	V – X	XI – X
zmierzone	2009	133	431	564
	2010	216	497	713
	2011	294	249	543
	2012	154	303	457
	2013	216	373	589
	Średnia	202	371	573
skorygowane	2009	174	500	674
	2010	280	549	829
	2011	363	293	656
	2012	197	342	539
	2013	282	432	714
	Średnia	259	423	682

Określenie wielkości składników bilansu wodnego

Opady atmosferyczne

Wielkość opadów atmosferycznych dla rejonu zbiornika przyjęto na podstawie pomiarów i obserwacji prowadzonych na stacji IMGW-PIB w Sompólnie. Stacja ta położona jest 4 km na wschód od północnej krawędzi odkrywki „Lubstów”. Do obliczeń bilansowych przyjęto skorygowane wartości opadów. Konieczność takiej korekty wynika z występowania różnego rodzaju błędów (najistotniejsze to błędy systematyczne), które powstają w trakcie pomiarów opadów najpowszechniej stosowanym deszczomierzem Hellmana. Zastosowanie korekty opadów pozwala na uzyskanie takich ich wartości, które są zbliżone do faktycznych, a błąd ich określenia jest wówczas porównywalny z błędami jakie występują przy wyznaczaniu innych składników bilansu.

Do korekty opadów atmosferycznych wykorzystano metodę zaproponowaną w pracy: „Dynamika obiegu wody w zlewni górnej Wilgi” [5], w której korekcie podlegają dobowe sumy opadów. Dobowe skorygowane wartości opadów atmosferycznych ze stacji w Sompólnie posłużyły do obliczenia miesięcznych, półrocznych i rocznych sum opadów skorygowanych dla zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów”. Zmierzone oraz skorygowane sumy opadów atmosferycznych zawarto w tabeli 2.

W okresie 2009-2013 średnia suma roczna opadów atmosferycznych (wartości skorygowane) wyniosła dla rejonu zbiornika 682 mm i była o prawie 15% wyższa od normy z okresu 50-letniego 1951-2000. Sumy roczne opadów wahały się od 539 mm (2012 r.) do 829 mm (2010 r.). W ujęciu miesięcznym w omawianym okresie najniższa suma średnia opadów atmosferycznych za okres wieloletni przypadła na kwiecień 27 mm, a najwyższa 101 mm na lipiec. Rozpiętość sum miesięcznych opadów była znaczna. Analizując opad w poszczególnych latach stwierdza się, że najniższa skorygowana suma miesięczna opadów to 2 mm (listopad w roku hydrologicznym 2012), a najwyższa to 162 mm (listopad w roku hydrologicznym 2011).

Na celowość stosowania w obliczeniach wodno-bi-

lansowych (w tym dla potrzeb górnictwa odkrywkowego) skorygowanych wartości opadów atmosferycznych wskazuje ich porównanie ze zmierzonymi sumami opadów dla rejonu zbiornika w wyrobisku odkrywki „Lubstów”.

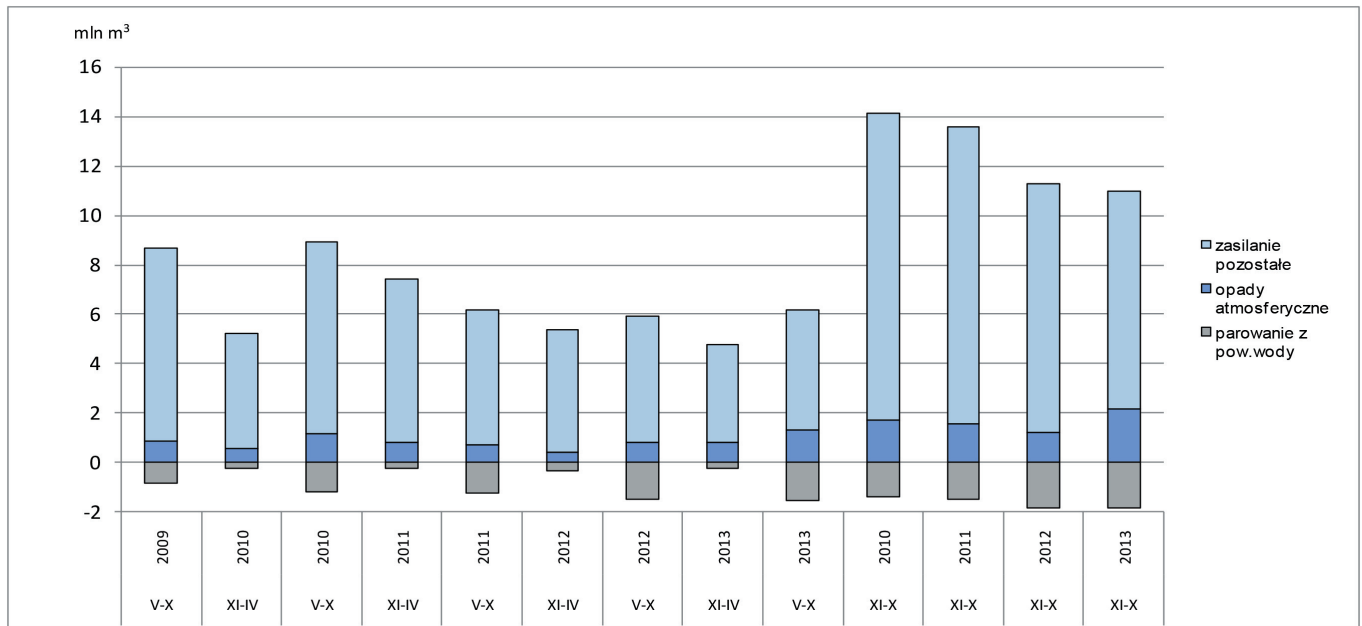
Średnia suma roczna opadów skorygowanych za lata 2009-2013 jest wyższa od wartości zmierzonych opadów o 109 mm czyli o 19%. W ujęciu wartości rocznych opady skorygowane były wyższe od zmierzonych w granicach od 16% w roku 2010 do 21% w 2013 roku.

