



Rola wód podziemnych w zasilaniu mokradeł w różnych warunkach geomorfologicznych

Krzysztof Józwiak¹, Tatiana Solovey¹



K. Józwiak



T. Solovey

The role of groundwater in feeding wetlands in reference to various geomorphological conditions. Prz. Geol., 67: 906–913; doi: 10.7306/2019.49

Abstract. The aim of the article is to analyze the occurrence of hydrogenic habitats in relation to morphogenesis and local groundwater circulation systems. The study was conducted in 2017 on 61 wetlands throughout Poland. Most of the studied habitats were located in the Vistula and Warta glaciation areas. The analyzed hydrogenic habitats belonged mainly to four habitat types: telmatic organic marshes, alluvial mineral marshes, periodic moistlands and peatlands. Three small mountainous spring areas were also included in the analysis. The impact of hydrogeological conditions on the supply and contact of groundwater with the habitat was analyzed. The type of hydrological feeding of habitats was also verified. The classification of morphogenetic conditions was based on the Detailed Geological Map of Poland at a scale of

1:50 000. Based on morphogenetic units, the dominant habitat types in individual units were specified: river valleys, plain glacialustrine, ice-marginal valleys, lake plains, upland, outwash plains. The occurrence of individual types of habitats against the background of local groundwater circulation systems was also characterized. For selected habitats, a performed analysis encompassed the impact of fluctuations in the groundwater table over many years on the possibilities of groundwater supply.

Keywords: wetlands, morphogenesis, groundwater

Pod pojęciem mokradła są rozumiane ekosystemy pośrednie między typowo wodnymi a lądowymi, zazwyczaj występujące na ich pograniczu i kształtujące się pod wpływem stałego lub okresowego przesylenia podłoża wodą (Ekosystemy, 2009; Łachacz, 2004). Wody podziemne odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu mokradeł, jednak często jest ona pomijana. Ekosystemy mokradeł są uzależnione od wód podziemnych, jeśli na ich skład, strukturę i funkcje wpływa zasilanie wodami podziemnymi (Bertrand i in., 2012; Wheeler, Proctor, 2000). Zależność ta może oscylować od obligatoryjnej do opcjonalnej. Obligatoryjne uzależnienie oznacza, że ekosystem wymaga ciągłego, sezonowego lub epizodycznego zasilania przez wody podziemne, a zależność opcjonalna – że brak tego zasilania nie spowoduje niekorzystnych skutków w bioceozie (Mitsch i in., 2009).

Powszechnie stosowana w Polsce klasyfikacja mokradeł według typów zasilania hydrologicznego – THZ (Okruszko, 1992) jest niedostatecznie sprecyzowana w zakresie siedlisk hydrogenicznym zależnym od wód podziemnych. W klasyfikacji THZ do siedlisk zależnych od wód podziemnych zaliczono mokradła topogeniczne (usytuowane przeważnie w strefie przybrzeżnej jezior i zasilane poprzez podsiąkanie zastoiskowych wód gruntowych) oraz mokradła soligeniczne (zasilane przez wody o szybkim przepływie, zazwyczaj źródła, młaki i wypływy wód w strefach krawędziowych). Natomiast wszystkie mokradła w dolinach rzek klasyfikuje się do siedlisk fluwiogenicznych, co jest dużym uproszczeniem, ze względu na znaczącą składową zasilania ich przez wody podziemne.

W literaturze paludologicznej dość często figurują publikacje dotyczące wyłącznie analizy danych hydrologicznych i meteorologicznych, a pomijające zagadnienia rzeczywistego udziału wód podziemnych w zasilaniu i drenażu mokradeł (Davies, Anderson, 2001; Dembek, Oświt, 1992; Gilvear, McInnes, 1994; Mitsch, Gosselink, 2007). Niewiele jest natomiast opracowań, w których opisano interakcje zachodzące między mokradłami a otaczającymi je warstwami wodonośnymi, posługując się schematyzacją hydrogeologiczną bądź wynikami badań hydrodynamicznych (Brinson, 1993; Haslam, 2003; Krogulec, Zabłocki, 2015; Krogulec i in., 2016). W pracach tych wskazano znacznie bardziej skomplikowane powiązania hydrauliczne mokradeł z otaczającymi je wodami podziemnymi.

