



Uniwersytet Łódzki

Wydział Nauk Geograficznych

Dorota Brzozowicz

**Osady biogeniczne wybranych zagłębień bezodpływowych
krasu zakrytego Wyżyny Małopolskiej i ich
paleogeograficzne znaczenie**

Praca doktorska wykonana w Katedrze Geologii i Geomorfologii
pod kierunkiem dr hab. Jacka Forysiaka, prof. UŁ

Łódź 2022

Podziękowania

Serdecznie dziękuję mojemu promotorowi dr hab. Jackowi Forysiakowi, prof. UŁ, za wsparcie merytoryczne w trakcie przygotowania rozprawy doktorskiej, za ukierunkowanie moich zainteresowań naukowych związanych z badaniami paleośrodowiskowymi, szczególnie analizą palinologiczną, jak też umożliwienie mi dalszego rozwoju naukowego.

Dziękuję również prof. dr hab. Irenie Agnieszce Pidek za ogrom przekazanej wiedzy z zakresu analizy pyłkowej, poświęcony czas oraz nieocenioną pomoc podczas interpretacji uzyskanych wyników.

Składam także podziękowania koleżankom z Katedry Geologii i Geomorfologii UŁ mgr Agnieszce Mroczkowskiej oraz mgr Marcie Rudnej za wykonanie analiz składu gatunkowego kopalnych Chironomidae i Cladocera, których wyniki stały się cennym uzupełnieniem prowadzonych przeze mnie badań nad zagłębieniami bezodpływowymi krasu zakrytego.

Chcę podziękować również Pani mgr Danucie Portce za pomoc w laboratoryjnym przygotowaniu próbek do analizy pyłkowej.

Szczególnie dziękuję moim Rodzicom oraz Marcinowi Strojnemu za bezgraniczne wsparcie w realizacji marzeń i dążeniu do wyznaczonego celu.

Spis treści

1. Wprowadzenie.....	4
1.1. Problem badawczy.....	4
1.2. Cel i zakres badań.....	7
1.3. Położenie obszarów badań.....	8
1.4. Metody badawcze	15
1.4.1. Prace przygotowawcze i terenowe.....	15
1.4.2. Analizy laboratoryjne.....	15
1.4.3. Analiza pyłkowa	17
1.4.4. Inne analizy paleośrodowiskowe	18
1.4.5. Metody kameralne	18
2. Budowa geologiczna i rzeźba obszarów badań.....	21
2.1. Stanowisko Daleszewice	21
2.2. Stanowisko Łykawe Doły.....	23
2.3. Stanowisko Gaik-Winiary	26
3. Cechy litologiczne, fizykochemiczne i wiek osadów badanych zagłębień.....	30
3.1. Stanowisko Daleszewice	30
3.2. Stanowisko Łykawe Doły.....	34
3.3. Stanowisko Gaik-Winiary	38
4. Analiza pyłkowa.....	44
4.1. Stanowisko Daleszewice	44
4.2. Stanowisko Łykawe Doły.....	52
4.3. Stanowisko Gaik-Winiary	58
5. Analizy paleozoologiczne	64
5.1. Stanowisko Daleszewice	64
5.2. Stanowisko Gaik-Winiary	70
6. Zapis zmian środowiskowych w osadach biogenicznych badanych zagłębień krasowych oraz schemat ich rozwoju.....	73
7. Podsumowanie i wnioski.....	93
8. Bibliografia.....	96

1. Wprowadzenie

1.1. Problem badawczy

Wyżyna Małopolska jest obszarem, w którego powierzchniowej budowie geologicznej przeważają skały węglanowe pochodzenia morskiego, przede wszystkim wapienie jurajskie i kredowe, występują na tym obszarze także gipsy wieku miocenńskiego (Stupnicka 2013). Skały te stanowią podstawę dla działalności procesów krasowych (Głazek 1989). Zachodzą one zarówno pod powierzchnią terenu (kras podziemny), jak i na jego powierzchni (kras powierzchniowy), kiedy skały podlegające krasowienu tworzą warstwę powierzchniową (Pulina 1999). Jednak w niektórych częściach Wyżyny Małopolskiej, zwłaszcza na obrzeżach regionu, gdzie skały węglanowe zalegają pod pokrywą gliniastych lub piaszczysto-mułkowych utworów słaboprzepuszczalnych, występuje specyficzny rodzaj krasu, określony mianem krasu zakrytego lub także krasu reprodukowanego (Różycki 1946). Rozwija się on na powierzchni skał krasowiejących, przykrytej ciągłą, lecz mało mięszszą warstwą skał słaboprzepuszczalnych (do około 40 m), nieulegających krasowienu (Różycki 1946, Kobjek 2004). Powstałe wskutek działalności krasu zakrytego formy powierzchniowe to głównie niewielkie, bezodpływowe zagłębienia rozwijające się według określonego schematu, który zakłada uszczelnienie misy i wypełnianie się jej osadami biogenicznymi (Różycki 1946). Wśród form krasu zakrytego funkcjonujących na Wyżynie Małopolskiej występują także rynny krasowe powstałe w wyniku połączenia się kilku zagłębień bezodpływowych, a także doliny krasowe (Różycki 1946), jednak opisane w rozprawie badania skupiają się wyłącznie na zagłębieniach bezodpływowych, gdyż zapewniają one odpowiednie warunki dla akumulacji osadów biogenicznych. Rozwój tego typu form rozpoczyna się powstaniem zagłębienia bezodpływowego na powierzchni terenu. Następnie misa zagłębienia zaczyna wypełniać się osadami. Początkowo, głównie mineralnymi, a po uszczelnieniu dna również wodą i osadami biogenicznymi, jeziornymi. Ostatnim etapem rozwoju jest zarastanie zbiornika przez torfowisko, aż do całkowitego wypełnienia się misy (Różycki 1946, Brzozowicz 2016a) Rozwój takich zbiorników może cechować się dużą dynamiką, co w przypadku form, w których odkładają się osady biogeniczne, może zaburzyć ciągłość akumulacji tych osadów. Na obszarze Wyżyny Małopolskiej rozpoznano kilkanaście obszarów, gdzie formy krasu zakrytego występują. Wśród nich najlepiej opisane są formy z okolic Paradyża (Różycki 1946, Brzozowicz 2016b, Brzozowicz 2021, Brzozowicz i Forysiak 2016), Kłobucka (Kobjek 2004, Kobjek i Nalej 2008), Buska Zdrój

(Urban i in. 2015), a także Staszowa (Walczowski 1964, Szczepanek 1971, Zieliński 2013). Poza Wyżyną Małopolską podobne formy spotykane są na Wyżynie Częstochowskiej (Nowak 1971, 1993) oraz Wyżynie Lubelskiej, Polesiu i Wyżynie Wołyńsko-Podolskiej (Bałaga i in. 2006, Dobrowolski 2006, Kulesza i in. 2008, Dobrowolski i in. 2010, Łojek 2019). Jednak tylko w niektórych formach dochodzi do uszczelnienia misy zbiornika lub ustabilizowania się poziomu wód gruntowych, pozwalających na utrzymywanie się lustra wody w takim zbiorniku lub jego zabagnienie.

Obszar Wyżyny Małopolskiej to teren o bardzo niskim odsetku obszarów bezodpływowych, jak i znikomej ilości mokradeł i torfowisk (Żurek 1987). Powodem takiego stanu rzeczy jest długotrwałe kształtowanie się sieci rzecznej oraz obecność szczelin i powierzchni uskokowych w skałach podłoża, sprzyjające infiltracji wód do głębszych warstw skalnych. Z tego też wynika niewielka, w stosunku do innych regionów Polski, ilość stanowisk z kopalnymi utworami biogenicznymi, dającymi możliwość podjęcia analiz i rekonstrukcji paleobotanicznych czy paleoekologicznych (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004a).

Korzystając z mapy przygotowanej przez Nalepkę (2004), zawierającej zestawienie stanowisk wykorzystanych do opracowania map izopolowych, zamieszczonych w pracy pod redakcją Ralskiej-Jasiewiczowej i in. (2004a), wybrano kilka stanowisk z udokumentowaną sukcesją roślinną późnego vistulianu i holocenu, dających możliwość porównywania wyników badań w stanowiskach związanych z formami krasu zakrytego i obiektów powstałych bez udziału procesów krasowych. Dzięki temu można sugerować możliwość wpływu procesów krasowych na przebieg akumulacji biogenicznej w zbiornikach. Wśród takich stanowisk były (rys. 1):

- Napoleonów (Balwierz 1980) – zbiornik polodowcowy, wypełniony osadami mineralno-organicznymi, których powierzchniowa seria zaczęła powstawać w młodszym dryasie. Profil przedstawia pełną sukcesję roślinną holocenu,
- Górno (Szczepanek 1961, 2001) – stanowisko położone w Górach Świętokrzyskich, na obszarze, gdzie w podłożu znajdują się skały krasowujące. Wiek osadów w tym zbiorniku obejmuje zakres od okresu borealnego do okresu subatlantyckiego,
- Słopiec (Szczepanek 1961, 1982, 1989, 2001) – podobnie jak stanowisko Górno zbiornik położony w Górach Świętokrzyskich, który zaczął wypełniać się osadami w młodszym dryasie i kontynuował swój rozwój w holocenie,
- Waleńczów (Wasylikowa i in. 2012) – stanowisko położone w dolinie Liswarty wypełnione osadami z okresu atlantyckiego i subatlantyckiego,

- Wolbrom (Latałowa 1976, 1989, Latałowa i Nalepka 1987) – stanowisko położone w zagłębieniu o silnie nachylonych zboczach, na dziale wodnym między Białą Przemszą a Szreniawą. Otoczenie stanowią płaskie wierzchowiny wapienne, przykryte warstwą lessową, na której funkcjonują lejki krasowe. Wypełnienie zbiornika pochodzi z okresu allerödu, młodszego dryasu oraz holocenu.

Dla porównań warunków paleośrodowiskowych skorzystano również z wyników badań zbiornika Bydlin, powstałego na przełomie młodszego dryasu i holocenu (po okres subborealny), którego geneza nie została dotąd wyjaśniona (Okupny i in. 2016). Przypuszcza się, że miała związek z działalnością procesów krasowych, choć niewykluczony jest również udział czynników tektonicznych.

Kolejnym stanowiskiem, które posłużyło do porównania wyników przeprowadzonych badań było torfowisko Białe Ługi (Żurek 2001). Jest to największe na obszarze wyżyn polskich torfowisko, położone w południowej części Gór Świętokrzyskich, które objęto ochroną jako rezerwat przyrody. Torfowisko Białe Ługi powstało w nadal aktywnym, subsydującym rowie tektonicznym (Żurek i Kloss 2001). Wykonane w tym stanowisku analizy wykazały, że osady torfowe zaczęły się w jego misie odkładać już w czasie interglacjału eemskiego, a później akumulowane także w plenivistulianie, młodszym dryasie i holocenie (Bińka 2001, Szczepanek 2001). Na obszarze torfowiska i w jego bezpośrednim sąsiedztwie wykonano szereg badań, m.in. analizę geologii podłoża, litologii i stratygrafii osadów, szaty roślinnej i fauny rezerwatu oraz analizę palinologiczną. Autorzy badań korelują uzyskane tam wyniki analiz paleobotanicznych z sąsiednim, wspomnianym już wcześniej stanowiskiem Słopiec, podkreślając ich podobieństwa (Sołtysik 2001, Szczepanek 2001).

Dysproporcję w ilości zbadanych stanowisk na terenie Wyżyny Małopolskiej w stosunku do innych obszarów Polski mogłyby częściowo zmniejszyć zbiorniki akumulacji biogenicznej powstałe w formach krasowych, także krasu zakrytego. Jednak specyfika ich powstawania i możliwe przekształcenia już podczas etapu wypełniania materiałem biogenicznym, sprawiają, że zapisane w ich rdzeniach zmiany mogą w większym stopniu dotyczyć lokalnych modyfikacji siedliska, a nie regionalnych zmian klimatycznych. Dlatego pojawiają się wątpliwości, w jakim stopniu można byłoby wykorzystać takie stanowiska do rekonstrukcji paleośrodowiskowych. Podjęte badania na trzech takich stanowiskach, posiadających osady biogeniczne o znacznej miąższości, pozwolą na włączenie się do dyskusji nad przydatnością danych paleoekologicznych uzyskanych w zagłębieniach o genezie krasowej.

1.2. Cel i zakres badań

Potrzebę badań paleoekologicznych na obszarach aktywnego krasu Wyżyny Małopolskiej wskazano powyżej. Zadaniem badawczym postawionym na początku prac przygotowawczych było wyselekcjonowanie zagłębień krasu zakrytego z odpowiednim wypełnieniem biogenicznym i dokonanie oceny możliwości poboru materiału do badań. Natomiast podstawowym celem podjętego cyklu badawczego było znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy osady wypełniające misy zagłębień bezodpływowych, powstałych wskutek działalności procesów krasu zakrytego, mogą stać się dobrą bazą do badań paleoekologicznych? Powstające u schyłku ostatniego okresu zimnego i w początkowych fazach holocenu zagłębienia, wypełniające się osadami biogenicznymi, zawierają cenne informacje na temat paleośrodowiska i jego zmian. Zagrożeniem dla powodzenia badań paleośrodowiskowych jest niestabilność warunków depozycji w misach zagłębień i możliwy wpływ czynników zewnętrznych na odkładanie się osadów w zagłębieniach (Berglund i Ralska-Jasiewiczowa 1986). Misy badanych zagłębień krasowych mogą w trakcie deponowania zmieniać swój kształt oraz głębokość, zaburzając jednocześnie warstwy odłożonych wcześniej osadów biogenicznych (Szczepanek 1971). Warunki hydrologiczne w obszarach aktywnych procesów krasowych mogą wpływać na poziom wód w zbiornikach, a także zmieniać ich chemizm, oddziałując na warunki siedliskowe. W przypadku krasu zakrytego dynamika procesów krasowych jest jednak znacznie ograniczona. Głębokie ubytki w skałach krasowiejących, powstałe w wyniku denudacyjnej i erozyjnej działalności wód podziemnych mogą być uszczelnione słaboprzepuszczalnymi osadami nadległymi, co ogranicza w dużym stopniu dalszy rozwój procesów krasowych (Różycki 1946, Koboжек 2004). Mając na uwadze ryzyko pogłębiania się mis zagłębień bezodpływowych, a co za tym idzie ewentualne zaburzenia osadów je wypełniających, przed przystąpieniem do interpretacji otrzymanych wyników badań paleośrodowiskowych nastawionych na wnioskowanie o paleośrodowisku istotne było, aby upewnić się, że ciągłość odkładania się osadów, nie została przerwana. Kolejnym celem badań było ustalenie, czy w przypadku odnotowania jakichkolwiek zaburzeń możliwe jest określenie przyczyny ich powstania. Istotne było ustalenie czy zaburzenia były związane z działalnością procesów krasowych, czy też przyczyną mogła być działalność człowieka. Założyć można, że obie przyczyny wykazują odmienny charakter zapisanych informacji, np. zaburzenia spowodowane działalnością człowieka charakteryzują się brakiem pewnych warstw osadów, a w związku z tym zaburzoną ciągłością wieku tych osadów, natomiast w przypadku działalności krasowej osady zachowują ciągłość wiekową, ale w osadzie mogą,

np. pojawić się duże ilości części mineralnych. Może się także zmienić głębokość zbiornika, co wpłynie na rodzaj akumulowanych osadów. Równie istotnym problemem badawczym jest określenie znaczenia różnic cech geologicznych podłoża wytypowanych stanowisk dla interpretacji paleośrodowiskowych. Szczególnie istotny może okazać się rodzaj skał krasowiejących, konfiguracja terenu oraz zróżnicowanie osadów powierzchniowych, co przekłada się na cechy osadów biogenicznych. Istotną kwestią było również sprawdzenie, czy pobrany materiał jest zachowany w stopniu pozwalającym na uzyskanie poprawnych danych paleoekologicznych (zwłaszcza palinologicznych oraz datowań bezwzględnych) i przeprowadzenie na ich podstawie rekonstrukcji zmian środowiska w końcu vistulianu i w holocenie.

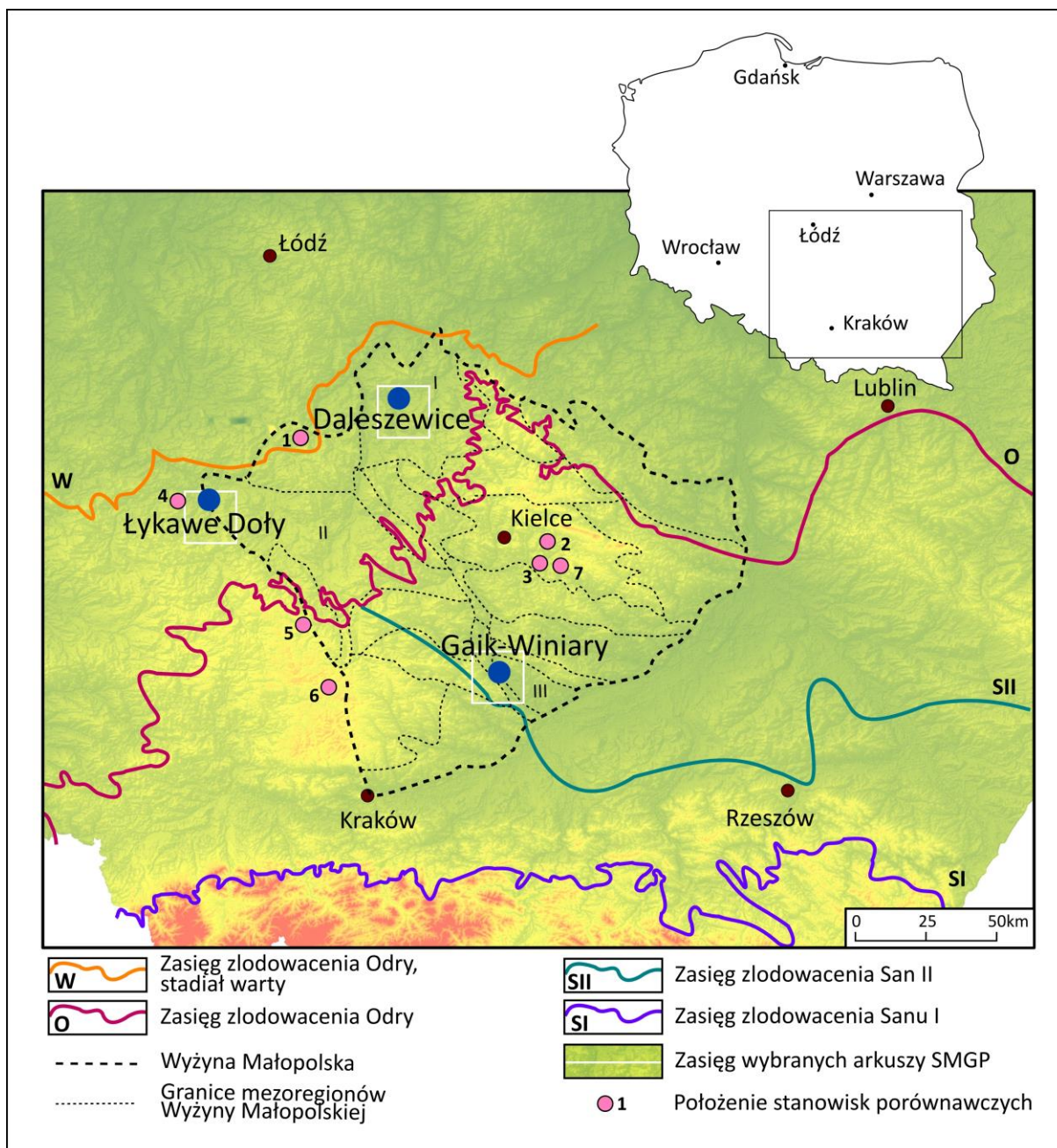
Aby odpowiedzieć na postawione pytania wytypowano do badań szczegółowych trzy reprezentatywne zbiorniki, wypełnione osadami biogenicznymi, położone w trzech różnych mezoregionach Wyżyny Małopolskiej, a następnie wykonano analizy, które obejmowały:

- określenie cech litologicznych osadów wypełniających badane zbiorniki,
- pomiary parametrów fizykochemicznych tych wypełnień z uwzględnieniem popielności osadu, odczynu, przewodności elektrolitycznej oraz zawartości węgla wapnia,
- określenie wieku osadów wypełniających zbiorniki,
- odtworzenie zmian szaty roślinnej przy zastosowaniu analizy palinologicznej,
- a także analizę składu gatunkowego Chironomidae oraz Cladocera.

1.3. Położenie obszarów badań

Obszar badań położony jest w granicach Wyżyny Małopolskiej, zajmującej centralną część pasa Wyżyn Polskich. Wyżyna Małopolska podzielona jest na dwie różniące się geologicznie części. Pierwsza z nich, Wyżyna Kielecka, zbudowana jest z paleozoicznych struktur fałdowych wraz z mezozoiczną otoczką. Druga część to Niecka Nidziańska z podłożem kredowym. Wyodrębniono także region przenikania się krajobrazów wyżynnych i nizinnych nazwany Wyżyną Przedborską (Kondracki 1998).

Do badań nad zagłębieniami w obszarach krasu zakrytego wytypowano stanowiska reprezentatywne dla trzech obszarów krasowych, zaliczonych do różnych mezoregionów Wyżyny Małopolskiej. Są to mezoregiony: Wzgórza Opoczyńskie, Niecka Włoszczowska i Niecka Solecka (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych na tle zasięgu Wyżyny Małopolskiej oraz mezoregionów: Wzgórza Opoczyńskie (I), Niecka Włoszczowska (II) i Niecka Solecka (III) (Kondracki 1998). oraz zasięgu wybranych arkuszy Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000: Żarnów, Ostrowy i Busko Zdrój. Zasięgi zlodowaceń: Sanu I, Sanu II i zlodowacenia Odry (Marks i in. 2016); zasięg zlodowacenia Odry, stadiał warty (Rdzany 2009). Stanowiska z wykonanymi badaniami paleobotanicznymi: 1 – Napoleonów, 2 – Górno, 3 – Słupiec, 4 – Waleńczów, 5 – Bydlin, 6 – Wolbrom, 7 – Białe Ługi.

Wzgórza Opoczyńskie

Położone są w północnej części Wyżyny Małopolskiej. Wzgórza Opoczyńskie sąsiadują: od północy z Równiną Piotrkowską, Doliną Białobrzeską i Równiną Radomską; od wschodu z Garbem Gielniowskim; od południa z Płaskowyżem Suchedniowskim i Wzgórzami Łopuszańskimi; od zachodu ze Wzgórzami Radomszczańskimi. Mezoregion Wzgórza

Opoczyńskie zbudowany jest głównie ze skał jurajskich i kredowych przykrytych czwartorzędowymi utworami polodowcowymi. W północnej części regionu, między Sulejowem i Białaczowem w rejonie miejscowości Paradyż zlokalizowany jest obszar aktywności procesów krasowych (Kondracki 1998). Spośród około 30 form krasowych z tego obszaru (Różycki 1946), do badań paleośrodowiska wytypowano zagłębienie bezodpływowe w Daleszewicach.

Stanowisko **Daleszewice** (51°19'07" N, 20°08'38" E) położone jest na wysokości około 193 m n.p.m. w zlewni Pilicy, w odległości około 3 km od niewielkiego cieków Pogorzelec. Stanowisko otoczone jest polami uprawnymi, a przy jego północnej granicy przebiega droga gruntowa. Zbiornik niemal całkowicie wypełniony jest osadami biogenicznymi, jednak powierzchniowa warstwa torfu częściowo podlegała eksploatacji.

Niecka Włoszczowska

Położona w północno-zachodniej części Wyżyny Małopolskiej. Od północy sąsiaduje ze Wzgórzami Radomszczańskimi i Wysoczyzną Bełchatowską; od wschodu z Pasmem Przedborsko-Małogowskim i Doliną Nidy; od południa z Płaskowyżem Jędrzejowskim, Wyżyną Miechowską i Progiem Lelowskim, a od zachodu z Wyżyną Częstochowską, Obniżeniem Górnej Warty i Wyżyną Wieluńską (Kondracki 1998). Zbudowana jest głównie z osadów kredowych przykrytych osadami czwartorzędowymi w postaci glin zwałowych i piasków (Kondracki 1998). Tuż przy zachodniej granicy Niecki Włoszczowskiej (z Wyżyną Wieluńską), niedaleko miejscowości Kłobuck, znajduje się kilkanaście form krasu zakrytego w postaci zagłębień bezodpływowych (Kobojek 2004). Spośród nich wytypowano do badań stanowisko Łykawe Doły, częściowo wypełnione osadami biogenicznymi.

Stanowisko **Łykawe Doły** (50°59'21" N, 19°06'50" E) położone jest w pobliżu miejscowości Rywaczki, na wysokości około 214 m n.p.m. między rzeką Kocinką (w odległości 1,6 km) i Białą Okszą (w odległości 3,5 km), które należą do zlewni Liswarty. Stanowisko otoczone jest zwartym borem sosnowym.

Niecka Solecka

Położona w południowej części Wyżyny Małopolskiej. Od północy i wschodu sąsiaduje z Garbem Pińczowskim; od południa z Niziną Nadwiślańską, a od Zachodu z Doliną Nidy (Kondracki 1998). Podłoże Niecki Soleckiej zbudowane jest z margli kredowych przykrytych warstwą osadów miocenich w postaci gipsów, wapieni, piasków i żwirów. Warstwa gipsowa charakteryzuje się występowaniem licznych form krasowych, jak lejki, zapadliska

czy jaskinie (Kondracki 1998). Spośród tych form do badań paleośrodowiskowych wytypowano zagłębienie na pograniczu miejscowości Gaik i Winiary, położone na południowy zachód od miejscowości Busko-Zdrój. Zagłębienie to jest wypełnione w całości osadami biogeniczno-mineralnymi.

Stanowisko **Gaik-Winiary** (50°26'40" N, 20°37'58" E) położone jest w północnej części Niecki Soleckiej, na wysokości 227 m n.p.m., w zlewni Nidy, na północ od Doliny Nidy, od której oddalone jest o około 4 km. Stanowisko otoczone jest łąkami i polami uprawnymi.

Analizując lokalizację badanych stanowisk i cechy geomorfologiczne ich otoczenia wykorzystano również zdjęcia satelitarne i porównano je ze zdjęciami wykonanymi przy pomocy technologii Lidar (ang. Light Detection and Ranging), która pozwala odczytać wysokość powierzchni terenu pomijając m.in. znajdującą się na niej szatę roślinną.

Daleszewice

Na zdjęciu satelitarnym najbliższej okolicy stanowiska (rys. 2A) widocznych jest 7 zagłębień o owalnym kształcie. Cztery z nich porośnięte są zwartą roślinnością, głównie drzewami i krzewami. Dwa porośnięte roślinnością są jedynie na obrzeżach, a wewnątrz widoczny jest płytki zbiornik wodny. Jedno z zagłębień odwodnione jest rowem melioracyjnym. Tylko badane stanowisko nie jest porośnięte drzewami, a jedynie na jego brzegach znajduje się kilka grup krzewów.

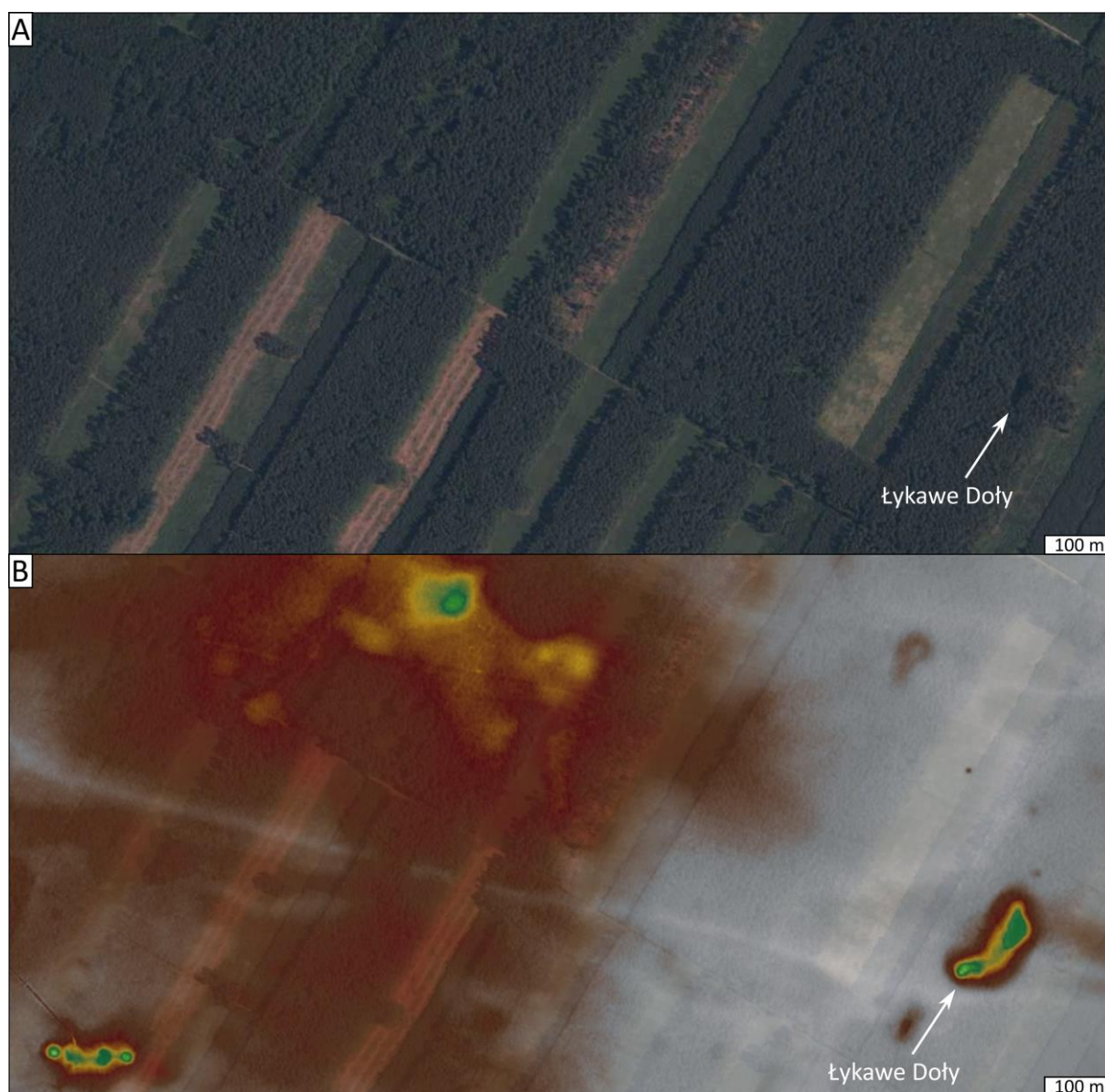
Na zdjęciu lidarowym (rys. 2B) wyraźnie widoczne są 4 ze wspomnianych zagłębień. Zaznaczają się na analizowanym obrazie wyraźnie żółtym i zielonym kolorem, co oznacza, że w tych miejscach powierzchnia terenu jest znacząco obniżona w stosunku do pozostałego obszaru objętego zdjęciem. Pozostałe trzy obniżenia są na zdjęciu wykonanym w technologii Lidar mniej wyraźne. W obrazie wysoczyzny dominuje kolor brązowy, a w miejscach wspomnianych obniżen widoczny jest intensywny czerwony kolor, co oznacza, że te formy nie są tak głębokie jak inne albo wypełnione są osadami i/lub wodą.