Analiza wartości średnich miesięcznych sum opadów wykazuje, że za lata 2009-2013 największe różnice względne w opadach skorygowanych i zmierzonych przypadły na luty (36%) i grudzień (34%), najniższe natomiast na lipiec, maj i czerwiec (11-12%). W wartościach bezwzględnych różnice te wahały się od 5 mm (kwiecień, październik) do 12 mm (grudzień, styczeń). Z kolei największe różnice w poszczególnych miesiącach wystąpiły na początku roku hydrologicznego 2011 wynosząc w listopadzie 21 mm i w grudniu 22 mm.

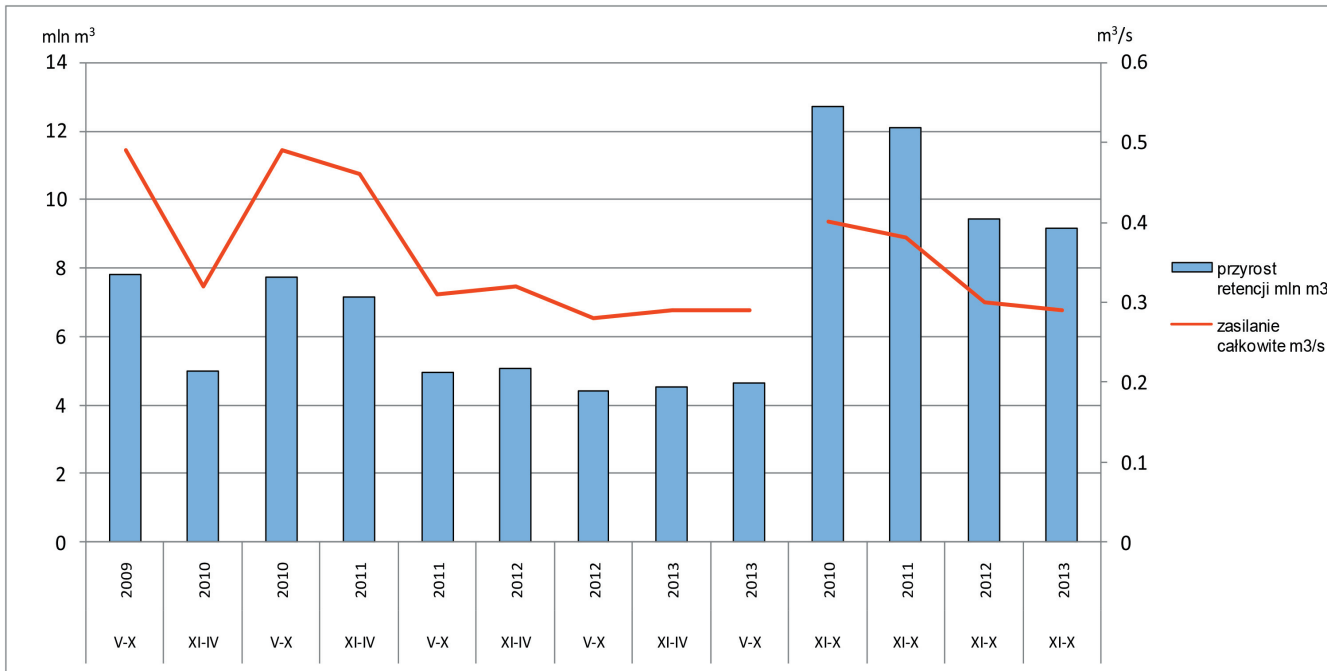
Zasilanie podziemne zbiornika

Ta składowa jest elementem zamykającym całe równanie bilansu wodnego. Dlatego też obliczona jego wielkość obarczona będzie błędem wynikającym z dokładności określenia innych składników bilansu.

W tak obliczonych wielkościach zasilania podziemnego mogą mieścić się również wody pochodzące ze spływu powierzchniowego po skarpach odkrywki oraz - pod koniec okresu bilansowego – możliwe przerzuty wody z Noteci. Ze względu na ich niewielkie znaczenie w opracowanym do 2013 roku bilansie (brak cieków powierzchniowych w zlewni zbiornika, budowa ujęcia wody w końcu roku hydrologicznego 2013) oraz brak danych pomiarowych umożliwiających ich określenie, czynniki te pominięto w opracowanym bilansie. Jedynym elementem, co do którego dysponuje się bardziej szczegółowymi i odrębnie wyznaczonymi danymi, jest wielkość zrzutów z bariery studni określana przez KWB Konin, które to wody wchodziły w skład zasilania podziemnego zbiornika.



