

# Możliwości i ograniczenia rozbudowy nadmorskich ujęć wód na przykładzie Łeby

Mirosław Lidzbarski<sup>1</sup>, Andrzej Sadurski<sup>2</sup>

**Possibilities and limitations of development of coastal intakes – a case study for the town of Łeba.** *Prz. Geol.*, 68: 271–280; doi: 10.7306/2020.15

*Abstract.* A characteristic feature of coastal intakes located in tourist resorts is the unevenness of water abstraction from groundwater intakes. The greatest water consumption rates on the municipal intake in Łeba occurs during the tourist season. The reserves of daily production are almost depleted in such a period. The article presents the procedure and research methods recommended when analyzing the possibilities and restrictions on the development of coastal intakes, exemplified by the town of Łeba. Two stages of research are proposed; the first of which is discussed in detail. It is intended to indicate the possibilities of extending the existing intake in Łebieniec and to indicate prospective areas. Formal legal conditions and environmental restrictions are analyzed, with particular emphasis on the water circulation system, hydrogeological conditions and geogenic hazards.

**Keywords:** groundwater intake, coastal zone, hydrogeological conditions

Szczególną cechą gospodarki wodnej w obszarach nadmorskich, której zadaniem jest zaopatrzenie w wodę pitną nie tylko stałych mieszkańców, ale także licznych gości przybywających w okresie wakacyjnym, jest znaczna nierównomierność poboru wody. Problem ten występuje także w rejonie Łeby, gdzie w okresie letnim pobór wody z miejskiego ujęcia w Łebieńcu wzrasta kilkakrotnie. Ujęcie to zaopatruje w wodę Łebę oraz miejscowości w północnej części gminy Wicko. W ostatnich latach zapotrzebowanie na wodę stopniowo wzrastało, roczny pobór wody osiągał 765 tys. m<sup>3</sup>. W porównaniu do ograniczeń określonych w pozwoleniu wodnoprawnym (PWP) rezerwy dopuszczalnego poboru rocznego wynoszą 23%. Na podobnym poziomie

utrzymują się także rezerwy średniego dobowego zużycia wody.

Ujęcie w Łebieńcu cechuje się znacznym zróżnicowaniem poboru wody w poszczególnych miesiącach. Największy pobór jest w lipcu i sierpniu (tab. 1), kiedy wynosi ok. 5000 m<sup>3</sup>/d, a najmniejszy w miesiącach zimowych – ok. 1000 m<sup>3</sup>/d. Latem pobór wód podziemnych jest zbliżony do limitów średniego zużycia dobowego określonych w PWP. Oznacza to, że w trakcie sezonu turystycznego rezerwy dobowej produkcji są prawie wyczerpane (Lidzbarski i in., 2017). Podobna sytuacja występuje także w innych miesiącach, np. w maju, kiedy rozpoczyna się sezon turystyczny – produkcja wody znacznie przekracza

**Tab. 1.** Miesięczny, dobowy i chwilowy pobór wody z ujęcia w Łebieńcu w 2016 r. na tle limitów pozwolenia wodnoprawnego (PWP)  
**Table 1.** Monthly, daily and instantaneous water consumption from the intake in Łebieniec in 2016 against the background of limits from the water law permit (WLP)

Miesiąc Month	Zużycie wody Water consumption	$Q_{\text{śrd}}$	$Q_{\text{śrd}}$ Limit wg PWP Limit by WLP	Rezerwa Reserve	$Q_{\text{śrh}}$	$Q_{\text{maxh}}$	$Q_{\text{maxh}}$ Limit wg PWP Limit by WLP	Rezerwa Reserve
		[m <sup>3</sup> ]		%	[m <sup>3</sup> ]		%	
I	35 570	1 147	1 350	15,0	47,8	95,6	230	58,4
II	31 700	1 132		16,1	47,2	94,3		59,0
III	37 010	1 194		11,6	49,7	99,5		56,7
IV	40 300	1 343		0,5	56,0	111,9		51,3
V	63 410	2 045		-51,5	85,2	170,5		25,9
VI	84 910	2 830	5 500	48,5	117,9	235,9	520	54,6
VII	156 280	5 041		8,3	210,1	420,1		19,2
VIII	151 700	4 894		11,0	203,9	407,8		21,6
IX	60 970	2 032		63,0	84,7	169,4		67,4
X	36 100	1 165	1 350	13,7	48,5	97,0	230	57,8
XI	32 040	1 068		20,9	44,5	89,0		61,3
XII	32 930	1 062		21,3	44,3	88,5		61,5

**Objaśnienia:**  $Q_{\text{śrd}}$  – zużycie średniodobowe;  $Q_{\text{śrh}}$  – zużycie średnio godzinowe;  $Q_{\text{maxh}}$  – zużycie maksymalne godzinowe  
**Explanations:**  $Q_{\text{śrd}}$  – average daily consumption;  $Q_{\text{śrh}}$  – average hourly consumption;  $Q_{\text{maxh}}$  – maximum hourly consumption

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza w Gdańsku, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; mirosław.lidzbarski@pgi.gov.pl

<sup>2</sup> Emerytowany pracownik Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego

limit wyznaczony przez PWP. Analiza poboru wód w poszczególnych miesiącach wskazuje, że przez większą część roku kalendarzowego nie ma możliwości istotnego zwiększenia dobowego poboru wody.

Nieco inaczej rysuje się możliwość zwiększenia chwilowej wydajności ( $Q_{max}$ ) ujęcia w Łebieńcu. W sezonie turystycznym w godzinach między 9:00 a 23:00 zapotrzebowanie na wodę jest ok. dwukrotnie większe od średniej dobowej. Wynika to z tego, że maksymalny godzinowy pobór wody może sięgać prawie  $450 \text{ m}^3/\text{h}$ , a w skrajnych przypadkach nawet  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ . W sezonie turystycznym dostawy wody zbliżają się zatem do wartości ustalonych zasobów eksploatacyjnych.

Przyjmuje się, że w najbliższych latach zapotrzebowanie na pobór wody z ujęcia w Łebieńcu wzrośnie o 20%. W obecnych uwarunkowaniach technologicznych i formalno-prawnych ujęcie to nie sprostą oczekiwaniom. Dobowa lub godzinowa wydajność tego ujęcia może być zwiększona tylko od kilku do kilkunastu procent. W dalszej przyszłości taka sytuacja stanie się niemożliwa do zaakceptowania przez odbiorców wody, a zwłaszcza władze Łeby.