Rys. 2. Zdjęcie satelitarne (A) i zdjęcie w technologii Lidar (B) najbliższej okolicy stanowiska Daleszewice (geoportal.org).

Łykawe Doly

Zdjęcie satelitarne (rys. 3A) obrazuje głównie obszar pokryty lasem, przez co widoczność szukanych zagłębień bezodpływowych jest znacznie ograniczona. W miejscu położenia stanowiska badawczego zauważalny jest obszar przerzedzonej roślinności leśnej o owalnym kształcie, jednak na podstawie wyłącznie zdjęcia lotniczego trudno byłoby określić położenie badanej formy. Na zobrazowanym obszarze nie są widoczne inne zagłębienia bezodpływowe.

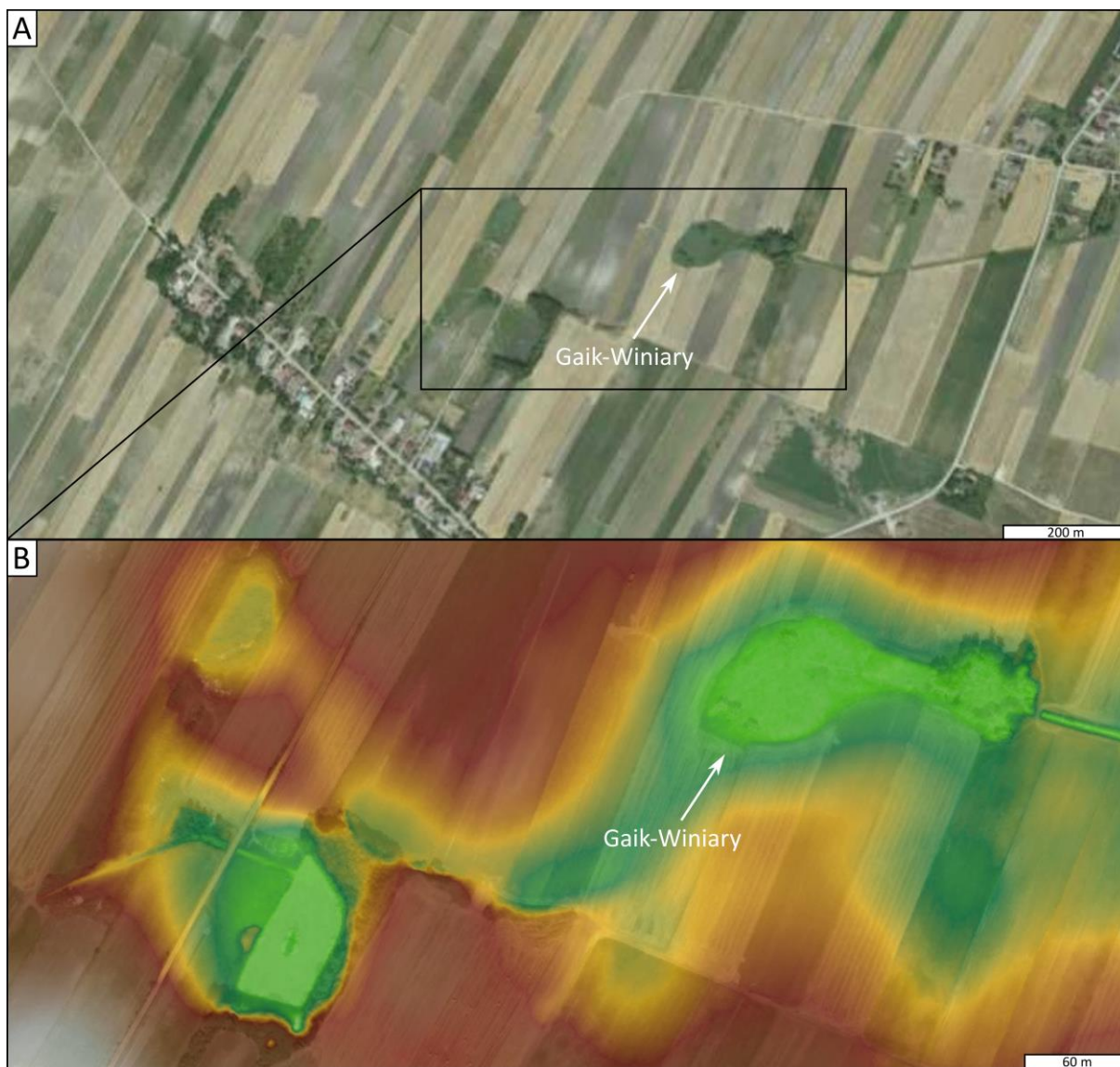


Rys. 3. Zdjęcie satelitarne (A) i zdjęcie w technologii Lidar (B) najbliższej okolicy stanowiska Łykawe Doły (geoportal.org).

Zdjęcie lidarowe (rys. 3B) pokazuje, że na analizowanym obszarze znajdują się trzy obniżenia. Dwa z nich, w tym stanowisko Łykawe Doły, wydają się być złożone z więcej niż jednego zagłębienia. Forma w dolnym lewym rogu mapy może być złożona z czterech mniejszych obniżeń i odwadniana jest rowem melioracyjnym. Forma ta jest całkowicie porośnięta lasem przez co jest niezauważalna na zdjęciu lotniczym. Na zdjęciu lidarowym zagłębienie krasowe Łykawe Doły ma znacznie większą powierzchnię niż jest to widoczne na zdjęciu satelitarnym, a także złożone jest z dwóch mniejszych przegłębień. Trzecie obniżenie jest największe spośród form widocznych na zdjęciu i otoczone łagodnym obniżeniem terenu o dużej powierzchni (ponad 300 m długości i 200 m szerokości). Również porośnięte jest zwartą roślinnością leśną.

Gaik-Winiary

Na zdjęciu lotniczym (rys. 4A) widoczne są wyraźnie dwa zagłębienia połączone rowem melioracyjnym. Jednym z nich jest stanowisko Gaik-Winiary, na którym widoczne są cztery kępy drzew lub krzewy. Sąsiadujące z nim zagłębienie otoczone jest drzewami i krzewami. Mniej wyraźne, ale nadal czytelne są także dwa inne obniżenia położone na zachód od stanowiska badawczego. Oba zagłębienia wypełnione są wodą, a brzegi jednego z nich porośnięte są z trzech stron drzewami lub krzewami.



Rys. 4. Zdjęcie satelitarne (A) i zdjęcie w technologii Lidar (B) najbliższej okolicy stanowiska Gaik-Winiary (geoportal.org).

Z uwagi na bardzo duże deniwelacje terenu, na mapie lidarowej (rys. 4B) zagłębienia te widoczne są dopiero po powiększeniu skali zdjęcia. Na podstawie gamy kolorystycznej zdjęcia lidarowego określić można, że powierzchnia trzech z widocznych zagłębień znajduje się znacznie niżej niż otaczająca je wysoczyzna.

1.4. Metody badawcze

Tematyka oraz charakter podjętych prac badawczych wymagały zastosowania dość zróżnicowanego zakresu metod. Ich realizacja obejmowała prace terenowe oraz laboratoryjne, wymagające właściwego przygotowania, jak i opracowania uzyskanych wyników. Metody badawcze, jakie zostały wykorzystane w trakcie badań podzielić można na:

- prace przygotowawcze i terenowe,
- analizy laboratoryjne, w tym analiza pyłkowa,
- metody kameralne.

1.4.1. Prace przygotowawcze i terenowe

Pierwszym etapem prac przygotowawczych była analiza dostępnej literatury oraz map tematycznych (geologicznych, hydrogeologicznych, topograficznych), a także zdjęć lidarowych i satelitarnych. Pozwoliło to na wytypowanie obszarów badań i określenie warunków rozwoju krasu zakrytego w tych wybranych terenach. Następnie w wyniku przeprowadzenia rekonesansu terenowego w trzech takich obszarach, wytypowano trzy stanowiska, które zawierają znaczną ilość osadów biogenicznych i w warunkach terenowych wykonano ich inwentaryzację.

Zasadniczą częścią prac terenowych było rozpoznanie miąższości i litologii osadów organicznych i mineralno-organicznych w wyselekcjonowanych zagłębieniach oraz pobór tych osadów w wytypowanych profilach. Do zaplanowanych badań laboratoryjnych niezbędne były rdzenie o nienaruszonej strukturze. Wszystkie rdzenie pobrano przy pomocy ręcznego próbnika geologicznego typu Instorf o średnicy 50 mm, w odcinkach 50 cm, stosując pobór z dwóch położonych blisko siebie otworów (około 50 – 60 cm).

Ze stanowiska Daleszewice pobrano rdzeń Dal o długości 3,24 m. Ze stanowiska Gaik-Winiary pobrano rdzeń GW o długości 2,90 m. Oba zbiorniki są niemal całkowicie wypełnione osadami. Zbiornik Łykawe Doły jest wypełniony tylko częściowo, w około 2/3 głębokości misy zbiornika. Pobrany rdzeń ŁD osiągnął długość 2,33 m.

1.4.2. Analizy laboratoryjne

W warunkach laboratoryjnych dokonano opisu litologii osadów pobranych z badanych stanowisk, a następnie wszystkie pobrane rdzenie opróbowano. Rdzenie Dal i ŁD opróbowano z rozdzielczością 5 cm, a rdzeń GW z rozdzielczością 2,5 cm. Pobrane próbki przeznaczone zostały przede wszystkim do analizy pyłkowej (której metodyka opisana została

w kolejnym podrozdziale), także do innych analiz paleoekologicznych i datowań radiowęglowych. W pierwszej kolejności jednak wykonano pomiary ich podstawowych parametrów fizykochemicznych. Należały do nich:

- pomiary odczynu i konduktywności wykonane przy użyciu konduktometru firmy Elmetron. Próbkę do pomiaru tych parametrów została w pierwszej kolejności wysuszona w temperaturze do 100°C, przetarta w moździerzu i przesiana przez sito o gradacji 0,3 mm, a następnie zalana na 24 godziny wodą destylowaną (Myślińska 1998)
- pomiar zawartości węglanu wapnia z użyciem aparatu Scheiblera. Podobnie jak w przypadku pomiarów odczynu i konduktywności materiał został najpierw wysuszony i przetarty. Przygotowany materiał zalany został 10% HCl w kolbie aparatu Scheiblera, po zakończeniu reakcji kwasu ze składnikami węglanowymi odczytano objętość wytworzonego dwutlenku węgla. Pomiary przeliczone zostały przy wykorzystaniu wzoru przedstawionego przez Myślińską (1998),
- pomiar wilgotności osadu został odczytany poprzez pomiar różnicy wagi osadu świeżego oraz osadu wysuszonego w temperaturze 80°C i obliczenie procentowej zawartości wody w materiale (Myślińska 1998),
- pomiar procentowego udziału części mineralnych, wykonany został poprzez wyprażanie materiału organicznego w piecu muflowym w temp. 550°C. Pomiaru dokonano poprzez obliczenie strat prażenia. Policzono różnicę wagi materiału wysuszonego w 100°C oraz materiału wyprażonego w 550°C (Myślińska 1998)

Pobrane próbki, poza badaniami palinologicznymi, przeznaczono także do badań zróżnicowania gatunkowego wioślarek (Cladocera) (analizę wykonała mgr Marta Rudna) oraz ochotkowatych (Chironomidae) (analizę wykonała mgr Agnieszka Mroczkowska).

Pobrano także próbki do datowań radiowęglowych metodą ^{14}C , które przekazano do Laboratorium Datowań Bezwzględnych w Krakowie. Materiał przygotowany do wykonania datowań radiowęglowych pozyskano z rdzeni w warunkach laboratoryjnych. Próbkę do oznaczenia wieku pobrane zostały ze środkowej części rdzeni, w celu uniknięcia ewentualnego zanieczyszczenia próbki młodszym materiałem. Pobrany do datowań materiał stanowił nierozdzieloną próbkę osadów biogenicznych (głównie torf) z podanej w opisie próbki głębokości.

Łącznie pobrano:

- 231 próbek do analiz fizykochemicznych (Dal – 66 próbek, ŁD – 48 próbek, GW – 117 próbek),
- 140 próbek do analizy zawartości materii organicznej (Dal – 31 próbek, ŁD – 47 próbek, GW – 62 próbki),
- 87 próbek do analizy palinologicznej (Dal – 34 próbki, ŁD – 23 próbki, GW – 30 próbek),
- 53 próbki do analizy różnicowania gatunkowego Cladocera (Dal – 33 próbki, GW – 20 próbek),
- 32 próbki z rdzenia Dal do różnicowania gatunkowego Chironomideae,
- 14 próbek do wykonania datowań radiowęglowych (Dal – 7 próbek, ŁD – 3 próbki, GW – 4 próbki).

1.4.3. Analiza pyłkowa

W celu wykonania analizy pyłkowej pobrano próby punktowo ze świeżego materiału, z osiowej części rdzeni. Pobrano próbki o objętości 1 cm³, z rozdzielczością 10 cm z każdego z rdzeni. Próbki rdzeni Dal i ŁD składały się głównie z torfu. Tylko próbki ze spągowej części obu rdzeni były częściowo zapiaszczone i zailone. W rdzeniu GW wszystkie próbki były w różnym stopniu zailone, szczególnie silnie na odcinkach głębokości: od 0 do 30 cm, od 70 do 160 cm i od 240 do 320 cm.

Pobrane próbki zostały poddane standardowej procedurze maceracji (Berglund i Ralska-Jasiewiczowa 1986) z wykorzystaniem acetolizy Erdtmanna (Faegri i Iversen 1975). W pierwszej kolejności próbki zawierające węglan wapnia zostały poddane działaniu kwasu solnego (HCl). Następnie materiał gotowano w 3,5% roztworze wodorotlenku potasu (KOH). Materiał zawierający części mineralne moczono przez 24 godziny w 40% kwasie fluorowodorowym (HF). Kolejnym krokiem była acetoliza, do której wykorzystano mieszaninę bezwodnika kwasu octowego ((CH₃CO)₂O) oraz kwasu siarkowego (H₂SO₄). Po zakończonej reakcji materiał zneutralizowano ponownie wykorzystując wodorotlenek potasu. W celu konserwacji próbek materiał przepłukano alkoholem etylowym i zalano bezwodną gliceryną. Opisany etap prac zrealizowany został w laboratorium Instytutu Nauk o Ziemi i Środowisku w Katedrze Geomorfologii i Paleogeografii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, pod nadzorem Pani mgr Danuty Portki, za co autorka w tym miejscu składa podziękowanie.

Przed przystąpieniem do analizy mikroskopowej próbki zostały zabarwione safraniną. Następnie wykonano analizę palinologiczną próbek. Przy pomocy mikroskopu optycznego zliczono ilość ziaren pyłku poszczególnych taksonów drzew, krzewów, roślin zielnych i wodnych, a także zarodniki mchów i paproci oraz szczątki glonów. Większość próbek została przeanalizowana do 500 ziaren pyłku AP+NAP (drzewa, krzewy, krzewinki i rośliny zielne). 11 próbek ze stanowiska Gaik-Winiary zostało przeanalizowanych jedynie do 300 ziaren z uwagi na bardzo niską frekwencję pyłku AP+NAP w tych próbkach, a na głębokości od 70 do 160 cm cztery próbki poddane zostały tylko ekspertyzie palinologicznej, z uwagi na bardzo zły stan zachowania materiału palinologicznego. Otrzymane wyniki wprowadzono do programu PolPal (Nalepka i Walanus 2003) i wykonano diagramy pyłkowe prezentujące procentowy udział poszczególnych taksonów. Ryciny prezentujące diagramy pyłkowe opracowane zostały w programie graficznym Inkscape.

1.4.4. Inne analizy paleośrodowiskowe

Równolegle z próbkami do badań palinologicznych pobrano także próbki o objętości 1 cm³ wilgotnego materiału do analizy zróżnicowania gatunkowego kopalnych wioślarek (Cladocera). Łącznie pobrano 53 próbki, z czego 33 próbki z rdzenia Dal z Daleszewic i 20 próbek z rdzenia GW (Gaik-Winiary). Analizę tę wykonała mgr Marta Rudna. Pobrano również 32 próbki o masie około 30 g osadu ze świeżego materiału rdzenia Dal, przeznaczone do analizy szczątek muchówek (Chironomideae). Analizę tę wykonała mgr Agnieszka Mroczkowska. Wykonanie analizy Cladocera i Chironomideae było konieczne do rekonstrukcji rozwoju zbiorników i ustalenia ewentualnych zmian poziomu wody w zbiornikach.

Ponadto pobrano również materiał do analizy geochemicznej. Pobrano łącznie 118 próbek (Dal – 33, GW – 62, ŁD – 23) materiału pozyskanego po spaleniu materii organicznej. Pobrano także 14 próbek (z głębokości 0 – 25 cm i 225 – 295 cm) świeżego materiału z rdzenia GW do analizy malakofauny znajdującej się w osadzie. Analizy te są w trakcie przygotowania i nie zostały opisane w rozprawie.

1.4.5. Metody kameralne

W celu przeprowadzenia szczegółowej analizy budowy geologicznej wykonano przegląd dostępnej literatury, a także przeanalizowano mapy geologiczne obszarów badań, przede wszystkim Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (dalej: SMGP).

Szczególnie istotne informacje na temat budowy geologicznej zawierają objaśnienia do SMGP, w których zamieszczony został opis poszczególnych warstw skalnych najbliższego otoczenia analizowanych stanowisk.

Przy pomocy narzędzi pakietu ArcGIS wykonano rekonstrukcję podłoża podkenozoicznego obszarów objętych arkuszami Żarnów (Janiec 1988), Ostrowy (Kaziuk i Nowak 1999) i Busko Zdrój (Łyczewska 1971) SMGP na podstawie zebranych na ich potrzeby wierceń geologicznych (Daleszewice - 103 wiercenia, Busko Zdrój - 28 wierceń, Ostrowy - 50 wierceń). Rekonstrukcji dokonano poprzez selekcję punktów, które zawierały informacje o głębokości występowania osadów podkenozoicznych, a następnie wykonanie mapy punktów o współrzędnych odpowiadających poszczególnym wierceniom wraz z wysokością bezwzględną powierzchni w nawierconym miejscu oraz wysokością bezwzględną powierzchni podłoża podkenozoicznego. Otrzymaną mapę punktów następnie zinterpolowano metodą krigingu, a przy pomocy nakładki ArcScene dokonano uplastycznienia otrzymanej mapy w formę trójwymiarowego obrazu ukształtowania terenu. Wykonana mapa punktów wykorzystana została także do określenia wartości miąższości warstwy kenozoicznej i jej zmian w obrębie poszczególnych obszarów. Dla każdego z trzech arkuszy SMGP wykonano mapy miąższości tej warstwy, a także warstwy osadów czwartorzędowych, co umożliwiło zobrazowanie udziału tego kompleksu w ogólnej masie osadów kenozoicznych.

W warunkach kameralnych opracowano również wyniki analiz fizykochemicznych. Wszelkich obliczeń dokonano za pomocą arkusza kalkulacyjnego Excel. Obliczenia jakie zostały wykonane przy opracowaniu danych to:

- Obliczenie procentowej zawartości części mineralnych i organicznych w osadzie,
- Obliczenie procentowej zawartości wody w świeżym materiale,
- Obliczenie procentowej zawartości węgla wapnia w osadzie korzystając ze wzoru opisanego przez Myślińską (1998):

$$\%CaCO_3 = \frac{V_0 \cdot 0,00446}{a} \cdot 100$$

gdzie: V_0 – objętość CO_2 odczytana z aparatu Scheiblera; a – waga próbki.

Z otrzymanych wyników wykonano wykresy poszczególnych parametrów, również korzystając z funkcji arkusza kalkulacyjnego. W kolejnym etapie prac wykresy te oraz dane o litologii osadów opisane podczas poboru rdzenia opracowano w programie graficznym Inkscape.

Wyniki analizy palinologicznej wprowadzono do arkusza programu PolPal (Nalepka i Walanus 2003) i wykonano diagramy pyłkowe prezentujące procentowy udział poszczególnych taksonów. Zamieszczone w tekście ryciny, prezentujące diagramy pyłkowe opracowano w programie graficznym Inkscape, gdzie naniesiono również granice lokalnych poziomów pyłkowych i poszczególnych okresów klimatycznych.

2. Budowa geologiczna i rzeźba obszarów badań

2.1. Stanowisko Daleszewice

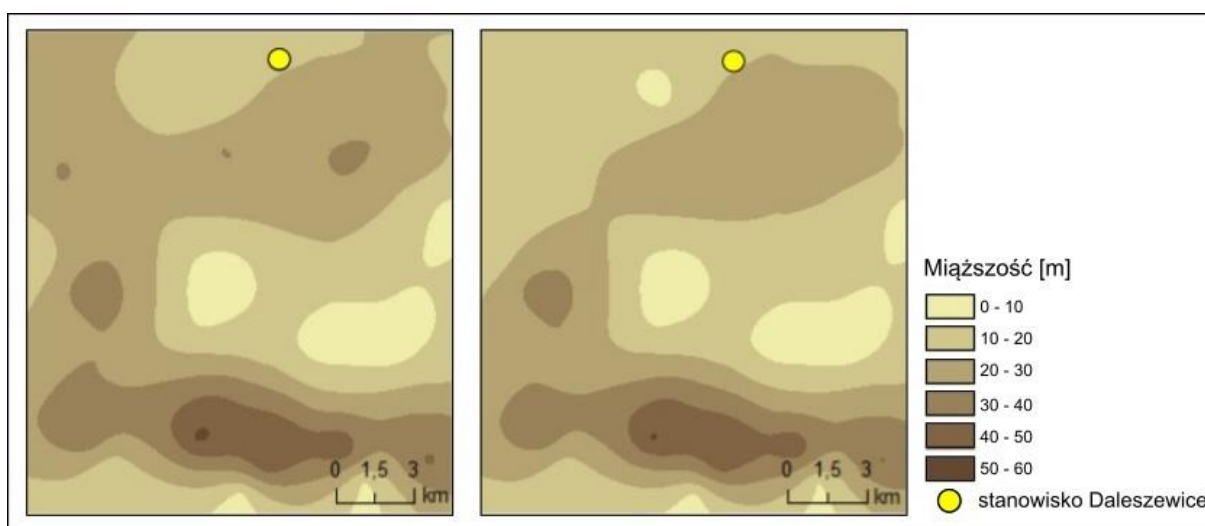
Stanowisko położone jest w obrębie antyklinorium śródpolskiego, na obszarze segmentu szydłowieckiego, który obejmuje obrzeżenie mezozoiczne trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich (Mizerski 2020). Północna część obszaru, wchodząca w skład północno-wschodniego skrzydła segmentu szydłowieckiego, gdzie zlokalizowane jest stanowisko Daleszewice charakteryzuje się niewielkim nachyleniem warstw oraz znaczną miąższością skał mezozoicznych (Mizerski 2020). W północno-wschodniej części segmentu szydłowieckiego występują liczne uskoki laramijskie oraz waryscyjskie, których zasięg nie sięga do powierzchni terenu.

Stanowisko położone jest w obrębie występowania krasu wapiennego północnej części Wzgórz Opoczyńskich. Obszar arkusza Żarnów SMGP (Janiec 1993), w obrębie, którego znajduje się badane stanowisko, charakteryzuje się występowaniem w jego północnej części osadów polodowcowych, z gliną zwałową na powierzchni, natomiast w centralnej części arkusza dużą część zajmują wychodnie skał jury dolnej, w postaci piaskowców z przewarstwieniami mułowców i iłowców.

W podłożu stanowiska Daleszewice pod cienką (do 20 m) lecz ciągłą warstwą osadów czwartorzędowych, płatowo odłożona jest warstwa neogeńskiej zwietrzliny typu terra rosa (Janiec 1993). W większości jednak osady czwartorzędowe odłożone są bezpośrednio na jurajskich osadach wapiennych. W sąsiedztwie stanowiska Daleszewice nawiercono ponad 300 metrowy profil jury. Najgłębiej odłożone są skały jury środkowej, reprezentowane przez piaskowce, piaskowce wapniste, dolomityczne, margliste, chlorytowe, organodetrytyczne i zlepieńcowate oraz iły i iłowce, mułowce, zlepieńce i syderyty. Powyżej położona jest ponad 200 metrowa warstwa utworów jury górnej w postaci wapieni płytowych, marglistych, rafowych, gąbkowych, z krzemieniami i ooidowych oraz margli (Janiec 1993). Warstwę czwartorzędową tworzą 3 pokłady glin zwałowych, rozdzielone soczewkami piasków i mułków zastoiskowych. Najstarszy z nich tworzy glina zwałowa z okresu zlodowaceń południowopolskich, która odłożona jest płatowo, zwykle w miejscach nieciągłości warstwy neogenu. Powyżej odłożona jest glina zwałowa zlodowacenia odry o miąższości do 10 m. Powierzchniową warstwę stanowi natomiast glina zwałowa stadiału warty o podobnej miąższości, dochodzącej do 10 m (Janiec 1988, 1993).

Stanowisko Daleszewice leży w obrębie zlewni Pilicy, najbliższym ciekim jest Pogorzelec, płynący około 3 km na zachód od stanowiska. Pierwszym poziomem wodonośnym w miejscu, gdzie zlokalizowane jest badane stanowisko jest poziom czwartorzędowy, którego zwierciadło wody znajduje się na głębokości 2-5 m. Drugim poziomem wodonośnym jest poziom górnójurajski, którego zwierciadło w otoczeniu stanowiska znajduje się na głębokości od 10 do 46 m (Janiec 1993).

Mięszość utworów kenozoicznych w obrębie arkusza Żarnów (Janiec 1988) waha się od 0 do 60 m (rys. 5). Największe wartości występują w południowej części analizowanego obszaru i są to miąższości rzędu 30-60 m, natomiast w centralnej oraz północnej części obszaru są one w większości mniejsze niż 20 m. Tak jest w przypadku najbliższej okolicy stanowiska Daleszewice, gdzie miąższość osadów kenozoicznych mieści się w przedziale od 10 do 20 m. Podobnie miąższości rozkładają się w odniesieniu do osadów wyłącznie czwartorzędowych, z niewielką różnicą w północno-zachodniej części arkusza (rys. 5).

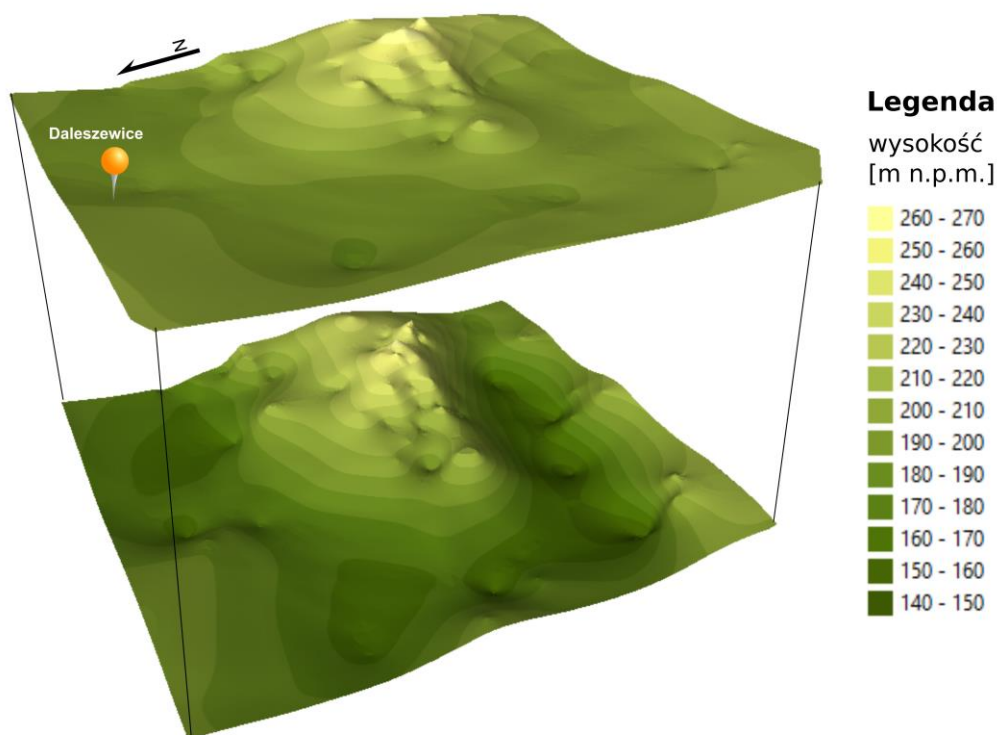


Rys. 5. Mapy miąższości: utworów kenozoicznych (A) i utworów czwartorzędowych (B) na podstawie arkusza Żarnów SMGP (Janiec 1988) (Brzozowicz 2021).

Wysokości bezwzględne powierzchni terenu sięgają od 180 m n. p. m. do 277 m n. p. m. natomiast powierzchni podkenozoicznej od 144 m n. p. m. do 264 m n. p. m.