Rys. 3. Składowe bilansu wodnego zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” w półroczach i latach hydrologicznych okresu 2009-2013
 Fig. 3. Water balance elements in the abandoned open pit “Lubstów” reservoir in the hydrological 6-months periods and years, 2009-2013



Rys. 4. Przyrost retencji i zasilanie całkowite wodą zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” w półroczach i latach hydrologicznych okresu 2009-2013

Fig. 4. Increase of retention and total water supply of the abandoned open pit “Lubstów” reservoir in the hydrological 6-months periods and years, 2009-2013

Parowanie z powierzchni wody

Wielkość parowania z powierzchni wody zalewanego zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” przyjęto za wyniki badań prowadzonymi nad tym elementem bilansu wodnego przez Wydział Limnologii i Ewaporometrii IMGW-PIB dla położonego o 33 km na zachód od odkrywki Jeziora Powidzkiego. Przeniesienie danych z Jeziora Powidzkiego zostało uprawnione między innymi przez porównanie wyników pomiarów temperatury wody powierzchniowej obu akwenów. I tak dla okresu od czerwca 2010 roku do października 2013 roku dysponowano 40 wynikami pomiarów dla tych samych terminów, co umożliwiło obliczenie wartości średnich temperatur. Były one bardzo zbliżone do siebie, a różnica wyniosła zaledwie 0,4°C (temperatura wody Jeziora Powidzkiego

wyniosła średnio 11,9°C a zbiornika w wyrobisku 11,5°C).

Wielkość parowania dla półroczy zimowych obliczona została metodą Konstatinowa. Podstawowe do obliczeń wartości temperatury powietrza oraz prężność pary wodnej na wysokości 2 m przyjęto według pomiarów na Stacji Klimatologicznej w Kołudzie Wielkiej.

Dla określenia wielkości parowania z powierzchni wody dla półroczy letnich wykorzystane zostały wyniki pomiarów tego elementu prowadzone między innymi na Jeziorze Sławskim (Stacja Hydrologiczna IMGW-PIB w Radzynie z basenami ewaporometrycznymi na tratwie na jeziorze i na lądzie) oraz na Stacji Synoptycznej w Płocku.

Średnia roczna suma parowania z powierzchni wody (tab. 3) dla 5-letniego okresu 2009-2013 wyniosła 640 mm przy zmienności od 605 mm (2013 r.) do 684 mm (2012 r.). W pół-

Tab. 3. Półroczne i roczne sumy parowania [mm] z powierzchni wody zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” w latach hydrologicznych 2009-2013

Tab. 3. Six-months periods and yearly sums of water evaporation [mm] from the abandoned open pit “Lubstów” reservoir

Lata	Półrocza		Rok
	XI – IV	V – X	XI – X
2009	128	494	622
2010	114	560	674
2011	114	501	615
2012	126	558	684
2013	91	514	605
Średnia	115	525	640

roczu zimowym parowało średnio 115 mm (18% wielkości całorocznej), a letnim 525 mm (82%).

W okresie analizowanych 5 lat najwyższe średnie miesięczne sumy parowania przypadły na lipiec (106 mm) i sierpień (104 mm). W okresie od listopada do lutego średnia wysokość parowania to zaledwie 7-8 mm. Z kolei wielkości ekstremalne parowania z powierzchni wody zawierały się w granicach od 4 mm w listopadzie i grudniu roku hydrologicznego 2011 i w lutym 2012 r. do 130 mm w lipcu 2013 r.

Zmiana retencji w zbiorniku

Ten element bilansu wodnego został wyznaczony poprzez wykorzystanie danych dotyczących położenia zwierciadła wody i krzywej objętości zbiornika. Zmianę retencji obliczono jako różnicę między końcem i początkiem poszczególnych okresów bilansowych (półrocza i lata), a obliczenia szczegółowe wykonano dla każdego miesiąca.

Bilans wodny i dopływ wody do zbiornika

Bilans wodny zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” przedstawiono dla półroczy (od letniego 2009 do zimowego 2013) oraz dla pełnych lat hydrologicznych (2010-2013). Dane liczbowe dotyczące składowych bilansu, zmian retencji i dopływu wody zawarto w tabelach 4 i 5 oraz dodatkowo prezentują je rysunki 3 i 4.

W okresie od maja 2009 r. do października 2013 r. objętość zbiornika wzrosła o 51,23 mln m³. Największy przyrost objętości miał miejsce w półroczach letnich: 2009 r. (7,81 mln m³) i 2010 r. (7,73 mln m³) oraz w półroczu zimowym 2011 r. (7,15 mln m³). W ostatnich półroczach analizowanego okresu wzrost objętości zbiornika wahał się od 4,39 mln m³ w półroczu letnim 2012 roku do 4,63 mln m³ w takim samym półroczu 2013 roku.

W ujęciu pełnych lat hydrologicznych roczny przyrost retencji w zbiorniku zmieniał się od 12,72 mln m³ wody w 2010 roku do 9,16 mln m³ w roku 2013.