## METODYKA I ZAKRES PRAC

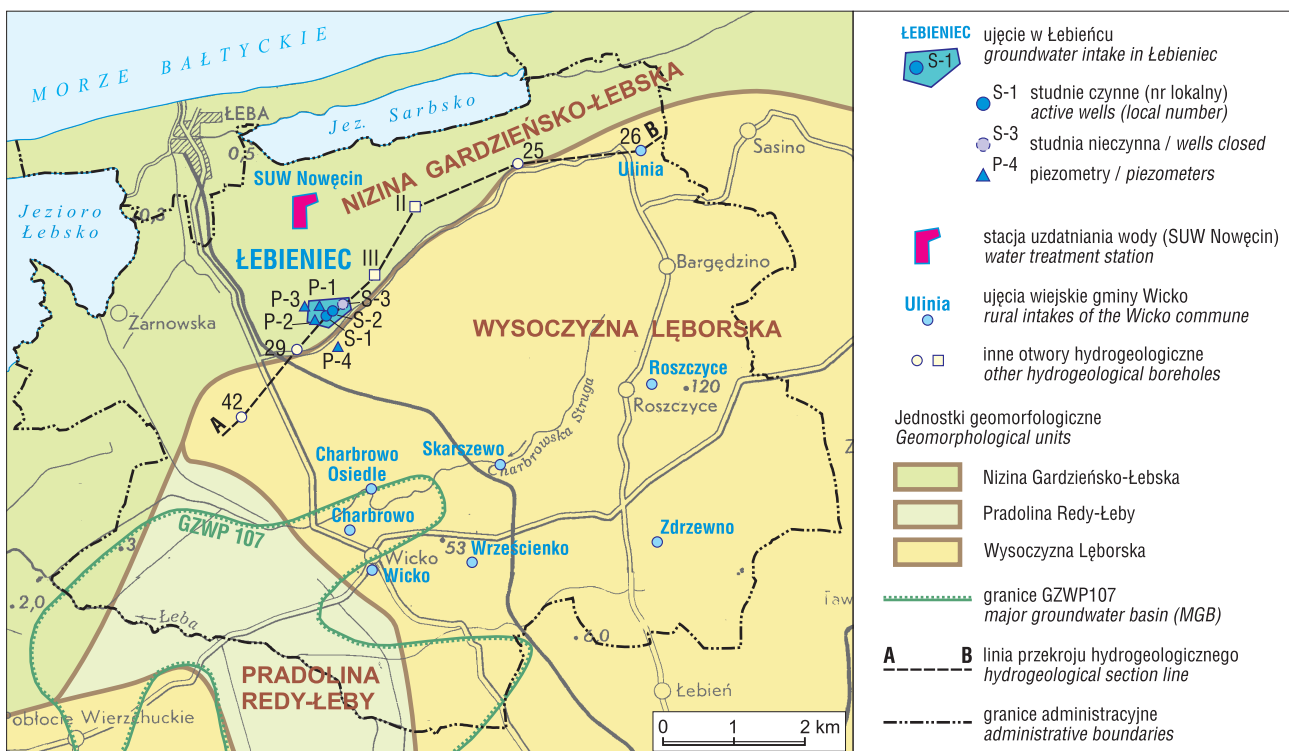
Wychodząc naprzeciw problemom zaopatrzenia Łeby w wodę pitną, podjęto prace badawcze, których celem było wskazanie możliwości zwiększenia dostaw wody. Analizowano możliwość rozbudowy dotychczasowego ujęcia wód w Łebieńcu oraz odpowiednią lokalizację budowy drugiego ujęcia wspomagającego. Badania zostały zaplanowane na dwa etapy. W pierwszym z nich wykonano prace terenowe, kontrolne badania laboratoryjne oraz prace studialne z wykorzystaniem procedur analitycznych. W ramach prac terenowych wykonano serię cyklicznych pomiarów poziomu zwierciadła wody, terenowe pomiary parametrów fizycznych w studniach i piezometrach ujęcia oraz w dostępnych otwo-

rach hydrogeologicznych. Na podstawie wyników tych pomiarów ustalono dynamikę oraz zmienność parametrów fizycznych wód głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GUPW) w różnych stanach poboru (III–IX). W okresie wzmózonej eksploatacji rozpoznano stan chemiczny wód podziemnych ujmowanych studniami S-1 i S-2. Rezultaty tych prac pozwoliły zidentyfikować ograniczenia środowiskowe w intensyfikacji poboru wód i możliwości rozbudowy ujęcia w Łebieńcu oraz odpowiednią lokalizację i zasady budowy nowego ujęcia. W niniejszym artykule opisano wyniki pierwszego etapu prac.

W drugim etapie badań zaplanowano uszczegółowienie wstępnych wyników pierwszego etapu prac za pomocą obliczeń numerycznych. Zakłada się, że na tym etapie prac zostaną zweryfikowane wyliczenia zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych. Efektem badań modelowych ma być ocena możliwości zwiększenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia w Łebieńcu oraz ocena zasobów nowego ujęcia w obszarach perspektywicznych.

## HISTORIA ZAOPATRZENIA ŁEBY W WODĘ PITNĄ

Pierwsze komunalne ujęcia wód podziemnych były zlokalizowane w centrum Łeby i ujmowały dolnopolejstoceński poziom wodonośny. Z uwagi na postępujące zasolenie warstwy wodonośnej pod koniec lat 70. ub.w. zostały one zlikwidowane (Kwaterkiewicz i in., 1999). Z tego samego powodu wzrastającemu zapotrzebowaniu na wodę pitną nie sprostano także ujęciu w Nowęcinie, które zostało wybudowane w latach 80. ub.w. Na podstawie rezultatów prac poszukiwawczych wykonanych w latach 1987–1993 rozpoznano w rejonie Łebieńca niezwykle wydajną strukturę hydrogeologiczną, cechującą się wysokimi wartościami parametrów hydrogeologicznych (ryc. 1). Po wykonaniu



Ryc. 1. Obszar badań na tle jednostek fizycznogeograficznych  
Fig. 1. The study area against the background of physical geographic units

wielu badań i pomiarów terenowych w 1997 r. udokumentowano zasoby eksploatacyjne wód podziemnych w wysokości 520 m<sup>3</sup>/h, przy depresji 3–5 m (Kwaterkiewicz, 1997). Od tego czasu zaniechano eksploatacji wód z ujęcia w Nowęcinie, a cały ciężar zaopatrzenia Łeby w wodę przeniesiono do Łebieńca. Wodę czerpano z dwóch studni – S-1 i S-2. Do tej pory studnie te pracują z maksymalną wydajnością, sięgającą 200 m<sup>3</sup>/h. Studnia S-3 nie została włączona do eksploatacji.

Wybudowanie ujęcia w Łebieńcu na wiele lat poprawiło zaopatrzenie Łeby i okolicznych miejscowości w wodę na potrzeby komunalne. Studnie ujęcia oraz piezometry (tab. 2) są zafiltrowane w warstwie dolnoplejstoczeńskiego poziomu wodonośnego w strukturze kopalnej. Wydajność eksploatacyjna studni S-1 i S-2, uzyskana w trakcie próbnych pompowań oraz pompowania zespołowego, sięgała 250 m<sup>3</sup>/h. Te wysokie parametry zostały potwierdzone przez 20-letni okres eksploatacji ujęcia.

### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Ujęcie wód podziemnych w Łebieńcu znajduje się w regionie Wybrzeża Słowińskiego, w pasie Niziny Gardzieńsko-Łebskiej. Nizina nadmorska należy do równiny pradolinnej, uformowanej w fazie moren gardzieńskich przez wody marginalne i rzeki roztokowe przed czołem zanikającego lądolodu (Tomczak, 1993; Pikies, 2016). Studnie i piezometry ujęcia w Łebieńcu zlokalizowano na zmeliowanym terenie nizinym u podstawy Wysoczyzny Łęborskiej. Wysoczyzna Łęborska powstała w wyniku akumulacji osadów wodno-lodowcowych, w których dominują warstwy najmłodszych glin bazalnych typu *lodgement* oraz piasków zwałowych, lokalnie gliniastych (Augustowski, 1977; Mojski, 1979). W rejonie ujęcia w Łebieńcu krawędź wysoczyzny jest rozcięta licznymi wąwozami oraz wyerodowanymi dolinkami potoków i małych cieków (Morawski, 1987).

Średnia suma opadów z wielolecia przekracza 650 mm, jednakże nie obejmuje ona tzw. opadów poziomych – po ich uwzględnieniu wynosi ona ok. 700 mm (Woś, 1999). W latach mokrych sumaryczne opady przekraczają 1000 mm. Wysokie opady atmosferyczne i spowodowana niskimi temperaturami powietrza niewielka intensywność parowania terenowego sprawiają, że na obszarze wysoczyzn pojezier-

nych zasilanie wód podziemnych jest większe niż w pasie nizin nadmorskich. Potencjał wodny, rozumiany jako różnica opadów atmosferycznych i parowania terenowego, jest wysoki i wynosi ok. 250 mm. Świadczy to o sprzyjających warunkach zasilania zasobów wód podziemnych oraz dużej ich odnawialności. Po uwzględnieniu wielkości spływu powierzchniowego (ok. 50 mm), pozostaje ok. 200 l/rok × m<sup>2</sup> i tym samym odpływ podziemny można szacować na około 22,8 m<sup>3</sup>/h × km<sup>2</sup>.