Analizując ukształtowanie powierzchni podkenozoicznej (rys. 6) zauważyć można, że w centralnej części obszaru zarysowuje się niewielkie wzniesienie o wysokości względnej do około 80 m, które otacza dolina o głębokości do 50 m. W południowej części obszaru objętego mapą (rys. 6) dolina ta pokrywa się z obecnym przebiegiem doliny rzeki Czarnej. Na powierzchni czwartorzędowej wzniesienie nadal jest zauważalne, jednak jest relatywnie niższe, a jego stoki łagodniejsze. Wysokość wzniesienia sięga około 60 m. Dolina rzeczna

również została wypłycona. Różnica wysokości między dnem doliny, a wysoczyzną sięga do 20 m.



Rys. 6. Cyfrowy model terenu ukształtowania powierzchni: współczesnej (na górze) i podkenozoicznej (na dole) na podstawie arkusza Żarnów SMGP (Janiec 1988; Brzozowicz 2021)

W miejscu lokalizacji badanego zagłębienia bezodpływowego wysokość bezwzględna wynosi 193 m n. p. m. natomiast wysokość powierzchni podkenozoicznej około 180 m n. p. m. Stanowisko położone jest w miejscu, gdzie na powierzchni podkenozoicznej widoczny jest spadek w kierunku NW-SE, jest to stok wspomnianej wcześniej doliny. Można więc przyjąć, że poziom wód w utworach kenozoicznych nawiązywał do takiego nachylenia stropu mezozoiku.

2.2. Stanowisko Łykawe Doły

Stanowisko położone jest w zasięgu synklinorium szczecińsko-miechowskiego, w południowej części segmentu miechowskiego. Podłoże segmentu stanowią sfałdowane i pocięte uskoki skały paleozoiczne (Jurkiewicz 1975), przykryte osadami mezozoicznymi, których profil jest niepełny, z licznymi lukami sedimentacyjnymi. W południowej części segmentu, gdzie znajduje się stanowisko Łykawe Doły, osady mezozoiczne przykryte zostały mioceńskimi osadami morskimi, ułożonymi w struktury fałdowe (Mizerski 2020).

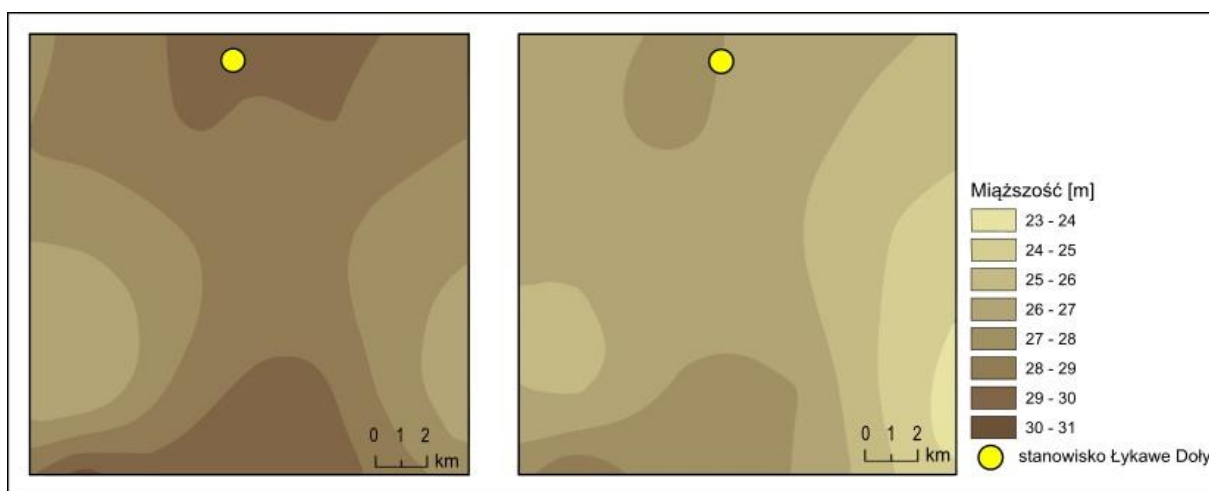
Stanowisko Łykawe Doły położone jest w obszarze występowania procesów krasu zakrytego, związanego z krasowaniem jurajskich osadów wapiennych, przykrytych cienką warstwą osadów czwartorzędowych (Kobojek 2004). Arkusz Ostrowy SMGP (Kaziuk i Nowak 1999) obejmuje fragment strefy czołowomorenowej maksymalnego zasięgu zlodowacenia odry. Charakterystyczne jednak dla tego obszaru są liczne wychodnie skał jurajskich. Skały jurajskie w obrębie całego arkusza zalegają płytko pod powierzchnią terenu. Największa zanotowana głębokość zalegania stropu jury to 90 m w okolicy miejscowości Szarlejka. Średnio miąższość warstwy nadległej wynosi około 30 – 40 m. W przeważającej części arkusza warstwę powierzchniową jury tworzą skały wieku oksfordzkiego, takie jak: margle oraz wapienie margliste, ławicowe, skaliste, detrytyczne i kredowate. W niewielkich obniżeniach odnotowano obecność osadów neogenu, takich jak: ropy, mułki i piaski z węglem brunatnym oraz piaski z rumoszami skalnymi wapieni (Kaziuk i Nowak 2014). Zwykle jednak bezpośrednio na stropie warstw jurajskich odłożone są osady czwartorzędowe, polodowcowe złożone z trzech warstw piasków wodnolodowcowych, przedzielonych dwiema, miejscami trzema, warstwami glin zwałowych. Osady te związane są z działalnością lądolodów podczas zlodowaceń sanu i odry.

W bezpośrednim otoczeniu stanowiska Łykawe Doły kompleks osadów czwartorzędowych zbudowany jest z 40 metrowej warstwy, zalegającej na skałach jury górnej. Na głębokości 327 m nawiercone zostały utwory jury środkowej w postaci wapieni piaszczystych, margli i wapieni marglistych. Nad nimi odłożona jest ponad 280 metrowa warstwa jury górnej reprezentowana przez wapienie margliste, wapienie ławicowe gąbkowe, wapienie skaliste, detrytyczne i kredowate oraz margle (Kaziuk i Nowak 2014).

Bezpośrednio na utworach górnej jury odłożone są osady czwartorzędowe, bez udziału neogenu. Najgłębiej odłożona jest warstwa glin zwałowych zlodowacenia sanu 2 o miąższości około 10 m. Nad nią odłożone są piaski i żwiry wodnolodowcowe o miąższości do 10 m, również związane z działalnością lądolodu sanu 2. Kolejną warstwę tworzy glina zwałowa zlodowacenia odry, której miąższość może sięgać do 15 m. Warstwę powierzchniową stanowią piaski i żwiry wodnolodowcowe maksymalnego zlodowacenia odry o miąższości około 5 m (Kaziuk i Nowak 2014).

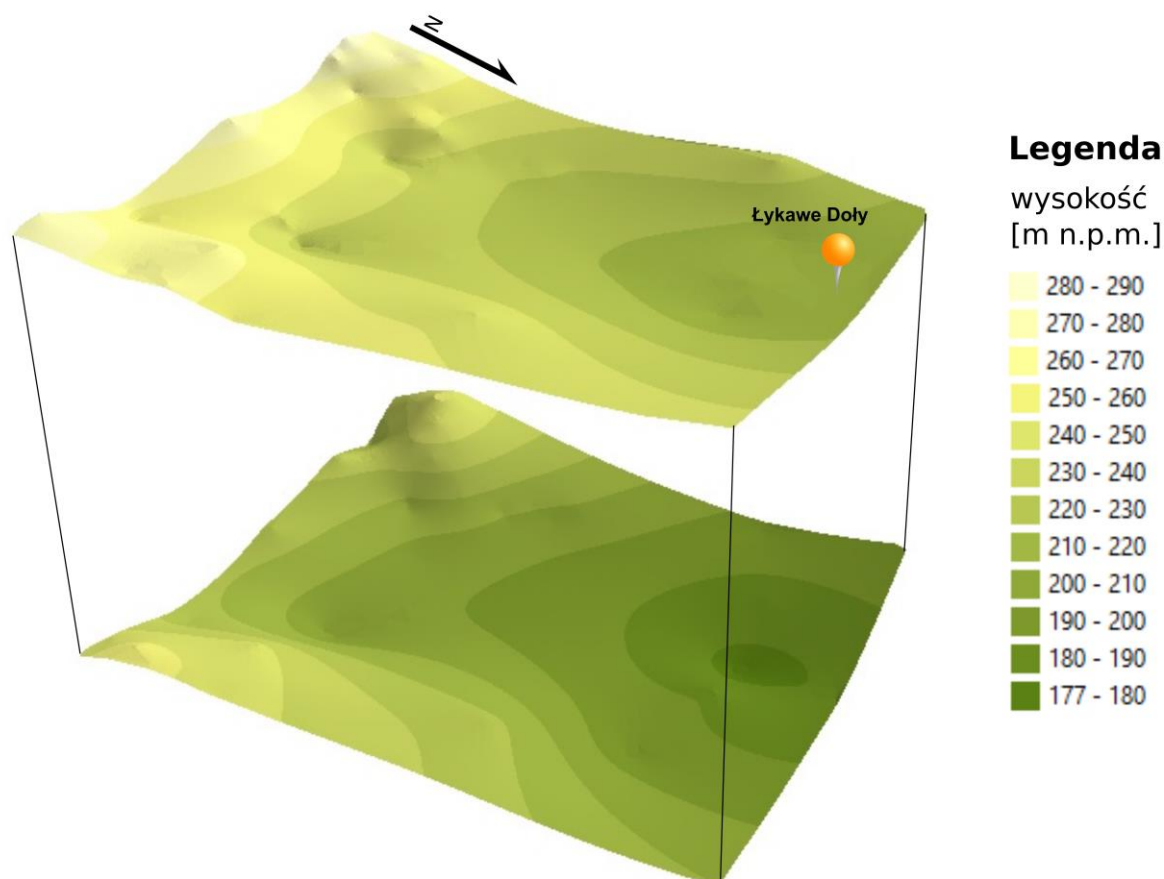
Zbiornik Łykawe Doły znajduje się pomiędzy rzeką Białą Okszą (na zachód od stanowiska) a Kocianką (na wschód od stanowiska). Pierwszym poziomem wód gruntowych w tym miejscu jest poziom związany z warstwami górnej jury, którego zwierciadło wody dochodzi do 5 m poniżej poziomu terenu (Liszka i in. 2000, Mapa hydrograficzna).

Miąszość osadów kenozoicznych w obrębie arkusza Ostrowy jest bardzo mało zróżnicowana (rys. 7). Jej wartości zawierają się w przedziale od 27 do 31 m. Największa miąszość osadów jest w północnej, centralnej i południowej części arkusza, a jej wartości sięgają od 29 do 31 m. Niewiele mniejsze wartości osiąga miąszość osadów w zachodniej oraz wschodniej części arkusza, od 27 do 29 m. Miąszości kompleksu czwartorzędowego są w niewielkim tylko stopniu mniejsze w obrębie całego arkusza i zawierają się w przedziale od 23 do 28 m. W najbliższej okolicy stanowiska Łykawe Doły miąszość osadów kenozoicznych wynosi od około 29 do 30 metrów, natomiast osadów czwartorzędowych od około 26 do 28 m, co wynika z występowania cienkiego i nieciągłego pokładu utworów paleogenu i neogenu.



Rys. 7. Mapy miąszości: utworów kenozoicznych (A) i utworów czwartorzędowych (B) na podstawie arkusza Ostrowy SMGP (Kaziuk i Nowak 1999; Brzozowicz 2021).

W północnej części analizowanego obszaru, przedstawionego na modelu wysokościowym (rys. 8) zauważalne jest obniżenie terenu zarówno w przypadku mapy powierzchniowej jak i mapy powierzchni podkenozoicznej. Południowa część obszaru położona jest znacznie wyżej. Na mapie powierzchniowej różnica między najniżej i najwyżej położonym punktem to ponad 70 m, a na mapie powierzchni podkenozoicznej ponad 80 m. Wysokości bezwzględne na zobrazowanym obszarze mają wartości od 212 m n. p. m. do 293 m n. p. m. w odniesieniu do aktualnego ukształtowania terenu oraz od 176 m n. p. m. do 272 m n. p. m. na powierzchni podkenozoicznej. Stanowisko Łykawe Doły zlokalizowane jest dokładnie we wspomnianym wcześniej obniżeniu na wysokości 212 m n. p. m. Powierzchnia stropu mezozoiku leży w tym miejscu na wysokości 173 m n. p. m.



Rys. 8. Cyfrowy model terenu ukształtowania powierzchni: współczesnej (na górze) i podkenozoicznej (na dole) na podstawie arkusza Ostrowy SMGP (Kaziuk i Nowak 1999; Brzozowicz 2021).

2.3. Stanowisko Gaik-Winiary

Stanowisko położone jest na obszarze synklinorium szczecińsko-miechowskiego, w południowej części segmentu miechowskiego. Podłoże segmentu stanowią sfałdowane i pocięte uskoki skały paleozoiczne przykryte warstwami mezozoicznymi, których profil jest niepełny, z licznymi lukami sedymentacyjnymi (Jurkiewicz 1975). W południowej części segmentu, gdzie znajduje się stanowisko Gaik-Winiary, osady mezozoiczne przykryte zostały przez struktury fałdowe, zbudowane z miocenich osadów morskich (Mizerski 2020).

Opisywane stanowisko położone jest w obrębie Niecki Nidziańskiej, w obszarze udokumentowanej działalności procesów krasowych skał gipsowych (Rutkowski J. 1986, Urban i in. 2015). Podłoże zbudowane jest z czterech głównych warstw skalnych (Łyczewska 1971) i są to:

- skały górnej jury, które na analizowanym obszarze występują w postaci margli, wapieni oraz wapieni skalistych z wkładkami łupków i ilów.

- utwory górnej kredy to głównie osady węglanowe, jak opoki, margle i wapienie oraz piaskowce, piaski i ropy. Miąższość górnej kredy może przekraczać 400 m.
- nierównomiernie zachowana warstwa osadów neogenu, której głównymi utworami są gipsy, anhydryty, ropy, ropy margliste oraz piaski. Miąższość tej warstwy może dochodzić do około 40 metrów.
- cienka warstwa osadów czwartorzędowych odłożona płatowo, mocno zerodowana. Warstwa ta najbardziej miąższa jest w obrębie doliny Nidy.

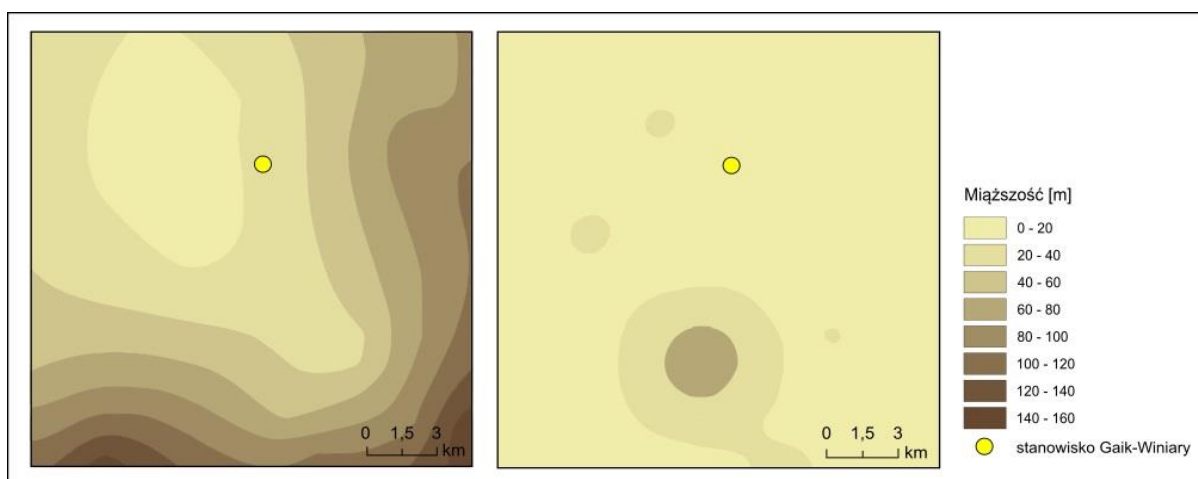
Stanowisko Gaik-Winiary zlokalizowane jest na wysoczyźnie, na wschód od doliny Nidy, w miejscu występowania wychodni skał neogenu. Najgłębiej nawierconą warstwą są wapienie, margle i wapienie skaliste z wkładkami łupków i ropy górnej jury, powstałe w wyniku rozległej transgresji morskiej (Łyczewska 1972). W miejscu, gdzie zlokalizowane jest badane stanowisko głębokość na jakiej znajduje się strop warstwy jurajskiej może osiągać ponad 240 m. Bezpośrednio nad osadami górnej jury odnotowano obecność osadów górnej kredy w postaci opok, margli i wapieni, a także piaskowców wapnistych, wapieni skrzemionkowanych i krzemieni. Miąższość górnej kredy może w tym miejscu osiągać do 200 m. Powyżej odłożona jest warstwa osadów neogenu rozpoczynająca się prawdopodobnie piaskami i ropy marglistymi. Stropową serię tworzą gipsy i anhydryty, których miąższość może dochodzić do 37 m, zbudowana jest z sekwencji o miąższości do kilku metrów (maksymalnie 9 m). Najgłębiej odłożona jest warstwa gipsów wielkokrystalicznych (kryształy mogą osiągać długość 3 m), nad nią znajduje się warstwa gipsu grubokrystalicznego. Kolejną warstwą jest gips łupkowy z wkładkami ilasto-marglistymi lub wapieniami marglistymi, natomiast powierzchnię warstwę tworzy gips kryptokrystaliczny z wkładkami ilasto-marglistymi o łupliwości płytkowej (Łyczewska 1972). Powierzchnię, czwartorzędową warstwę, tworzy glina zwałowa zaliczona do złodowaceń południowopolskich, która odłożona jest płatowo (Łyczewska 1971).

Dokładną ocenę stratygrafii osadów w podłożu badanego stanowiska utrudnia fakt, że jest to obszar rozcięty licznymi spękaniami i uskokami (Łyczewska 1971, 1972), a odległość stanowiska od miejsc, w których wykonane zostały głębokie wiercenia geologiczne wynosi nie mniej niż 2 km. Zaznaczyć trzeba, że w przypadku stanowiska Gaik-Winiary podstawowe znaczenie dla rozwoju procesów krasowych mają neogeńskie utwory gipsowe.

Zagłębienie na stanowisku Gaik-Winiary położone jest w obrębie zlewni Nidy, na północ od jej koryta, odwadniane jest sztucznym rowem melioracyjnym. Stanowisko położone jest w zasięgu zbiornika wód podziemnych kredy, ale największe znaczenie dla

rozwoju procesów krasowych ma poziom wód mioceńskich. Wody te zasilają źródła krasowe, a poziom ich zwierciadła, w miejscu położenia zbiornika Gaik-Winiary, znajduje się na głębokości do 2 m pod powierzchnią terenu. (Łyczewska 1972).

Miąższości osadów kenozoicznych w przypadku obszaru objętego arkuszem Busko Zdrój (Łyczewska 1971) są znacznie większe od pozostałych dwóch i zawierają się w przedziale od 0 do 160 m (rys. 9). Największe miąższości odnotowano w południowej i wschodniej części obszaru, natomiast w jego centralnej i północno-zachodniej części osiągają od 0 do 40 metrów. Zdecydowanie mniejsze miąższości mają osady czwartorzędowe, które sięgają maksymalnie 60 metrów w południowej części obszaru. W pozostałej części miąższość osadów czwartorzędowych osiąga wartość do 20 m. W pobliżu stanowiska Gaik-Winiary miąższości osadów kenozoicznych osiągają wartość od 20 do 40 metrów natomiast w przypadku osadów czwartorzędowych od 0 do 20 m.



Rys. 9. Mapy miąższości: utworów kenozoicznych (A) i utworów czwartorzędowych (B) na podstawie arkusza Busko Zdrój SMGP (Łyczewska 1971) (autor: Brzozowicz 2021).

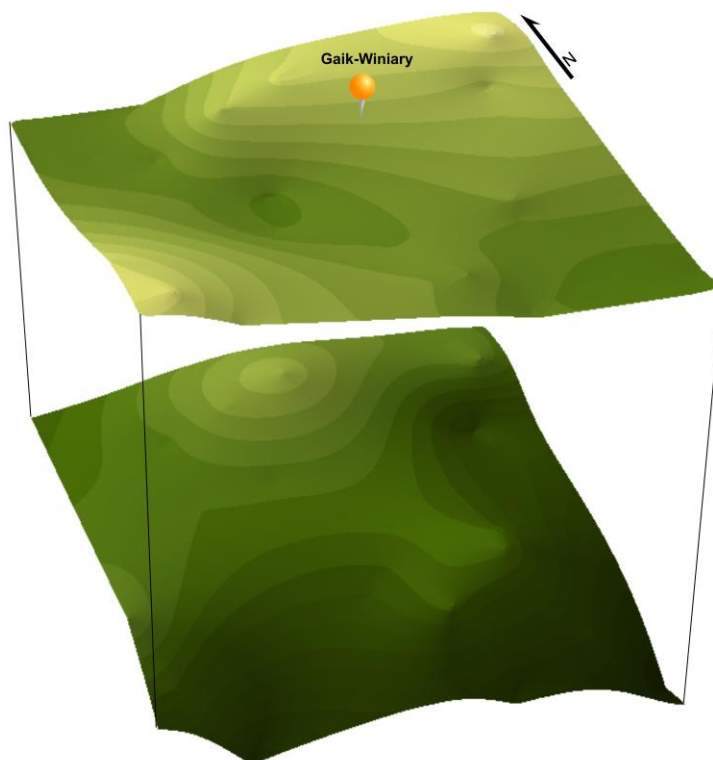
Stanowisko Gaik-Winiary jest wśród trzech opisywanych obszarów badawczych najbardziej zróżnicowane pod względem ukształtowania współczesnej powierzchni terenu i powierzchni podkenozoicznej (rys. 10). Powierzchnię terenu cechują wysokości bezwzględne na poziomie od 169 m n. p. m. do 270 m n. p. m., natomiast wysokości bezwzględne powierzchni podkenozoicznej wynoszą od 4 m n. p. m. do 230 m n. p. m. Na współczesnej powierzchni terenu w centralnej części mapy zarysowuje się dolina Nidy, natomiast na północno-wschodnim i południowo-zachodnim krańcu mapy zaznaczają się strome stoki doliny. Różnica wysokości tych form to blisko 90 m. Znacząco odmienna jest powierzchnia stropu osadów mezozoicznych, gdzie w południowo-wschodniej części mapy znajduje się obniżenie o głębokości ponad 170 m (tj. do rzędnej około 0 m n.p.m.),

a w północnej części mapy znajduje się stosunkowo niewielkie wzniesienie o wysokości do 230 m n. p. m.

Legenda

wysokość
[m n.p.m.]

260 - 270
250 - 260
240 - 250
230 - 240
220 - 230
210 - 220
200 - 210
190 - 200
180 - 190
170 - 180
160 - 170
150 - 160
140 - 150
130 - 140
120 - 130
110 - 120
100 - 110
90 - 100
80 - 90
70 - 80
60 - 70
50 - 60
40 - 50
30 - 40
20 - 30
10 - 20
0 - 10



Rys. 10. Cyfrowy model terenu ukształtowania powierzchni: współczesnej (na górze) i podkenozoicznej (na dole) na podstawie arkusza Busko Zdrój SMGP (Łyczewska 1971) (autor: Brzozowicz 2021).

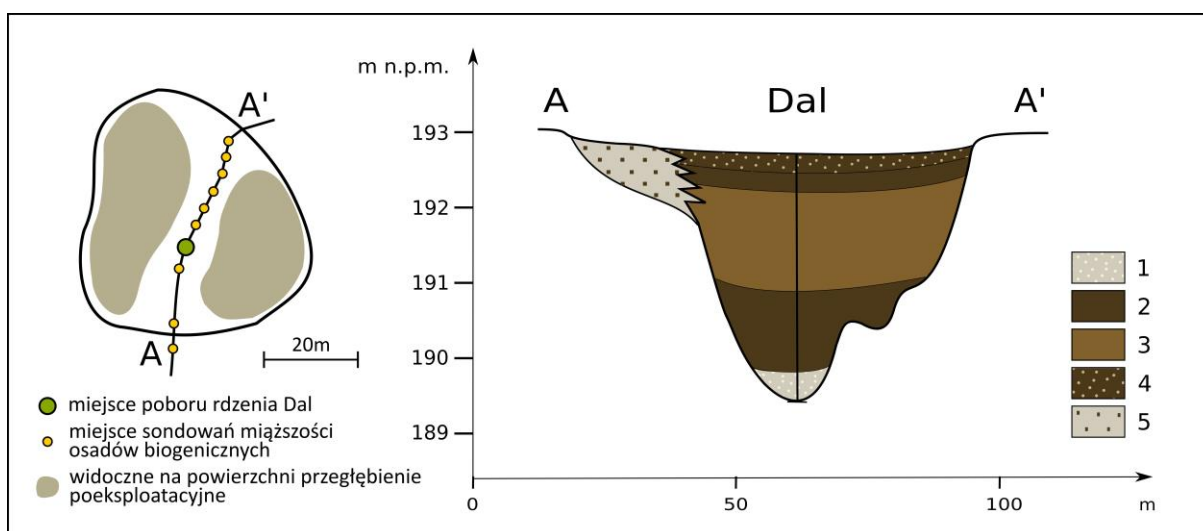
Stanowisko Gaik-Winiary położone jest na stoku doliny Nidy oraz w miejscu, gdzie na powierzchni podkenozoicznej znajduje się stok, wspomnianego wzniesienia. Wysokość bezwzględna na powierzchni terenu wynosi 225 m n. p. m., natomiast wysokość bezwzględna powierzchni podkenozoicznej około 200 m n. p. m.

3. Cechy litologiczne, fizykochemiczne i wiek osadów badanych zagłębień

Jak już wspomniano w rozdziale drugim, do szczegółowych badań laboratoryjnych i analiz paleoekologicznych pobrano po jednym rdzeniu z każdego z badanych stanowisk. Poniżej opisane zostaną cechy litologiczne utworów reprezentujących pobrane profile, przedstawione wyniki oznaczeń podstawowych parametrów fizykochemicznych tych osadów i wyniki datowań radiowęglowych. To pozwoli ukazać zróżnicowanie wiekowe i litologiczne osadów organiczno-mineralnych w badanych stanowiskach.

3.1. Stanowisko Daleszewice

W zagłębieniu krasowym występuje współcześnie torfowisko, ale jego powierzchnia jest częściowo przekształcona przez eksploatację torfu. Obecność dołów potorfowych, wypełnionych częściowo wodą utrudnia pełne rozpoznanie obszaru torfowiska. Zbiornik Daleszewice ma kształt niemal regularnie okrągły (rys. 11). Średnica misy zagłębienia wynosi w przybliżeniu 45 m. Głębokość kopalnego zbiornika została określona w miejscach nawiercenia stropu osadów mineralnych.



Rys. 11. Szkic stanowiska Daleszewice (z lewej) z oznaczonymi miejscami sondowań miąższości osadów biogenicznych i poboru rdzenia oraz przekrój przez zagłębienie Daleszewice (z prawej); litologia osadów wypełniających zbiornik: 1. mułk jeziorny z piaskiem, 2. torf zielno-mszysty silnie rozłożony, 3. torf zielno-mszysty średnio rozłożony, 4. torf zielno-mszysty silnie rozłożony, z piaskiem, 5. mułk zatorfiony.

Litologia

W miejscu stwierdzonej największej miąższości osadów wypełnienia zbiornika pobrany został rdzeń osadów biogenicznych, oznaczony jako Dal, o miąższości 324 cm. W profilu wyróżniono kilka warstw:

- 324 - 295 cm – mułek jeziorny z piaskiem,
- 295 – 185 cm – torf zielno-mszysty silnie rozłożony,
- 185 – 51 cm – torf zielno-mszysty średnio rozłożony,
- 51 – 27 cm – torf zielno-mszysty silnie rozłożony,
- 27 – 0 cm – torf zielno-mszysty silnie rozłożony, z piaskiem.

Analizy fizykochemiczne

Wykonane oznaczenia parametrów fizykochemicznych pozwoliły na wyznaczenie w profilu sześciu poziomów (rys. 12), o zbliżonej charakterystyce.