Za cały analizowany okres bilansowy na przychód wody

Tab. 4. Bilans wodny [tys. m³] zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” dla lat hydrologicznych 2009-2013Tab. 4. The abandoned open pit “Lubstów” reservoir water balance [tys. m³] for the hydrological years 2009-2013

Lata	Półrocze, rok	Elementy przychodu			Elementy rozchodu	Zmiana retencji wody w zbiorniku
		Opady atmosferyczne na powierzchnię zbiornika	Zasilanie podziemne	Razem	Parowanie z powierzchni wody zbiornika	
2009	V – X	876	7803	8679	871	+7808
	XI – IV	559	4670	5229	230	+4999
2010	V – X	1156	7757	8913	1187	+7726
	XI – X	1715	12427	14142	1417	+12725
2011	XI – IV	821	6605	7426	272	+7154
	V – X	722	5456	6178	1236	+4942
	XI – X	1543	12061	13604	1508	+12096
2012	XI – IV	402	4986	5388	333	+5055
	V – X	819	5082	5901	1512	+4389
	XI – X	1221	10068	11289	1845	+9444
2013	XI – IV	822	3974	4796	270	+4526
	V – X	1313	4882	6195	1562	+4633
	XI – X	2135	8856	10991	1832	+9159
Łącznie		7490	51215	58705	7473	+51232

Tab. 5. Dopływ wody [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$] do zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” w latach hydrologicznych 2009-2013
 Tab. 5. Water inflow [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$] into the open pit „Lubstów” reservoir for the hydrological years 2009-2013

Lata	Półrocze, rok	Dopływ wody	
		Po wyłączeniu opadów i parowania	Całkowity
2009	V – X	0,49	0,49
	XI – IV	0,30	0,32
2010	V – X	0,49	0,49
	XI – X	0,39	0,40
2011	XI – IV	0,42	0,46
	V – X	0,34	0,31
	XI – X	0,38	0,38
2012	XI – IV	0,32	0,32
	V – X	0,32	0,28
	XI – X	0,32	0,30
2013	XI – IV	0,25	0,29
	V – X	0,31	0,29
	XI – X	0,28	0,29
Średnio		0,36	0,36

w zbiorniku w ilości 58,70 mln m^3 złożyły się:

- opady atmosferyczne na powierzchnię zbiornika – 13%,
- zasilanie podziemne – 87%.

W zasilaniu podziemnym, posługując się materiałami KWB Konin, wydzielić można wielkość zasilania zbiornika w postaci zrzutów z bariery studni. W roku 2011 zrzuty te wyniosły 2,97 mln m^3 , co stanowiło 22% zasilania, w roku 2012 – 1,91 mln m^3 (17%), a w 2013 roku – 1,54 mln m^3 (14%). W całym okresie bilansowym zrzuty z bariery studni wyniosły 6,72 mln m^3 wody, to jest 11% zasilania całkowitego zbiornika.

W elementach rozchodu uwzględniono parowanie z powierzchni wody zbiornika, które w okresie od półrocza zimowego 2009 r. do końca półrocza letniego 2013 r. wyniosło 7,47 mln m^3 wody. Wielkością odpowiada to prawie 15% całkowitego przychodu wody w zbiorniku.

Porównując wysokość opadów atmosferycznych na powierzchnię zbiornika i parowania z niej, można stwierdzić, że w całym analizowanym okresie oba te elementy prawie całkowicie się zbilansowały (7,49 mln m^3 opady i 7,47 mln m^3 parowanie). Przypomnieć przy tym należy, że w obliczeniach bilansowych uwzględniono rzeczywiste wielkości opadów atmosferycznych, a więc ich wartości skorygowane w stosunku do opadów zmierzonych.

Przedstawiając zmianę retencji w zbiorniku wyrażoną w $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ można porównać prognozowane wielkości dopływu wody do zbiornika z ich wielkościami rzeczywistymi, które mają miejsce w trakcie zalewnia zbiornika. Zbliżone wartości opadów atmosferycznych i parowania z powierzchni wody powodują, że obliczony dopływ całkowity wody do zbiornika oraz dopływ po wyłączeniu tych elementów są do siebie bardzo zbliżone (maksymalna różnica w ujęciu półrocznym to 0,04 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$).

Za cały okres bilansowy (od półrocza letniego 2009 roku do końca roku hydrologicznego 2013) całkowity dopływ wody do zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” wyniósł średnio 0,36 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Najwyższe wartości 0,49 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ przypadły na półrocza letnie: 2009 i 2010 roku, najniższe natomiast na półrocza letnie 2012 roku (0,28 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) i oba półrocza roku 2013 (0,29 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Zaznacza się więc bardzo wyraźny spadek

wielkości dopływu wody w miarę napełniania zbiornika.

Stwierdza się również, że dopływ wody do zbiornika jest znacznie mniejszy od jego wielkości prognozowanych. Zakładano bowiem, że w początkowych latach bez zasilania dodatkowego dopływ wody do zbiornika wyniesie 0,78 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. A przypomnieć należy, że w rzeczywistym dopływie wody mieszczą się jeszcze zrzuty z bariery studni.