### OCENA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Na obszarze badań użytkowe warstwy wodonośne występują w kenozoicznych piętrach wodonośnych: czwartorzędowym i neogeńsko-paleogeńskim. Warstwy kredy górnej są zerodowane i nie tworzą warstw wodonośnych, które można by było wykorzystać do zaopatrzenia w wodę (Sadurski, 1989). Wody podziemne występują w jednym, wielopiętrowym i spójnym systemie wodonośnym, mimo że obszar opracowania jest bardzo zróżnicowany morfologicznie. Cechują go liczne kontakty hydrauliczne między poziomami wodonośnymi oraz wspólne obszary zasilania i strefy drenażu wód.

W obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego występują następujące poziomy wodonośne (ryc. 2A i 3):

- plejstoczeńsko-holoceni (Q<sub>pl-h</sub>) na obszarze Niziny Gardzieńsko-Łebskiej;
- dolnoplejstoczeński (Q<sub>dpl</sub>) na obszarze niziny nadmorskiej, który kontynuuje się w krawędziowej części Wysoczyzny Łęborskiej;
- międzymorenowy (Q<sub>m</sub>) na obszarze Wysoczyzny Łęborskiej;
- pradolinny (Q<sub>pr</sub>) w granicach Pradoliny Redy-Łeby.

W utworach neogenu wody podziemne są związane z osadami miocenu (Ng), a w utworach paleogenu (Pg) z osadami oligocenu i eocenu (Lidzbarski, 2000). Najbardziej zasobne w wody podziemne są warstwy plejstoczeńskie, których geneza wiąże się z akumulacją różnoziarnistych piasków glacialnych, fluwioglacialnych i rzecznych z czasów zlodowaceń środkowopolskich oraz *vistulianu*. Warstwy neogenu i paleogenu, wskutek erozji, mają ograniczony zasięg, występują lokalnie i miejscami są zaburzone glaciektonicznie.

Tab. 2. Parametry otworów wiertniczych w rejonie ujęcia w Łebieńcu  
Table 2. Borehole parameters in the area of the intake in Łebieniec

Otwór wiertniczy Borehole	S-1	S-2	S-3	P-1	P-2	P-3	P-4
Rok wykonania Year of execution	1989	1989	1989	1986	1989	1989	1996
Rzędna terenu [m n.p.m.] Elevation [m a.s.l.]	8,26	7,91	13,07	8,70	7,85	5,92	23,54
Głębokość otworu [m] Borehole depth [m]	139	125	107	145	110	112	106,5
Głębokość występowania warstwy wodonośnej [m] Depth of aquifer occurrence [m]	71,0–137,0	83,0–124,5	68,0–105,0	74,0–144,0	71,0–108,0	74,0–112,0	68,3–114,0
Miaższość warstwy wodonośnej [m] Aquifer thickness [m]	66	41,5	22	70	37	38	44,4
Zafiltrowanie [m] Filter [m]	108,5–137,0	100,0–124,2	83,0–105,0	123,7–144,0	92,9–108,1	94,2–110,0	97,0–103,5
Głębokość do zwierciadła wody [m] Depth to water table [m]	2,42	2,78	2,37	1,9	2,87	3,07	12,66

Wysoczyzna Łęborska tworzy zasadniczy obszar zasilania wszystkich poziomów wodonośnych. Nizina Gardzieńsko-Łębska stanowi strefę drenażu, w której można wyróżnić dwa różne rejon. Rejon przylegający do krawędzi wysoczyzny cechuje się aktywną wymianą wód, sięgającą piętra kredowego. Szczególnie intensywny jest tu dopływ lateralny. Natomiast rejon w pobliżu Łeby i jeziora Łębsko jest zaliczany do obszaru utrudnionej wymiany wód, w którym słodkie wody kenozoiku stanowią mieszaninę ze słonymi wodami podłoża mezozoicznego (Burzyński i in., 1999). Na obszarze mierzei zasilanie wód podziemnych zachodzi głównie poprzez bezpośrednią infiltrację części opadów. Lokalnie utrudnia ją obecność utworów izolujących (torfy i namuły) w zagłębieniach międzywydmowych.

Skład chemiczny wód podziemnych występujących na obszarze badań jest kształtowany przez:

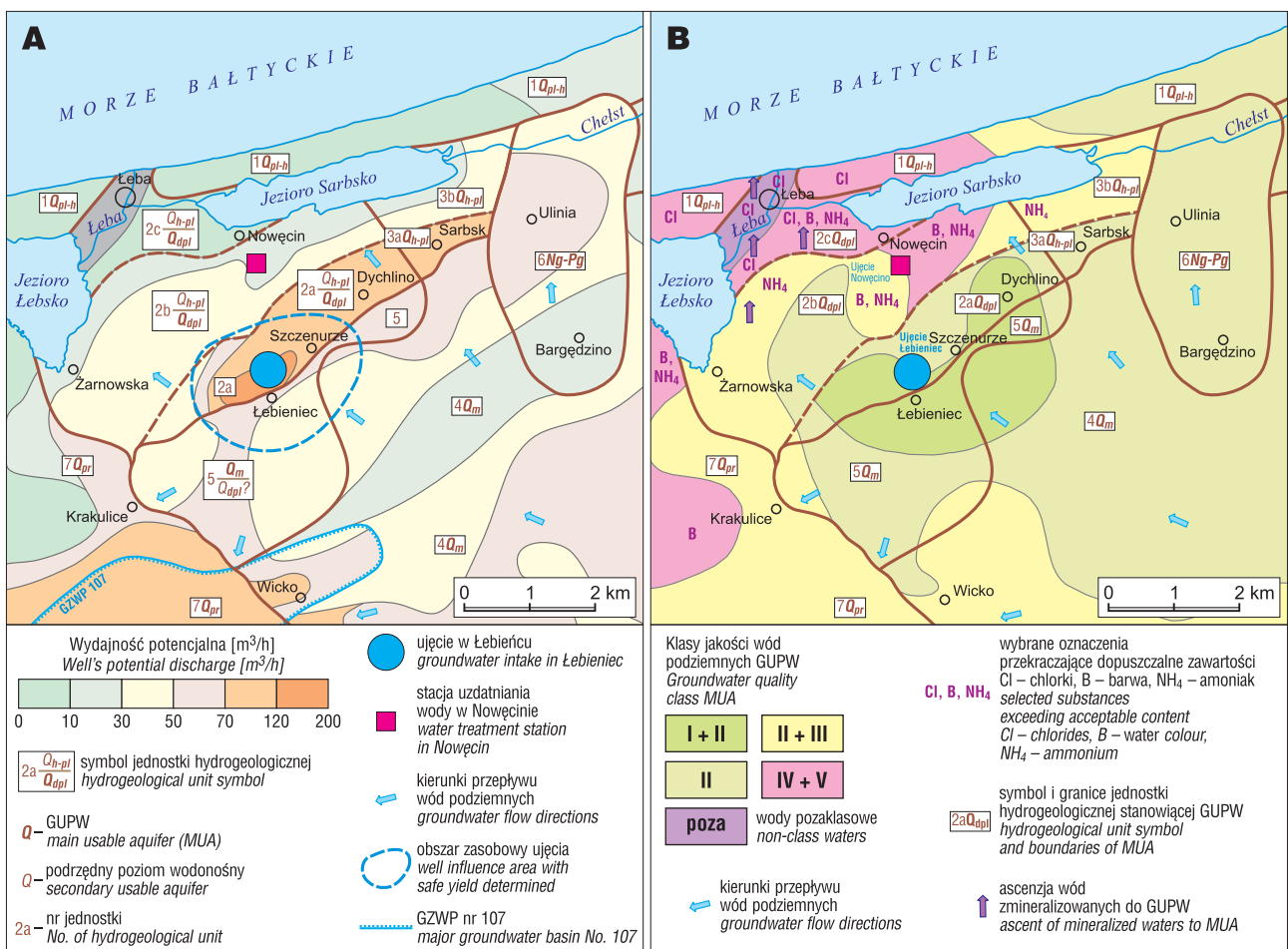
- ❑ system krążenia wód, w którym istotne jest zasilanie poziomów wodonośnych poprzez infiltrację bezpośrednią, zwłaszcza na Wysoczyźnie Łęborskiej oraz w części Niziny Gardzieńsko-Łębskiej przylegającej do wysoczyzny. Czynnikiem ten zapewnia dobrą jakość wód podziemnych dopływających z Wysoczyzny Łęborskiej do nizin nadmorskich. Wody te są wolne od zanieczyszczeń antropogenicznych oraz geogenicznych;

- ❑ w pasie nizin nadmorskich ascenzję wód słonych i zmineralizowanych z podłoża. Zjawisko to nasila się wraz ze wzrostem odległości od Wysoczyzny Łęborskiej, gdzie spadki hydrauliczne są coraz niższe, oraz w obrębie struktur rynnowych;
- ❑ ingresję wód morskich na skutek nadmiernej eksploatacji ujęć nadmorskich;
- ❑ w otoczeniu jezior Łębsko i Sarbsko wpływ osadów organicznych na skład chemiczny wód poziomu plejstoceno-holoceńskiego. Następuje tu uwalnianie związków żelaza i manganu z osadów organicznych do warstwy wodonośnej  $Q_{pl-h}$ , a także do poziomu wodonośnego  $Q_{dpl}$ .