Dal-1 (324 – 305 cm)

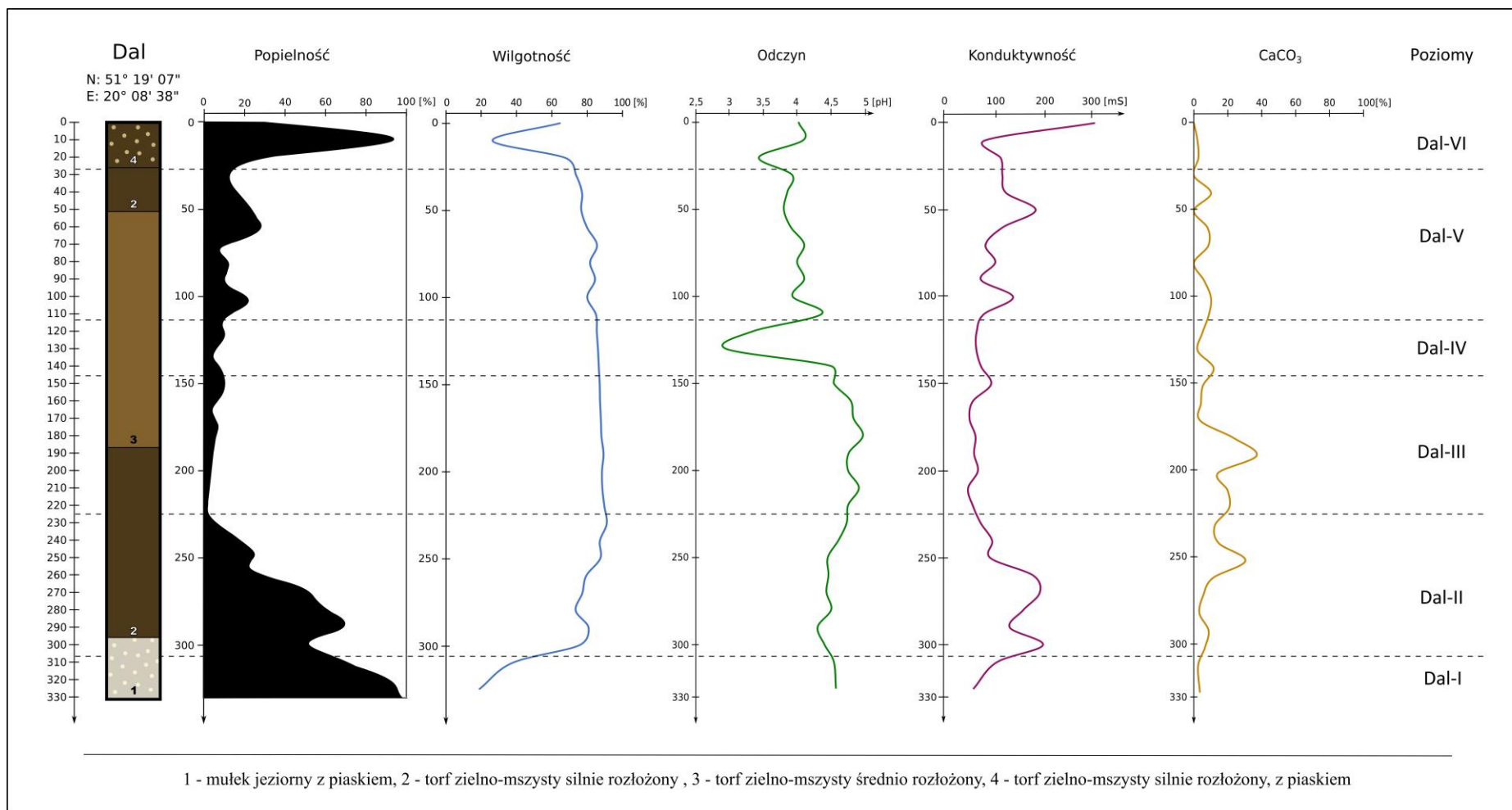
Poziom ten składa się z mułku jeziornego z piaskiem, co odzwierciedla się w popielności, która sięga od 60 do blisko 100%. Odczyn wykazuje wartość około 4,5 pH. Konduktywność systematycznie wzrasta z około 80 do 150 mS, podobnie jak wilgotność, która w spągu wynosi od 20% do 50%. Zawartość CaCO_3 w tym poziomie jest niewielka i osiąga do 3%.

Dal-II (305 – 225 cm)

W spągowej części poziomu występuje jeszcze mułek jeziorny z silnie rozłożoną substancją humusową. Powyżej głębokości 295 cm osad staje się bardziej organiczny. Określono go jako torf zielno-mszysty silnie rozłożony. Popielność osadu systematycznie maleje osiągając na górnej granicy poziomu wartość ok. 2%. Wilgotność wzrasta z 50% do około 80%. Odczyn osadu wynosi w dolnej części 4 pH i powoli podnosi się do około 4,5 pH. Konduktywność osadu jest zmienna, waha się między 90, a 200 mS, malejąc przy górnej granicy poziomu do 90 mS.

Dal-III (225 – 145 cm)

Osad w tym poziomie zmienia się na głębokości 185 cm z torfu zielno-mszystego silnie rozłożonego w średnio rozłożony. Wykonane pomiary parametrów fizykochemicznych osadu są w tej warstwie dość stabilne. Popielność osiąga wartość od 2 do 10%, odczyn od 4,5 do 5 pH, konduktywność od 50 do 100 mS, wilgotność sięga 90%. Jedynie zawartość węglanu wapnia wykazuje większe wahania, w dolnej części wzrasta od kilkunastu procent do 35% na głębokości 180 cm, a następnie obniża się do 2%.



Rys. 12. Parametry fizykochemiczne osadów ze stanowiska Daleszewice.

Dal-IV (145 – 115 cm)

Osad stwierdzony w tym poziomie opisany został jako torf zielno-mszysty o średnim stopniu rozkładu. Poziom charakteryzuje się znaczącym spadkiem odczynu z 4,5 do nieco poniżej 3 pH. Pozostałe zmierzone parametry są w tej warstwie dość stabilne, konduktywność jest niska, wykazuje wartość około 80 mS, wilgotność utrzymuje się na wartościach około 80%. Udział CaCO_3 waha się od 2 do 10%, ale najniższa wartość notowana jest w próbce o bardzo niskim odczynie. Popielność osadu to 5-10 %, najniższa w tym poziomie wartość występuje nieco głębiej niż minimum wartości odczynu.

Dal-V (115 – 25 cm)

W dolnej części tego przedziału głębokości stwierdzony został torf zielno-mszysty, średnio rozłożony. Na głębokości 52 cm zmienia się w torf zielno-mszysty silnie rozłożony, natomiast na głębokości 28 cm przyjmuje cechy torfu zielno-mszystego silnie rozłożonego z piaskiem. W popielności zauważalny jest wzrost dostawy składników mineralnych w dwóch epizodach (z głębokości około 105 cm i 66-50 cm), potwierdzony poprzez wzrost wartości popielności nawet do 30%. Odczyn w tej warstwie ponownie wzrasta, ale jest nadal kwaśny i osiąga wartości do 4 pH. Konduktywność z kolei jest bardziej zmienna, waha się od 90 do 190 mS, ale wyższe wartości osiąga bezpośrednio po epizodach wzrostu popielności. Wilgotność w opisywanym poziomie nieznacznie maleje, z 85 do 70%. Węglan wapnia przyjmuje zmienne wartości udziału w osadzie sięgające do 10%, ale są też próbki, gdzie ma wartości zerowe.

Dal-VI (25 – 0 cm)

Poziom obejmuje stropową warstwę osadu złożoną z torfu zielno-mszystego silnie rozłożonego z piaskiem. Popielność w tej warstwie osiąga 95%, w próbce z głębokości 10 cm. Odczyn osadu, początkowo niższy - około 3,5, wzrasta do 4 pH. Z kolei konduktywność na początku poziomu wynosi 110, następnie maleje do 80 mS, a w warstwie powierzchniowej silnie wzrasta, do 300 mS. Podobnie jest w przypadku wilgotności, która najpierw maleje z 70 do 25% (w próbce z najwyższą popielnością) i ponownie wzrasta do 65%. Zawartość CaCO_3 osiąga niewielkie wartości - od 0 do 3%.

Datowania radiowęglowe

Z rdzenia Dal pobranych zostało 7 próbek w zbliżonych odstępach w profilu (tab. 1). Datowania radiowęglowe wykazały, że osad odkładany był w zbiorniku Daleszewice już

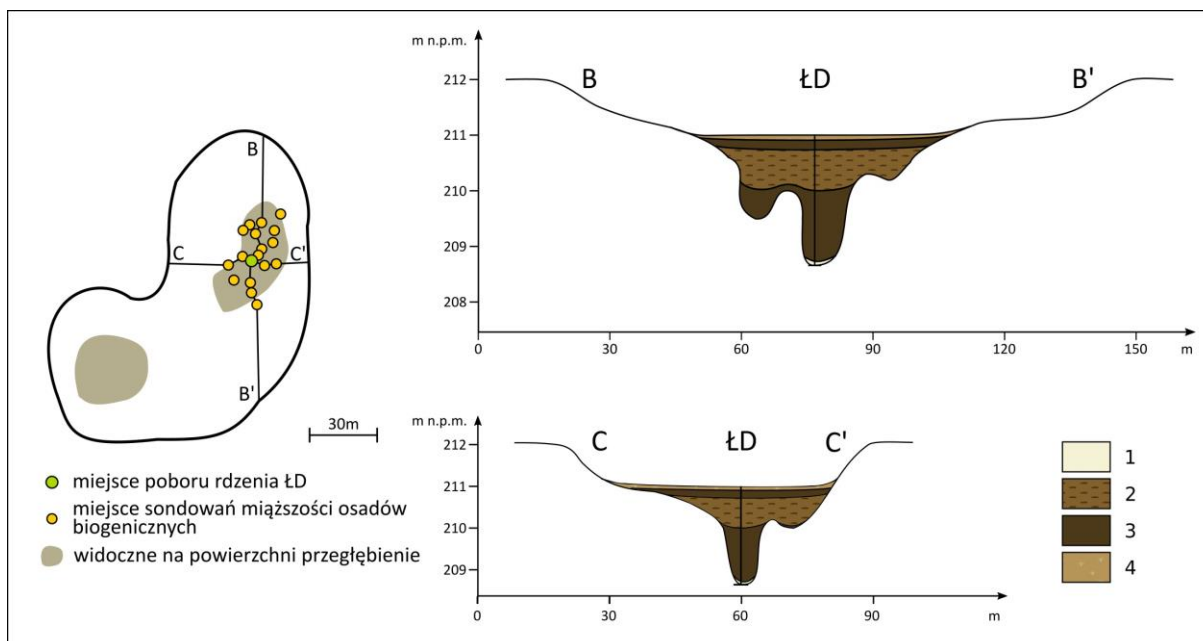
w czasie młodszego dryasu (Walanus i Nalepka 2010), a sedymentacja trwała przez kolejne okresy holocenu. W dolnej części rdzenia zauważalne jest odmłodzenie wieku osadu. Może ono wynikać z zanieczyszczenia osadu młodszym materiałem podczas poboru rdzenia lub też zaburzeń w litologii osadów w czasie rozwoju torfowiska, np. w wyniku zmian poziomu wody w zbiorniku i możliwości przemieszczenia młodszego materiału w dół złoży, o podobnej sytuacji pisze m.in. Balwierz (1980).

Tab. 1. Wyniki datowań osadów ze stanowiska Daleszewice

Głębokość próbki [cm]	Wiek radiowęglowy	Wiek radiowęglowy kalibrowany	Nr laboratoryjny
65 – 70	3460 ± 70 BP	3642 – 3831 cal BP (68%)	MKL-4772
100 – 105	4310 ± 80 BP	4733 – 5041 cal BP (68%)	MKL-5480
130 – 134	6390 ± 90 BP	7260 – 7421 cal BP (68%)	MKL-4334
185 – 190	7120 ± 80 BP	7855 – 8016 cal BP (68%)	MKL-4333
235 – 240	9510 ± 90 BP	10606 – 11072 cal BP (68%)	MKL-5481
305 – 310	10350 ± 110 BP	11974 – 12467 cal BP (68%)	MKL-5482
315 – 320	9750 ± 110 BP	10816 – 10954 cal BP (68%)	MKL-4827

3.2. Stanowisko Łykawe Doły

Zagłębienie bezodpływowe Łykawe Doły prawdopodobnie powstało w wyniku połączenia się mis dwóch mniejszych zagłębień. Świadczy o tym jego wydłużony kształt i dwa przegłębienia w obrębie jednej formy (rys. 13). Misa zagłębienia, którą zajmuje analizowane torfowisko ma kształt owalny, wydłużony, o maksymalnych wymiarach około 37,5 m na 14 m. Z badanego torfowiska pobrany został rdzeń osadów biogenicznych oznaczony jako ŁD. Długość rdzenia wyniosła 240 cm.



Rys. 13. Szkic stanowiska Łykawe Doły (z lewej) z oznaczonymi miejscami i poboru rdzenia oraz przekroje przez zagłębienie Łykawe Doły (z prawej) z uwzględnieniem litologii osadów wypełniających zbiornik: 1. piasek średnioziarnisty, 2. spiaszczony torf, silnie rozłożony, 3. torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna, 4. torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi.

Litologia

Misa zbiornika wypełniona jest osadami w 2/3 głębokości. W profilu wyróżniono cztery warstwy osadów wypełniających to zagłębienie:

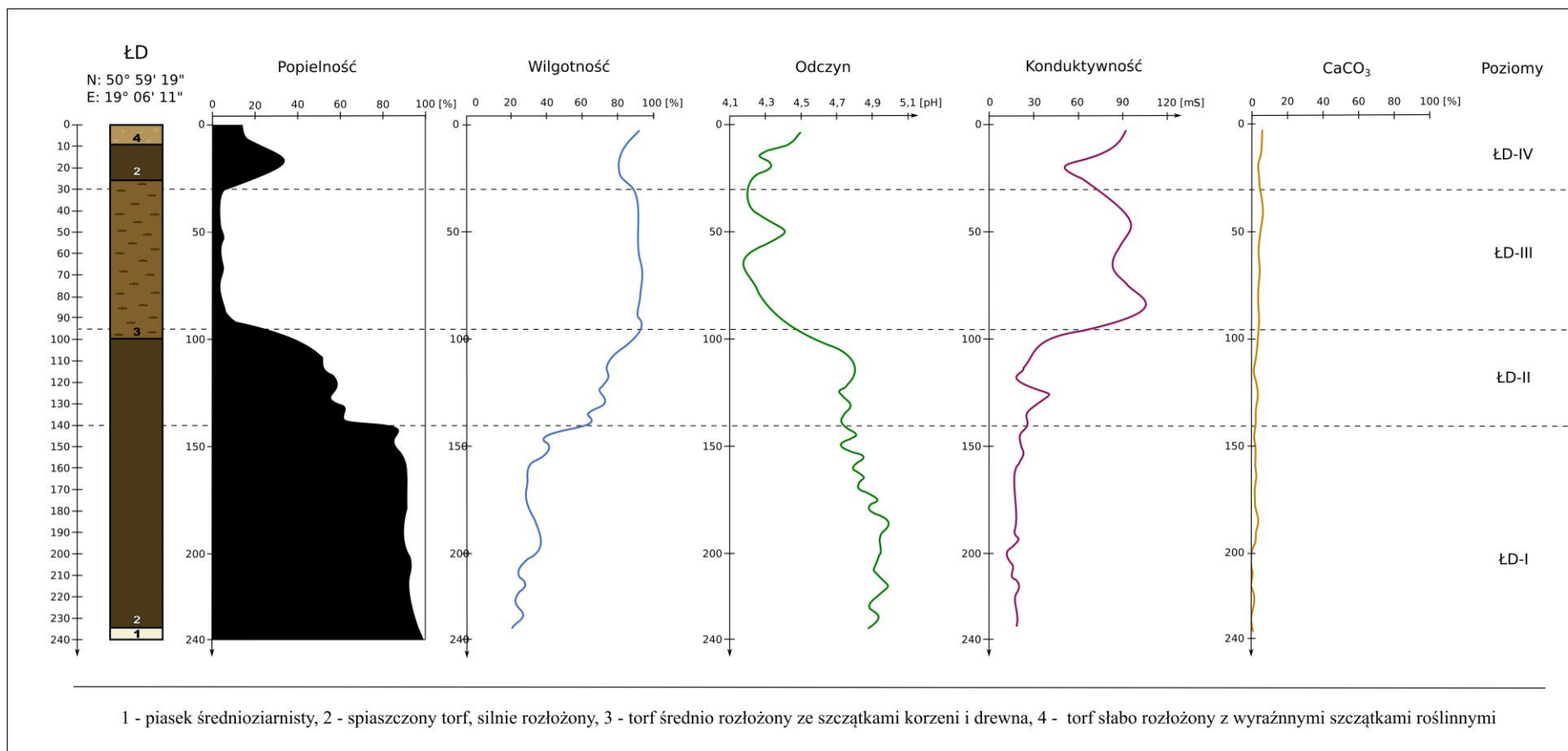
- 240 - 234 cm – piasek średnioziarnisty,
- 234 – 100 cm – spiaszczony torf, silnie rozłożony,
- 100 – 26 cm – torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna,
- 26 – 0 cm – torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi.

Analizy fizykochemiczne

Na podstawie wykonanych analiz parametrów fizykochemicznych wyróżniono cztery poziomy, o zróżnicowanej charakterystyce (rys. 14).

ŁD-I (234 – 140 cm)

Poniżej głębokości 234 cm zbiornik wypełniony jest piaskiem średnioziarnistym. Powyżej odłożony jest spiaszczony torf, silnie rozłożony z dominującym udziałem części mineralnych, na co wskazuje popielność na poziomie ponad 85%. Wilgotność osadu na tym poziomie stopniowo wzrasta z 20 do 60% na granicy z poziomem ŁD-II. Odczyn od spągu osadów organicznych do głębokości 170 cm utrzymuje wartość ok. 5 pH, a następnie zaczyna spadać.



Rys. 14. Parametry fizykochemiczne osadów ze stanowiska Łykawe Doły.

Konduktywność osadu jest niska i stabilna, wynosi 20 mS. Zawartość CaCO_3 w całym poziomie, jest niska, nie przekracza 4%, a w kilku próbkach brak jest węglanów.

ŁD-II (140 – 95 cm)

Od głębokości 100 do 140 cm osad nadal złożony jest z silnie rozłożonego torfu, a od głębokości 100 cm zmienia się w torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna. Popielność osadu stopniowo maleje od 60% w dolnej części poziomu do około 15% w jego górnej części. Wilgotność osadu stopniowo wzrasta od 60 do 90%. Odczyn w dalszym ciągu maleje osiągając w górnej części poziomu wartość 4,5 pH. Konduktywność nie jest stabilna i generalnie wzrasta od około 20 do 100 mS. Zawartość węglanu wapnia jest niska, podobnie jak w poziomie poniżej (od 2 do 4%).

ŁD-III (95 – 30 cm)

Cały poziom obejmuje torf średnio rozłożony ze szczątkami korzeni i drewna. Popielność jest stabilna, najniższa w całym profilu i wynosi ok. 5%. Wilgotność osadu również jest stosunkowo stała, na poziomie około 90%. Odczyn osadu obniża się do 4,2 pH, ale w próbce na głębokości 50 cm wzrasta ponownie do 4,4 pH, po czym znów się obniża. Konduktywność również wykazuje wahania - od 75 do 100 mS. CaCO_3 stanowi około 5% objętości osadu.

ŁD-IV (30 – 0 cm)

Na głębokości 10 – 26 cm osad ponownie zmienia się w torf silnie rozłożony, po czym powierzchniowe 10 cm, to torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi. Popielność w tym poziomie wzrasta do ok. 40% w próbce na głębokości 15 cm, po czym maleje do 15%. Wilgotność jest wysoka i osiąga od 80 do 90%. Odczyn osadów tego poziomu stopniowo wzrasta z 4,2 do 4,5 pH. Konduktywność początkowo osiąga wartość do 50 mS, a w warstwie powierzchniowej rośnie do 90 mS. Zawartość CaCO_3 wynosi około 5%.

Datowania radiowęglowe

Z rdzenia ŁD pobrane zostały 3 próbki w zbliżonych odstępach (tab. 2). Datowania radiowęglowe wykazały, że dwie najgłębiej położone próbki pochodzą z okresu subborealnego (wg podziału na okresy klimatyczne – Walanus i Nalepka 2005), a próbka na głębokości 80 – 85 cm pochodzi z okresu subatlantyckiego.

Tab. 2. Wyniki datowań osadów ze stanowiska Łykawe Doły

Głębokość próbki [cm]	Wiek radiowęglowy	Wiek radiowęglowy kalibrowany	Nr laboratoryjny
80 – 85	850 ± 90 BP	865 – 901 cal BP 687 – 826 cal BP (68%)	MKL-4412
130 – 135	2640 ± 60 BP	2728 – 2844 cal BP (68%)	MKL-4411
220 – 225	4150 ± 100 BP	4573 – 4828 cal BP (68%)	MKL-4773

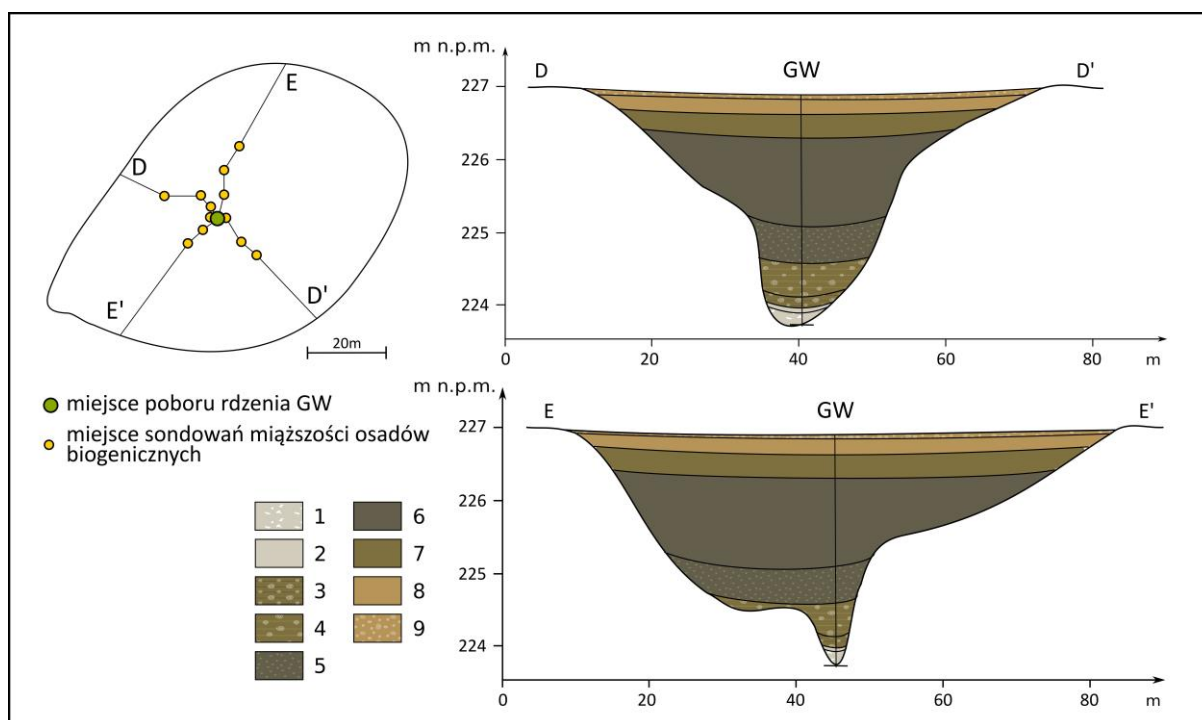
3.3. Stanowisko Gaik-Winiary

Zagłębienie krasowe na stanowisku Gaik-Winiary odwadniane jest rowem melioracyjnym, którym połączone jest również z innym zagłębieniem, oddalonym o około 40 m. Analizowany zbiornik posiada owalny kształt o maksymalnych wymiarach powierzchni około 100 na 65 m (rys. 15). W miejscu najgłębiej nawierconego podłoża mineralnego miąższość osadów biogenicznych wynosiła 310 cm. Z tego miejsca pobrany został rdzeń osadów biogenicznych GW.

Litologia

W profilu litologicznym wyróżniono 9 warstw osadów o odmiennych cechach. Są to:

- 320 - 295 cm – mułek jeziorny z okruchami gipsowymi,
- 295 – 290 cm – mułek organiczny,
- 290 – 275 cm – gytia detrytusowa, warstwowana, z muszlami mięczaków,
- 275 – 230 cm – gytia glonowo-detrytusowo-węglanowa warstwowana, z muszlami,
- 230 – 180 cm – mułek humusowy, czarny
- 180 – 60 cm – mułek mineralno-organiczny, czarny, humusowy (z rozłożonymi częściami roślinnymi)
- 60 – 30 cm – gytia detrytusowa,
- 30 – 8 cm – torf zielny słabo rozłożony,
- 8 – 0 cm – torf zielny słabo rozłożony, z muszlami mięczaków.



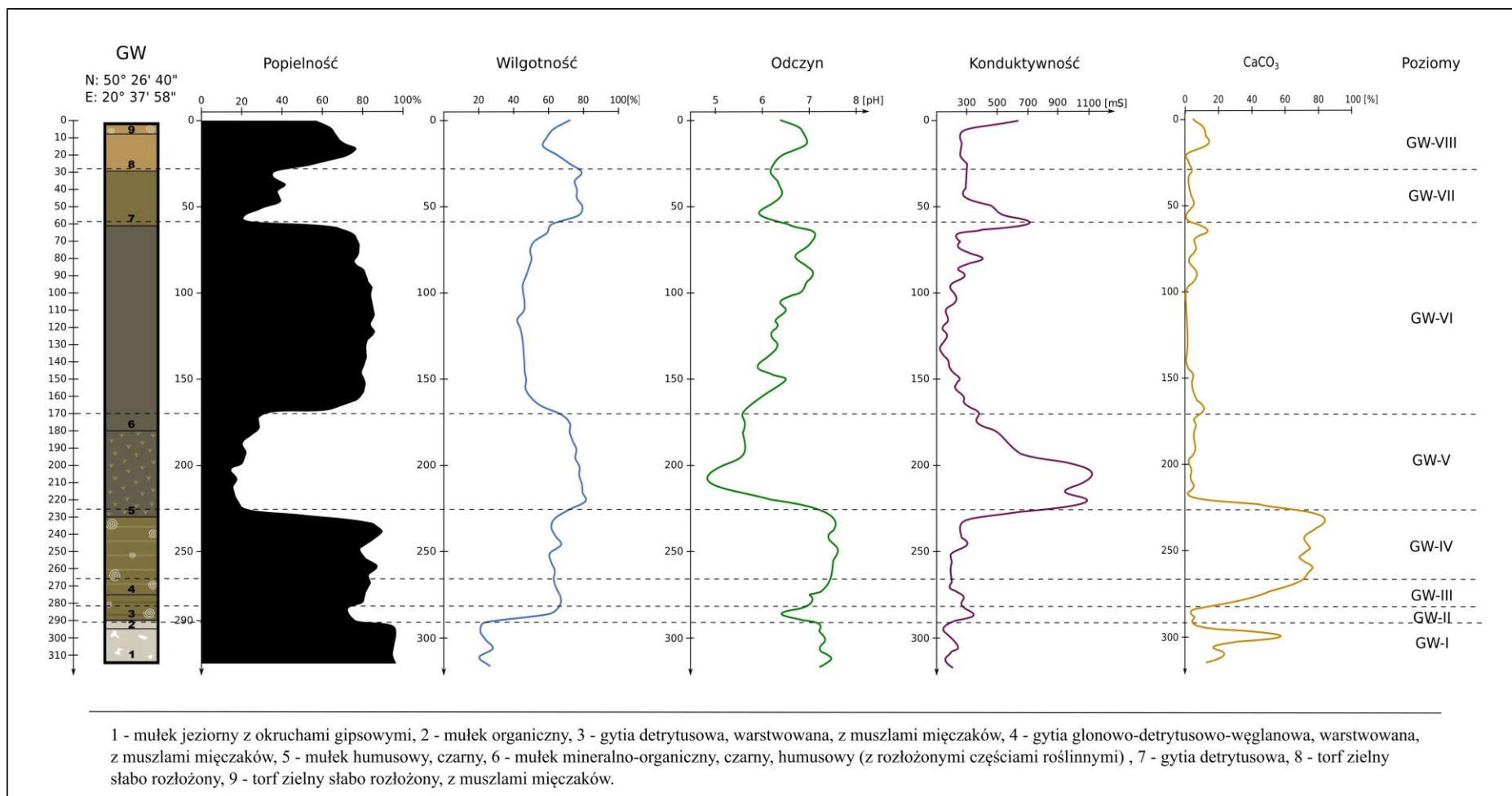
Rys. 15. Szkic stanowiska Busko Zdrój (z lewej) z oznaczonymi miejscami sondowań miąższości osadów biogenicznych i poboru rdzenia oraz przekrój przez stanowisko Busko Zdrój (z prawej) z uwzględnieniem litologii osadów wypełniających zbiornik: 1. mułek jeziorny z okruchami gipsowymi, 2. mułek organiczny, 3. gytia detrytusowa, warstwowana, z muszlami mięczaków, 4. gytia glonowo-detrytusowo-węglanowa warstwowana, z muszlami, 5. mułek humusowy, czarny, 6. mułek mineralno-organiczny, czarny, humusowy (rozłożonymi częściami roślinnymi), 7. gytia detrytusowa, 8. torf zielny słabo rozłożony, 9. torf zielny słabo rozłożony, z muszlami mięczaków.

Analizy fizykochemiczne

Wykonane oznaczenia parametrów fizykochemicznych pozwoliły na wyróżnienie ośmiu poziomów o zróżnicowanych cechach (rys. 16).

GW-I (320 – 290 cm)

Poziom zbudowany z mułku jeziornego z okruchami gipsowymi, do głębokości 295 cm. Powyżej znajduje się cienka warstwa mułku organicznego. Popielność osadu sięga ponad 95%. Wilgotność mieści się w granicach 20 – 25%. Konduktywność osadów, jest zmienna, ale nie przekracza wartości 300 mS. Zawartość węgla wapnia w osadach spągowych wynosi około 10%, wyżej gwałtownie wzrasta do 60% w próbce 295 cm, a następnie ponownie spada do ok. 5%.



Rys. 16. Parametry fizykochemiczne osadów ze stanowiska Gaik-Winiary.

GW-II (290 – 280 cm)

Poziom obejmuje gytie detrytusową warstwowaną, z muszlami mięczaków. Popielność jest nieco niższa niż w poziomie pierwszym, maleje do 75%. Gwałtownie wzrasta wilgotność osadu, z 20 do ponad 60%. Odczyn nieznacznie spada, podczas gdy konduktywność wzrasta o około 100 mS, zawartość CaCO_3 utrzymuje się na poziomie 5%.

GW-III (280 – 265 cm)

Do głębokości 275 cm osad określono jako gytia detrytusowa warstwowana, z muszlami mięczaków. Powyżej zmienia się w gytie glonowo-detrytusowo-węglanową, warstwowaną, także z udziałem muszli mięczaków. Popielność osadu sięga 80%. Wilgotność utrzymuje się na poziomie 65%, a odczyn wzrasta z 6,5 do 7 pH. Konduktywność maleje z 300 do 200 mS, zaś gwałtownie wzrasta udział CaCO_3 - do ponad 70% objętości osadu.

GW-IV (265 – 225 cm)

Do głębokości 230 cm osad zbudowany jest z gytii glonowo-detrytusowo-węglanowej warstwowanej, z muszlami mięczaków, następnie zmienia się w mułek humusowy, czarny z widocznymi szczątkami roślinnymi. Popielność do głębokości 230 cm osiąga wartość od 80 do 90%, a później zaczyna gwałtownie maleć. Wilgotność utrzymuje się na poziomie około 60%, a przy górnej granicy zaczyna nieznacznie wzrastać. Odczyn osiąga wartość około 7,5 pH. Konduktywność do głębokości 250 cm wskazuje wartość 200 mS, a następnie zaczyna silnie wzrastać, osiągając powyżej górnej granicy poziomu ponad 900 mS. Zawartość węglanu wapnia jest bardzo wysoka, waha się między 70 a 80% i zaczyna stopniowo maleć w górnej części poziomu.