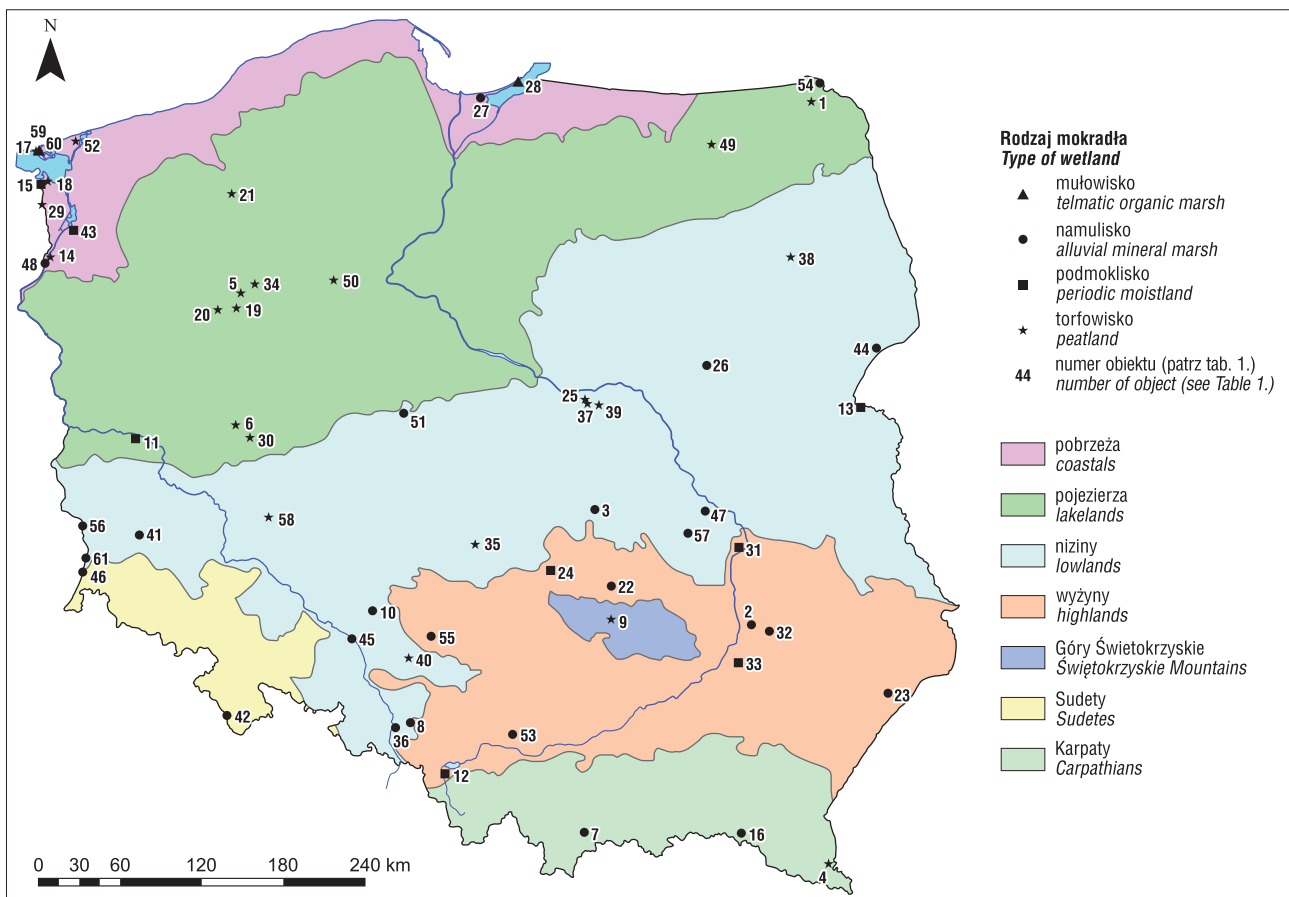
W niniejszym artykule przedstawiono relacje zachodzące pomiędzy wybranymi do badań kilkudziesięcioma mokradłami funkcjonującymi w różnych formach rzeźby terenu na obszarze Polski a wodami podziemnymi w systemach ich płytkiego (tzw. lokalnego) i głębokiego krążenia.

Podstawowym celem pracy było określenie kontaktów hydraulicznych mokradeł z wodami podziemnymi w różnych formach rzeźby terenu oraz wskazanie, w jaki sposób powiązania te wpływają na możliwość zasilania wodami podziemnymi rozpatrywanych obiektów.

OBSZAR BADAŃ

Do badań wytypowano 61 mokradeł o co najmniej 0,2-metrowej warstwie osadów organicznych (torf, namuł, muł, organiczne gleby ściółkowe), usytuowanych w różnych jednostkach fizycznogeograficznych Polski, w tym:

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; krzysztof.jozwiak@pgi.gov.pl; tatiana.solovey@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Lokalizacja i rodzaj badanych mokradeł
Fig. 1. Location and type of wetlands studied

12 mokradeł na Pobrzeżu Południowobałtyckim, 12 na Pojezierzach Południowobałtyckich, 21 na Nizinach Środkowopolskich i Sasko-Łużyckich, 10 na Wyżynach Polskich, 2 w Sudetach, 1 w Górach Świętokrzyskich i 3 w Karpatach (ryc. 1). Mokradła występujące w tych regionach charakteryzują się różnymi uwarunkowaniami geomorfologicznymi, zróżnicowaną litologią osadów przypowierzchniowych i odmiennymi formami zasilania wodą. Podstawowym kryterium doboru obiektów badawczych była ich lokalizacja w pobliżu punktów krajowej sieci monitoringu wód podziemnych (do 300 m), w których od wielu lat prowadzono obserwacje hydrogeologiczne. Dzięki temu możliwe było prześledzenie, jak relacje zachodzące pomiędzy mokradłami a wodami podziemnymi zmieniały się przez lata pod wpływem różnych czynników środowiskowych.

DANE I METODY BADAŃ

Do wyszukiwania mokradeł zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie punktów krajowej sieci monitoringu wód podziemnych wykorzystano Bazę Danych GIS *Mokradła Polski* (Baza, 2006).

O morfogenezie misy bagienniej (zgodnie z wytycznymi Zgorzelskiego, 1988) i rodzaju siedliska hydrogenicznego (wg klasyfikacji Okruszko, 1992) wnioskowano na podstawie analizy baz danych GIS opracowanych przez PIG-PIB: *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000* oraz *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika* (MHP PPW-WH), a także korzystając z obserwacji

geomorfologicznych i wyników badań terenowych – w tym ręcznych sond penetracyjnych o głębokości ponad 2 m.

W każdym z badanych mokradeł, usytuowanych w odległości do 300 m od punktu monitoringu wód podziemnych, założono na kierunku spływu wód piezometr, przewiercając całą miąższość osadów organicznych. Otwory piezometrów filtrowano tak, aby część robocza filtra obejmowała odcinek 0,2 m poniżej zwierciadła wody podziemnej, a w miejscach o zwierciadle naporowym – do 0,2 m poniżej spągu siedliska. Badania terenowe prowadzono od lipca do października 2017 r.

Profile glebowe sklasyfikowano na podstawie ich genezy wg 5 typów: próchnicowy, bagienny, błotny, namyany i gytiotwórczy (Żurek, 1990; Tobolski, 2000; Okruszko i in., 2001).