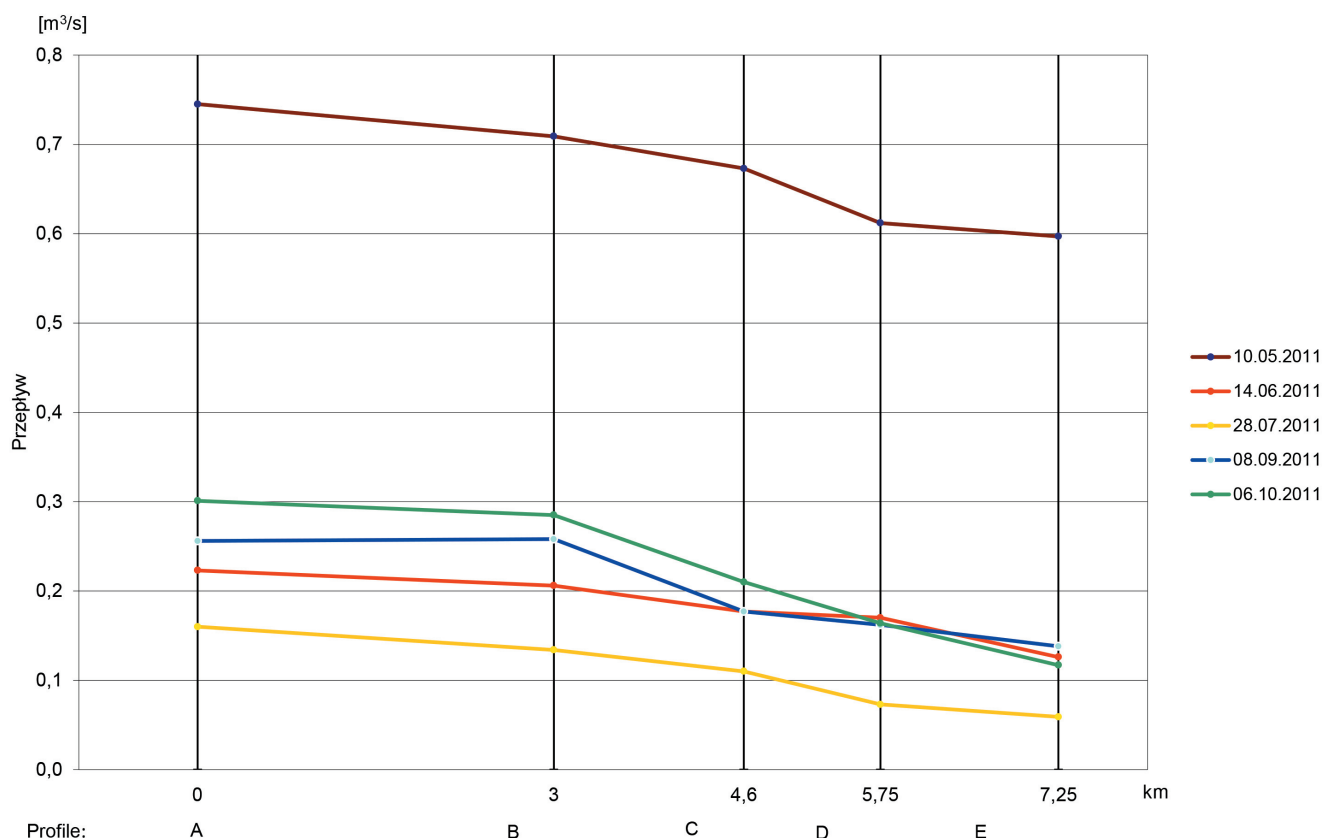
Zwrócić należy również uwagę na fakt, że określone wielkości całkowite dopływu wody do zbiornika w wyrobisku końcowym odkrywki „Lubstów” są znacznie większe niż miało to miejsce w przypadku zalewnia innego wyrobiska końcowego KWB Konin, a mianowicie odkrywki „Pątnów”.

Wykorzystując wyniki obliczeń bilansowych tego zbiornika [2] można stwierdzić, że dopływ do wyrobiska odkrywki „Pątnów” po wyłączeniu zasilania dodatkowego w postaci zrzucanych tu wód kopalnianych z odwodnienia sąsiedniej odkrywki wyniósł w trzech początkowych latach (2002-2004) zalewnia odpowiednio 0,35 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 0,23 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ i 0,16 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Później był on znacznie mniejszy, a nawet gdyby nie zasilanie dodatkowe to poziom wody w zbiorniku obniżałby się w wyniku ucieczki wody. Z hydrologicznego punktu widzenia sytuacja większego dopływu wody do wyrobiska odkrywki „Lubstów” niż odkrywki „Pątnów” wskazywać może że, duże znaczenie w dopływie do likwidowanej odkrywki „Lubstów” mogą mieć wody z położonej na północ od wyrobiska doliny Noteci.

W celu częściowego, ilościowego poznania tego procesu podjęto w 2011 roku prace mające na celu określenie czy zbiornik w wyrobisku odkrywki „Lubstów” może być zasilany nie tylko wodami podziemnymi z doliny Noteci, ale również wodami z koryta rzeki, której to przepływ formowany był dopływem ze zlewni spoza obszaru leja depresji.