GW-V (225 – 170 cm)

Znaczną część tego poziomu buduje mułek humusowy, czarny z widocznymi szczątkami roślinnymi. Od głębokości 180 cm mułek czarny również zawiera części organiczne, ale są one w znacznym stopniu rozłożone. Popielność osadu jest znacznie mniejsza niż w poziomie GW-IV i wynosi od 20 do 30%. Wilgotność osadu w dolnej części poziomu dochodzi do 80%, a następnie stopniowo maleje do 70%. Odczyn gwałtownie spada do 5 pH, a od głębokości 210 cm zaczyna stopniowo wzrastać. Konduktywność w przedziale od 225 do 200 cm osiąga maksimum w całym profilu - ponad 1000 mS, po czym zaczyna stopniowo obniżać wartość. Zawartość w osadzie CaCO_3 gwałtownie spada na początku opisywanego poziomu, a później utrzymuje się na poziomie około 5-10%.

GW-VI (170 – 60 cm)

Poziom obejmuje w całości mułek mineralno-organiczny, czarny, humusowy z silnie rozłożonymi częściami organicznymi. Popielność w dolnej części poziomu gwałtownie wzrasta osiągając ponad 80%, następnie wartość ta utrzymuje się do głębokości 65 cm i ponownie gwałtownie maleje, do ok. 20%. Wilgotność osadu spada do 40% i utrzymuje się na tym poziomie do głębokości 75 cm, a następnie stopniowo wzrasta. Odczyn stopniowo wzrasta przez cały poziom, osiągając maksymalnie wartość 7 pH. Konduktywność na początku poziomu maleje, po czym od głębokości 135 cm stopniowo wzrasta osiągając w górnej części poziomu 700 mS. Zawartość CaCO_3 od 100 do 145 cm jest bliska zeru, a w pozostałych próbkach nie przekracza 15%. To oznacza, że dominującą część masy popiołu stanowi materia mineralna.

GW-VII (60 – 30 cm)

Poziom w całości zbudowany jest z gytii detrytusowej. Popielność na początku poziomu osiąga wartość 20%, a następnie wzrasta do 40%. Wilgotność osadu jest stabilna - około 80%. Odczyn generalnie wzrasta z 6 do 6,5 pH. Konduktywność stopniowo maleje z 700 mS w próbce z dolnej granicy poziomu (w tej samej próbce popielność osiąga najniższą wartość), do 300 mS na górnej granicy tego poziomu. Zawartość węglanu wapnia jest zmienna, ale nie przekracza 5%.

GW-VIII (30 – 0 cm)

Strop osadów wypełniających zbiornik stanowi torf zielny słabo rozłożony, a w powierzchniowej warstwie o miąższości 5 cm, w torfie pojawiają się muszle mięczaków. Popielność na początku wzrasta do 80%, a później spada do 60%. Odczyn z 6 pH wzrasta do 7 pH i ponownie maleje. Konduktywność początkowo jest stała na poziomie 300 mS, a na głębokości 10 cm zaczyna wzrastać do ponad 650 mS. Zawartość CaCO_3 w osadzie waha się od 0 w dolnej części do 15%, w odcinku, gdzie wysoka jest popielność i wyższy odczyn.

Datowania radiowęglowe

W stanowisku Gaik-Winiary najgłębiej położona próbka wydatowana została na okres preborealny (tab. 3), a sedymentacja trwała zapewne przez kolejne okresy holocenu. Próbka 215-220 cm datowana jest na okres atlantycki, próbka 95-100 na okres subborealny, a próbka 55-60 cm na okres subatlantycki.

Tab. 3. Wyniki datowań osadów ze stanowiska Gaik-Winiary

Głębokość próbki [cm]	Wiek radiowęglowy	Wiek radiowęglowy kalibrowany	Nr laboratoryjny
55 – 60	1000 ± 50 BP	800 – 964 cal BP (68%)	MKL-4774
95 – 100	3470 ± 120 BP	3574 – 3884 cal BP (68%)	MKL-5630
215 – 220	7840 ± 90 BP	8484 – 8858 cal BP (68%)	MKL-4775
288 – 293	9800 ± 100 BP	11100 – 11389 cal BP (68%)	MKL-3685

4. Analiza pyłkowa

Analiza pyłkowa wykonana dla trzech badanych stanowisk jest podstawą do określenia chronologii odkładania się poszczególnych warstw osadów każdego z profili (datowania radiowęglowe stanowią jej uzupełnienie) oraz przedstawienia lokalnych zmian szaty roślinnej w badanych zbiornikach i ich bezpośrednim otoczeniu. Na podstawie wyników analizy palinologicznej wydzielono lokalne poziomy pyłkowe, uwzględniając zmiany udziału taksonów w spektrach pyłkowych. W tabelach podane zostały przedziały głębokościowe tych poziomów (tab. 4-6), interpretacja ich wieku i podstawowa charakterystyka zmienności obrazu pyłkowego, natomiast pod tabelami zamieszczono opisową charakterystykę poziomów pyłkowych oraz dokonano rekonstrukcji stanu szaty roślinnej w poszczególnych okresach klimatycznych.

4.1. Stanowisko Daleszewice

Diagram pyłkowy ze stanowiska Daleszewice (rys. 17) podzielony został na siedem lokalnych poziomów pyłkowych (tab. 4), które przyporządkowane zostały do okresów chronostratygraficznych holocenu oraz ostatniej fazy młodszego dryasu (wg Szczepanka 1961).

Tab. 4. Opis lokalnych poziomów pyłkowych diagramu pyłkowego dla stanowiska Daleszewice z podziałem chronostratygraficznym.

Głębokość [cm]	LPAZ	Chronostratygrafia (wg Szczepanek 1961)	Podstawowe cechy poziomu
245 – 320 8 próbek	Dal-1 <i>Betula</i> <i>Cyperaceae</i>	Młodszy Dryas, Preboreał	Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t. od 30 do 50% udziału. <i>Betula</i> i <i>Cyperaceae</i> do 20%, <i>Poaceae</i> do 5%. <i>Musci</i> osiąga udział do 30%, <i>Potamogeton</i> do 5%. Znaczna ilość kolonii glonów <i>Pediastrum</i> i <i>Botryococcus</i> .
225 – 245 2 próbki	Dal-2 <i>Pinus</i>	Boreał A	Wzrost udziału <i>Pinus sylvestris</i> t. do 60%. Spadek wartości procentowych <i>Betula</i> i <i>Cyperaceae</i> do 15%. Spada udział <i>Poaceae</i> , <i>Potamogeton</i> i <i>Musci</i> . Kończy się krzywa <i>Botryococcus</i> i <i>Pediastrum</i> , a zaczyna krzywa procentowego udziału zarodników <i>Sphagnum</i> .
205 – 225 2 próbki	Dal-3 <i>Betula</i>	Boreał B	Wzrost udziału <i>Betula</i> do 40%. Początek krzywej <i>Ulmus</i> . Spadek udziału <i>Cyperaceae</i> do 3%. Wzrost udziału <i>Sphagnum</i> do 10% i spadek

			udziału <i>Musci</i> do 8%.
175 – 205 3 próbki	Dal-4 <i>Pinus</i> <i>Corylus</i>	Atlantyk	Spadek udziału <i>Betula</i> , poniżej 25%. Początek ciągłej krzywej <i>Corylus avellana</i> i <i>Quercus</i> . Wzrost <i>Cyperaceae</i> do 10%. Zwraca uwagę nagły wzrost <i>Sphagnum</i> w próbce 190 cm do ponad 20%.
95 – 175 8 próbek	Dal-5 <i>Corylus</i> <i>Alnus</i> <i>Tilia</i>	Atlantyk	Wzrost udziału <i>Corylus avellana</i> , do 20% oraz <i>Ulmus</i> , <i>Quercus</i> do maksymalnie 5%. Początek ciągłej krzywej <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Tilia</i> i <i>Calluna vulgaris</i> . Pojawia się <i>Hedera helix</i> i <i>Pteridium aquilinum</i> . Zmniejsza się udział zarodników <i>Sphagnum</i> , a ponownie pojawiają się kolonie <i>Botryococcus</i> .
25 – 95 7 próbek	Dal-6 <i>Quercus</i> <i>Carpinus</i> <i>Fagus</i>	Subboreał, Subatlantyk A	<i>Pinus sylvestris</i> t. udział do 50%, <i>Betula</i> do 15%, <i>Quercus</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Alnus</i> i <i>Cyperaceae</i> do 10%, <i>Poaceae</i> do 5%. Wzrost udziału <i>Picea abies</i> do ok. 3%. Zaczyna się krzywa <i>Abies alba</i> , <i>Fagus sylvatica</i> i <i>Carpinus betulus</i> . Pojawia się <i>Hedera helix</i> i <i>Viscum</i> . Wzrost udziału <i>Sphagnum</i> do 15%.
0 – 25 3 próbki	Dal-7 <i>Cerealia</i> <i>Poaceae</i>	Subatlantyk B-C	Wzrost udziału NAP do 40%. Spadek udziału <i>Pinus sylvestris</i> t. do 20%, <i>Betula</i> do 10%. Wzrost udziału <i>Poaceae</i> do 15%, <i>Cyperaceae</i> , <i>Cerealia</i> i <i>Rumex acetosa</i> t. do 10%. Spada udział zarodników <i>Sphagnum</i> .

Dal-1 *Betula* – *Cyperaceae*

W spektrach pyłkowych (rys. 17) dominuje pyłek sosny (*Pinus sylvestris* t.), który przypuszczalnie w starszej części poziomu mógł pochodzić z dalekiego transportu. Następnie sosna mogła wkroczyć na badany obszar i zbiorowiska sosnowe zaczęły porastać także obszar Wzgórz Opoczyńskich. Na głębokości 300 cm zauważalne są w diagramie pyłkowym zwiększone udziały brzozy, które mogą sugerować wkroczenie pionierskich zbiorowisk brzozowych (*Betula*). Wciąż jednak szatę roślinną w dużym stopniu tworzyły zbiorowiska roślin zielnych z dużym udziałem turzycowatych (*Cyperaceae*), traw (*Poaceae*), bylicy (*Artemisia*) oraz mchów brunatnych (*Musci*). W dolnej części profilu zauważono obecność pyłku drzew i krzewów ciepłolubnych, jak dąb (*Quercus*), leszczyna (*Corylus avellana*), olcha (*Alnus*), grab (*Carpinus betulus*), jodła (*Abies alba*) oraz pyłku zbóż (*Cerealia*), które na badanym obszarze powinny pojawić się w późniejszych okresach (Milecka i in. 2004a, Miotk-Szpiganowicz i in. 2004, Szczepanek i in. 2004, Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004b, Obidowicz i in. 2004, Milecka i in. 2004b). Może być to wynik zanieczyszczenia osadu młodszym materiałem podczas poboru rdzenia, ale podobną anomalię opisała również

Balwierz (1980) w dwóch profilach ze stanowiska Napoleonów, położonego około 50 km na wschód od stanowiska Daleszewice. W cytowanej pracy Balwierz (1980) podała również przykład torfowiska Vracov na Morawach badanego przez Rybníčkovą i Rybníčka (1972). W obu przypadkach zaburzenie to zostało opisane, jako efekt zmian poziomu wody, które mogły nastąpić co najmniej w okresie subborealnym młodszym, a być może nawet w okresie subatlantyckim. W zbiorniku Daleszewice teoria ta zgadzałaby się z wynikami analiz fizykochemicznych, a także paleozoologicznych opisanych w dalszej części pracy. W wynikach tych analiz na głębokości 100 – 160 cm odczytać można okresowe przesuszenie zbiornika. Analiza palinologiczna wykazała na tym odcinku zahamowanie rozwoju torfowiska i okresowe zalewanie go wodą. O możliwości dostarczenia młodszego materiału do spągu osadów w zbiorniku świadczy także datowanie radiowęglowe, które na głębokości 305 cm pokazało wynik 10350 ± 110 BP (11974 – 12467 cal BP (68%)), a na głębokości 320 cm 9750 ± 110 BP (10816 – 10954 cal BC (68%)) (tab.1). Zatem najgłębiej położona próbka została odmłodzona względem jej faktycznego wieku. Świadomość możliwości wystąpienia tego typu zaburzenia sugeruje ostrożne podchodzenie do interpretacji wyników osadów w tej części profilu, jednak uznano, że spągowa część badanych osadów może pochodzić z okresu młodszego dryasu. Uniemożliwia to jednak odczytanie faktycznego stanu szaty roślinnej z tego okresu.

Granicy między późnym glaciałem (późnym vistulianem), a okresem preborealnym upatruje się we wzroście temperatury i wilgotności, których efektem było wkroczenie pionierskiej brzozy i wskaźników wilgotnych łąk oraz rozwoju płytkiego, eutroficznego jeziora w dotychczas suchej misie zagłębienia bezodpływowego (lub okresowo tylko zalewanej wodą), wypełnianego głównie osadami mineralnymi. W okresie preborealnym dominującym zbiorowiskiem były lasy sosnowo-brzozowe z domieszką jałowca (*Juniperus communis*) i modrzewia (*Larix*), który miał w tym okresie duże znaczenie na terenie niedaleko położonego obszaru Gór Świętokrzyskich (Szczepanek 1961) oraz wilgotne łąki z turzycowatymi, trawami, bylicą (*Artemisia*), wierzbiką (*Filipendula*) i rutewką (*Thalictrum*). W stanowisku Daleszewice mógł pojawiać się płytki zbiornik z wodą stojącą. Pojawiły się znaczne ilości rdestnicy (*Potamogeton*) oraz zielenic *Pediastrum* i *Botryococcus*. W strefie brzegowej (Kłosowski i Kłosowski 2006) pojawiła się także trzcina pospolita (*Phragmites australis* t.), jeżogłówka (*Sparganium* t.) oraz pałka szerokolistna (*Typha latifolia*).

Granice między okresem preborealnym i borealnym starszym (A) wyznaczono na głębokości 245 cm, gdzie gwałtownie wzrasta udział sosny, a w profilu zaczyna pojawiać się

dąb i maleje udział NAP, głównie traw i bylicy.

Dal-2 *Pinus*

Poziom w całości obejmuje ciepły, ale suchy okres borealny starszy (Szczepanek 1961). Na podstawie wzrostu wartości procentowych pyłku *Pinus sylvestris* t. można przypuszczać, że zwiększył się zasięg borów sosnowych z modrzewiem, wierzbą i mniejszym niż dotychczas udziałem brzozy. W drzewostanie sporadycznie pojawiały się także wskaźniki klimatu cieplejszego takie jak wiąz (*Ulmus*), dąb, jesion (*Fraxinus excelsior*) i leszczyna. Zwiększały swój udział także drzewa terenów wilgotniejszych - olcha i świerk. Rozprzestrzenianie się lasów spowodowało ograniczenie zasięgu zbiorowisk trawiastych. Wśród roślin zielnych dominowały nadal turzycowate, ale ich udział stopniowo malał. Zmniejszyła się też populacja bylicy i mchów brunatnych. Zbiornik zaczął zarastać. Pojawił się mech torfowiec oraz bobrek trójlistkowy (*Menyanthes trifoliata*), a zaniknęły glony z rodzaju *Pediastrum*. Zmniejszył się też udział glonów *Botryococcus* i rdestnicy. W nadal okresowo stagnujących wodach pojawiały się grzybieniovate i rogatek (*Ceratophyllum*), a w strefie brzegowej trzcina pospolita (Kłosowski i Kłosowski 2006).

Dal-3 *Betula*

Poziom Dal-3 obejmuje w całości okres borealny młodszy. W dalszym ciągu wzrastał udział drzew osiągając w tym okresie ponad 90%. Ze zbiorowisk leśnych wycofała się sosna i modrzew, a ich miejsce zajęły brzoza, jesion i świerk. W dolinach rzek kontynuowały rozprzestrzenianie wiąz i olcha. W bardziej nasłonecznionych miejscach, na żyznych siedliskach pojawił się klon (Przybyłowicz i Przybyłowicz 2015). Znacznie ograniczył się w analizowanym zbiorniku zasięg turzycowatych i bylicy. Rozprzestrzeniała się natomiast wiązówka. Zbiornik ulegał dalszemu wypełnianiu torfem. Do 15% wzrasta udział mchu torfowca. Zanikają rośliny wód stojących, jak rdestnica i grzybieniovate oraz glony *Botryococcus*. W materiale pojawiło się jedno ziarno pyłku grążela (*Nuphar*) wskazując na występowanie tej rośliny w pasie szuwaru (Kłosowski i Kłosowski 2006).

Dal-4 *Betula* – *Corylus*

W starszej części poziomu wyznaczono granicę między okresem borealnym i atlantyckim, w miejscu, gdzie rozpoczyna się ciągła krzywa dębu i leszczyny. Stopniowo ze zbiorowiska leśnego wycofywała się brzoza, a jej miejsce ponownie zastąpiła sosna.

Na żyzne, wilgotne gleby zaczęły wkraczać lasy łęgowe, z dominującą w nich leszczyną oraz wiązem, dębem i jesionem. Z lasów sosnowo-brzozowych wycofały się wierzba i jałowiec. Wzrost wilgotności na początku okresu atlantyckiego (Latałowa 2003b, Marks 2016) spowodował krótkotrwały powrót turzycowatych. Zniknęły bylica i wiązówka. Zbiornik całkowicie zarósł, a jego powierzchnię porastał głównie mech torfowiec, który na tym poziomie w diagramie pyłkowym osiągnął maksimum.

Dal-5 *Corylus – Alnus – Tilia*

W poziomie tym udział pyłku drzew jest stały i osiąga około 90%. Można przypuszczać, że częściowo zmieniał się jednak charakter lasów otaczających zbiornik. Mało żyzne, suche gleby porastały w dalszym ciągu lasy sosnowo-brzozowe, ale coraz większe znaczenie miały również mieszane lasy liściaste. Do zwiększającego się udziału leszczyny zaczęły w coraz większym stopniu dołączać wiąz, dąb, jesion i lipa preferujące gleby żyzne, natomiast w wilgotniejszych siedliskach rozprzestrzeniał się świerk i olcha. Sporadycznie w drzewostanie pojawiały się także modrzew, klon, cis, wierzba oraz grab. O ocieplającym się klimacie świadczy również obecność bluszczu pospolitego (*Hedera helix*), który wymaga temperatury wyższej niż -2°C w najchłodniejszym miesiącu w roku (Iversen 1944). Udział roślin zielnych jest niewielki, ale zwiększa się ich różnorodność gatunkowa. Pojawiają się między innymi baldaszkowate (*Apiaceae*), astrowate z podrodziny *Cichoriaceae* i komosowate (*Chenopodiaceae*). Zauważalne stają się w diagramie pyłkowym wskaźniki działalności człowieka, m.in. zaczyna się ciągła krzywa procentowego udziału pyłku wrzосу zwyczajnego (*Calluna vulgaris*). Wrzos porasta suche murawy i pastwiska oraz lasy wypasane i należy, według Behre (1981), do klasycznych wskaźników takich siedlisk. Wrzos mógł pojawiać się także na obrzeżach i w prześwietleniach lasów wraz z paprocią orlicą, której obecność wiąże się również z wypasem zwierząt w tych miejscach. Wśród roślin zielnych pojawiły się konopie, z których włókno wykorzystywano od bardzo dawna do wyrobu sieci, sznurków i tkanin (Arabas 1990).

Zbiornik wykazywał w tym czasie cechy okresowego wahania wody, czego wynikiem jest gwałtowne zmniejszenie udziału mchu torfowca. Ponownie mógł wzrosnąć poziom wody, o czym może świadczyć powrót glonów z rodzaju *Botryococcus*, rdestnicy, jeżogłówki i trzciny pospolitej, na głębokości od 175 cm.

Dal-6 *Quercus – Carpinus – Fagus*

Wzrost udziału pyłku *Quercus* wskazuje na zwiększanie się obszaru zajętego przez lasy

grądowe ze znacznym udziałem dębu, ale także lipą, jesionem i wiązem. Dalszy rozwój lasów liściastych przebiegał z mniejszym udziałem leszczyny. Na głębokości 85 cm wyznaczono w diagramie pyłkowym granicę między okresem atlantyckim i okresem subborealnym. Granicę tę postawiono według klasycznych kryteriów palinologicznych, tj. tuż przed pojawieniem się graba (*Carpinus betulus*), jodły (*Abies Alba*) i buka (*Fagus sylvatica*) oraz w miejscu spadku udziału wiązu (Latałowa 2003b). Lasy mieszane stopniowo wzbogacały się w te drzewa. Grab w stanowisku Daleszewice pojawił się stosunkowo późno, bo dopiero po wejściu jodły, natomiast na obszarze Gór Świętokrzyskich (Szczepanek 1961) i w położonym w niedalekiej odległości torfowisku Napoleonów (Balwierz 1980) grab pojawił się jako pierwszy, jeszcze w czasie trwania okresu atlantyckiego. Wśród roślin łąkowych, które miały w tym okresie wciąż ograniczony zasięg, dominowały nadal turzycowate, z niewielkim udziałem traw, bylicy, wiązówki, baldaszkowatych i różowatych (*Rosaceae*). Można przypuszczać, że w okolicach badanego stanowiska działalność człowieka nadal obejmowała głównie wypas zwierząt w prześwietleniach leśnych i na obrzeżach lasów, gdzie siedlisko znalazły pszeniec (*Melampyrum*) i paproć orlica (Behre 1981). Tuż przed końcem okresu subborealnego zaczęły pojawiać się także pojedyncze ziarna pyłku żyta, które mówią o początkach rozwoju upraw zbóż na tym obszarze.

Na głębokości 45 cm wyznaczono granicę okresu subborealnego i subatlantyckiego A (Szczepanek 1961). Okres subatlantycki o chłodniejszym i wilgotnym klimacie (Walanus i Nalepka 2005), charakteryzuje się początkiem spadku udziału drzew i krzewów, szczególnie leszczyny. W stanowisku Daleszewice, podobnie jak w Napoleonowie (Balwierz 1980) zmniejsza się udział sosny, leszczyny i lipy. Pozostałe drzewa utrzymują swój udział z okresu subborealnego lub nieznacznie go zwiększają, jak np. grab, jodła i buk. Coraz większego znaczenia nabiera działalność człowieka. Zmniejszenie zasięgu lasów wiąże się głównie z wycinką drzew pod uprawy zbóż, pastwiska oraz do pozyskania materiału do budowy domostw. Stopniowo zasięg poszerzały trawy, które zaczęły porastać wytrzebione przez człowieka tereny i które wykorzystano do wypasu zwierząt. Zwiększono areał uprawy zbóż, głównie żyta i pszenicy. Rozprzestrzeniały się szczaw i pokrzywa, pojawiające się wśród pól uprawnych, ale porastające także odłogi, lasy wypasane i siedliska ruderalne (Behre 1981). Ponownie pojawiły się konopie. Zbiornik wypełniał się torfem, rozwijało się w nim torfowisko wysokie z udziałem mchu torfowca do 10% oraz w górnej części poziomu z obecnością widłaka (*Lycopodium*). Okresowo podnosił się stan wody, tworząc płytki zbiornik z wodą stojącą, o czym świadczą glony *Botryococcus* i rdestnica. W pasie roślinności

przybrzeżnej, okresowo zalewanego wodą, obecny był pływacz (*Utricularia*) (Kłosowski i Kłosowski 2006).

Dal-7 *Cerealia* – *Poaceae*

Spektra pyłkowe nie pozwalają na rozdzielenie okresu subatlantyckiego na podokresy B i C (Szczepanek 1961), dlatego opisano je wspólnie.

Poszerzające się odlesienia w okresie subatlantyckim zaznaczają się jako gwałtowny spadek udziału pyłku drzew (AP) i wzrost udziału roślin zielnych i krzewinek (NAP) w diagramie pyłkowym. Zmniejszył się zasięg wszystkich drzew i krzewów poza leszczyną i świerkiem. Przynajmniej część zarośli leszczynowych mogła pochodzić z lasów odroślowych. W średniowieczu na większą skalę zaczęto przekształcać lasy w pola uprawne i pastwiska. W związku z tym znacząco wzrósł udział zbóż, w tym żyta i pszenicy oraz traw i turzycowatych. Z rolniczą działalnością człowieka i rozwojem obszarów ruderalnych związane są również koniczyna (*Trifolium*) i babka lancetowata (*Plantago lanceolata*) zasiedlające łąki i pastwiska. Należą one wg Behre (1981) do klasycznych wskaźników terenów wypasanych. Podobnie, według opinii cytowanego autora rdest plamisty (*Polygonum persicaria*) jest charakterystyczny dla pól uprawnych i odłogów. Pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*) porastała tereny ruderalne w pobliżu siedzib ludzkich, gdzie gleby, bogate są w związki azotu. Osiągający w tym okresie swoje maksimum w diagramie szczaw zwyczajny mógł rosnąć wśród pól uprawnych, na odłogach, w lasach wypasanych i terenach ruderalnych. Zwraca uwagę stopniowo zmniejszający się udział zarodników mchu torfowca i pojawienie się ponowne glonów z rodzaju *Pediastrum*, co przypuszczalnie wskazuje na okresowy wzrost poziomu wody w zbiorniku. W niewielkich ilościach w strefie szuwaru występowała także jeżogłówka (Kłosowski i Kłosowski 2006).

Podsumowując, diagram pyłkowy ze stanowiska Daleszewice ukazuje pełną sukcesję roślinności od schyłku młodszego dryasu do współczesności. W spektrach pyłkowych, poza wspomnianym wcześniej prawdopodobnym zanieczyszczeniem młodszym osadem w spagowym fragmencie profilu, nie zanotowano poważnych zaburzeń ani istotnych przerw w akumulacji materiału w zbiorniku. Opisane wyniki zbliżone są do wyników uzyskanych ze zbiorników położonych w niedużej odległości od badanego stanowiska, lecz poza strefą działalności krasu zakrytego, jak np. zbiornik Napoleonów opisany przez Balwierz (1980).

4.2. Stanowisko Łykawe Doły

Diagram pyłkowy ze stanowiska Łykawe Doły (rys. 18) podzielony został na sześć lokalnych poziomów pyłkowych (tab. 5), które przyporządkowane zostały do dwóch ostatnich okresów chronostratygraficznych holocenu (wg Szczepanka 1961).

Tab. 5. Opis lokalnych poziomów pyłkowych diagramu pyłkowego dla stanowiska Łykawe Doły z podziałem chronostratygraficznym.

Głębokość [cm]	LPAZ	Chronostratygrafia (wg Szczepank 1961)	Podstawowe cechy poziomu
205 – 230 4 próbki	LD-1 <i>Corylus</i> , <i>Pinus</i> , NAP	Subboreał	Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t. od 25 do 60% ze znacznym udziałem <i>Corylus avellana</i> do 20%. <i>Betula</i> , <i>Cyperaceae</i> i <i>Poaceae</i> do 10%, <i>Alnus</i> do 5%. Zarodniki <i>Musci</i> ponad 10%. Pojawia się <i>Pteridium aquilinum</i> .
165 – 205 4 próbki	LD-2 <i>Pinus</i> , <i>Corylus</i>	Subboreał	Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t., od 40 do 50% udziału. <i>Betula</i> i <i>Corylus avellana</i> do 15%, <i>Alnus</i> i <i>Cyperaceae</i> do 10%, <i>Quercus</i> , <i>Poaceae</i> i <i>Calluna vulgaris</i> do 5%. Początek ciągłej krzywej <i>Carpinus betulus</i> . Spada udział <i>Musci</i> , a wzrasta <i>Sphagnum</i> do 5%.
95 – 165 7 próbek	LD-3 <i>Pinus</i> , <i>Quercus</i>	Subboreał, Subatlantyk	Stopniowy wzrost AP. Dominacja <i>Pinus sylvestris</i> t., do 55%. <i>Betula</i> do 15%, <i>Alnus</i> do 10%, <i>Poaceae</i> do 5%. Stopniowy spadek wartości procentowych <i>Corylus avellana</i> , <i>Cyperaceae</i> i <i>Calluna vulgaris</i> . Początek ciągłej krzywej, <i>Fagus sylvatica</i> i <i>Abies alba</i> . Pojawiają się wskaźniki antropogeniczne: <i>Cerealia</i> , <i>Cannabis</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Melampyrum</i> i <i>Pteridium aquilinum</i> .
75 – 95 3 próbki	LD-4 <i>Betula</i> , <i>Carpinus</i> , <i>Fagus</i>	Subatlantyk	Nagły spadek udziału <i>Pinus sylvestris</i> t. z 50 do 30%, przy jednoczesnym wzroście wartości procentowych <i>Betula</i> do 25% i <i>Carpinus betulus</i> do 5%. Niewielki spadek udziału <i>Quercus</i> i ponowny wzrost do 5%. Wycofanie się <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Apiaceae</i> i <i>Musci</i> . Maximum udziału <i>Sphagnum</i> i <i>Pteridium aquilinum</i> . Koniec krzywej udziału glonów <i>Botryococcus</i> .
30 – 75 5 próbek	LD-5 <i>Pinus</i> , <i>Betula</i>	Subatlantyk	<i>Pinus sylvestris</i> t. do 55%, <i>Betula</i> stopniowo wzrasta z 15 do 35%. <i>Quercus</i> i <i>Alnus</i> do 5%. <i>Carpinus betulus</i> i <i>Poaceae</i> do 4%. Ponownie odnotowano pyłek <i>Cerealia</i> . Spadek udziału zarodników <i>Sphagnum</i> .

10 – 20	ŁD-6	Subatlantyk	Wzrost udziału NAP. Wśród AP nadal dominuje <i>Pinus sylvestris t.</i> z udziałem do 50%. Spadek <i>Betula</i> do 10%, <i>Alnus</i> i <i>Quercus</i> do 5%. Wzrost <i>Poaceae</i> do 10%, <i>Cyperaceae</i> i <i>Calluna vulgaris</i> do 5%. Pojawia się <i>Viscum</i> . Wzrost udziału <i>Cerealia</i> (w tym <i>Secale cereale</i> i <i>Triticum t.</i>) oraz <i>Rumex acetosa t.</i>
2 próbki	NAP		

ŁD-1 *Corylus* – *Pinus* – NAP

Udział *Pinus sylvestris t.* do 60% w diagramie pyłkowym (rys. 18) wskazuje, że w drzewostanie dominowała sosna. Wraz z brzozą, dębem i lipą tworzyła lasy mieszane. Bardziej wilgotne gleby, głównie w dolinach rzek porastały zbiorowiska z wiązem, olchą i świerkiem. W prześwietleniach i na obrzeżeniach lasów występowała leszczyna.