Określenie kontaktów hydraulicznych mokradeł z wodami podziemnymi wymagało sporządzenia map hydroizohips warstw wodonośnych i przekrojów hydrogeologicznych. Uzyskany obraz przestrzenny skonfrontowano z wynikami pomiarów poziomu zwierciadła wód podziemnych, dokonanymi na mokradłach w trakcie badań terenowych. Do tworzenia map i przekrojów wykorzystano informacje ze *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000* oraz dane pochodzące z kart otworów geologicznych, których źródłem był Centralny Bank Danych Hydrogeologicznych *HYDRO*.

W celu określenia położenia zwierciadła wód podziemnych oraz amplitudy wahań zwierciadła w wieloletnim, wskazujących na możliwość zasilania mokradeł wodami podziemnymi, wykorzystano arkusze *Mapy Hydrogeologicznej Polski PPW-WH* oraz zasoby Bazy Danych

Monitoring Wód Podziemnych (Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego), obejmujące ciągi obserwacyjne z lat 2013–2019.

WYNIKI

Wybrane do badań mokradła reprezentują cztery typy siedlisk hydrogenicznych spośród 5 wyróżnianych na podstawie profilu glebowego (Okruszko, 1992): torfowiska, namuliska, mułowiska i podmokliska.

Wśród 61 obiektów wytypowanych do badań (tab. 1, ryc. 1) dominują mokradła dolin rzecznych (49), w więk-

szości zlokalizowane na tarasach zalewowych (ryc. 2), na których wykształciły się siedliska: torfowe, podmokłe i namulowe (madowe). Z uwagi na istotne przekształcenia antropogeniczne reprezentatywność badanych mokradeł dla wymienionych typów siedlisk jest nieznacząca. Największą grupę stanowią namuliska (28), które rozwinęły się w najbliższym sąsiedztwie rzek (tab. 1). W profilach tych mokradeł występują przewarstwienia torfu świadczące o tym, że procesy namulania przeplatały się z procesami bagiennymi. Mady są na ogół lekkie, a pod nimi zalegają przeważnie warstwy mułu. Spośród 14 torfowisk występujących na tarasach rzecznych 12 jest okresowo zalewanych, a 2 rozwi-

Tab. 1. Lokalizacja i typ badanych mokradeł
Table 1. Location and type of the studied wetlands

Jednostki fizycznogeograficzne <i>Physical geographic units</i>	Mokradła dolin rzecznych <i>Wetlands of river valleys</i>	Typ mokradła <i>Type of wetlands</i>
Pobrzeża <i>Coastals</i>	[15] rzeka / <i>River</i> Myśluborka – miejscowość / <i>town</i> Myślubórz Mały	P
	[14] rzeka / <i>River</i> Odra – miejscowość / <i>town</i> Krzypnica	T
	[48] rzeka / <i>River</i> Odra – miejscowość / <i>town</i> Widuchowa	N
	[27] rzeka / <i>River</i> Wisła Królewiecka – miejscowość / <i>town</i> Sztutowo	N
Pojezierza <i>Lakelands</i>	[5] rzeka / <i>River</i> Noteć – miejscowość / <i>town</i> Radolin	T
	[50] rzeka / <i>River</i> Noteć – miejscowość / <i>town</i> Rozwarzyn	T
	[19] rzeka / <i>River</i> Noteć – miejscowość / <i>town</i> Zofiowo	T
	[34] rzeka / <i>River</i> Noteć – miejscowość / <i>town</i> Ługi Ujskie	T
	[20] rzeka / <i>River</i> Noteć – miejscowość / <i>town</i> Nowe Dwory	T
	[6] rzeka / <i>River</i> Obra – miejscowość / <i>town</i> Sepno	T
	[11] rzeka / <i>River</i> Odra – miejscowość / <i>town</i> Wysokie	P
	[54] rzeka / <i>River</i> Włga – miejscowość / <i>town</i> Poszeszupie	N
	[30] rzeka / <i>River</i> Witkówka – miejscowość / <i>town</i> Racot	T
Niziny Środkowopolskie <i>Central Polish Lowlands</i>	[51] rzeka / <i>River</i> Warta – miejscowość / <i>town</i> Wola Podłęzna	N
	[10] rzeka / <i>River</i> Opusta – miejscowość / <i>town</i> Radomierowice	N
	[41] rzeka / <i>River</i> Bóbr – miejscowość / <i>town</i> Parkoszów	N
	[13] rzeka / <i>River</i> Bug – miejscowość / <i>town</i> Janów Podlaski	P
	[57] rzeka / <i>River</i> Gzówka – miejscowość / <i>town</i> Adolfin	N
	[26] rzeka / <i>River</i> Liwiec – miejscowość / <i>town</i> Kaliska	N
	[40] rzeka / <i>River</i> Mała Panew – miejscowość / <i>town</i> Zawadzkie	T
	[38] rzeka / <i>River</i> Narew – miejscowość / <i>town</i> Zajki	T
	[56] rzeka / <i>River</i> Nysa Łużycka – miejscowość / <i>town</i> Lipna	N
	[61] rzeka / <i>River</i> Nysa Łużycka – miejscowość / <i>town</i> Żarka nad Nysą	N
	[45] rzeka / <i>River</i> Odra – miejscowość / <i>town</i> Dobrzeń Mały	N
	[36] rzeka / <i>River</i> Sumina – miejscowość / <i>town</i> Nędza	N
	[3] rzeka / <i>River</i> Pilica – miejscowość / <i>town</i> Lubocz	N
	[35] rzeka / <i>River</i> Pilsia – miejscowość / <i>town</i> Marcelów	T
	[44] rzeka / <i>River</i> Policzna – miejscowość / <i>town</i> Policzna	N
	[8] rzeka / <i>River</i> Ruda – miejscowość / <i>town</i> Rudy	N
	[58] rzeka / <i>River</i> Orla – miejscowość / <i>town</i> Gatka	T
	[47] rzeka / <i>River</i> Zagożdżonka – miejscowość / <i>town</i> Aleksandrówka	N
	[37] rzeka / <i>River</i> Wisła – miejscowość / <i>town</i> Lasocin	T
	[25] rzeka / <i>River</i> Wisła – miejscowość / <i>town</i> Janówek	T
[39] rzeka / <i>River</i> Wisła – miejscowość / <i>town</i> Kampinos	T	