Warunki hydrogeologiczne i hydrochemiczne w obszarze badań nie są jednorodne. Różnicuje je występowanie poziomów wodonośnych, ich wzajemne kontakty, stan chemiczny wód podziemnych, zagrożenia geogeniczne i antropogeniczne. Na podstawie tych kryteriów oraz założeń przyjętych w trakcie realizacji *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000* (MHP) dokonano regionalizacji hydrogeologicznej analizowanego obszaru (ryc. 2).

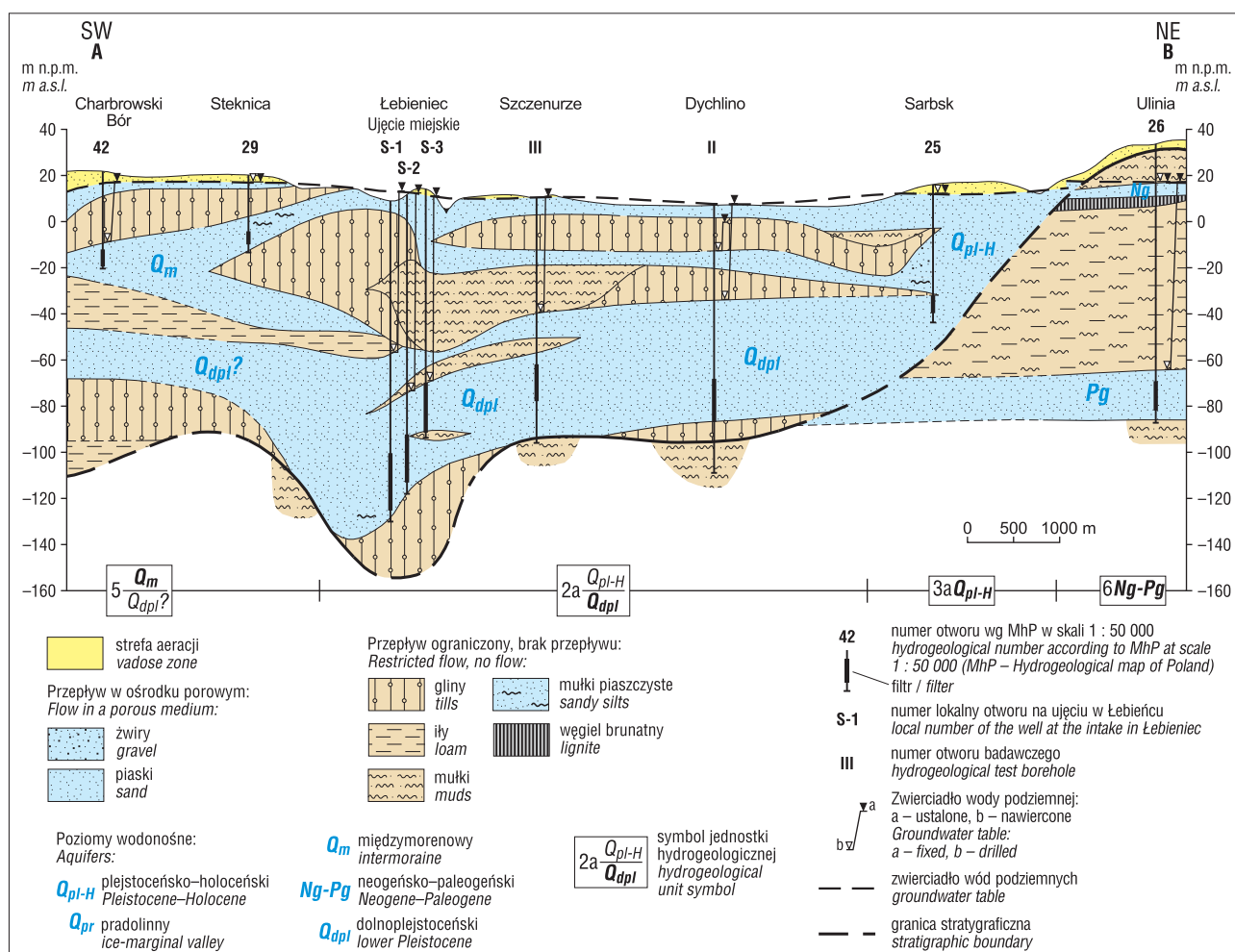
**Jednostka 1  $Q_{pl-h}$**

- obejmuje obszar Mierzei Łębskiej. Główny poziom wodonośny tej jednostki tworzą plejstocenojskie utwory wodnolodowcowe nadbudowane utworami eolicznymi.



**Ryc. 2.** Warunki hydrogeologiczne na obszarze badań: **A** – wydajność potencjalna GUPW (Lidzbarski, 2000, zmieniona); **B** – jakość wód GUPW

**Fig. 2.** Hydrogeological conditions of the research area: **A** – potential discharge of a well of the main useful aquifer (MUA; Lidzbarski, 2000, modified by author); **B** – quality of MUA waters



Ryc. 3. Przekrój hydrogeologiczny (Lidzbarski, 2000, zmieniony)  
Fig. 3. Hydrogeological cross-section (Lidzbarski, 2000, modified by author)

Zasoby potencjalne oraz zasoby dyspozycyjne są ograniczone z powodu zagrożenia ingresją wód morskich oraz podwyższonego stężenia amoniaku, żelaza i manganu.

### Jednostka 2 $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$

– została wydzielona w północnej części Niziny Gardzieńsko-Łębskiej, gdzie występują dwa poziomy wodonośne: plejstoceno-holocenoński ( $Q_{pl-h}$ ) oraz głębiej zalegający dolnoplejstocenoński ( $Q_{dpl}$ ). Poziom dolnoplejstocenoński jest na obszarze jednostki znacznie lepiej wykształcony i dlatego został uznany za GUPW. Ze względu na jakość wód podziemnych oraz zagrożenia ascensją wód zmineralizowanych z podłoża i ingresją wód morskich obszar jednostki został podzielony na trzy części.

### Jednostka 2a $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$

– stanowi południowy fragment jednostki 2, przylegający do krawędzi Wysoczyzny Łęborskiej. W obrębie obszaru opracowania jest to najzasobniejsza w wodę jednostka hydrogeologiczna. Wysoką zasobność tej części jednostki zapewnia intensywny dopływ lateralny wód podziemnych spod Wysoczyzny Łęborskiej oraz w mniejszym wymiarze infiltracja opadów poprzez płycej występujący poziom plejstoceno-holocenoński. Zasoby eksploatacyjne

ujęć zostały zatwierdzone w wysokości 626 m<sup>3</sup>/h, z czego 520 m<sup>3</sup>/h przypada na ujęcie w Łebieńcu. Strop warstwy wodonośnej, która najczęściej jest przykryta kompleksem glin zwałowych, występuje na głębokości 40–90 m. Na większości obszaru zapewnia to wystarczającą izolację przed przenikaniem zanieczyszczeń z powierzchni terenu. Parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej osiągają wyjątkowo wysokie wartości: miąższość – od 15 do 70 m, średnia przewodność przekracza 500 m<sup>2</sup>/24 h (maksymalnie 2356 m<sup>2</sup>/24 h), a wydajność potencjalna studni mieści się w granicach 70–200 m<sup>3</sup>/h. Jakość wód nie budzi zastrzeżeń – najczęściej występują wody II klasy. Po uruchomieniu ujęcia w Łebieńcu główny poziom użytkowy tej jednostki stanowił podstawę zaopatrzenia w wodę Łeby i najbliższych okolic.