Zmiana przepływów wody w Noteci w rejonie wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów”

W celu wyznaczenia wielkości zmian w przepływach Noteci, na jej odcinku leżącym na północ od odkrywki „Lubstów” i przebiegającym obecnie przez obszar leja depresji, wykonano w



Rys. 5. Profil podłużny przepływów Noteci w rejonie wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” dla serii pomiarów z okresu maj-październik 2011 r.
Fig. 5. Longitudinal profile of flows in the region of the of abandoned open pit “Lubstów” for Noteć river’s measurements taken between the months of May and October 2011

Tab. 6. Zmiana przepływów wody w Noteci w rejonie wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” na podstawie wyników pomiarów hydrometrycznych w okresie maj – październik 2011 roku

Tab. 6. Change of water discharges in Noteć in the region of the abandoned open pit “Lubstów” based on hydrological measurements during May-October 2011 period

Profil	Oznaczenie profilu	Przepływy według pomiarów [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]						Zmiana przepływu między profilami [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]					
		10.05.2011	14.06.2011	28.07.2011	08.09.2011	06.10.2011	Średnia	10.05.2011	14.06.2011	28.07.2011	08.09.2011	06.10.2011	Średnia
Łysek	A	0,745	0,223	0,160	0,256	0,301	0,337	-0,036	-0,017	-0,026	+0,002	-0,016	-0,019
Dziadoch	B	0,709	0,206	0,134	0,258	0,285	0,318	-0,036	-0,029	-0,024	-0,081	-0,075	-0,049
Pogorzały	C	0,673	0,177	0,110	0,177	0,210	0,269	-0,061	-0,007	-0,037	-0,015	-0,046	-0,033
Nykiel	D	0,612	0,170	0,073	0,162	0,164	0,236	-0,015	-0,044	-0,014	-0,024	-0,047	-0,029
Wilcza Kłoda	E	0,597	0,126	0,059	0,138	0,117	0,207						
		Zmiana przepływu między profilami E i A				$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		-0,148	-0,097	-0,101	-0,118	-0,184	-0,130
						% przepływu w profilu A		20	43	63	46	61	39

okresie od maja do października 2011 roku pięć serii pomiarów hydrometrycznych. Kontrolą wielkości przepływów wody objęto 5 profili na ponad 7-kilometrowym odcinku rzeki (lokalizacja profili na rys. 1). Profil podłużny przepływów Noteci, wyniki pomiarów oraz ilościowe określenie zmian w odpływie Noteci zawarto na rysunku 5 i w tabeli 6.

Na 20 różnic w wartościach przepływów Noteci między następującymi po sobie profilami tylko w jednym przypadku pomiary wykazały niewielki przyrost ilości wody w rzece. W pozostałych 19 przypadkach stwierdzono ubytek wody z koryta Noteci mimo, że wobec przyrostu powierzchni zlewni między profilami teoretycznie przepływ rzeki powinien rosnąć.

Analizując różnice w przepływach Noteci między profilem

A (stacja wodowskazowa IMGW-PIB w Łysku), a profilem E (Wilcza Kłoda) zamykającym bilansowany odcinek uzyskano wielkość strat w granicach od $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. W zależności od wielkości przepływów Noteci i stwierdzonych ubytków, straty między profilami A i E stanowiły od 20 do 63% ilości wody płynącej w profilu otwierającym. Dla wartości średnich z 5 serii pomiarów straty w przepływie na omawianym odcinku wyniosły $0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (obniżenie przepływu z $0,34 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), co stanowiło 39% przepływu Noteci w Łysku.

Uzyskane wyniki wskazują na istotne wielkości ubytków wody w korycie Noteci w związku z wypełnianiem leja depresji wokół odkrywki „Lubstów” oraz zalewaniem jej wyrobiska końcowego. Straty te szczególnie uwydatniają się w okresie

niskich przepływów Noteci. Ubytki wody są więc kolejnym czynnikiem na obszarze zlewni górnej Noteci, który należałoby uwzględnić przy rozpatrywaniu zmian w środowisku wodnym wywołanych działalnością KWB Konin. Należy przy tym uwzględnić dodatkowe straty w przepływie Noteci spowodowane zasilaniem wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” wodami z rzeki poprzez ujęcie, które może już mieć miejsce od końcowych miesięcy roku hydrologicznego 2013.

Z drugiej strony należy zwrócić uwagę, że od września 2011 roku ubytki wody na omawianym wyżej odcinku koryta Noteci mogą być rekompensowane zrzutami wód kopalnianych z odwodnienia odkrywki „Tomisławice”. Według informacji z KWB Konin uruchomiony został wówczas kolejny (drugi) odprowadzalnik wody z tej odkrywki jakim poprzez rów R2 jest Dopływ z Zielonki uchodzący do Noteci powyżej profilu Łysek. Ilość zrzucanej wody w ostatnich dwóch miesiącach roku hydrologicznego 2011 (wrzesień, październik) wyniosła według KWB Konin $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a więc była wyższa od średniej wartości ubytku wody z koryta Noteci, która wyniosła w czasie pomiarów IMGW-PIB $0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Ilość zrzucanej wody z odwodnienia odkrywki „Tomisławice” poprzez rów R2 systematycznie rośnie i wyniosła, według KWB Konin, w 2013 roku już $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pozostaje jednak przy tym kolejny, otwarty problem: jaka ilość wody faktycznie dopływa do Noteci? Rów R2 jest uszczelniony (koryto betonowe) natomiast Dopływ z Zielonki prowadzący dalej wody kopalniane jest nieuszczelniony. Spodziewać się więc tu można ucieczek wody z koryta ciekłu w obręb leja

depresji, który powstaje w związku z odwodnieniem odkrywki „Tomisławice”. Ograniczenia w ilości dopływających do Noteci wód kopalnianych wynikać mogą również z budowy tam przez bobry w korycie Dopływu z Zielonki i powstawaniem rozlewisk. Możliwe jest również oddziaływanie lokalnych sztucznych popiętrzeń w korytach cieków.