Objaśnienia: [1] – numer mokradła wg ryc. 1; P – podmoklisko; T – torfowisko; N – namulisko; M – mułowisko

Explanations: [1] – number of the wetlands acc. to fig. 1; P – periodic moistland; T – peatland; N – alluvial mineral marsh; M – telmatic organic marsh

Tab. 1. Lokalizacja i typ badanych mokradeł – cd.
Table 1. Location and type of the studied wetlands – cont.

Jednostki fizycznogeograficzne <i>Physical geographic units</i>	Mokradła dolin rzecznych <i>Wetlands of river valleys</i>	Typ mokradła <i>Type of wetlands</i>
Wyżyny <i>Highlands</i>	[23] rzeka / <i>River Dopływ z Dębin – miejscowość / town Dębiny</i>	N
	[2] rzeka / <i>River Dopływ z Szczecyna – miejscowość / town Szczecyn</i>	N
	[53] rzeka / <i>River Chechło – miejscowość / town Bołęcín</i>	N
	[22] rzeka / <i>River Krasna – miejscowość / town Komorów</i>	N
	[24] rzeka / <i>River Pilica – miejscowość / town Nowinki Podole</i>	P
	[32] rzeka / <i>River Sanna – miejscowość / town Łysaków</i>	N
	[31] rzeka / <i>River Plewka – miejscowość / town Janowiec</i>	P
	[12] rzeka / <i>River Wisła – miejscowość / town Zaborze</i>	P
	[55] rzeka / <i>River Potok Kochanowicki – miejscowość / town Zborowskie</i>	N
Sudety <i>Sudetes</i>	[42] rzeka / <i>River Dzika Orlica – miejscowość / town Poniatów</i>	N
	[46] rzeka / <i>River Nysa Łużycka – miejscowość / town Lasowice</i>	N
Góry Świętokrzyskie <i>Holy Cross Mountains</i>	[9] rzeka / <i>River Bobrza – miejscowość / town Kielce</i>	T
Karpaty <i>Carpathians</i>	[16] rzeka / <i>River Bielcza – miejscowość / town Jaśliska</i>	N
	[7] rzeka / <i>River Gminny Potok – miejscowość / town Dębno</i>	N
	[4] rzeka / <i>River San – miejscowość / town Smolnik</i>	P
Mokradła w innych formach rzeźby terenu <i>Wetlands in other forms of relief</i>		
Pobrzeża <i>Coastals</i>	[29] Zagłębienie bezodpływowe na równinie stożka napływowego Odry – Łęgi <i>[29] Depression with no outlet on the Oder alluvial fen – Łęgi</i>	T
	[43] Obniżenie na równinie rzeczno-rozlewiskowej – Dąbie <i>[43] Lowering on the river-floodplain – Dąbie</i>	P
	[17] Obniżenie śródwydmowe na w. Uznam – Świnoujście <i>[17] Mid-dune depression on the island of Uznam – Świnoujście</i>	M
	[52] Obniżenie wokół j. Koprowo – Kołczewo <i>[52] Lowering around the Koprowo lake – Kołczewo</i>	T
	[18] Teren depresyjny na północnym wybrzeżu Zalewu Szczecińskiego – Warnołęka <i>[18] Depressive area on the northern coast of the Szczecin Lagoon – Warnołęka</i>	T
	[59] Teren depresyjny na wschodnim wybrzeżu Zalewu Szczecińskiego – Świnoujście <i>[59] Depressive area on the east coast of the Szczecin Lagoon – Świnoujście</i>	T
	[60] Teren depresyjny na wschodnim wybrzeżu Zalewu Szczecińskiego – Świnoujście <i>[60] Depressive area on the east coast of the Szczecin Lagoon – Świnoujście</i>	T
	[28] Obniżenie nad Zalewem Wiślanym – Krynica Morska <i>[28] Lowering over the Vistula Lagoon – Krynica Morska</i>	M
Pojezierza <i>Lakelands</i>	[21] Obniżenie wokół j. Głębsko – Okole <i>[21] Lowering around the Głębsko lake – Okole</i>	T
	[49] Obniżenie wokół j. Niegocin – Wilkasy <i>[49] Lowering around the Niegocin lake – Wilkasy</i>	T
	[1] Dolina na równinie zastoiskowej – Sidorówka <i>[1] Valley on the glacialustrine plain – Sidorówka</i>	T
Wyżyny <i>Highlands</i>	[33] Zagłębienie bezodpływowe na równinie Tarnobrzeszkiej – Jeziórko <i>[33] Depression with no outlet on the Tarnobrzaska plain – Jeziórko</i>	P

Objaśnienia: [1] – numer mokradła wg ryc. 1; P – podmoklisko; T – torfowisko; N – namulisko; M – mułowisko

Explanations: [1] – number of the wetlands acc. to fig. 1; P – periodic moistland; T – peatland; N – alluvial mineral marsh; M – telmatic organic marsh

nięte w starorzeczach są zatopione, ze stałym zalewem. Torfowiska zalewane mają podobną budowę. W ich spągu znajdują się namuły ilaste, na nich zalegają średnio i silnie rozłożone torfy (silne rozłożenie wskazuje na okresowe przesuszanie masy torfowej), często zamulone, co świadczy o intensywności zalewów wezbraniowych. Na torfowiskach zalewanych występują przeważnie turzycowiska (11; ryc. 2), łęgi (2) i olsy (1), a na torfowiskach zatopionych szuwały właściwe. W profilach osadów torfowisk zatopio-

nych utwory torfowo-mułowe często są warstwowane namułami i namułami rzeczno-łecznymi, które świadczą o zmienności warunków wodnych w czasie powstawania mokradeł.