Podrzędny poziom wodonośny stanowią słabo wykształcone utwory plejstoceno-holocenońskie. Jakość wód tego poziomu odpowiada klasie II i III z powodu podwyższonej zawartości żelaza i manganu. Wody tego poziomu są ujmowane przez lokalne ujęcia zakładowe.

### Jednostka 2b $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$

– stanowi kontynuację jednostki 2 w kierunku północno-zachodnim. Za główny poziom wodonośny został także uznany poziom dolnoplejstocenoński, chociaż jego parametry są znacznie słabsze niż w jednostce 2a. Zasobność

wód podziemnych kształtuje ograniczone zasilanie lateralne. Z tego powodu eksploatacja wód podziemnych inicjuje dopływ wód słabej jakości z poziomu plejstoceno-holocenońskiego. Czynniki te sprawiają, że wydajność ujęć wód podziemnych jest ograniczona, a ich eksploatacja przez dłuższy czas może powodować obniżenie jakości wód i wzrost zagrożenia zasoleniem. Takie pogorszenie jakości wód nastąpiło w Nowęcinie, w związku z tym pod koniec XX w. ujęcie to zostało wyłączone z eksploatacji.

#### Jednostka 2c $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$

– jest najbardziej wysunięta na północ – w całości obejmuje Łebę i przylega do jezior Sarbsko oraz Łebsko. Z powodu zasolenia warstwy wodonośnej ma ona niewielkie znaczenie pod względem warunków hydrogeologicznych i możliwości zaopatrzenia w wodę.

#### Jednostka 3 $Q_{pl-h}$

– przylega do wschodniego brzegu jeziora Sarbsko i obejmuje poziom plejstoceno-holocenoński. Lokalnie występuje też poziom dolnoplejstocenoński, połączony bezpośrednio z poziomem  $Q_{pl-h}$ . W południowej części jednostki (3a) parametry warstwy wodonośnej są bardzo dobre: miąższość warstwy wodonośnej sięga 60 m, a potencjalna wydajność otworu wynosi ok. 70 m<sup>3</sup>/h. Jakość wód jest dobra, chociaż z powodu braku izolacji może ulec pogorszeniu na skutek presji czynników antropogenicznych. W północnej części jednostki (3b) parametry hydrogeologiczne są znacznie słabsze, a wody podziemne są zaliczane do II i IV klasy jakości, ze względu na podwyższoną obecność związków żelaza i manganu oraz barwę.

#### Jednostka 4 $\frac{Q_m}{Ng - Pg}$

– występuje na obszarze Wysoczyzny Łęborskiej. Głównym poziomem wodonośnym tej jednostki jest poziom międzymorenowy, który zalega na głębokości 15–50 m, miejscami 50–100 m. Izolacja poziomu jest częściowa, lokalnie może być znacznie obniżona. W warstwie tej najlepsze parametry wodonośne stwierdzono w północnej części jednostki i na południu: miąższość 20–40 m, przewodność do 1000 m, a maksymalnie 1500 m<sup>2</sup>/24 h, wydajność potencjalna studni wynosi 60–70 m<sup>3</sup>/h. Wody tego poziomu są eksploatowane przez ujęcia wiejskie na potrzeby mieszkańców gminy Wiczo oraz inne lokalne ujęcia.

#### Jednostka 5 $\frac{Q_m}{Q_{dpl} ?}$

– została wyodrębniona w strefie krawędziowej Wysoczyzny Łęborskiej i sąsiaduje z jednostką 2a. Parametry hydrogeologiczne międzymorenowego poziomu wodonośnego i jego zasobność są zbliżone do parametrów występujących na całym obszarze Wysoczyzny Łęborskiej. Jednostka została wyodrębniona z uwagi na prawdopodobne występowanie poziomu dolnoplejstocenońskiego. Poziom ten jest jednak słabo rozpoznany.

#### Jednostka 6 $Ng - Pg$

– na jej obszarze wody podziemne występują w osadach oligocenu, stanowiących główny poziom wodonośny,

a lokalnie także w osadach miocenu. Wodoprzewodność poziomu mieści się w granicach 200–400 m<sup>2</sup>/24 h. Wydajność potencjalna jest zróżnicowana: od 20 do 70 m<sup>3</sup>/h. Wody podziemne odpowiadają klasie II, lokalnie III, ich jakość obniżają podwyższone stężenia żelaza i manganu.

#### Jednostka 7 $Q_{pr}$

– jej granice zostały wyznaczone wzdłuż krawędzi Pradoliny Redy–Łeby. Główny poziom wodonośny stanowią utwory plejstocenońskiej serii pradolinnej (Lidzbarski, 1995). Parametry hydrogeologiczne są bardzo wysokie. Część poziomu pradolinnej stanowi fragment GZWP 107. Pogarszająca się jakość wód poziomu wodonośnego w otoczeniu jeziora Łebsko oraz ograniczony przepływ w warstwie wodonośnej w tym rejonie obniżają przydatność tych wód do spożycia.

### STUDIALNA OCENA ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

W ocenie zasobów wód podziemnych uwzględniono ich dwie kategorie – zasoby odnawialne i dyspozycyjne. Zostały one oszacowane na podstawie MHP ark. Łeba (Lidzbarski, 2000), wyników własnych badań i obserwacji terenowych oraz obliczeń analitycznych. Zasoby wód podziemnych oszacowano w odniesieniu do jednostek hydrogeologicznych wyodrębnionych na potrzeby opracowania. Mając na wadze możliwość rozbudowy ujęcia w Łebieńcu oraz budowy nowego ujęcia do szczegółowej oceny zasobów wód podziemnych wskazano jednostki 2a i 3a. Przedmiotem analizy był poziom dolnoplejstocenoński w obrębie jednostki 2a i poziom plejstoceno-holocenoński połączony z dolnoplejstocenońskim w obrębie jednostki 3a. Obie jednostki cechują się wysokimi wartościami parametrów hydrogeologicznych i płytkim zaleganiem zwierciadła wód podziemnych. Wyróżnia je uprzywilejowana pozycja w systemie krążenia wód podziemnych – są zasilane intensywnym dopływem lateralnym spod Wysoczyzny Żarnowieckiej. Istotne są także połączenia hydrauliczne między poziomami wodonośnymi, ułatwiające przepływy pionowe. Na dużą wartość zasobów odnawialnych tych jednostek wpływa także ich geometria i lokalizacja. Dłuższym bokiem przylegają do krawędzi Wysoczyzny Łęborskiej, co ułatwia frontalne zasilanie dopływem bocznym na odcinku ponad 8,3 km. Na obecnym etapie prac do oceny zasobów odnawialnych ( $Q_o$ ) posłużono się metodą hydrodynamiczną (Pazdro, Kozerski, 1990), wg której:

$$Q_o = L \times m \times k \times I$$

Obliczenia odnoszą się do frontu filtracyjnego wzdłuż krawędzi Wysoczyzny Łęborskiej (tab. 3).

W jednostce 2a:

□ L1 – odcinek między Steknicą a Szczenzurzem, front przepływu w kierunku ujęcia Łebieniec;

□ L2 – odcinek między Szczenzurzem a granicą jednostki w rejonie Sarbska;

W jednostce 3a:

□ L3 – odcinek w rejonie Sarbska.