Zakończenie

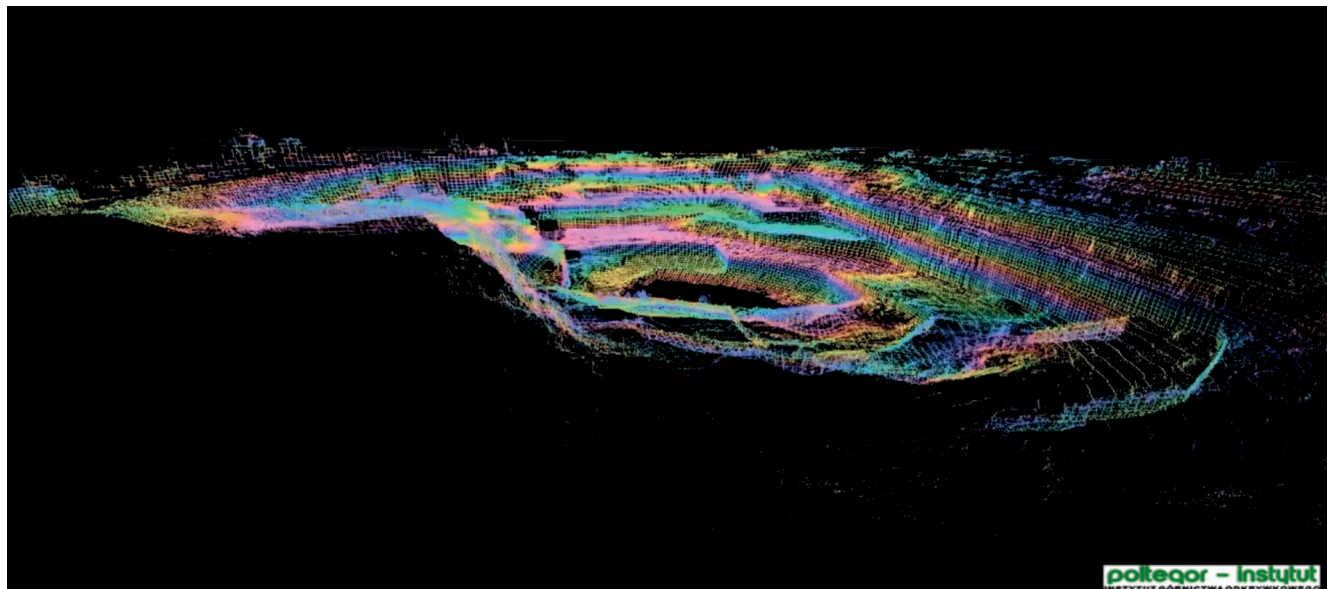
Zalewanie wyrobiska końcowego likwidowanej odkrywki „Lubstów” jest kolejnym działaniem rekultywacyjnym prowadzonym przez PAK KWB Konin S.A. Dotychczasowe wyniki badań nad bilansem wodnym zbiornika wykazały znaczne rozbieżności między rzeczywistym dopływem wody a dopływem prognozowanym w pracach studialnych poprzedzających likwidację odkrywki.

Za celowe uznać należy kontynuowanie uszczegółowionych badań nad bilansem zbiornika w odkrywce „Lubstów”. Wyniki tych badań będą mogły być wykorzystane w działaniach rekultywacyjnych kolejnych likwidowanych odkrywek KWB Konin. W aktualnych badaniach nad bilansem zbiornika niezbędna jest m.in. ścisła kontrola wielkości dodatkowego zasilania wodą zbiornika poprzez ujęcie na rzece Noteć. Wskazana jest również uszczegółowiona kontrola kształtowania się wielkości przepływów Noteci w jej przebiegu w pobliżu zalewanego wyrobiska. Badania takie muszą zostać powiązane z monitoringiem ilości zrzucanych wód kopalnianych do Noteci pochodzących z odwodnienia odkrywki „Tomisławice”.