W brzeźnych strefach dolin rzecznych występują podmokliska (7 obiektów) zasilane płytko występującymi wodami podziemnymi, wyciekami w formie źródeł oraz wodami ze spływu powierzchniowego. Tego typu mokradła nie są zalewane przez wody rzeczne. Wykształciły się na nich gleby torfiasto-glejowe i torfowo-glejowe.



Ryc. 2. Turzycowe torfowisko niskie na tarasie zalewowym Noteci k. Rozwarzyna – nr 50 na ryc. 1
Fig. 2. Lowland peatland on the Notec terrace near Rozwarzyn – no. 50 in fig. 1

Pozostałe badane mokradła (tab. 1), wykształcone poza dolinami rzek (12), zakwalifikowano jako:

- torfowiska – w tym przyjeziorne (3 obiekty), w zagłębieniach bezodpływowych (1), w dolinach równin zastoiskowych (1) i na terenach depresyjnych Wyspy Wolin (3);
- mułowiska – nad Zalewem Wiślanym (1) oraz w obniżeniu śródwymowym na wyspie Uznam (1);
- podmokliska – w płytkim obniżeniu na rzeczno-rozlewiskowej Równinie Goleniowskiej oraz w zagłębieniu bezodpływowym na Równinie Tarnobrzeskiej.

Mięszkość osadów organicznych badanych mokradel, ustalona w trakcie badań terenowych, wynosiła: <0,5 m w 36 punktach, 0,5–1 m w 12 punktach, 1–2 m w 9 punktach, 2–4 m w 3 punktach i >4 m w 1 punkcie. W 52 piezometrach zwierciadło wody podziemnej było swobodne, a w 9 – napięte.

Pierwotnie zakładano, że wszystkie mokradła wybrane do badań mogą być zależne od wód podziemnych. Jednak mięszkość osadów organicznych 57 mokradel z 61 analizowanych nie przekracza 2 m, wobec tego stwierdzono, że mokradłami zasilanymi wodami podziemnymi mogą być tylko te, w sąsiedztwie których zwierciadło wód podziemnych znajduje się w przedziale głębokości 0–2 m.

Przyjmując głębokość położenia zwierciadła wód pierwszego poziomu wodonośnego na podstawie danych *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 PPW-WH* stwierdzono, że jedynie 47 mokradel jest zależnych od wód podziemnych (tab. 2), w tym: 1 mułowisko, 19 namulisk, 7 podmoklisk oraz 20 torfowisk.

Według kryteriów hydrogeologicznych zastosowanych na *Mapie Hydrogeologicznej Polski PPW-WH* analizowane mokradła występują w obrębie pięciu jednostek:

- poziom wód podziemnych we współczesnych dolinach rzecznych w utworach tarasów zalewowych o ciągłym rozprzestrzenieniu, związany z osadami aluwialnymi (piaszczysto-żwirowymi);

- poziom wód podziemnych o lokalnym rozprzestrzenieniu w obrębie tarasów nadzalewowych dużych rzek, związany z osadami fluwiogłacjalnymi, piaszczystymi partiami glin zwałowych oraz piaskami rzeczno-żwirowymi;
- poziom wód podziemnych w pradolinach i dolinach kopalnych w piaszczysto-żwirowych utworach fluwiogłacjalnych;
- poziom wód podziemnych w sandrach, czyli związany z utworami fluwiogłacjalnymi;
- poziom wód podziemnych w obrębie wysoczyzn – związany z utworami glacyfluwialnymi.

Analizując położenie zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego zobrazowane na arkuszach *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 PPW-WH* i dane z krajowej sieci monitoringu wód podziemnych zauważono pewne rozbieżności. Po odniesieniu się do położenia zwierciadła wód podziemnych w latach 2013–2019, określonego na podstawie danych krajowej sieci monitoringu wód podziemnych stwierdzono, że tylko 13 mokradel można bezdyskusyjnie zakwalifikować do zależnych od wód podziemnych (tab. 2), w tym 6 namulisk, 3 podmokliska i 4 torfowiska. Jest to liczba bardzo mała, bo obejmująca zaledwie 25% populacji wyznaczonej zgodnie z danymi *Mapy Hydrogeologicznej Polski PPW-WH*.

Jeszcze inną liczbę mokradel zależnych od wód podziemnych otrzymano po przeanalizowaniu danych dotyczących położenia zwierciadła wód podziemnych i mięszkości osadów organicznych uzyskanych w toku własnych pomiarów terenowych:

- mułowiska – brak mokradel zależnych od wód podziemnych,
- namuliska – 7 mokradel zależnych od wód podziemnych [45, 56, 46, 55, 51, 36, 26],
- podmokliska – 1 mokradło zależne od wód podziemnych [4],

□ torfowiska – 13 mokradeł zależnych od wód podziemnych [60, 6, 9, 5, 14, 50, 52, 40, 18, 19, 30, 35, 38].

Tym samym na podstawie wyników prac terenowych do mokradeł zasilanych przez wody podziemne jednoznacznie zakwalifikowano 21 obiektów. Stanowią one 43,75% populacji obiektów wytypowanych do badań terenowych zgodnie z danymi *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 PPW-WH (48)*.

Spośród 47 badanych mokradeł do topogenicznych zakwalifikowano 3 obiekty, soligenicznych – 7 obiektów i fluwiogenicznych – 37 obiektów. Na podstawie prac tere-

nowych z mokradeł topogenicznych tylko jedno zaliczono do zależnych od wód podziemnych, z soligenicznych – 4 mokradła i z fluwiogenicznych – 16 mokradeł. Statystyka ta pokazuje, że na obszarach dolin rzecznych, zwłaszcza tarasów zalewowych i niższych nadzalewowych, klasyfikacja mokradeł pod względem THZ nie jest do końca miarodajna.