Uwzględniając wysokość opadów atmosferycznych (600–650 mm/rok) i dobrą przepuszczalność utworów powierzchniowych, infiltrację bezpośrednią ustalono w wysokości:

- jednostka 2a (fragment jednostki o powierzchni około 9 km<sup>2</sup>) –  $Q_{2a} = 185 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- jednostka 3a (fragment o powierzchni około 1,8 km<sup>2</sup>) –  $Q_{3a} = 37 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Łączną wartość zasobów odnawialnych ( $Q_o$ ) tych jednostek szacuje się na: 1789 m<sup>3</sup>/h (tab. 4), w tym: jednostki 2a na 1258 m<sup>3</sup>/h oraz jednostki 3a na 516 m<sup>3</sup>/h. Zasoby

odnawialne pozostałych jednostek hydrogeologicznych zostały oszacowane na podstawie informacji zawartych na *Mapie Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000* ark. Łeba (Lidzbarski, 2000). Podstawą tych obliczeń były moduły zasobów odnawialnych określone dla GUPW w poszczególnych jednostkach hydrogeologicznych, z uwzględnieniem systemu obiegu wody (tab. 4).

**Tab. 3.** Wyniki obliczeń odnawialnych zasobów wód podziemnych jednostek hydrogeologicznych 2a i 3a  
**Table 3.** Results of calculations of renewable resources of hydrogeological units 2a and 3a

Parametry Parameters	Jednostka 2a Unit 2a		Jednostka 3a Unit 3a
	odcinek L1 section L1	odcinek L2 section L2	odcinek L3 section L3
Długość frontu ( $L$ ) [m] Front length ( $L$ ) [m]	3200	2900	2200
Miaższość warstwy ( $m$ ) [m] Aquifer thickness ( $m$ ) [m]	45	40	30
Współczynnik filtracji ( $k$ ) [m/h] Filtration coefficient ( $k$ ) [m/h]	2,4	0,3	1,1
Spadek hydrauliczny ( $I$ ) [-] Hydraulic gradient ( $I$ ) [-]	0,0026	0,005	0,0066
Zasoby odnawialne ( $Q_o$ ) [m <sup>3</sup> /h] Renewable resources ( $Q_o$ ) [m <sup>3</sup> /h]	899	174	479
	1073		

**Tab. 4.** Szacowane zasoby wód podziemnych w jednostkach hydrogeologicznych w okolicy Łeby  
**Table 4.** Estimated groundwater resources within hydrogeological units

Jednostka hydrogeologiczna Hydrogeological unit		Szacowane zasoby Estimated groundwater resources [m <sup>3</sup> /h]		Uwagi Comments	Strefy hydrodynamiczne Hydrodynamic zones
Symbol Symbol	A [km <sup>2</sup> ]	$Q_o$	$Q_d$		
1 $Q_{pt-h}$	15,5	140	–	brak oceny $Q_d$ z uwagi na zagrożenia ingresją wód morskich no $Q_d$ rating due to the threat of sea water ingress	strefa drenażu discharge area
2a $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpt}}$	12,1	1258	870	obszar perspektywiczny prospective area	
2b $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpt}}$	20,0	130	–	brak oceny $Q_d$ z uwagi na zagrożenia ingresją wód słonych oraz ascencją wód zmineralizowanych z podłoża no $Q_d$ rating due to the threat of salt water ingress and ascent of mineralized waters from the ground	
2c $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpt}}$	6,6	33	–		
3a $Q_{pt-h}$	1,8	516	300	obszar perspektywiczny prospective area	
3b $Q_{pt-h}$	3,4	70	–	brak oceny $Q_d$ z uwagi na zagrożenia ingresją wód słonych no $Q_d$ rating due to the threat of salt water ingress	
4 $\frac{Q_m}{Ng - Pg}$	64,3	660	405		obszar zasilania recharge area
5 $\frac{Q_m}{Q_{dpt}?$	18,1	250	160		
6 $Ng - Pg$	21,0	110	70		
7 $Q_{pr}$	26,1	445	180	$Q_d$ obniżone z powodu obecności osadów organicznych, które obniżają jakość wód $Q_{pr}$ $Q_d$ reduced due to the impact of organic sediments on the reduced water quality $Q_{pr}$	strefa drenażu discharge area
Razem Total	188,9	3598	1985		

**Objaśnienia:** A – powierzchnia jednostki hydrogeologicznej;  $Q_o$  – zasoby odnawialne,  $Q_d$  – zasoby dyspozycyjne; poziomy wodonośność:  $Q_{pl-h}$  – plejstoceno-holoceni,  $Q_{dpt}$  – dolnoplejstoceni,  $Q_m$  – międzymorenowy,  $Q_{pr}$  – pradolina, Ng – neogeni, Pg – paleogeni  
**Explanations:** A – surface of the hydrogeological unit surface,  $Q_o$  – renewable groundwater resource,  $Q_d$  – disposable resources; aquifers:  $Q_{pl-h}$  – Pleistocene-Holocene,  $Q_{dpt}$  – lower Pleistocene,  $Q_m$  – intermoraine,  $Q_{pr}$  – ice-marginal valley, Ng – Neogene, Pg – Paleogene

W okolicy Łeby najzasobniejsza w wody podziemne jest jednostka hydrogeologiczna 2a oraz przylegająca do niej jednostka 3a. W jednostce 5 można by było ujmować wody nie tylko z poziomu międzymorenowego, ale być może także i dolnoplejstoceńskiego. Stosując metody analityczne nie można dokładnie ocenić dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych w analizowanych jednostkach hydrogeologicznych oraz zasobów eksploatacyjnych nowych ujęć wód podziemnych – wynik tych obliczeń byłby obarczony dużym błędem. Według przybliżonych szacunków można jednak przyjąć, że zasoby dyspozycyjne jednostek hydrogeologicznych niezagrażonych czynnikami geogenicznymi i antropogenicznymi będą stanowić ok. 60% zasobów odnawialnych (Lidzbarski, 2000), w jednostce 2a – ze względu na wyjątkowo wysokie wartości parametrów hydrogeologicznych i korzystne położenie w systemie krążenia wód – nawet 70%. Zasoby dyspozycyjne oszacowane wg tej formuły wskazują, że najzasobniejszym obszarem, umożliwiającym rozbudowę ujęcia w Łebieńcu oraz budowę nowego ujęcia jest jednostka 2a o zasobach dyspozycyjnych 870 m<sup>3</sup>/h oraz jednostka 3a o zasobach 300 m<sup>3</sup>/h (tab. 5). Jednostki nr 4 i 5, o łącznych zasobach dyspozycyjnych 565 m<sup>3</sup>/h, oferują duże możliwości lokalizowania nowych ujęć wód lub rozbudowy istniejących, jednak do wykorzystywania ich zasobów zaleca się jedynie rozproszony system poboru wód.

## OBSZARY PERSPEKTYWICZNE

Identyfikując perspektywiczne obszary pozyskiwania wód podziemnych w okolicach Łeby rozpatrywano możliwość pozyskania zasobów wodnych z poszczególnych jednostek hydrogeologicznych wydzielonych na Wybrzeżu Słowińskim. W analizie uwzględniono następujące kryteria:

- ❑ wielkość zasobów odnawialnych ( $Q_o$ ) i dyspozycyjnych ( $Q_d$ );
- ❑ możliwość poboru wód z zastosowaniem skupionego lub rozproszonego systemu poboru;
- ❑ występowanie zagrożeń geogenicznych (ZG),
- ❑ odporność systemu wodonośnego na zagrożenia antropogeniczne ( $O_{wp}$ ),
- ❑ odległość od stacji uzdatniania wody w Nowęcinnie i potencjalnych odbiorców (L).

Wyniki waloryzacji (tab. 5) umożliwiły wskazanie obszaru perspektywicznego, który obejmuje jednostkę 2a i 3a (ryc. 4). Obszar ten ma największy potencjał zasobowy (ok. 1170 m<sup>3</sup>/h), odpowiedni do budowy nowych ujęć wód podziemnych i rozbudowy ujęcia w Łebieńcu (2a).