Literatura

- [1] Dąbrowski, Stanisław i inni. *Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z zakończeniem odwodnienia likwidowanego zakładu górniczego odkrywki węgla brunatnego „Lubstów”*. Hydroconsult Poznań, 2009 (niepubl.)
- [2] Galiniak Grzegorz, Wachowiak Grzegorz, Wachowiak Agata. *Pogórnice wodne zbiorniki antropogeniczne jako nowy element sieci hydrograficznej*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 2012, 1 (209): 8-15. ISSN 2081-4224
- [3] Gierwielaniec Renata, Klęka Justyna, Krzemińska Alicja. *Raport oddziaływania zbiornika na środowisko z uwzględnieniem eksploatacji odkrywek O/Drzewce, O/Tomisławice, rzeki Noteć, Jeziora Lubstowskiego i Kanału Grójeckiego*. OLBUD Konin, 2008 (niepubl.)
- [4] Jagodziński, Zbigniew. *Rekultywacja wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” w KWB „Konin” SA*. Węgiel Brunatny, 2009, 2 (67): 22-23. ISSN 1232-8782
- [5] Jaworski Jerzy, Szkutnicki Jerzy [red]. *Dynamika obiegu wody w zlewni górnej Wilgi*. IMGW, ser.: Atlasy i Monografie, 1999, 382 s. ISBN 83-85176-63-2
- [6] Kasztelewicz, Zbigniew. *Rekultywacja terenów górniczych w polskich kopalniach odkrywkowych*. FNiTG z/s AGH w Krakowie, 2010, 464 s. ISBN 978-83-88316-94-4
- [7] Kasztelewicz Zbigniew, Jagodziński Zbigniew. *Zagospodarowanie zbiornika końcowego Odkrywki „Lubstów” w kierunku wodno-rekreacyjnym*. Węgiel Brunatny, 2006, 4 (57): 22-26. ISSN 1232-8782
- [8] Klich Jerzy, Polak Krzysztof. *Zastosowanie szeregów czasowych przy rozwiązaniu aktualnych problemów w kształtowaniu środowiska wodnego w górnictwie odkrywkowym*. Górnictwo Odkrywkowe, 2006, XLVIII. 3-4: 91-96. ISSN 0043-2075
- [9] Orlikowski Dariusz, Szwed Lilla. *Zagospodarowanie terenów pogórnich KWB „Adamów” SA w Turku – krajobraz przed rozpoczęciem działalności górniczej i po jej zakończeniu*. Górnictwo i Geoinżynieria, 2011, 35. 3: 225-240. ISSN 1732-6702
- [10] Polak, Krzysztof. *Zagrożenie jakości wód w zbiornikach poeksploatacyjnych kopalń węgla brunatnego*. IGSMiE, Sympozja i Konferencje, 2004, 62: 255-267.
- [11] Polak, Krzysztof. *Wybrane zagadnienia związane z rekultywacją wodną wyrobisk odkrywkowych*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 2011, 12 (208): 9-13. ISSN 2081-4224

- [12] Polak Krzysztof, Galiniak Grzegorz. *Wstępna ocena podatności zbiornika poeksploatacyjnego Pątnów na degradację*. Górnictwo Odkrywkowe, 2007, XLIX. 5-6: 181-185. ISSN 0043-2075
- [13] Polak Krzysztof, Hajdo Stanisław, Galiniak Grzegorz, Pawlecka Katarzyna. *Polskie doświadczenia w rekultywacji wodnej wyrobisk poeksploatacyjnych odkrywkowych*. Przegląd Górniczy, 2012, CVIII. 1 (1070):65-71. ISSN 0033-216X
- [14] Polak Krzysztof, Klich Jerzy. *Uwarunkowania prowadzenia rekultywacji wodnej na terenach poeksploatacyjnych na przykładzie zbiornika wodnego Przykona*. Biuletyn PIG, 2009, 436: 373-378. ISSN 0867-6143
- [15] Polak Krzysztof, Klich Jerzy. *Zmiany składników bilansu wodnego w zlewni górniczej*. Uniwersytet Zielonogórski, Zesz. Nauk. nr 137, Inżynieria i Środowisko, 2010. 17: 189-196. ISSN 1895-7323
- [16] Rożkowski Kazimierz, Polak Krzysztof, Cała Marek. *Wybrane problemy związane z rekultywacją wyrobisk w kierunku wodnym*. Górnictwo i Geoinżynieria, 2010, 34, 4: 517-525. ISSN 1732-6702
- [17] Szablewski Wojciech, Derkowska-Sitarz Monika. *Napełnianie zbiornika Lubstów KWB Konin S.A.* Górnictwo Odkrywkowe, 2014, LV. 6: 40-46. ISSN 0043-2075
- [18] Wachowiak, Grzegorz. *Bilans wodny zbiornika w początkowej fazie zalewania wyrobiska końcowego odkrywki „Lubstów” Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”*. IMGW-PIB, Oddział w Poznaniu, DS.-H 3.10. 2010 i 2011 (niepubl.)
- [19] Wachowiak Grzegorz, Wachowiak Agata. *O kierunku wodnym rekultywacji w polskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego*. Gaz. Obs. IMGW, 2004, LIII. 6: 17-19. ISSN 0208-4325
- [20] Wachowiak Grzegorz, Wachowiak Agata. *Zbiornik w wyrobisku końcowym Odkrywki „Pątnów” Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” i jego bilans wodny za okres 2003-2004*. Bad. Fizjogr. Nad Polską Zach., Ser. A-Geogr. Fiz., 2005, 56: 157-176. ISBN 83-7063-456-7 ISSN 0067-2807
- [21] Wachowiak Grzegorz, Wachowiak Agata. *Zalewanie wyrobiska końcowego Odkrywki „Pątnów” Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” w świetle określenia składowych i obliczeń bilansu wodnego zbiornika*. Górnictwo Odkrywkowe, 2010, LI. 2: 77-85. ISSN 0043-2075
- [22] Wachowiak Grzegorz, Nowak Bogumił. *Lubstów – Zagadnienia związane z zalewaniem wyrobiska końcowego odkrywki*. Przewodnik do Sesji Terenowej nr II, XV Sympozjum „Współczesne problemy hydrogeologii” Poznań-Żerków 14-16.09.2011



Kopalnia Granitu Morów

fot. Laboratorium NSI (Sławomir Patla)