Kolejnym problematycznym zagadnieniem jest przestrzenny zasięg mokradeł i jego odwzorowanie w wykorzystanej jako referencyjna Bazie Danych GIS *Mokradła Polski (2006)*. W wielu przypadkach w wytypowanych

Tab. 2. Mokradła zależne od wód podziemnych – zgodnie z danymi krajowej sieci monitoringu wód podziemnych
Table 2. Wetland dependent on groundwater – based on data from the national network of underground waters

Usytuowanie geomorfologiczne mokradła <i>Geomorphological location of the wetland</i>	Głębokość do zwierciadła wód podziemnych [m p.p.t.]* <i>Depth to groundwater table [m b.s.]*</i>			Miąższość osadów organicznych <i>Organic sediment thickness [m]</i>	Zależność mokradła od wód podziemnych <i>Wetland dependence on groundwater</i>
	min.	śr.	max.		
Mułowiska / <i>Telmatic organic marshes</i>					
[28] Obniżenie nad Zalewem Wiślanym <i>[28] Lowering over the Vistula Lagoon</i>	4,46	4,84	5,1	0,2	nie / no
Namuliska / <i>Alluvial mineral marshes</i>					
[45] Taras zalewowy – rz. Odra <i>[45] Odra River floodplain</i>	2,04	2,62	3,02	2	tak / yes
[10] Taras zalewowy – rz. Opusta <i>[10] Opusta River floodplain</i>	0,74	1,3	1,72	0,3	nie / no
[32] Taras zalewowy – rz. Sanna <i>[32] Sanna River floodplain</i>	7,17	7,44	8,09	0,2	nie / no
[56] Taras zalewowy – rz. Nysa Łużycka <i>[56] Nysa Łużycka River floodplain</i>	2,45	4,19	4,64	1,5	nie / no
[61] Taras zalewowy – rz. Nysa Łużycka <i>[61] Nysa Łużycka River floodplain</i>	2,66	4,01	4,59	0,2	nie / no
[46] Taras zalewowy – rz. Nysa Łużycka <i>[46] Nysa Łużycka River floodplain</i>	0,01	1,02	1,64	1,6	tak / yes
[55] Taras zalewowy – rz. Potok Kochanowicki <i>[55] Kochanowski Creek floodplain</i>	1,3	2,34	2,85	0,2	nie / no
[48] Taras zalewowy – rz. Odra <i>[48] Odra River floodplain</i>	0,03	0,78	1	0,2	tak / yes
[51] Taras zalewowy – rz. Warta <i>[51] Warta River floodplain</i>	1,16	1,39	1,7	0,2	nie / no
[8] Taras zalewowy – rz. Ruda <i>[8] Ruda River floodplain</i>	4,57	5,18	5,48	0,2	nie / no
[36] Taras zalewowy – rz. Sumina <i>[36] Sumina River floodplain</i>	0,37	1	1,4	1,5	tak / yes
[54] Taras zalewowy – rz. Wigra <i>[54] Wigra River floodplain</i>	0,28	0,75	1,21	0,2	tak / yes
[23] Taras zalewowy – rz. Dopływ z Dębin <i>[23] Dopływ z Dębin River floodplain</i>	5,3	9	10,4	0,2	nie / no
[42] Taras zalewowy – rz. Dzika Orlica <i>[42] Dzika Orlica River floodplain</i>	4,93	10,6	12,92	0,5	nie / no
[44] Taras zalewowy – rz. Policzna <i>[44] Policzna River floodplain</i>	2,23	2,74	3,29	0,2	nie / no
[2] Taras zalewowy – rz. Dopływ z Szczecyna <i>[2] Dopływ z Szczecyna River floodplain</i>	6,45	6,99	7,37	0,2	nie / no
[22] Taras zalewowy – rz. Krasna <i>[22] Krasna River floodplain</i>	1,31	1,95	2,55	0,2	nie / no
[26] Taras zalewowy – rz. Liwiec <i>[26] Liwiec River floodplain</i>	0,41	1,23	1,82	0,2	tak / yes
[57] Taras zalewowy – rz. Gzówka <i>[57] Gzówka River floodplain</i>	5,75	6,35	6,97	0,2	nie / no

* poziom zwierciadła wód podziemnych w latach 2013–2019, określony na podstawie danych krajowej sieci monitoringu wód podziemnych
* groundwater level during 2013–2019, monitoring determined on the basis of data from the national network of underground waters

Tab. 2. Mokradła zależne od wód podziemnych – zgodnie z danymi krajowej sieci monitoringu wód podziemnych – cd.
Table 2. Wetland dependent on groundwater – based on data from the national network of underground waters – cont.