Wydatność ujęcia wód podziemnych w Łebieńcu można zwiększyć poprzez pełne wykorzystanie istniejących studni oraz budowę nowych. Korzystając z dotychczasowej infrastruktury technicznej ujęcia (tj. studni S-1, S-2 i S-3) można prowadzić ciągłą eksploatację wód podziemnych w wysokości ustalonych zasobów eksploatacyj-

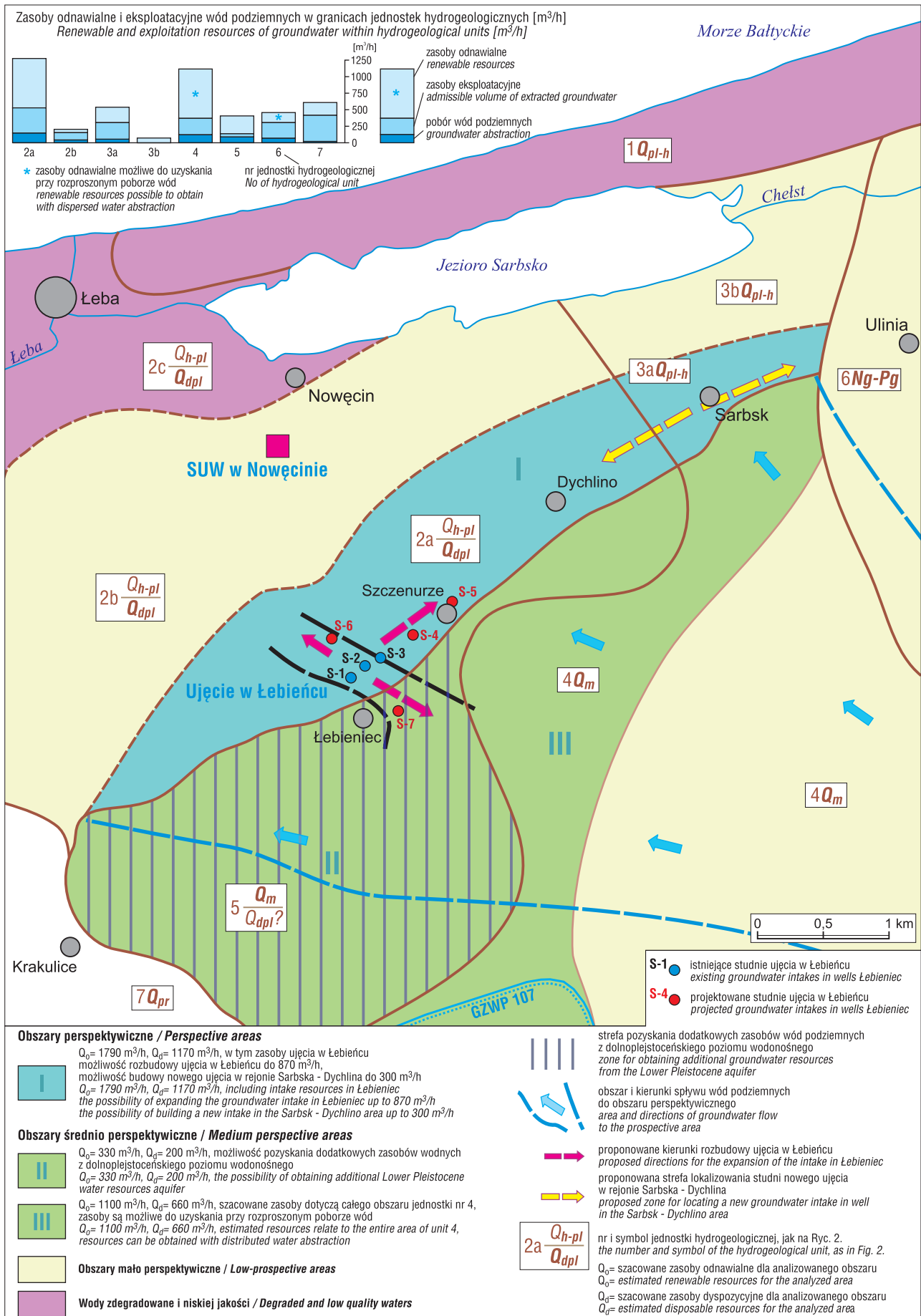
**Tab. 5.** Obszary perspektywiczne – ocena parametryczna jednostek hydrogeologicznych  
**Table 5.** Perspective areas – parametric assessment of hydrogeological units

Jednostka hydrogeologiczna <i>Hydrogeological unit</i>	$Q_o$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_d$ [m <sup>3</sup> /h]	Zalecany pobór wód <i>Recommended water abstraction</i>	ZG	$O_{wp}$	L [km]
1 $Q_{pl-h}$	Obszar nieperspektywiczny, wyłączony z analizy hydrogeologicznej <i>Non-prospective area, excluded from hydrogeological analysis</i>					
2a $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$	1 258	do 870	skupiony lub rozproszony <i>focused or dispersed</i>	brak <i>lack</i>	częściowa <i>partial</i>	1,5–5,0
2b $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$	130	–	rozproszony <i>dispersed</i>	lokalnie <i>locally</i>	częściowa <i>partial</i>	0–4,0
2c $\frac{Q_{pl-h}}{Q_{dpl}}$	Obszar nieperspektywiczny, wyłączony z analizy hydrogeologicznej <i>Non-prospective area, excluded from hydrogeological analysis</i>					
3a $Q_{pl-h}$	516	300	skupiony lub rozproszony <i>focused or dispersed</i>	brak <i>lack</i>	słaba <i>low</i>	4,0–6,0
3b $Q_{pl-h}$	70	Obszar nieperspektywiczny, wyłączony z analizy hydrogeologicznej <i>Non-prospective area, excluded from hydrogeological analysis</i>				
4 $\frac{Q_m}{Ng - Pg}$	660	do 405	rozproszony <i>dispersed</i>	brak <i>lack</i>	częściowa <i>partial</i>	>4,0
5 $\frac{Q_m}{Q_{dpl} ?}$	250	160	skupiony lub rozproszony <i>focused or dispersed</i>	brak <i>lack</i>	częściowa <i>partial</i>	3,5–7,0
6 Ng–Pg	110	70	rozproszony <i>dispersed</i>	brak <i>lack</i>	wysoka <i>high</i>	>6,0
7 $Q_{pr}$	445	180	skupiony <i>focused</i>	lokalnie <i>locally</i>	słaba <i>low</i>	>6,0
Wartość jednostki w obrębie kryterium: <i>Unit value within the criterion:</i>			bardzo dobra <i>very good</i>	dobra i średnia <i>good and moderate</i>	słaba <i>low</i>	bardzo słaba <i>very low</i>

**Objaśnienia:**  $Q_o$  – zasoby odnawialne,  $Q_d$  – zasoby dyspozycyjne, ZG – zagrożenia geogeniczne,  $O_{wp}$  – odporność wód podziemnych na zagrożenia antropogeniczne, L – odległość od stacji uzdatniania wody. Pozostałe objaśnienia są pod tab. 4

**Explanations:**  $Q_o$  – renewable of groundwater resource,  $Q_d$  – disposable resources, ZG – groundwater threatened by geogenic factors,  $O_{wp}$  – resistance to pollution, L – distance from a water treatment station. For other explanations see Table 4