W otwartych obszarach śródleśnych pojawiał się wrzos i paproć orlica. Obydwa taksony związane są, wg Behre (1981), z wypasem zwierząt w tych miejscach. Dodatkowo zarodniki paproci orlicy pojawiają się w większych ilościach po pożarach w obszarach leśnych. Spadek udziału drzew i krzewów w diagramie pyłkowym, głównie sosny i leszczyny oraz rosnący udział turzycowatych, traw i bylicy świadczyć może o wycince lasów i zwiększonej powierzchni pastwisk. Zbiornik był w tym czasie płytkim jeziorkiem eutroficznym, na co wskazuje obecność grzybienia białego (*Nymphaea alba*), pałki szerokolistnej, jeżogłówki (Kłosowski i Kłosowski 2006) i glonów z rodzaju *Botryococcus* oraz pojawienie się niewielkich ilości zarodników mchu torfowca. O wysokiej wilgotności najbliższego otoczenia zbiornika świadczą znaczne ilości mchów brunatnych oraz paproci (*Filicales monoletae*).

Wykonane datowanie radiowęglowe (4573 – 4828 cal BP) (tab. 2) wskazuje, że ten odcinek rdzenia pochodzi z okresu subborealnego. Mówi o tym również spektrum pyłkowe ze zmniejszającym się udziałem sosny, nadal wysokim, ale stopniowo zmniejszającym się, udziałem leszczyny oraz zarysowującym się początkiem wpływu działalności człowieka na zmiany w szacie roślinnej (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004a).

ŁD-2 *Pinus* – *Corylus*

Niewielki wzrost wartości procentowych *Betula* może sugerować zwiększoną obecność brzozy wśród lasów sosnowo-dębowych, a także zarastanie nieużytków brzozą w wyniku sukcesji wtórnej. Nastąpiła regeneracja lasów olchowych z okresowym wzrostem udziału świerka. Świerk mógł wkraczać na siedliska olsów w wyniku ich osuszenia i w wyniku naturalnej sukcesji. Zaczęły się pojawiać również niewielkie ilości graba i jodły.

Ze zbiorowisk lasów liściastych pochodzi też leszczyna. Pojawiają się wskaźniki ciepłego klimatu w postaci bluszczu i jemioly, których ciągle krzywe występują tylko w poziomie ŁD-2. Czasowy zanik zarodników paproci orlicy w diagramie może wskazywać na zaprzestanie wypalania podszycia leśnego. Natomiast znacząco poszerzył się zasięg wrzosu zwyczajnego oraz pojawił się pszeniec. Oba gatunki, wskazują, że okoliczne tereny mogły być w większym stopniu wykorzystywane jako pastwiska lub lasy wypasane (Behre 1981). Zwiększył się także zasięg bylicy związanej z siedliskami ruderalnymi. Wśród łąk porastających wilgotne gleby pojawiła się rutewka oraz w niewielkich ilościach mięta. Zmniejszyła się natomiast populacja mchów brunatnych i paproci. W zbiorniku widać oznaki oligotrofizacji, o czym może świadczyć stopniowy wzrost udziału zarodników mchu torfowca. Przypuszczalnie gospodarka wodna na torfowisku miała charakter ombrotroficzny. Jednak strefa szuwaru była nadal obecna i nadal funkcjonował częściowo niezarośnięty, płytki zbiornik wody stojącej. Świadczy o tym pojawienie się w diagramie pyłkowym rdestnicy oraz niewielkie ilości pałki szerokolistnej i jeżogłówki (Kłosowski i Kłosowski 2006).

ŁD-3 *Pinus* – *Quercus*

Na przełomie okresu subborealnego i subatlantyckiego w najbliższej okolicy zbiornika Łykawe Doły dominowały lasy sosnowo-dębowe z domieszką brzozy. Można przypuszczać, że na słabiej użytkowanych siedliskach grądowych rozwijały się zbiorowiska dębowo-lipowe z wiązem i jesionem oraz z leszczyną. Na głębokości 145 cm zarysowuje się granica między okresem subborealnym i subatlantyckim poprzez wkroczenie graba i buka tuż przed końcem okresu subborealnego i jodły wraz z początkiem okresu subatlantyckiego (Latałowa 2003b). Wilgotne siedliska porastały olcha i świerk. Podobnie jak w przypadku niedaleko położonego stanowiska Waleńczów (ok. 18 km od stanowiska Łykawe Doły) (Wasylikowa i in. 2012) oraz dalej położonego Wolbromia (ok. 80 km) (Latałowa 1976, 1989, Latałowa i Nalepka 1987) okres subatlantycki w stanowisku Łykawe Doły zaznaczył się spadkiem udziału leszczyny, wiązu i okresowym spadkiem udziału świerka, a także stopniowym wzrostem udziału graba i buka oraz pojawieniem się jodły. Początek okresu subatlantyckiego w opisywanym stanowisku związany jest także z rozwojem rolnictwa. Na głębokości 130 cm wykonano datowanie radiowęglowe, które wskazało wynik 2640 ± 60 BP (2728 – 2844 cal BP). Wśród upraw pojawiły się zboża, w tym pszenica i żyto oraz konopie, jak też rośliny pośrednio związane z działalnością człowieka. Są to głównie komosowate, szczaw i pokrzywa, które występują na siedliskach ruderalnych, odłogach i wśród pól uprawnych

(Behre 1981), a także pszeniec i paproć orlica zasiedlające lasy wypasane oraz pastwiska. Na początku okresu subatlantyckiego pojawiła się również babka lancetowata występująca na obszarach łąk i pastwisk (Behre 1981).

W zbiorniku w dalszym ciągu rozwijało się torfowisko wysokie z dużym udziałem mchu torfowca. Występowały także rośliny charakterystyczne dla płytkich zbiorników wód stojących, m.in. rdestnica, sporadycznie jeżogłówka i trzcina pospolita (Kłosowski i Kłosowski 2006) oraz glony z rodzaju *Botryococcus*.

ŁD-4 *Betula* – *Carpinus* – *Fagus*

Zmiany w diagramie pyłkowym sugerują krótkotrwałe wycofanie się sosny i dębu przy jednoczesnym wzroście udziału brzozy, olchy i graba w drzewostanie. Może być to spowodowane wyrębem sosny i dębu na analizowanym obszarze. Świadczy o tym również znaczny wzrost udziału paproci orlicy, która zasiedlała prześwietlenia śródleśne wykorzystywane jako pastwiska oraz lasy z okresowo wypalonym podszyciem (Behre 1981). Zjawisko ma prawdopodobnie charakter lokalny, ponieważ w diagramach Waleńczów i Wolbrom (Latałowa 1976, 1989, Wasylińska i in. 2012, Latałowa i Nalepka 1987) nie zanotowano takiej sytuacji. W próbce na głębokości 90 cm pojawiła się jemioła będąca wskaźnikiem ciepłego klimatu. Zdecydowanie zmniejszył się udział zbóż, ale pojawiły się w niewielkich ilościach konopie i pokrzywa związane również z siedliskami wilgotniejszymi poddanymi działalności człowieka. Na głębokości 80 cm wykonano datowanie radiowęglowe (tab. 2), które wskazało wynik 850 ± 90 BP (865 – 901 cal BP, 687 – 826 cal BP).

Maksymalny udział zarodników mchu torfowca w próbce na głębokości 80 cm oraz zanik pyłku roślin wodnych i glonów *Botryococcus* świadczy o całkowitym zarośnięciu zbiornika. W diagramie kończy się również ciągła krzywa udziału zarodników mchów brunatnych, które preferują środowisko wilgotne.

ŁD-5 *Pinus* – *Betula*

W starszej części poziomu zauważalny jest okresowy powrót sosny. Wzrasta także udział pyłku brzozy, który sugeruje, że drzewiaste brzozy wkroczyły na uprzednio wylesiony obszar. W niewielkim stopniu zmniejszył się też zasięg drzew zasiedlających bardziej wilgotne tereny. Były to głównie jodła, buk, lipa, olcha i jesion. Spadek udziału tych drzew nie jest jednak tak drastyczny jak w przypadku stanowisk Waleńczów (Wasylińska i in. 2012) i Wolbrom (Latałowa 1976, 1989, Latałowa i Nalepka 1987). Zauważalny jest powrót do

uprawy zbóż i w mniejszym stopniu także do wypasu śródleśnego, gdzie swoje siedlisko miała orlica pospolita.

Misa zbiornika w dalszym ciągu zajęta była przez mech torfowiec, ale jego udział stopniowo malał, aż do całkowitego zaniku zarodników *Sphagnum* w diagramie pyłkowym w górnej części poziomu.

ŁD-6 NAP

Zmiany w diagramie pyłkowym polegające na wzroście NAP wskazują, że stopniowo zaczął zmniejszać się zasięg lasów na rzecz zbiorowisk roślin zielnych. Dalszy rozwój rolnictwa, głównie uprawa zbóż i wypas zwierząt spowodowały wzrost zapotrzebowania na tereny przeznaczone pod działalność rolniczo-hodowlaną. Intensywnie zaczęto wycinać lasy. Ten odcinek profilu można już utożsamiać w czasami nowożytnymi. Znacząco zmniejszył się zasięg brzozy. Zanikła jodła. Nieznacznie zmniejszył się tylko zasięg dębu i olchy, lub ich pyłek miał dużą łatwość rozprzestrzeniania się na większe odległości w otwartym krajobrazie, stąd niewielkie zmiany w wartościach procentowych *Quercus* i *Betula* w tym odcinku diagramu. Natomiast pozostałe drzewa i krzewy występowały w bardzo małych ilościach.

Ponownie zaczęły rozprzestrzeniać się turzycowate i trawy wykorzystywane w wypasie zwierząt. Zwiększył się zasięg zbóż takich jak żyto i pszenica oraz pojawiły się inne rośliny uprawne, jak gryka (*Fagopyrum*), konopie czy drzewa owocowe, np. śliwa (*Prunus t.*). Pojawiają się także rośliny pośrednio związane z działalnością człowieka. Są to m.in. szczaw zwyczajny występujący wśród pól uprawnych, na odłogach i terenach ruderalnych oraz babka lancetowata, która porastała łąki i pastwiska (Behre 1981). Komosowate porastały odłogi, obszary ruderalne, ale także pojawiały się wśród pól uprawnych. Orlica pospolita występowała w lasach wypasanych i w mniejszym stopniu wśród łąk i pastwisk. Natomiast na siedliskach ruderalnych występowała azotolubna pokrzywa zwyczajna.

W zbiorniku ponownie, ale mniej intensywnie niż wcześniej, rozwijało się torfowisko wysokie zdominowane przez mech torfowiec. Ponownie zaczęły też rozprzestrzeniać się mchy brunatne.

Diagram pyłkowy ze stanowiska Łykawe Doły prezentuje pełną sukcesję roślinną dwóch najmłodszych okresów holocenu. Profil jest najkrótszy spośród trzech badanych stanowisk, jednak w diagramie pyłkowym nie odnotowano zaburzeń ani cech świadczących o niestabilności zbiornika w wyniku odnawiania się działalności procesów krasowych.

4.3. Stanowisko Gaik-Winiary

Diagram pyłkowy ze stanowiska Gaik-Winiary (rys. 19) podzielony został na pięć lokalnych poziomów pyłkowych (tab. 6), które przyporządkowane zostały do okresów chronostratygraficznych holocenu i końcowej fazy młodszego dryasu (wg Szczepanka 1961).

Tab. 6. Opis lokalnych poziomów pyłkowych diagramu pyłkowego dla stanowiska Gaik-Winiary z podziałem chronostratygraficznym.

Głębokość [cm]	LPAZ	Chronostratygrafia (wg Szczepanek 1961)	Podstawowe cechy poziomu
265 – 290 3 próbki	GW-1 <i>Pinus</i> , <i>NAP</i>	Młodszy Dryas	Wartości procentowe pyłku <i>Pinus sylvestris</i> t. wynoszą ok. 45% udziału i maleją. Udział <i>Betula</i> wzrasta do 20%, <i>Cyperaceae</i> maleje od 10% do 3%. Zaczyna wzrastać procentowa wartość zarodników <i>Musci</i> z 20 do 50%. <i>Pediastrum</i> i <i>Botryococcus</i> osiągają do 10%.
195 – 265 7 próbek	GW-2 <i>Poaceae</i> , <i>Pinus</i> , <i>Quercus</i>	Preboreał, Boreał A	Stopniowy wzrost udziału <i>Pinus sylvestris</i> t. z 10 do 60%. Na początku wzrost, a później spadek udziału <i>Betula</i> z maksimum 25%. <i>Poaceae</i> do 20%. Pojawia się <i>Larix</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Salix</i> , <i>Cyperaceae</i> . Rozpoczyna się krzywa <i>Picea</i> . Sporadycznie pojawia się <i>Pteridium aquilinum</i> i <i>Viscum</i> . Maksimum udziału odnotowują <i>Musci</i> , do 70% i ponownie spadają. Prawie całkowity zanik kolonii <i>Pediastrum</i> i <i>Botryococcus</i> .
180 – 195 2 próbki	GW-3 <i>NAP</i>	Boreał B, Atlantyck	Wzrost <i>Pinus sylvestris</i> t. od 30 do 50%. Niewielkie wartości procentowe <i>Betula</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Corylus avellana</i> i <i>Picea abies</i> . Wzrost udziału <i>Cyperaceae</i> i <i>Poaceae</i> do 20%. Pojawia się <i>Pteridium aquilinum</i> . Wzrost udziału <i>Musci</i> do 50%. <i>Filicales monoletae</i> osiągają do 10%.
60 – 180 Osad mineralny	GW-4	Brak danych	Wyniki zaburzone przez znaczną obecność osadu mineralnego. Bardzo niska frekwencja palinomorf. Ziarna pyłku i zarodniki w większości zniszczone, zmetamorfizowane.
0 – 60 7 próbek	GW-5 <i>Pinus</i> , <i>NAP</i>	Subatlantyck	Udział <i>Pinus sylvestris</i> t. waha się od 25 do 50%. <i>Quercus</i> i <i>Poaceae</i> do 10%, <i>Picea abies</i> i <i>Secale cereale</i> do 5%. Udział <i>Cyperaceae</i> osiąga maksimum na poziomie 30%. Pojawia się <i>Pteridium aquilinum</i> i <i>Viscum</i> . Udział <i>Musci</i> do 30%, <i>Filicales monoletae</i> do 5%.

GW-1 *Pinus* – *Betula* – NAP

Dominujący udział sosny w diagramie pyłkowym (rys. 19) może być spowodowany znaczącym wkładem jej pyłku pochodzącego z dalekiego transportu. Pozostałe składniki spektrów pyłkowych sugerują, że w czasie tworzenia się spągowego odcinka osadów najbliższa okolica stanowiska pokryta była w dużym stopniu zbiorowiskami otwartymi (głównie złożonymi z turzyc oraz traw, bylic i komosowatych) oraz płatami lasów sosnowo-brzozowych. Najgłębiej położone próbki posiadają cechy odmłodzenia. Pojawia się w nich pyłek drzew i krzewów, które, jak wskazuje wiek radiowęglowy, nie powinny pojawić się na tej głębokości. Są to: leszczyna, lipa, grab i jodła, zaś wg map izopolowych (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004a) na badanym obszarze pojawiły się znacznie później (Miotk-Szpiganowicz i in. 2004, Kupryjanowicz i in. 2004, Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004b, Obidowicz i in. 2004). Obecność tych taksonów może być wynikiem zanieczyszczenia osadów materiałem z górnej części rdzenia w trakcie wiercenia lub redepozycji osadów starszych w czasie akumulacji utworów w zbiorniku. Taki obraz spektrów pyłkowych byłby bardziej zgodny z datowaniem radiowęglowym sugerującym okres przełomu młodszego dryasu i okresu preborealnego (tab. 3).

Głony z rodzajów *Pediastrum* i *Botryococcus* oraz niewielka ilość pyłku rdestnicy wskazują, że w tym okresie w zagłębieniu funkcjonowało płytkie jezioro.

GW-2 *Poaceae* – *Pinus* – *Quercus*

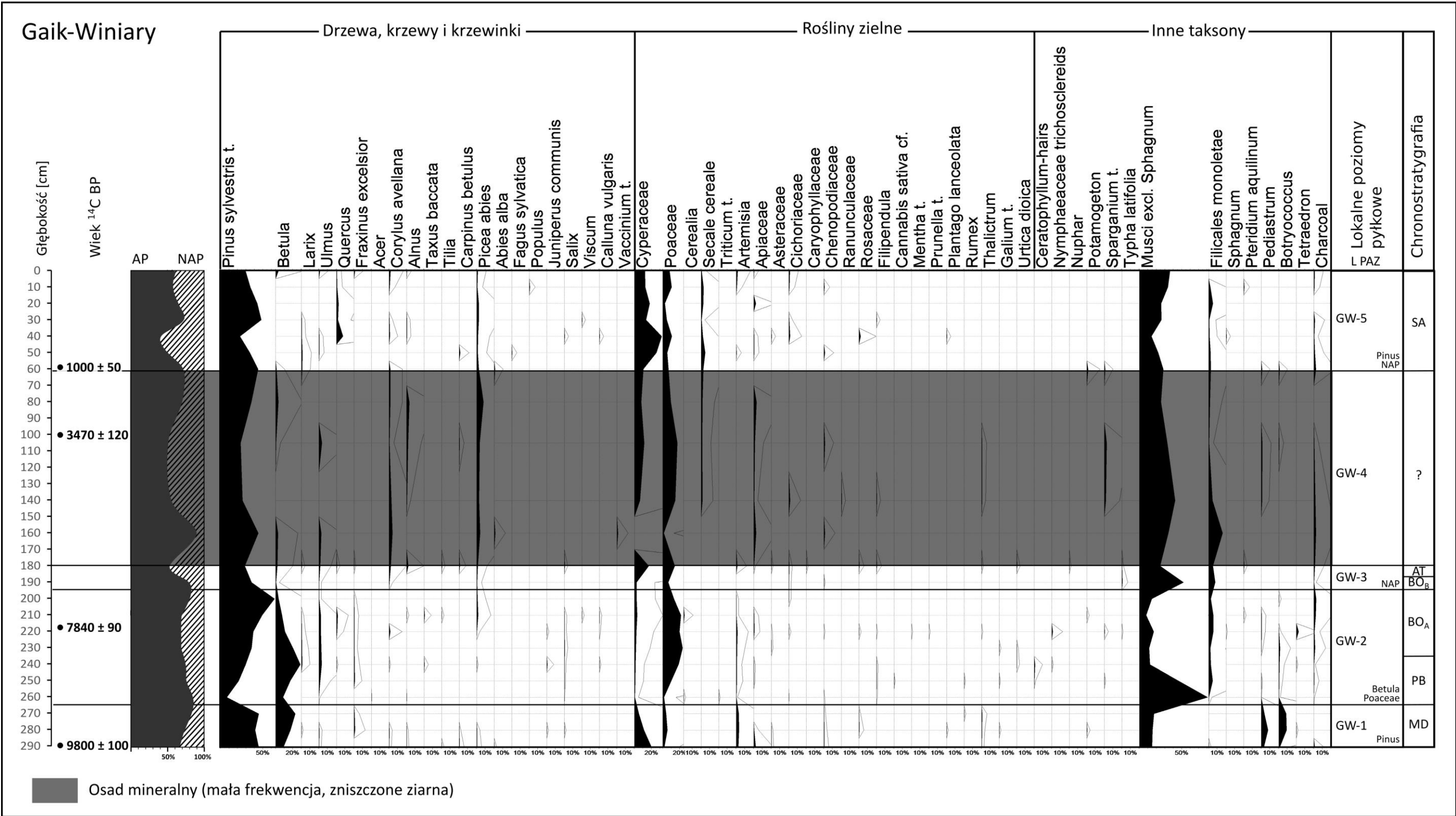
Początkowy spadek udziału pyłku brzozy i roślin zielnych, z jednoczesnym maksimum mchów wskazywać może zmiany jakie nastąpiły na początku holocenu, gdy klimat zmienił się na cieplejszy i bardziej wilgotny (Latałowa 2003a, 2003b). Później nastąpiło osuszenie siedliska (znaczący spadek zarodników mchów i wysoki udział pyłku traw) i zarastanie eutroficznego zbiornika (trichosklereidy *Nymphaeaceae*, pyłek *Typha latifolia* i *Sparganium t.*). Równocześnie rozprzestrzeniała się sosna, a na wilgotnych siedliskach wiąz, jesion oraz wierzba. Siedliska łąkowe zajęte były głównie przez trawy. Datowania radiowęglowe (8484 – 8858 cal BP) pokazują, że próbka 220 znajdująca się w obrębie poziomu GW-2 jest wieku atlantyckiego, jednak spektrum pyłkowe wskazuje, że od głębokości 265 do 235 cm osad może pochodzić z okresu preborealnego, a od 235 do 195 cm z okresu borealnego starszego (A). Wyniki analizy pyłkowej z położonych w niedalekiej odległości zbiorników Słopiec (Szczepanek 1961, 1982, 1989) i Białe Ługi (Szczepanek 2001) również w okresie preborealnym wykazały, że głównymi składnikami ówczesnych lasów była sosna i brzoza wraz z wierzbą i modrzewiem, jednak dużą rolę odegrała tam także

olcha, która w stanowisku Gaik-Winiary niemal nie występuje. Zanotowano także jedynie pojedyncze ziarna pyłku leszczyny, dębu i cisu, które mogły pochodzić z zanieczyszczenia próbki młodszym osadem lub z dalekiego transportu pyłku. Na głębokości 225 cm rozpoczynają się spektra pyłkowe, które z większym prawdopodobieństwem można przypisać do ciepłego, ale nieco bardziej suchego okresu borealnego starszego (A) (Szczepanek 1961, Latałowa 2003b). Nadal wzrastał udział sosny, ale zaczęła zmniejszać się populacja brzozy. Podobna sytuacja pojawiła się w Słopcu (Szczepanek 1961, 1982, 1989).

Obecność zarodników paproci orlicy wskazuje także, że istniejące wówczas lasy nie tworzyły zwartej pokrywy, lecz pojawiały się w nich prześwietlenia śródleśne. Zbiornik już na początku okresu preborealnego stał się zdecydowanie bardziej suchy, z okresowymi tylko epizodami powrotu do środowiska jeziornego. Zdecydowanie zmniejszył się udział glonów *Pediastrum* i *Botryococcus*, a sporadycznie pojawiał się *Tetraedron*. Pyłek roślin strefy brzegowej takich jak pałka szerokolistna i jeżogłówka oraz rośliny występujące w płytkich wodach stojących takie jak rogatek, rdestnica i grzybieniewate (Kłosowski i Kłosowski 2006) świadczy o obecności płytkiego eutroficznego zbiornika.

GW-3 NAP

Wiek osadu z przedziału głębokości od 195 do 185 cm określono na okres borealny młodszy (B) (Szczepanek 1961), w którym nadal dominowały lasy sosnowe, ale znacząco zmniejszył się udział brzozy. Na wilgotnych siedliskach występowały wiąz, świerk i olcha. Ciepły i nieco wilgotniejszy klimat okresu borealnego młodszego (Szczepanek 1961, Latałowa 2003b) spowodował pojawienie się w szacie roślinnej leszczyny oraz rozprzestrzenianie się mchów brunatnych. Zanikły natomiast wierzba, jesion i modrzew. Na głębokości 185 cm rozpoczyna się już zapewne okres atlantycki. Zmniejszył się zasięg lasów sosnowych, zastąpionych przez lasy mieszane z dębem, jesionem, leszczyną, grabem. Obecność pyłku grabu jest trudna do interpretacji w zestawieniu z datowaniem radiowęglowym. Grab pojawia się bowiem jako jeden z ostatnich składników lasów liściastych dopiero w okresie subborealnym (Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004b). Na wilgotnych siedliskach występowały wiąz i świerk. W diagramie pyłkowym pojawiły się też wskaźniki wilgotnych łąk, jak wiązówka, rutewka, turzycowate i pokrzywa. Zmniejszyła się natomiast populacja mchów brunatnych. Zbiornik w tym okresie wykazywał cechy niewielkiego, zarastającego, eutroficznego jeziora. Pojawił się grązel, a w strefie szuwaru pałka szerokolistna, jednak całkowicie zanikły kolonie glonów *Pediastrum*, *Botryococcus* i *Tetraedron*.



Rys. 19. Diagram pyłkowy ze stanowiska Gaik-Winiary.

GW-4

Poziom obejmuje odcinek rdzenia objęty osadem z dużą domieszką iłu. Materiał palinologiczny jest zniszczony w stopniu uniemożliwiającym wiarygodny odczyt wyników (tab. 6, rys. 19). Przyczyna takiego stanu rzeczy może być naturalna, spowodowana pogłębianiem się zagłębienia w wyniku odnowienia działalności procesów krasowych lub antropogeniczna. Pierwsza z przyczyn wydaje się bardziej prawdopodobna, ponieważ datowanie radiowęglowe (800 – 964 cal BP) (tab. 3) wykonane na granicy mineralnego i biogenicznego osadu wykazało, że powrót do funkcjonowania zbiornika wodnego w misie zagłębienia nastąpił około 1000 lat temu. W tym okresie nie wydobywano jeszcze torfu. Ponadto w materiale palinologicznym zanotowano tylko pojedyncze zarodniki mchu torfowca.

GW-5 *Pinus* – NAP

W diagramie pyłkowym wśród pyłku drzew dominuje sosna, wskazując na szerokie rozprzestrzenienie zbiorowisk sosnowych, przypuszczalnie z domieszką świerka i dębu. Brzoza, modrzew, wiąz, jesion, leszczyna, olcha, grab, jodła, topola, buk i wierzbą występowały sporadycznie w krajobrazie (w diagramie obecne są w postaci pojedynczych ziaren pyłku). Od okresu średniowiecza rozprzestrzenienie sosny jest powszechne i było spowodowane wycinką lasów pod uprawę zbóż, zwłaszcza żyta, którego pyłek w materiale pojawił się w znacznych ilościach. Odpowiada to spektrum pyłkowemu okresu subatlantyckiego (podokres B i C) w stanowiskach Słopiec (Szczepanek 1961, 1982, 1989), Górno (Szczepanek 1961) i Białe Ługi (Szczepanek 2001), w których również odnotowano znaczny spadek populacji drzew i wzrost udziału roślin zielnych. Istotną różnicą między wymienionymi diagramami pyłkowymi i diagramem Gaik-Winiary jest udział pyłku szczawiu. Na tym poziomie w stanowisku Gaik-Winiary nie odnotowano obecności pyłku *Rumex acetosa* t., który w stanowisku Słopiec osiąga ponad 60%, w stanowisku Górno ponad 10% i w stanowisku Białe Ługi do ok. 5%. W spektrum pyłkowym torfowiska Gaik-Winiary pojawił się natomiast pyłek babki lancetowatej zasiedlającej wilgotne łąki i pastwiska i stanowiącej klasyczny wskaźnik wypasu (Behre 1981). Obecność dębu może wskazywać na regenerację lasów mieszanych. Znacząco poszerzał się zasięg turzycowatych zajmujących tereny wilgotnych łąk. O wzroście wilgotności świadczą również znaczne ilości zarodników mchów brunatnych i paproci. W starszej części poziomu pojawiły się zielenice z rodzaju *Pediastrum* i *Botryococcus*, które wskazują na obecność płytkiego zbiornika wodnego, ale szybko zanikły, a w ich miejsce pojawiły się pojedyncze zarodniki mchu torfowca.

Profil ze stanowiska Gaik-Winiary obejmuje sukcesję roślinną od końca młodszego dryasu do współczesności. Profil jest jednak zaburzony, a spektra pyłkowe niepełne. Brak jest wyraźnego występowania taksonów wskaźnikowych klimatu ciepłego, a obecność warstwy osadów mineralnych na głębokości 60-170 cm uniemożliwia odczyt wiarygodnych danych z tego odcinka i wyznaczenie granic między okresami atlantyckim, subborealnym i subatlantyckim.

5. Analizy paleozoologiczne

Materiał z dwóch z analizowanych profili osadów (Daleszewice i Gaik-Winiary) przekazano do analiz paleozoologicznych, co zostało już wskazane w rozdziale pierwszym. Na podstawie wyników tych analiz wydzielono fazy zmienności składu gatunkowego kopalnych Cladocera i Chironomidae, uwzględniając zmiany występowania poszczególnych gatunków oraz liczebności osobników do tych gatunków należących. W tabelach podane zostały przedziały głębokościowe faz i podstawowa charakterystyka zmienności składu gatunkowego (tab. 7, 8). Tabele opracowane zostały przez autorki wykonanych analiz, natomiast pod tabelami zamieszczono opisową charakterystykę profili oraz wstępną interpretację wyników.

5.1. Stanowisko Daleszewice

Analiza Cladocera

Profil składu gatunkowego Cladocera (rys. 20) dla stanowiska Daleszewice został podzielony na pięć faz o zróżnicowanych cechach (tab.7).