Usytuowanie geomorfologiczne mokradła <i>Geomorphological location of the wetland</i>	Głębokość do zwierciadła wód podziemnych [m p.p.t.]* <i>Depth to groundwater table [m b.s.l]*</i>			Miąższość osadów organicznych <i>Organic sediment thickness [m]</i>	Zależność mokradła od wód podziemnych <i>Wetland dependence on groundwater</i>
	min.	śr.	max.		
Podmokliska / Periodic moistlands					
[11] Taras zalewowy – rz. Odra <i>[11] Odra River floodplain</i>	0,9	1,6	2,11	0,4	nie / no
[31] Taras zalewowy – rz. Plewka <i>[31] Plewka River floodplain</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	0,2	b.d. / <i>n.d.</i>
[13] Taras zalewowy – rz. Bug <i>[13] Bug River floodplain</i>	1,45	2,26	2,65	0,2	nie / no
[33] Zagłębienie bezodpływowe na Równinie Tarnobrzeskiej <i>[33] Depression with no outlet on the Tarnobrzeg Plain</i>	-0,09	0,99	1,81	0,2	tak / yes
[24] Taras zalewowy – rz. Pilica <i>[24] Pilica River floodplain</i>	-0,08	0,51	0,97	0,4	tak / yes
[43] Obniżenie na równinie rzeczno-rozlewiskowej <i>[43] Lowering on the river-floodplain</i>	7,47	8,1	8,84	0,2	nie / no
[4] Taras zalewowy – rz. San – źródłisko <i>[4] San River floodplain – springfens</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	1	tak / yes
Torfowiska / Peatlands					
[39] Taras nadzalewowy – rz. Wisła <i>[39] Wisła River alluvial terrace</i>	1,01	1,67	2,4	0,5	nie / no
[59] Teren depresyjny na wschodnim wybrzeżu Zalewu Szczecińskiego <i>[59] Depressive area on the eastern coast of Szczecin Lagoon</i>	1,18	1,53	1,94	0,2	nie / no
[60] Teren depresyjny na wschodnim wybrzeżu Zalewu Szczecińskiego <i>[60] Depressive area on the eastern coast of Szczecin Lagoon</i>	1,22	1,54	1,96	0,8	nie / no
[6] Taras zalewowy – rz. Obra <i>[6] Obra River floodplain</i>	2,03	2,47	2,87	0,3	nie / no
[9] Taras zalewowy – rz. Bobrza <i>[9] Bobrza River floodplain</i>	2,19	2,89	3,31	0,3	nie / no
[5] Taras zalewowy – rz. Noteć <i>[5] Noteć River floodplain</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	3,3	b.d. / <i>n.d.</i>
[14] Taras zalewowy – rz. Odra <i>[14] Odra River floodplain</i>	0,14	0,59	1,08	0,8	tak / yes
[50] Taras zalewowy – rz. Noteć <i>[50] Noteć River floodplain</i>	4,57	4,9	5,34	1,7	nie / no
[52] Obniżenie wokół j. Koprowo <i>[52] Lowering around Lake Koprowo</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	2	b.d. / <i>n.d.</i>
[58] Taras zalewowy – rz. Orla <i>[58] Orla River floodplain</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	0,4	b.d. / <i>n.d.</i>
[25] Taras nadzalewowy – rz. Wisła <i>[25] Wisła River alluvial terrace</i>	1,61	2,39	3,09	0,5	nie / no
[40] Taras zalewowy – rz. Mała Panew <i>[40] Mala Panew River floodplain</i>	4,36	5,67	5,95	0,5	nie / no
[18] Teren depresyjny na północnym wybrzeżu Zalewu Szczecińskiego <i>[18] Depressive area on the northern coast of the Szczecin Bay</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	b.d. <i>n.d.</i>	0,5	b.d. / <i>n.d.</i>
[19] Taras zalewowy – rz. Noteć <i>[19] Noteć River floodplain</i>	0,1	0,53	1,14	2,2	tak / yes
[30] Taras zalewowy – rz. Witkówka <i>[30] Witkówka River floodplain</i>	0,4	1,01	1,72	1,5	tak / yes
[35] Taras zalewowy – rz. Pilsia <i>[35] Pilsia River floodplain</i>	0,99	1,27	1,63	0,4	nie / no
[34] Taras zalewowy – rz. Noteć <i>[34] Noteć River floodplain</i>	1,17	1,8	2,12	0,5	nie / no
[20] Taras zalewowy – rz. Noteć <i>[20] Noteć River floodplain</i>	4,07	4,94	5,57	0,5	nie / no
[29] Zagłębienie bezodpływowe na równinie stożka napływowego Odry <i>[29] Depression with no outlet on the Odra alluvial fan</i>	1,44	1,93	2,57	0,2	nie / no
[38] Taras zalewowy – rz. Narew <i>[38] Narew River floodplain</i>	0,57	1,61	2,29	1,2	tak / yes

punktach badawczych miąższość osadów organicznych była bardzo mała. W 36 punktach z 61 nie przekraczała 0,5 m.

WNIOSKI

Rola wód podziemnych w funkcjonowaniu mokradeł jest silnie uzależniona od położenia i dynamiki zwierciadła wody podziemnej w odniesieniu do powierzchni mokradła oraz od rzeźby terenu, która decyduje o warunkach zasilania i odpływu wód. Różne źródła zasilania mokradeł (opady, wody powierzchniowe, wody podziemne w strefie aeracji i wody podziemne warstwy wodonośnej) rzutują na chemizm tych środowisk.

W Polsce najliczniej występują mokradła dolin rzecznych, które zazwyczaj są uzależnione od zasilania wodami podziemnymi, dlatego zasilanie to powinno być brane pod uwagę w trakcie ustalania bilansu wodnego tego typu mokradeł. Spośród 48 badanych mokradeł dolin rzecznych 40 występuje w strefie drenażu wód podziemnych i jest ściśle z nimi związanych. Należy jednak wyraźnie rozgraniczać zasilanie wodami podziemnymi o bardzo krótkim okresie przebywania w systemie hydrogeologicznym, a więc wodami znajdującymi się w strefie aeracji i tworzącymi nieciągłe warstewki wodonośne o stosunkowo małej miąższości, od zasilania wodami podziemnymi pierwszego poziomu wodonośnego *sensu stricto*. Wśród analizowanych mokradeł zależnych od wód podziemnych 12 było zasilanych wodami warstwy wodonośnej i wodami z przewarstwień w strefie aeracji. Ponadto 7 mokradeł zależnych od wód podziemnych było zasilanych wyłącznie wodami z przewarstwień w strefie aeracji, czyli wodami odpływu podpowierzchniowego.