Ryc. 4. Obszary perspektywiczne budowy ujęć wód podziemnych w rejonie Łeby  
 Fig. 4. Prospective areas for the construction of underground water intakes in the Łeba region

nych przez cały rok. Istnieje też możliwość chwilowego zwiększenia poboru wód w sezonie turystycznym o dodatkowe 100–200 m<sup>3</sup>/h, wymaga to jednak rozbudowy ujęcia o kolejne studnie. Lokalizacja proponowanych nowych studni S-6 i S-7 nawiązuje do przypuszczalnego przebiegu głębokiej struktury kopalnej. Dlatego też jednoczesna eksploatacja tych studni w połączeniu ze studniami S-1 i S-2 (i ewentualnie S-3) pozwoliłaby znacząco zwiększyć wydajność eksploatacyjną ujęcia – do 770 m<sup>3</sup>/h. Można się spodziewać, że skład chemiczny i jakość wód podziemnych pobieranych z obu dodatkowych studni będą zbliżone do jakości wód ujmowanych w Łebieńcu. Z uwagi na ponadnormatywne stężenia związków żelaza i manganu woda ta będzie wymagała prostego uzdatniania. Dodatkowo zasoby eksploatacyjne wód podziemnych można będzie zwiększyć poprzez budowę kolejnych dwóch studni: S-4 i S-5 (ryc. 4). Studnie te należy wykonać na północny wschód od ujęcia w Łebieńcu – nieopodal miejscowości Szczenurze. Umożliwią one zwiększenie łącznego poboru wód ujęcia do 870 m<sup>3</sup>/h. Głównym zbiornikiem wód podziemnych, gwarantującym pobór dodatkowych zasobów wodnych, jest dolnoplejstocenijski poziom wodonośny. Należy jednak mieć na uwadze, że poza Łebieńcem jego parametry hydrogeologiczne są nieco słabsze. Tym nie mniej gwarantują one zaopatrzenie studni o wydajności od 70 do 100 m<sup>3</sup>/h. Opisywana część obszaru perspektywicznego (w granicach jednostki 2a) ma także tę zaletę, że znajduje się nieopodal dotychczasowego ujęcia komunalnego w Łebieńcu oraz stacji uzdatniania wód w Nowęcinie.

Biorąc pod uwagę planowany duży pobór wód należy się spodziewać, że zasięg leja depresji zwiększy się dwukrotnie, a rejonowa depresja pogłębi się o ok. 3–5 m. Hydrogeologiczne skutki takiego sposobu rozbudowy ujęcia można będzie znacznie dokładniej określić z zastosowaniem matematycznych obliczeń przepływu wód podziemnych, czyli badań modelowych.

Wschodnia część obszaru perspektywicznego obejmuje jednostkę 3a (tab. 4). Warunki hydrogeologiczne w tej jednostce oraz zasoby odnawialne są odpowiednie do budowy ujęcia o zasobach eksploatacyjnych do 300 m<sup>3</sup>/h. Duże zasoby eksploatacyjne wód zapewnia płytki poziom plejstocenijsko-holocenijski, lokalnie połączony z poziomem dolnoplejstocenijskim. Studnie ujęcia powinny być usytuowane równolegle do drogi łączącej Szczenurze z Sarbskiem. Wstępnie proponuje się odwiercenie 3–4 studni, usytuowanych w odstępach co 200–500 m. Możliwe są także inne warianty ich lokalizacji i głębokości. Rozstrzygnięcie tego zagadnienia wraz z ustaleniem zasobów eksploatacyjnych będzie możliwe dopiero po wykonaniu badań modelowych. Na obecnym etapie prac szacuje się, że możliwe będzie uzyskanie ok. 250–300 m<sup>3</sup>/h wody na potrzeby komunalne. Wydajność eksploatacyjna studni będzie się wahać od 60 do 100 m<sup>3</sup>/h. Głębokość studni powinna wynosić od 60 do 100 m. Jakość ujmowanych wód podziemnych będzie zbliżona do stanu chemicznego wód w Łebieńcu. Nie wyklucza się nieco wyższych stężeń związków żelaza i manganu.

Znacznie mniejsze znaczenie w pozyskaniu wód na potrzeby zaopatrzenia Łeby mają jednostki 4 i 5. Czynnikiem obniżającym ich przydatność jest konieczność rozproszonyj eksploatacji, co wyklucza budowę dużego ujęcia o skupionym poborze wód.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Charakterystyczną cechą miejskiego ujęcia wód podziemnych w Łebie jest nierównomierność poboru wód w ciągu roku. Eksploatacja wód w sezonie turystycznym jest wielokrotnie większa niż w pozostałych miesiącach. Rezerwy dobowej produkcji są wtedy prawie wyczerpane. Mając na uwadze dalszy rozwój Łeby i okolicznych miejscowości, konieczna jest rozbudowa ujęcia w Łebieńcu lub budowa nowego ujęcia wód w innym miejscu.

W strefie nadmorskiej na eksploatację wód podziemnych wpływają szczególne uwarunkowania środowiskowe: system krążenia wód podziemnych, wielopiętrowość systemu wodonośnego, ascenzja wód zmineralizowanych z podłoża, ingresja wód morskich oraz wpływ osadów organicznych występujących w nadkładzie warstwy wodonośnej. Mając na uwadze uwarunkowania formalno-prawne oraz środowiskowe podjęto badania, w wyniku których określono możliwość rozbudowy ujęcia w Łebieńcu. Wskazano także obszary perspektywiczne. Najkorzystniejszym rejonem do budowy nowego ujęcia zaopatrującego w wodę Łebę jest strefa między Dychlinem a Sarbskiem. Wodę można będzie eksploatować z dolnoplejstocenijskiego poziomu wodonośnego, który w rejonie Sarbska łączy się z poziomem plejstocenijsko-holocenijskim w jedną warstwę wodonośną. Decyzja o podjęciu rozbudowy ujęcia w Łebieńcu lub budowy nowego musi być poprzedzona badaniami modelowymi procesów hydrogeologicznych. Ich wyniki umożliwią weryfikację efektów prac studialnych i przyjętych założeń. Dokumentowanie zasobów wodnych lub optymalizowanie poboru wód w strefie nadmorskiej powinno być prowadzone dwuetapowo, zgodnie z procedurą opisaną w artykule. W pierwszym etapie prac rekomenduje się procedury analityczne, oparte na dotychczasowym rozpoznaniu i wynikach badań terenowych. W drugim etapie zaleca się badania modelowe, które pozwolą zweryfikować założenia przyjęte podczas pierwszego etapu prac.

## LITERATURA

- AUGUSTOWSKI B. (red.) 1977 – Pobrzeże Pomorskie. Ossolineum, Warszawa: 33, 339.
- BURZYŃSKI K., KOZERSKI B., SADURSKI A. 1999 – Procesy ingresji i ascenzji wód na polskim wybrzeżu Bałtyckim. Biul. PIG, 388: 40.
- KWATERKIEWICZ A. 1997 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych z utworów czwartorzędowych ujęcia komunalnego miasta Łeby. Arch. P.G. POLGEOL, Gdańsk.
- KWATERKIEWICZ A., SADURSKI A., ZUBER A. 1999 – Wiek wód podziemnych rejonu Łeby i geneza ich zasolenia. Mat. Konf. Współczesne problemy Hydrogeologii. Wyd. Geol., Warszawa–Kielce: 189.
- LIDZBARSKI M. 1995 – Dokumentacja hydrogeologiczna głównego zbiornika wód podziemnych nr 107 – Pradolina rzeki Łeby. Arch. Przeds. Hydrogeol., Gdańsk.
- LIDZBARSKI M. 2000 – Mapa hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, ark. Łeba (3). Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- LIDZBARSKI M., SADURSKI A., WARUMZER R. 2017 – Studium możliwości budowy nowego ujęcia wód podziemnych na potrzeby miasta Łeby i gminy Wicko. Arch. Państw. Inst. Geol. – PIB Oddział w Gdańsku.
- MOJSKI J.E. 1979 – Zarys stratygrafii plejstocenu i budowy jego podłoża w rejonie gdańskim. [W:] Budowa geologiczna Polski, t. 1, cz. 3B. Wyd. Geol., Warszawa.
- MORAWSKI W. 1987 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Łeba. Wyd. Geol., Warszawa.
- PKIES R. 2016 – Budowa geologiczna i morfogeneza Wzniesienia Ełbskiego w świetle zróżnicowanej dynamiki łądolodu zlodowacenia wisły. Biul. Państw. Inst. Geol., 467: 42–53.
- SADURSKI A. 1989 – Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. Zesz. Nauk. AGH, 46: 20.
- TOMCZAK A. 1993 – Peat series in the coastal zone. Proc. III<sup>rd</sup> Marine Geological Conference. Guide-book of the excursion. Sopot.
- WOŚ A. 1999 – Klimat Polski. PWN, Warszawa: 121–134.