Tab. 7. Opis faz zmienności składu gatunkowego Cladocera dla stanowiska Daleszewice (autor: Marta Rudna)

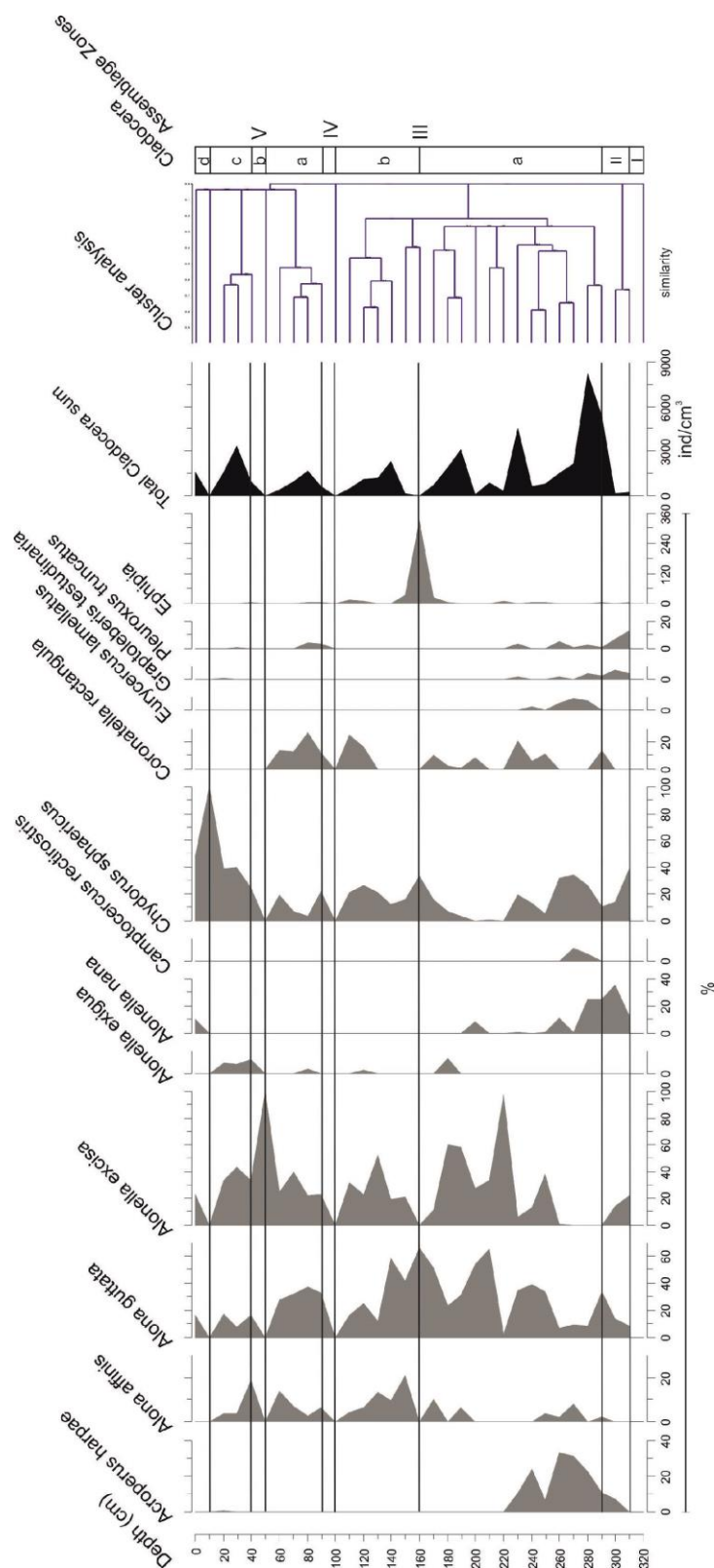
Faza głębokość	Skład gatunkowy fazy	Podstawowe cechy fazy
Faza I 320-310 cm	Brak Cladocera	W początkowej fazie rozwoju zbiornika prawdopodobnie panowały niekorzystne warunki dla rozwoju Cladocera. Brak szczątków oraz jaj przetrwalnikowych.
Faza II 310-290 cm	7 gatunków: <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Alonella nana</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Alona guttata</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Pleuroxus truncatus</i> , <i>Graptoleberis testudinaria</i>	Prawdopodobnie panowały dość ciepłe warunki, a zbiornik był porośnięty roślinnością wodną, co potwierdza występowanie tu samych gatunków chętnie bytujących wśród roślinności wodnej (<i>Graptoleberis testudinaria</i>) (Fryer 1968). Dość licznie występują także gatunki dobrze znoszące obniżone pH - <i>Alonella excisa</i> , <i>Alona guttata</i> (Zawiska 2021).
Faza IIIa 290-160 cm	12 gatunków: <i>Alona guttata</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Acroperus harpae</i> , <i>Alonella nana</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Eurycercus lamellatus</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Graptoleberis</i>	Najdogodniejsze warunki dla rozwoju Cladocera - najwyższa w profilu frekwencja osobników. Początkowo podwyższenie pH w zbiorniku. Pojawia się <i>Camptocercus rectirostris</i> , który preferuje wody o wyższej termicie, co wskazuje dobre warunki termiczne dla rozwoju wioślarek (Szeroczyńska 1985). Na głębokości 220 cm zanika większość gatunków Cladocera. Jedynymi występującymi gatunkami na tej głębokości są gatunki odporne na

	<i>testudinaria</i> , <i>Pleuroxus truncatus</i> , <i>Alonella exigua</i> , <i>Camptocercus rectirostris</i> .	niskie pH - <i>Alonella excisa</i> , <i>Alonella exigua</i> (Zawiska 2021). Od tego momentu na stałe zanikają gatunki preferujące wody cieplejsze np. <i>Pleuroxus truncatus</i> (Freyer 1968). Wzrost liczby efipiów (jaj przetrwalnikowych), które sugerują, iż warunki w zbiorniku były niekorzystne dla rozwoju wioślarek (Radzikowski i in. 2018).
Faza IIIb 160-100 cm	6 gatunków: <i>Alona guttata</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Alonella excigua</i> .	Drastyczny spadek frekwencji Cladocera, pozostają tylko dwa gatunki. Dominuje <i>Alona guttata</i> - wskaźnikowy gatunek rosnącej eutrofizacji (Szeroczyńska 1985) oraz <i>Chydorus sphaericus</i> , który jest gatunkiem eurotypowym (Rybak i Błędzki 2010). Okres niekorzystnych warunków dla rozwoju Cladocera – najwyższa w całym profilu ilość efipiów. Na głębokości 130 cm dominuje <i>Alonella excisa</i> - nastąpiło tutaj kolejne obniżenie pH wody w zbiorniku (Zawiska 2021). Potwierdza to także wartość pH zbadanego osadu profilu.
Faza IV 100-90 cm	Brak Cladocera	Zanik Cladocera możliwe, iż było to spowodowane: • obniżeniem poziomu wody lub wyschnięciem/przesuszeniem zbiornika (Miotk-Szpiganowicz i Niska 2008). • znacznym spadkiem poziomu wody lub całkowitym zarośnięciem zbiornika (Szeroczyńska 1985). • zmianą warunków edaficznych w zbiorniku (Balwierz i in. 2009). • drastyczną zmianą chemiczną w zbiorniku (Szeroczyńska 2002).
Faza Va 90-50 cm	7 gatunków: <i>Alona guttata</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Pleuroxus truncatus</i> , <i>Alonella exigua</i> .	Ponowne pojawienie się gatunków obecnych pod koniec podfazy IIIb. Pojawia się tu także <i>Alona excigua</i> – kolejny gatunek tolerujący niskie pH (Zawiska 2021).
Faza Vb 50-40 cm	1 gatunek: <i>Alona excisa</i>	Na głębokości 50 cm pozostaje tylko <i>Alona excisa</i> . Frekwencja osobników wioślarek poza momentami zupełnego zaniku Cladocera jest najniższa w profilu (10 osobników/1cm ³). Jest to okres ponownych drastycznych zmian w chemizmie wód badanego zbiornika, które w wynikach pH osadu widoczne są dopiero na głęb. ok. 25 cm. Zmiany te mogą być korelowane ze zmianą charakteru osadu z torfu zielnego o średnim stopniu rozkładu do torfu zielnego o wysokim stopniu rozkładu.
Faza Vc 40-10 cm	8 gatunków: <i>Alonella excisa</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Alonella excigua</i> ,	Pojawienie się litoralnych <i>Graptoleberis testudinaria</i> i <i>Pleuroxus truncatus</i> może sugerować nieznaczne podwyższenie temperatury wody w zbiorniku

	<i>Chydorus sphaericus</i> , (Szeroczyńska 1985). <i>Alona guttata</i> , <i>Graptoleberis testudinaria</i> , <i>Pleuroxus truncatus</i> .	
Faza Vd 10-0 cm	10 cm tylko <i>Chydorus sphaericus</i> . 0 cm: <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Alona guttata</i> , <i>Alonella nana</i> .	Na głębokości 10 cm pozostaje tylko <i>Chydorus sphaericus</i> , który jest najbardziej odporny na wszelkie zmiany, a także sugeruje drastyczne pogorszenie się warunków edaficznych (Rybak i Błędzki 2010). Powyżej pojawiają się także <i>Alona excisa</i> , <i>Alona guttata</i> oraz <i>Alonella nana</i> , czyli gatunki odporne na niskie pH (Zawiska 2021).

Na początku sedymentacji osadów biogenicznych w zbiorniku Daleszewice warunki środowiska były nieodpowiednie dla rozwoju Cladocera. W osadzie brak jest szczątków oraz form przetrwalnikowych (rys. 20). Od próbki z głębokości 310 cm w górę profilu można interpretować, że klimat stopniowo zaczął się ocieplać, a także pojawiła się roślinność wodna, o czym świadczy obecność gatunków z taką roślinnością związanych. W próbkach zdeponowanych od 290 cm do 220 cm skład szczątków wskazuje, że warunki siedliskowe były najlepsze dla rozwoju wioślarek, w skali całego profilu. Populacja Cladocera była na tym odcinku najlepiej rozwinięta. Obecne w osadzie gatunki wskazują na wzrost odczynu wody, a następnie gwałtowny spadek odczynu i temperatury wody od głębokości 220 cm. Zaczynają pojawiać się również formy przetrwalnikowe, które mówią o gwałtownym pogorszeniu się warunków bytowania wioślarek. Następnie stopniowo zmniejsza się frekwencja oraz ilość obecnych w osadzie gatunków, a te które zaczynają dominować związane są z obniżającym się odczynem wody w zbiorniku i rozwijającym się w nim torfowisku. Z analizy palinologicznej wynika, że jest to poziom maksymalnego udziału mchu torfowca (*Sphagnum*) w osadzie. Na głębokości od 90 do 100 cm populacja Cladocera zanika zupełnie co może mieć związek m.in. z obniżeniem się poziomu wody w zbiorniku, który widoczny jest również w pozostałych analizach wykonanych w tym stanowisku. Od głębokości 90 cm ponownie wzrasta populacja Cladocera. Pojawiają się gatunki tolerujące kwaśny odczyn wody. Na głębokości od 40 do 50 cm ponownie zanika większość gatunków, a jedyny, który pozostał obecny wykazuje bardzo małą frekwencję. Według uzyskanych z analizy pyłkowej wyników jest to faza ocieplenia klimatycznego. Pojawia się pyłek jemioły, która jest wskaźnikiem cieplejszego okresu. Nagła i krótkotrwała zmiana warunków środowiska mogła być powodem okresowego zaniku wioślarek. Od głębokości 40 cm pojawiają się gatunki wioślarek związane ze strefą litoralną oraz niewielkim podwyższeniem się temperatury wody. Gatunki te zanikają na głębokości 10 cm, a ich miejsce zastępuje *Chydorus sphaericus* - gatunek najbardziej

odporny na drastyczne pogorszenie się warunków w zbiorniku. Kiedy występuje jako jeden z gatunków dominujących, uważany jest za wskaźnik wysokiej eutrofii (Zawiska 2021), odnotowano także powrót gatunków tolerujących kwaśny odczyn wody.



Rys. 20. Skład gatunkowy kopalnych Cladocera ze stanowiska Daleszewice (autor: Marta Rudna).

Analiza Chironomidae

Diagram składu gatunkowego kopalnych Chironomidae (zał. 1) dla stanowiska Daleszewice został podzielony na trzy fazy (tab.8). Wykonany został również diagram składu gatunkowego Diptera (zał. 2), który stanowi uzupełnienie dla analizy Chironomidae.

Tab. 8. Opis faz zmienności składu gatunkowego kopalnych Chironomidae dla stanowiska Daleszewice (autor: Agnieszka Mroczkowska)

Faza głębokość	Podstawowe cechy fazy
Faza 1a 310-270 cm	Na początku fazy występują gatunki litoralne i eutroficzne, takie jak: <i>Tribelos</i> , <i>Parakiefferiella bathophila</i> , <i>Glyptotendipes severini</i> , a także żyjące wśród makrofitów <i>Ablabesmyia</i> (Brooks i in. 2007, Pinder i Reiss 1983). Później pojawiają się gatunki <i>Chironomus anthracinus</i> , który związany jest z płytką wodą oraz z piaszczystym podłożem i detrytusem (Acton 1957; Beermann 1955), i <i>Cladotanytarsus mancus</i> oraz <i>Tanytarsus pallidicornis</i> i <i>Zalutschia typ B</i> żyjące w ciepłych, produktywnych jeziorach przybrzeżnych (Brodin 1986). Na strefę litoralną zbiornika wskazuje także <i>Metriocnemus terrester</i> (Brooks i in. 2007). Larwy Ephemeroptera zasiedlają siedlisko litoralu, natomiast występujące tu Chaoboridae występują w warunkach beztlenowych zbiorników (Brooks i in. 2007). Może to świadczyć o spadku poziomu wody i stopniowej eutrofizacji. Strefa ta charakteryzuje się dużą różnorodnością i liczebnością gatunków Chironomidae. Między 270-285 cm p.p.t. występują pojedyncze deformacje struktury aparatu gębowego.
Faza 1b 270-225 cm	Faza spadku liczebności Chironomidae. W tej fazie licznie występują w osadzie osobniki gatunku <i>Meriocyclus fuscipes</i> i <i>Lauterborniella</i> żyjące na dnie z dobrze rozwiniętą pokrywą roślinną i <i>Polypedilum nubeculosum</i> . Co ciekawe, w tym czasie często pojawiały się <i>Paracladiusy</i> związane z ochłodzeniami. Między 240-250 cm p.p.t. występują pojedyncze deformacje struktury aparatów gębowych Chironomidae.
Faza 1c 225-175 cm	Jest to czas stopniowego zmniejszania się liczebności Chironomidae. Głównie odnotowano gatunki makrofitowe, takie jak <i>Endochironomus albipennis</i> i <i>Paratendipes nudisquama</i> , występujące także w środowisku torfowym (Moller Pilot 2009). oraz gatunek <i>Phaenopsectra flavipes</i> występujący na łodygach i liściach roślin wodnych (Moller Pilot 2009). Faza Ch1c rozpoczęła się od występujących tu Tipulidae i Sciaridae ściśle związanym z rozkładającym się drewnem i roślinami (Plewa 2012, Taylor i in. 2007). W tym czasie wzrosła liczebność Ceratopogonidae, które żyją w zbiornikach z bogatą roślinnością dna (Brooks i in. 2007). Poniżej występuje m.in. Limnophyes, czyli gatunki ziemne i ziemno-wodne (Brooks et al. 2007).
Faza 2a 175-165 cm	Strefa z licznie występującymi osobnikami gatunku <i>Neozavriella</i> , która jest typowo stało ziemnolubny, występuje też w wodach z wysoką zawartością wapnia (Pinder i reiss 1983, Ekrem 2006).

	Również pojawia się gatunek żerujący na detrytusie <i>Stenochironomus</i> (Pinder i Reiss 1983).
Faza 2b 155-95 cm	Brak Chironomidae. Duży pik liczebności Ceratopogonidae może wskazywać na silne wysychanie wód zbiornika. W tej fazie występują również organizmy saprofagiczne i mykofagiczne - Sciaridae (Watson i Dallwitz 2003).
Faza 3a 95-45 cm	W tej fazie występują głównie gatunki związane z makrofitami i jeziorami eutroficznymi, takie jak: <i>Dicrotendipes nervosus</i> , <i>Endochironomus albipennis</i> , <i>Chironomus anthracinus</i> , <i>Chironomus plumosus</i> , <i>Polypedilum nubifer</i> . Pojawia się również <i>Pseudoorthocladius</i> związany ze strefą rozbryzgów i płytką wodą lub mchami (Saether i Sublette 1983, Brooks i in. 2007).
Faza 3b 45-0 cm	W tej fazie występują <i>Abiskomyia</i> żyjąca w zimnych i arktycznych jeziorach. <i>Limnophyes</i> i <i>Pseudoorthocladius</i> - gatunki półziemne oraz gatunki występujące na podłożu błotnistym i piaszczystym -m.in. <i>Cladopelma lateralis</i> .

Na początku sedymentacji osadów biogenicznych w zbiorniku pojawiły się gatunki Chironomidae (zał.1) oraz Ephemeroptera związane ze strefą litoralną jeziora i wodami eutroficznymi, a także związane z warunkami beztlenowymi Chaoboridae (zał. 2). Może to wskazywać na stopniowe zarastanie zbiornika już na początku jego rozwoju. Skład gatunkowy Chironomidae oraz zmniejszenie się liczebności ich osobników w osadzie wskazuje na ochłodzenie się wody w zbiorniku oraz rozwój roślinności pokrywającej powierzchnię jeziora. Od głębokości 225 cm zaczynają pojawiać się gatunki występujące w siedliskach torfowiskowych, związanych z rozkładającymi się roślinami. Licznie występują również osobniki gatunków związanych z roślinnością wodną i denną oraz gatunki ziemne. Na głębokości 175 – 155 cm pojawia się gatunek związany z detrytusem, a także gatunek występujący w wodach z dużą zawartością wapnia, którego pik (CaCO_3) zanotowano nieco poniżej tej głębokości (rys. 12). Od 155 do 95 cm nastąpić mogło okresowe przesuszenie zbiornika, wyrażone brakiem szczątków Chironomidae (zał. 1) w osadzie. Znacząco wzrasta ilość szczątków Ceratopogonidae (zał. 2), co może wskazywać na silne osuszenie się zbiornika. Pojawiają się także szczątki owadów odżywiających się rozkładającymi się roślinami i grzybami, jak Sciaridae (zał. 2). Od głębokości 95 cm ponownie pojawiają się gatunki związane z chłodnymi wodami oraz podłożem błotnistym i piaszczystym, co może mieć związek z docierającym z pobliskich pól uprawnych materiałem mineralnym.

5.2. Stanowisko Gaik-Winiary

Analiza Cladocera

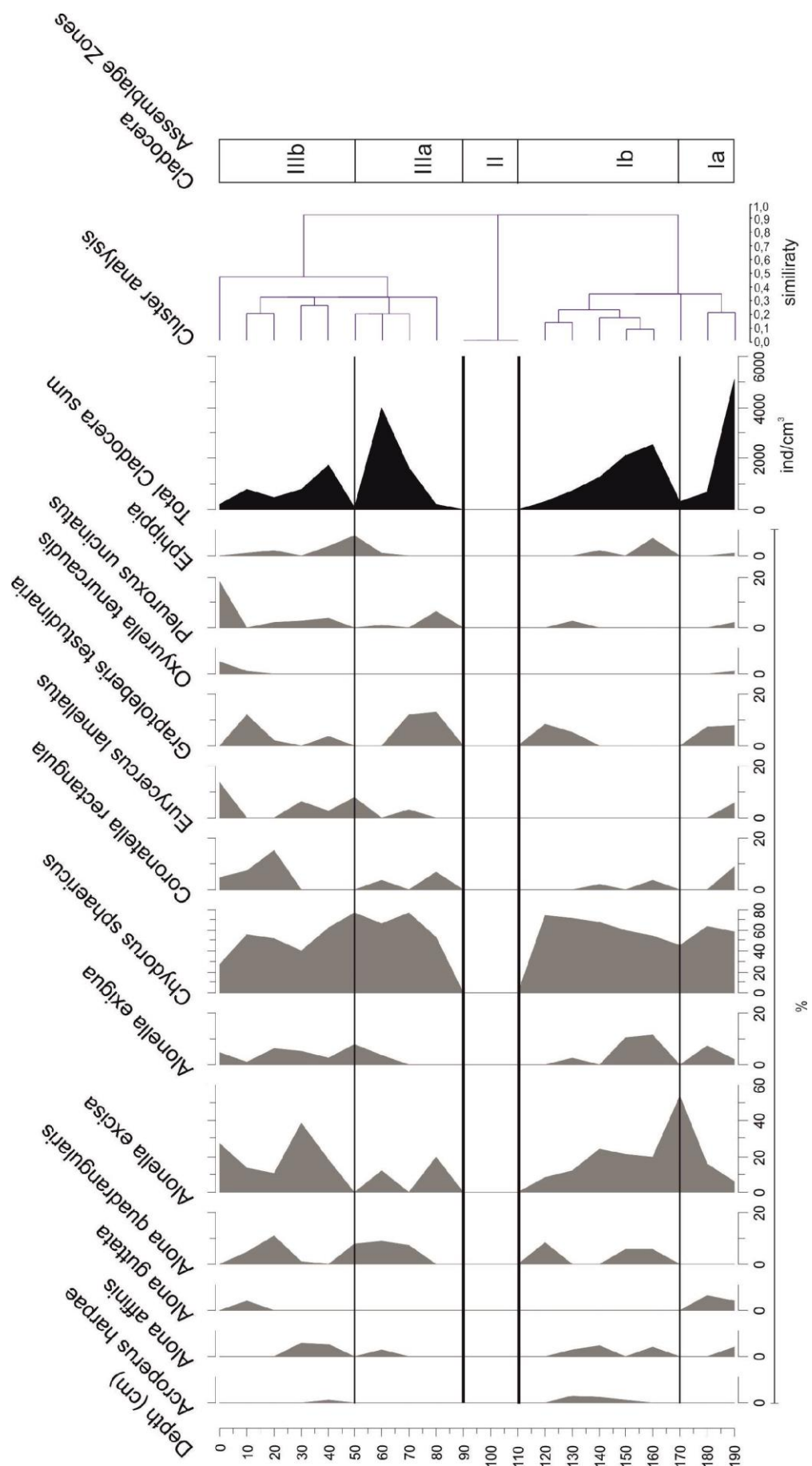
Analiza składu gatunkowego Cladocera została wykonana dla odcinka rdzenia z głębokości 0 – 190 cm (rys. 21). Na podstawie wyników tej analizy wyróżniono trzy fazy (tab. 9).

Tab. 9. Opis faz zmienności składu gatunkowego kopalnych Cladocera dla stanowiska Gaik-Winiary (autor: Marta Rudna)

Faza głębokość	Skład gatunkowy fazy	Podstawowe cechy fazy
Faza I a 190-170 cm	10 gatunków: <i>Alona affinis</i> , <i>Alona guttata</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Alonella exigua</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Eurycercus lamellatus</i> , <i>Graptoleberis testudinaria</i> , <i>Oxyurella tenurcaudis</i> , <i>Pleuroxus uncinatus</i>	Na początku fazy I panowały najdogodniejsze warunki dla rozwoju Cladocera (najwyższa frekwencja osobników w całym profilu - 5100 os/cm ³). Następnie na głębokości ok. 180 cm frekwencja gatunków spada do 325 os/cm ³ , dominuje <i>Chydorus sphaericus</i> - najbardziej kosmopolityczny ze wszystkich Cladocera (Fryer 1968) oraz <i>Alonella excisa</i> , która jest gatunkiem odpornym na niskie pH (Zawiska 2021), co wskazuje na obniżenie pH wody w zbiorniku na przełomie podfaz Ia i Ib.
Faza I b 170-110 cm	9 gatunków: <i>Acroperus harpae</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Alona quadrangularis</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Alonella exigua</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Graptoleberis testudinaria</i> , <i>Pleuroxus uncinatus</i>	W podfazie Ib wzrasta frekwencja osobników (do 2575 os/cm ³ na głęb. 160 cm). Nadal znacząco dominuje <i>Chydorus sphaericus</i> . Pojawia się <i>Acroperus harpae</i> , który wraz z <i>Alona affinis</i> oraz <i>Chydorus sphaericus</i> należą do grupy gatunków zimnotolerancyjnych są to tzw. „arctic species” (Whiteside 1970). Może to sugerować obniżenie temperatury, co potwierdza pojawienie się większej ilości jaj przetrwalnikowych (efipiów), które produkowane są przez Cladocera w warunkach stresu środowiskowego (Radzikowski i in. 2018). Utrzymuje się niskie pH w zbiorniku – nadal licznie występuje <i>Alonella excisa</i> i pojawia się <i>Alonella exigua</i> (Zawiska 2021).
Faza II 110-90 cm	Brak Cladocera	Brak jaj przetrwalnikowych, który mógłby świadczyć o obecności Cladocera. Zanik Cladocera możliwe, iż było to spowodowane: • obniżeniem poziomu wody lub wyschnięciem/przesuszeniem zbiornika (Miotk-Szpiganowicz i Niska 2008). • znacznym spadkiem poziomu wody lub całkowitym zarośnięciem zbiornika (Szeroczyńska 1985). • zmianą warunków edaficznych w zbiorniku

		(Balwierz i in. 2009).
		• drastyczną zmianą chemiczną w zbiorniku (Szeroczyńska 2002).
Faza IIIa 90-50 cm	9 gatunków: <i>Alona affinis</i> , <i>Alona quadrangularis</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Alonella exigua</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Eurycercus lamellatus</i> , <i>Graptoleberis testudinaria</i> , <i>Pleuroxus uncinatus</i>	Na początku podfazy IIIa frekwencja osobników Cladocera wynosi 187 os/cm ³ . Pojawia się głównie <i>Chydorus sphaericus</i> oraz bytujący wśród roślinności wodnej <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fryer 1968). Pojawiają się dwa gatunki wskazujące na wyższe temperatury wody - <i>Alona quadrangularis</i> (Szeroczyńska i Zawisza 2007) oraz <i>Pleuroxus uncinatus</i> (Rybak i Błędzki 2010). Wysoka frekwencja osobników/cm ³ spowodowana jest głównie wysokim udziałem <i>Chydorusa sphaericusa</i> .
Faza IIIb 50-0 cm	12 gatunków: <i>Acroperus harpae</i> , <i>Alona affinis</i> , <i>Alona guttata</i> , <i>Alonella excisa</i> , <i>Alonella exigua</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Coronatella rectangula</i> , <i>Eurycercus lamellatus</i> , <i>Graptoleberis testudinaria</i> , <i>Oxyurella tenurcaudis</i> , <i>Pleuroxus uncinatus</i>	Prawdopodobnie panowały dość ciepłe warunki, korzystne dla rozwoju największej liczby gatunków w całym profilu. Zbiornik był porośnięty roślinnością wodną, co potwierdza występowanie tu gatunków chętnie bytujących wśród roślinności wodnej – np. <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Rybak i Błędzki 2010). Pojawiają się także gatunki ciepłolubne np. <i>Pleuroxus uncinatus</i> .

W próbkach z głębokości 190 – 170 cm odnotowano największą frekwencję Cladocera w całym profilu, która gwałtownie spada w połowie tej podfazy (Ia). Na przełomie podfazy Ia i Ib pojawił się gatunek wskazujący na obniżenie się pH wody w zbiorniku. Od głębokości 160 cm ponownie wzrasta frekwencja. Pojawiają się gatunki związane z zimniejszą wodą oraz formy przetrwalnikowe, co wskazuje na pogorszenie się warunków w zbiorniku. Na głębokości 110 – 90 cm zanikają wszystkie gatunki Cladocera, brak jest także form przetrwalnikowych. Wiązać się to może z przesuszeniem zbiornika lub drastyczną zmianą chemizmu wody. Od głębokości 90 cm ponownie pojawiają się szczątki Cladocera. W podfazie IIIa udokumentowane gatunki wskazujące na wzrost temperatury wody w zbiorniku. Na głębokości 50 – 0 cm zanotowano obecność gatunków wskazujących na rozwój roślinności wodnej i ciepłe warunki w zbiorniku.



Rys. 21. Skład gatunkowy Cladocera w stanowisku Gaik-Winiary (autor: Marta Rudna)

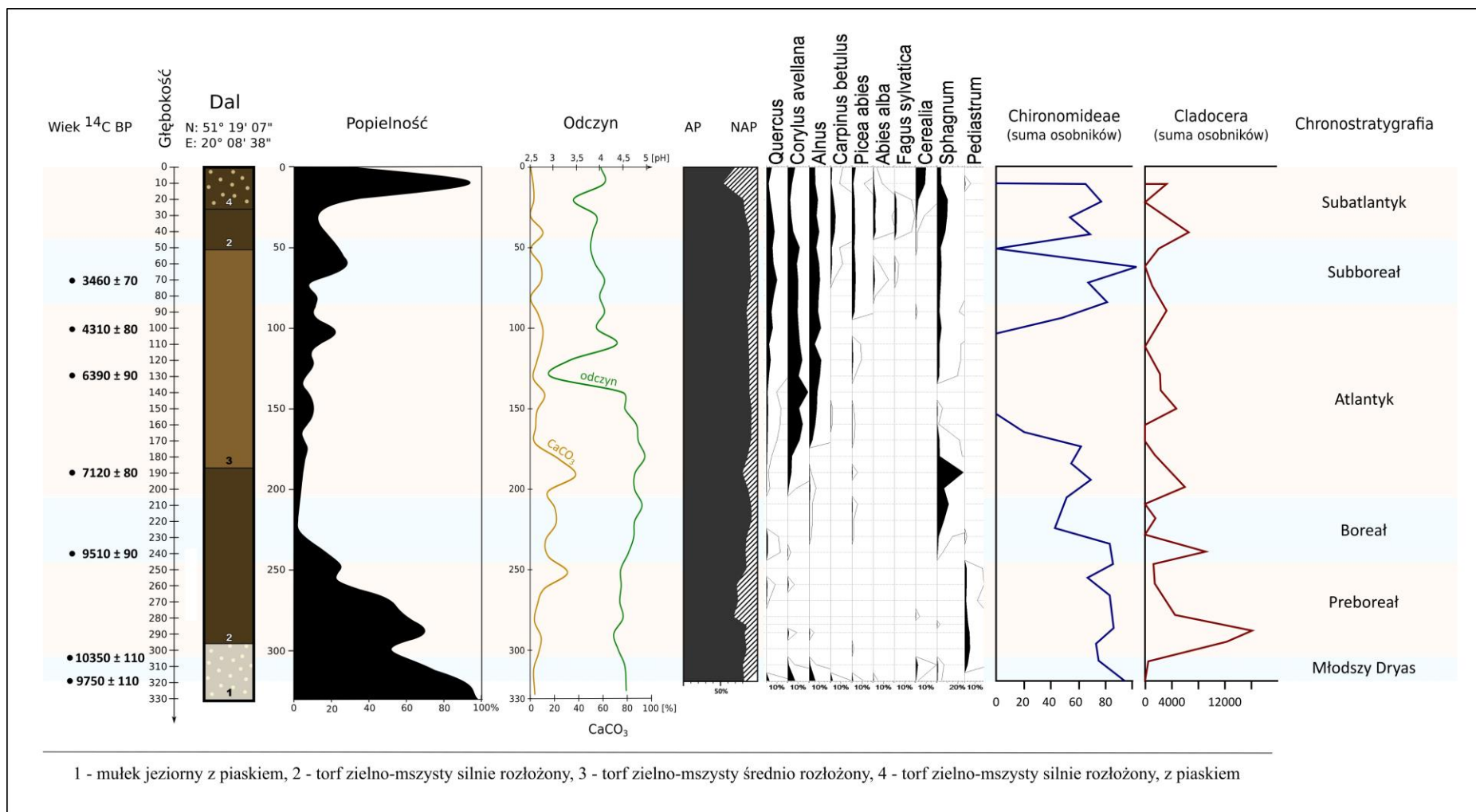
6. Zapis zmian środowiskowych w osadach biogenicznych badanych zagłębi krasowych oraz schemat ich rozwoju

Analizy paleoekologiczne wykonane na podstawie opisanych badań dają możliwość rekonstrukcji warunków siedliskowych w poszczególnych fazach holocenu i poprzedzającego go młodszego dryasu. Umożliwiają też śledzenie reakcji siedlisk i zmian zachodzących w zbiornikach na zmiany klimatyczne czy hydrologiczne występujące globalnie, ale także rekonstruowanie lokalnych zdarzeń zachodzących w zbiornikach i w ich najbliższym otoczeniu (Dybova-Jachowicz i Sadowska 2003, Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004a).