Wyniki badań wskazują, że analiza różnych materiałów archiwalnych, poparta rezultatami badań terenowych, może jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, czy dane mokradło można zaliczyć do zależnych od wód podziemnych. Natomiast stosowanie powszechnie używanego podziału mokradeł ze względu na typ hydrologicznego zasilania (THZ) znacząco traci sens i może prowadzić do błędnych wniosków. Klasyfikacja mokradeł wg THZ nie jest w pełni miarodajna na obszarach dolin rzecznych, zwłaszcza tarasów zalewowych i niższych nadzalewowych tarasów dolin rzek. THZ decyduje o indywidualnych cechach mokradeł, wynikających także z usytuowania w topografii terenu i dlatego warunki topograficzne mogą stanowić wstępne kryterium identyfikacji mokradeł. Na przykład mokradła ombrogeniczne oraz częściowo topogeniczne na ogół występują w wyższych partiach zlewni, często poza obszarem doliny rzecznej. W dolinach wykształcają się natomiast mokradła fluwiogeniczne i poligeniczne.

W celu właściwego rozpoznania warunków hydrogeologicznych i oceny źródeł zasilania danego mokradła, oprócz analizy danych z sieci monitoringowej, należy wykonać w toku prac terenowych komplementarne badania hydrogeologiczne i hydrologiczne. Dopiero tak zaprojektowane badania mogą dać wiarygodną odpowiedź na pytanie – czy dany ekosystem jest zależny od wód podziemnych. Lepsze zrozumienie roli wód podziemnych w zasilaniu mokradeł może być osiągnięte za pomocą konceptualnych modeli powiązania systemów wód podziemnych i powierzchniowych.

Autorzy dziękują Marzenie Jarmułowicz-Siekierze, Marcynowi Honczarukowi, Łukaszowi Śliwińskiemu, Michałowi Janikowi i Katarzynie Pióro z PIG-PIB za udział w badaniach terenowych, a Profesorowi Andrzejowi Sadurskiemu i Anonimowemu Recenzentowi za cenne uwagi, które przyczyniły się do poprawienia treści artykułu. Praca została wykonana w ramach zadań państwowej służby hydrogeologicznej, realizowanych w latach 2015–2017 i sfinansowanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach tematu 61-8509-1701-00-0 *Ustalenie hydrogeologicznych kryteriów kwalifikacji siedlisk zależnych od wód podziemnych oraz szacowanie w ich obrębie zasięgu podtopień z zastosowaniem metod teledetekcyjnych*.

LITERATURA

- BAZA danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski (MHP) w skali 1 : 50 000. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- BAZA danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- BAZA danych GIS Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- BAZA danych Monitoring Wód Podziemnych. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- BAZA danych GIS Mokradła Polski w skali 1 : 100 000. IMUZ, Falenty, 2006.
- BERTRAND G., GOLDSCHIEDER N., GOBAT J.M., HUNKELER D. 2012 – Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems. *Hydrogeology J.*, 20: 5–25.
- BRINSON M. 1993 – A hydrogeomorphic classification for wetlands. Final report, technical report WRP-DE-4. US Army Corps of Engineers, Washington DC.
- CENTRALNY Bank Danych Hydrogeologicznych HYDRO. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DAVIES R.B., ANDERSON D.S. 2001 – Classification and distribution of freshwater peatlands in Maine. *Northeast Naturalist*, 8 (1): 1–50.
- DEMBEK W., OŚWIT J. 1992 – Rozpoznawanie warunków hydrologicznego zasilania siedlisk mokradłowych. *Bibl. Wiad. IMUZ*, 79: 15–37.
- GILVEAR D.J., MCINNES R.J. 1994 – Wetland Hydrological Vulnerability and the Use of Classification Procedures: a Scottish Case Study. *J. Environm. Manag.*, 42: 403–414.
- EKOSYSTEMY łądowe pozostające w dynamicznych relacjach z wodami podziemnymi i powierzchniowymi dla obszarów dorzeczy w Polsce, 2009, części I–III. Arch. TECHMEX S.A., IMUZ, Warszawa.
- HASLAM S.M. 2003 – Understanding Wetlands. Fen, bog and marsh. Taylor & Francis, Hardback.
- KROGULEC E., ZABŁOCKI S. 2015 – Relationship between the environmental and hydrogeological elements characterizing groundwater-dependent ecosystems in central Poland. *Hydrogeology J.*, 23 (7): 1587–1602.
- KROGULEC E., ZABŁOCKI S., SAWICKA K. 2016 – Changes in groundwater regime during vegetation period in Groundwater Dependent Ecosystems. *Acta Geol. Pol.*, 66 (3): 525–540.
- ŁACHACZ A. 2004 – Mokradła w krajobrazie – wybrane pojęcia. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, t. 4 z. 2a (11): 295–301.
- MITSCHE W.J., GOSSELINK J.G. 2007 – Wetlands, 4th ed., John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- MITSCHE W.J., GOSSELINK J.G., ZHANG LI, ANDERSON C.J. 2009 – Wetland Ecosystems. Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- OKRUSZKO H. 1992 – Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i różnicowanie. *Bibl. Wiad. IMUZ*, 79.
- OKRUSZKO H., DEMBEK W., OŚWIECIMSKA-PIASKO Z. 2001 – Geomorfologia a mokradła jako problem naukowy. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 1 (3): 7–16.
- TOBOLSKI K. 2000 – Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Warszawa.
- ZUREK S. 1990 – Związek procesu zatorfienia z elementami środowiska przyrodniczego wschodniej Polski. *Rocz. Nauk Roln.*, Ser. D: 220–230.
- WHEELER B., PROCTOR M. 2000 – Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *J. Ecology*, 88: 187–203.
- ZGORZELSKI M.S. 1988 – System klasyfikacyjny form ukształtowania powierzchni niżowych obszarów południowych. Uniw. Warsz.

Praca wpłynęła do redakcji 7.08.2019 r.
Akceptowano do druku 20.08.2019 r.