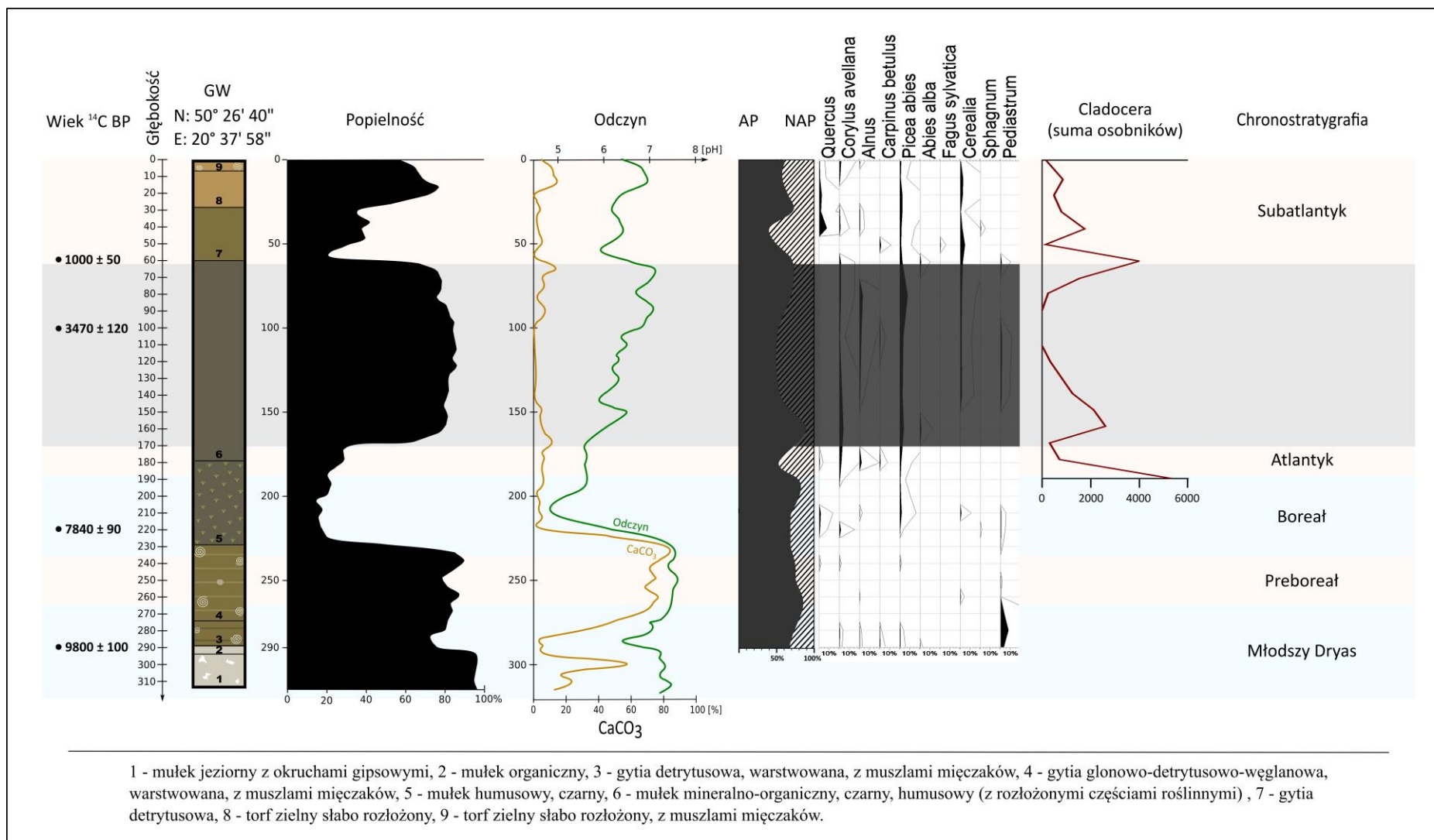
Bazując na wszystkich wykonanych badaniach przygotowano zbiorcze wykresy ujmujące najważniejsze wyniki analiz. Wykresy te zawierają informacje o: wieku osadów, ich litologii, cechach fizykochemicznych (popielności, odczynie, zawartości węgla wapnia), wybranych taksonach palinologicznych istotnych w analizie zapisu zmian środowiskowych w badanych zbiornikach i ich najbliższym otoczeniu, a także sumie wszystkich osobników Chironomidae i Cladocera. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyznaczenie granic okresów paleoklimatycznych oraz analizę zmian warunków środowiska w holocenie i końcowej fazie młodszego dryasu.

Młodszy dryas

Okres młodszego dryasu udokumentowano w dwóch stanowiskach: Daleszewice (rys. 22) i Gaik-Winiary (rys. 23). Osady tego wieku rozpoczynają akumulację biogeniczną wypełnień obu zbiorników, co oznacza, że ich formy powstały odpowiednio wcześniej i pod koniec młodszego dryasu uległy uszczelnieniu na tyle, żeby uzyskać dość stabilny poziom wody. Interpretacja wyników z tego okresu jest utrudniona z uwagi na możliwe zanieczyszczenie młodszym materiałem w spągowej części rdzeni w obu stanowiskach. W stanowiskach tych osad spągowy jest silnie mineralny: mułek jeziorny w obu stanowiskach i gytia detrytusowa w stanowisku Gaik-Winiary (od 70 do 90% części mineralnych). Jest to spowodowane wciąż dużym transportem osadów mineralnych, pochodzących z erodowanych zboczy zbiorników i ich zlewni oraz tym, że na początku akumulacji osadów w zbiornikach jeziornych poziom wody dopiero zaczyna się stabilizować, przez co osadów biogenicznych jest stosunkowo niewiele (Różycki 1946). Chłodny, surowy klimat ostatniego stadiału europejskiego zlodowacenia znacząco ograniczył rozwój roślin wodnych (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998, Latałowa 2003a). W zbiornikach Daleszewice i Gaik-Winiary rozwijały się głównie kolonie zielenic *Pediastrum*, a na początku okresu w zbiorniku Daleszewice również *Sphagnum*.



Rys. 22. Zestawienie najważniejszych wyników analiz wykonanych dla stanowiska Daleszewice.



Rys. 23. Zestawienie najważniejszych wyników analiz wykonanych dla stanowiska Gaik-Winiary.

W stanowisku Daleszewice w młodszym dryasie pojawiły się tylko pojedyncze szczątki osobników Cladocera. Rozpoznane gatunki wioślarek wskazują, że w zbiorniku rozwijała się roślinność wodna. Pojawiły się również gatunki tolerujące niski odczyn wody. Na ten okres przypada maksymalna frekwencja osobników Chironomidae, których skład gatunkowy wskazuje stopniowe zarastanie zbiornika. Pojawiły się gatunki związane ze strefą litoralną i wodami eutroficznymi.

W stanowisku Gaik-Winiary na głębokości od 290 do 280 cm zanotowano spadek popielności, odczynu oraz zawartości węglanu wapnia, a także zanieczyszczenie młodszym materiałem osadu poddanego analizie palinologicznej. Odnótowane zaburzenia mogą mieć związek z ewentualnym ściągnięciem młodszego materiału podczas poboru rdzenia lub też wahaniem poziomu wody w zbiorniku i jego eutrofizacją. Wskazywać może na to obecność glonów *Pediastrum*, których udział w wyżej położonych warstwach osadu znacząco maleje, jak też wartości wymienionych wyżej parametrów fizykochemicznych. Od głębokości 290 cm w osadzie zaczynają pojawiać się muszle mięczaków, podobnie jak w niedaleko położonym stanowisku Bydlin (Okupny i in. 2016), gdzie muszle mięczaków również odłożone były w osadach z początkowej fazy rozwoju zbiornika, na przełomie późnego glacjału i holocenu. Wykonana dla stanowiska Bydlin analiza malakologiczna wykazała obecność gatunków bytujących w środowisku wodnym (Okupny i in. 2016). Analiza taka dla osadów ze stanowiska Gaik-Winiary jest w trakcie opracowania.

Osady biogeniczne pochodzące z młodszego dryasu są obecne również w profilach ze stanowisk: Białe Ługi (Szczepanek 2001), Napoleonów (Balwierz 1980), Słopiec (Szczepanek 1961) i Wolbrom (Latałowa 1976, 1989, Latałowa i Nalepka 1987). W większości z tych profili dominują turzycowate, trawy, sosna oraz brzoza, ale pojawiają się także taksony występujące w klimacie ciepłym. Podobnie jak w profilach ze stanowisk Daleszewice i Gaik-Winiary w osadach obecne są olcha, leszczyna, dąb, wiąz, jesion, lipa i modrzew. We wszystkich porównywanych profilach pojawia się też wierzba i świerk, a w Białych Ługach również grab oraz buk, którego pyłku nie ma w profilach ze stanowisk Daleszewice i Gaik-Winiary. Wśród roślin związanych ze środowiskiem wodnym we wszystkich profilach obecne są zarodniki mchu torfowca, pyłek i zarodniki innych roślin z tej grupy pojawiają się sporadycznie. W profilu ze stanowiska Napoleonów, podobnie jak w przypadku profilu Daleszewice i Gaik-Winiary pojawiają się rdestnica i glony z rodzaju *Pediastrum*. Można zatem stwierdzić, że wyniki analizy palinologicznej dla końcowej fazy młodszego dryasu w stanowiskach Daleszewice i Gaik-Winiary pokrywają się w dużej mierze z wynikami tej analizy w stanowiskach porównawczych. Należy jednak zaznaczyć, że

w przypadku stanowisk Napoleonów (Balwierz 1980) i Białe Ługi (Szczepanek 2001) autorzy analizy pyłkowej podkreślają możliwość zanieczyszczenia materiału młodszym osadem, natomiast w przypadku stanowiska Wolbrom (Latałowa 1976) materiałem starszym, trzeciorzędowym, a nawet kredowym lub jurajskim.

Niektóre ze stanowisk o genezie krasowej, badanych na obszarze Wyżyny Lubelskiej, Polesia i Wyżyny Wołyńsko-Podolskiej również posiadają wypełnienia pochodzące z końcowej fazy ostatniego glacjału, jak np. stanowiska: Jezioro Słone położone w mezoregionie Pagóry Chełmskie (Kulesza i in. 2008), Durne Bagno na Równinie Łęczyńsko-Włodawskiej (Bałaga i in. 2006), Kovel położone na Polesiu Zachodnim (Dobrowolski i in. 2010), czy Łysa Góra w Kotlinie Hrubieszowskiej (Łojek 2019). Dla stanowisk Jezioro Słone i Durne Bagno wykonana została analiza pyłkowa, która wykazała, że w obu profilach taksony preferujące cieplejszy klimat pojawiały się wyłącznie sporadycznie i były to leszczyna, olcha, dąb oraz świerk (Bałaga i in. 2006, Kulesza i in. 2008). W stanowisku Durne Bagno w odcinku osadu pochodzącego z młodszego dryasu zanotowano obecność zarodników *Sphagnum* i glonów z rodzaju *Pediastrum* (Bałaga i in. 2006), natomiast w stanowisku Jezioro Słone wśród roślin związanych ze środowiskiem wodnym jedynie trzcinę pospolitą oraz skrzyp (Kulesza i in. 2008). Oba te stanowiska zaczęły jednak wypełniać się osadami biogenicznymi jeszcze przed okresem Allerödu. Może to oznaczać, że formy krasu zakrytego mogły zacząć rozwijać się synchronicznie na obszarze Wyżyny Małopolskiej oraz Wyżyny Lubelskiej, Polesia i Wyżyny Wołyńsko-Podolskiej, ale bardziej miąższa warstwa osadów czwartorzędowych (ponad 20 m) złożonych m.in. z glin zwałowych na Wyżynie Małopolskiej spowodowała, że skutki działalności procesów krasowych na powierzchni terenu stały się tutaj wyraźne znacznie później. Seria czwartorzędowa na Wyżynie Lubelskiej, Polesiu i Wyżynie Wołyńsko-Podolskiej zbudowana jest głównie z piasków i żwirów, często o zaledwie kilkumetrowej miąższości, lecz nie przekracza 20 metrów (Dobrowolski i in. 2010).

Starkel i in. (2013) w zestawieniu datowanych metodą radiowęglową osadów, zdeponowanych w różnych środowiskach sedymentacyjnych, wymieniają także osady związane z działalnością wód krasowych i podziemnych. Niemal brak jest przyrostów wytrąceń nacieków jaskiniowych z młodszego dryasu, jednak od końca allerödu, przez cały młodszy dryas, po początek preboreału zaznaczyła się bardzo wysoka produktywność węglanowych wytrąceń w postaci tufów i martwic (Starkel i in. 2013). Świadczy to o dużej aktywności wód podziemnych w formacjach węglanowych, która mogła być przyczyną

powstania ubytków w tych warstwach skalnych i powodem powstania form krasu zakrytego na Wyżynie Małopolskiej, ale też w innych regionach wyżynnych Polski.

Preboreał

Osady z okresu preborealnego są w zbiornikach Daleszewice i Gaik-Winiary w dużej części mineralne, ale w górę profili rejestruje się większą zawartość składników organicznych. W stanowisku Daleszewice osadem pochodzącym z tego okresu jest torf zielny słabo rozłożony, zaś w stanowisku Gaik-Winiary gytia glonowo-detrytusowo-węglanowa. W obu zagłębieniach bezodpływowych w tym okresie funkcjonowały więc zbiorniki osadów biogenicznych, okresowo zalewane wodą. Otoczone były stepotundrą, na którą stopniowo wkraczały lasy sosnowo-brzozowe.

Szybko ocieplający się klimat okresu preborealnego (Latałowa 2003b) spowodował rozwój roślinności w otoczeniu zbiorników. W wodach wypełniających obniżenie na torfowisku w Daleszewicach rozwijał się plankton, jednak poziom wody był nadal bardzo zmienny, o czym świadczą wahania frekwencji osobników Cladocera. W osadzie pojawiają się gatunki wskazujące na wzrost temperatury wody w zbiorniku. Natomiast frekwencja osobników Chironomideae była stabilna w czasie trwania całego okresu preborealnego. Osobniki odnotowane w osadzie wskazują, że zbiornik porośnięty był dobrze rozwiniętą roślinnością. Od połowy okresu preborealnego aż do połowy okresu borealnego w osadzie stanowiska Daleszewice występował gatunek wskazujący na chłodny klimat.

W osadach stanowiska Gaik-Winiary zanotowano bardzo dużą ilość muszli mięczaków, których szczątki mogły wpłynąć na wysoki poziom CaCO_3 w materiale (rys. 16). Wzrost wartości odczynu również może być spowodowany wysoką zawartością materiału węglanowego. Wyniki analizy pyłkowej na początku tego okresu wskazują wysoką wartość udziału AP (pyłku drzew i krzewów), można uważać, że lasy sosnowo-brzozowe były w otoczeniu zbiornika silnie zwarte. Spadek udziału glonów *Pediastrum* i pyłku roślin wilgociolubnych w tym czasie świadczą o obniżaniu poziomu wody w zbiorniku i niskim jej poziomie do końca preboreału. Wytrącanie się węglanu wapnia, przy dużym zasilaniu wodami gruntowymi skutkowało jego wysoką zawartością w osadzie.

We wszystkich stanowiskach porównawczych podobnie jak w stanowiskach Daleszewice i Gaik-Winiary preboreał charakteryzował się występowaniem w szacie roślinnej głównie składników stepotundry i lasów sosnowo-brzozowych. W stanowiskach Napoleonów (Balwierz 1980) i Wolbrom (Latałowa 1976), a także w stanowiskach na Wyżynie Lubelskiej i Polesiu – Durne Bagno (Bałaga i in. 2006) i Jezioro Słone (Kulesza i in. 2008), zaczęły

pojawiać się gatunki drzew o wyższych wymaganiach termicznych, jak świerk, wiąz, jesion czy dąb, które obecne są także w profilu Gaik-Winiary, natomiast w profilu ze stanowiska Daleszewice pojawiają się jedynie sporadycznie.

Starkel i in. (2013) sugerują stosunkowo stabilne warunki termiczne i opadowe w okresie preborealnym, co odbiło się zapewne w niskiej aktywności wód podziemnych i krasowych, wskazujących małą wydajność przyrostów nacieków jaskiniowych i wytrąceń martwicowych.

Boreał

W okresie borealnym zagłębienia wypełniały się już niemal wyłącznie osadami organicznymi. W zbiorniku Daleszewice nadal odkładał się torf, ale o zdecydowanie mniejszej zawartości części mineralnych. W zbiorniku Gaik-Winiary osad zmienił się w mułek czarny, z częściami organicznymi. Postępujący wzrost temperatury spowodował, że badane zagłębienia bezodpływowe zaczęły intensywniej zarastać. Obecność pyłku jemioli (*Viscum*) w profilu ze stanowiska Gaik-Winiary wskazuje, że średnia temperatura na obszarze Wyżyny Małopolskiej w okresie borealnym mogła sięgać wartości wyższych niż 15,8°C w najcieplejszym miesiącu w roku (Iversen 1944). W misie zagłębienia na stanowisku Daleszewice panowały dobre warunki dla rozwoju torfowiska. W osadzie frekwencja wioślarek na początku okresu borealnego gwałtownie wzrosła, ale od głębokości 230 cm wraz z intensywnym przyrostem torfowiska, a co za tym idzie możliwym obniżeniem się powierzchni otwartego lustra wody, również gwałtownie zaczęła spadać, gdyż takie warunki mogły być niekorzystne dla rozwoju Cladocera. W osadzie pozostały jedynie gatunki odporne na niski odczyn wody, oznaczony odczyn osadu z okresu borealnego w niewielkim stopniu wzrasta - z 4,5 do 4,8 pH. Na stałe zanikają w tym okresie gatunki preferujące ciepłe wody, a w osadzie wzrasta ilość jaj przetrwalnikowych wioślarek. Na tej samej głębokości zaczęła maleć także frekwencja osobników Chironomidae, a pojawiające się w osadzie gatunki związane są ze środowiskiem torfowiskowym, roślinnością wodną i denną oraz gatunki ziemne. Skład gatunkowy muchówek również wskazuje obniżenie się poziomu wody w zbiorniku i jego zarastanie. Otoczenie zbiorników także zaczęło stopniowo się przekształcać. Na obszarze całego kraju, a więc także na terenie Wyżyny Małopolskiej okres borealny wiązał się z przemianami szaty roślinnej (Latałowa 2003b). W okolicy stanowiska Daleszewice, na obszar dotąd porośnięty głównie lasem sosnowo-brzozowym i łąkami zaczął wkraczać dąb, preferujący wilgotne, organiczne gleby (Latałowa 2003b), co można interpretować, jako wzrost wilgotności na tym obszarze w pierwszej połowie okresu

borealnego. W drugiej połowie okresu zauważalny jest gwałtowny, lecz tylko okresowy wzrost udziału pyłku brzozy i wycofanie się dębu. Zaczynają silniej rozprzestrzeniać się również wiąz, olcha i świerk, a także w niewielkich ilościach leszczyna.

W osadzie zbiornika Gaik-Winiary niemal brak muszli mięczaków, dotychczas licznie występujących. Przyczyną może być zmiana chemizmu wody wynikająca z obniżenia się jej poziomu. Wskazuje na to także całkowity zanik glonów *Pediastrum*. Jednocześnie, gwałtownie obniżył się odczyn osadu oraz zawartość węglanu wapnia. Szatę roślinną w otoczeniu nadal w znacznym stopniu stanowiły zbiorowiska trawiaste, na które stopniowo zaczęła wkraczać sosna, a także wiąz, dąb i świerk. Może to oznaczać, że klimat południowej części Wyżyny Małopolskiej był bardziej suchy niż jej północnej części, co potwierdzają różnice w rozwoju zbiorników Daleszewice i Gaik-Winiary oraz skład szaty roślinnej ich najbliższego otoczenia.

Przemiany roślinności boreału zauważalne są także w profilach Napoleonów (Balwierz 1980), Wolbrom (Latałowa 1976), Słopiec (Szczepanek 1961), a także w stanowiskach z obszaru Wyżyny Lubelskiej i Polesia (Bałaga i in. 2006, Kulesza i in. 2008), gdzie zauważalny jest zanik wierzby i jałowca oraz wzrost udziału drzew i krzewów, m.in. dębu, olchy, leszczyny i lipy. Spadek poziomu wody w tym czasie opisany został natomiast tylko w stanowiskach Słopiec (Szczepanek 1961) i Durne Bagno (Bałaga i in. 2006), w których w tym czasie zmniejsza się udział glonów *Pediastrum*, a wzrasta udział mchu torfowca.

Starkel i in. (2013) wskazują na niewielki wzrost wydajności przyrostów nacieków jaskiniowych oraz gwałtowny spadek poziomu wytrąceń węglanowych w okresie borealnym. Sugerują również, że na początku okresu borealnego mogła mieć miejsce wysoka częstotliwość ekstremalnych zdarzeń opadowych.

Atlantyk

W stanowisku Daleszewice granica między okresem borealnym i atlantyckim jest dość wyraźna, a zapis samego okresu atlantyckiego pokazuje, że był to czas dużych zmian lokalnych warunków środowiska. Na początku okresu maksimum swojego udziału osiąga *Sphagnum*. W pierwszej połowie okresu atlantyckiego znaczną frekwencję wykazują Chironomidae i Cladocera, których skład gatunkowy, podobnie jak w okresie borealnym mówi o torfowiskowym charakterze zbiornika, o dominującym opadowym zasilaniu. Warunki były dogodne do rozprzestrzeniania się w jego okolicy drzew i krzewów ciepłolubnych. Ponownie pojawił się dąb, rozprzestrzeniały się również wiąz, jesion, leszczyna, olcha, lipa

i świerk. W osadzie pojawił się też wskaźnik ciepłego klimatu - bluszcz *Hedera helix*, którego obecność sugeruje, że średnia temperatura najchłodniejszego miesiąca w roku była wyższa niż -2°C (Iversen 1944). W badanym profilu od głębokości 160 cm można interpretować, znaczne pogorszenie warunków wodnych w zbiorniku Daleszewice. Torfowisko zaczęło ulegać osuszaniu, o czym mówi zanik *Sphagnum* oraz Chironomidae, a także wahania frekwencji Cladocera. Analiza składu gatunkowego wioślarek wykazała, że w drugiej połowie okresu atlantyckiego warunki były niekorzystne dla ich rozwoju. Zanotowano znaczną ilość form przetrwalnikowych oraz gatunki mówiące o rosnącej eutrofizacji zbiornika i niskim odczynie wody. Na głębokości 120 cm zanikają w osadzie również szczątki Cladocera, prawdopodobnie to także spowodowane jest osuszeniem zbiornika, które wyraźne jest też w pozostałych badanych wskaźnikach, już w głębiej położonych warstwach osadów. Na głębokości 130 cm znacznie, ale na krótko spada odczyn osadu i zawartość węgla wapnia. Wyniki analiz nie wskazują na możliwość obniżenia się dna zbiornika lub utraty jego szczelności. Prawdopodobną przyczyną takiego stanu rzeczy jest lokalna, krótkotrwała zmiana warunków środowiska w otoczeniu zagłębienia bezodpływowego, której efektem było czasowe osuszenie zbiornika. Od głębokości 130 cm powraca *Sphagnum*, a od 100 cm również Chironomidae, których skład gatunkowy mówi o niskiej temperaturze wody w zbiorniku, zawierającej znaczne ilości wapnia. Pojawił się również gatunek żerujący na detrytusie.

Okres atlantycki w stanowisku Gaik-Winiary obejmuje tylko dwie próbki. Powyżej odłożony jest silnie mineralny osad, który może być efektem obniżenia się dna zbiornika w wyniku odnawiania się działalności procesów krasowych w ciepłym i wilgotnym okresie atlantyckim (Latałowa 2003b, Marks 2016). Początkowo frekwencja Cladocera znacznie spadła, co mogłoby potwierdzać nagłe pogłębienie się zbiornika. Następnie krótkotrwale liczebność osobników wzrosła. W próbce na głębokości 170 cm zanotowano obecność gatunku dobrze znoszącego niski odczyn wody, a od 160 cm pojawił się gatunek związany z chłodnymi wodami. Pojawiły się również formy przetrwalnikowe, które świadczą o pogorszeniu się warunków w zbiorniku, prawdopodobnie w wyniku powstania nieszczelności w warstwach podłoża i osuszenia misy zagłębienia. Na głębokości od 110 do 90 cm populacja Cladocera całkowicie zanikła, a powyżej zaczęły pojawiać się gatunki wskazujące na wzrost temperatury wody. Zbiornik i warunki w nim były zatem niestabilne w ciągu trwania okresu atlantyckiego oraz prawdopodobnie również subborealnego i na początku okresu subatlantyckiego, których granic nie udało się wyznaczyć w badanym profilu. Może to oznaczać brak akumulacji osadów biogenicznych, a więc przerwę

w funkcjonowaniu jeziora czy torfowiska. Dno zbiornika mogło być w tym okresie chłonne (Różycki 1946). Analiza pyłkowa na całym mineralnym odcinku wykazała, że materiał palinologiczny jest znacząco zniszczony i często niemożliwy do identyfikacji, co może wskazywać na stopniowe odkładanie się go w zbiorniku w suchym środowisku - subborealnym. Pogłębione zagłębienie bezodpływowe było więc prawdopodobnie znów suchym zbiornikiem, który tylko okresowo wypełniał się wodą i osadami biogenicznymi.

We wszystkich porównywanych profilach początek okresu atlantyckiego charakteryzuje się spadkiem udziału pyłku sosny i wzrostem pyłku pozostałych drzew i krzewów, jak dąb, olcha, leszczyna, wiąz, jesion i świerk. W stanowiskach Słopiec (Szczepanek 1961), Wolbrom (Latałowa 1976) i Waleńczów (Wasylikowa i in. 2012) w osadzie zanotowano znaczne ilości zarodników mchu torfowca. W stanowisku Daleszewice na początku okresu atlantyckiego również zanotowano znaczny wzrost udziału *Sphagnum*, ale tylko okresowy, po którym nastąpił, także nagły, jego spadek. W stanowiskach z obszaru Wyżyny Lubelskiej i Polesia stan pokrycia szaty roślinnej był bardziej stabilny niż w przypadku Wyżyny Małopolskiej. Zanotowano jedynie niewielkie wahania udziału drzew i krzewów w okresie atlantyckim (Bałaga i in. 2006, Kulesza i in. 2008). Natomiast w zbiorniku Durne Bagno (Bałaga i in. 2006) udokumentowano w tym okresie zanik glonów *Pediastrum* i zarodników mchów oraz wzrost udziału mchu torfowca na przełomie okresu atlantyckiego i subborealnego.

Według Starkla i in. (2013) okres atlantycki charakteryzował się wzrostem tempa narastania nacieków jaskiniowych oraz dużymi wahaniami miąższości wytrąceń węglanowych. W tym okresie zaznaczyły się także okresowe wzrosty częstotliwości ekstremów opadowych. Mogło mieć to wpływ na odnowienie się procesów krasowych na obszarze, gdzie zlokalizowany jest zbiornik Gaik-Winiary i jego pogłębienie oraz powstanie zagłębienia krasowego Łykawe Doły. Natomiast wahania intensywności opadów mogły być przyczyną obniżenia się poziomu wody w zbiorniku Daleszewice pod koniec okresu atlantyckiego.

Subboreał

W Stanowisku Daleszewice okres subborealny charakteryzuje się wzrostem popielności i maksymalną frekwencją osobników ochotkowatych (Chironomidae). Osadem akumulowanym w zbiorniku nadal był torf średniorozłożony, ale w górnej części tego odcinka zmienił się w torf silnie rozłożony, co mogłoby wskazywać na obniżenie się poziomu wody w zbiorniku po jego depozycji (Tobolski 2000). W materiale palinologicznym pojawiły

się ziarna pyłku graba, jodły i buka, których obecność w osadzie jest wskaźnikiem okresu subborealnego (Latałowa 2003b). Ich wkroczenie na obszar Polski związane jest z odroślową gospodarką człowieka, pogarszającym się klimatem i ubożącymi glebami (Iversen 1964, Latałowa 2003b). W diagramie Daleszewice zaczyna być także rejestrowany rozwój rolnictwa, poprzez pojawienie się pyłku zbóż. W dalszym ciągu funkcjonowało torfowisko wysokie, a wraz z narastaniem torfowiska zmniejszyła się frekwencja osobników *Cladocera* (rys. 23). Obecne w osadzie gatunki związane są z niskim odczynem wody i rosnącą eutrofizacją. Na przełomie okresu subborealnego i subatlantyckiego zanika większość osobników. Pozostaje jedynie gatunek dobrze tolerujący kwaśny odczyn wody, choć jego frekwencja również jest bardzo niska. Wśród szczątków muchówek w osadzie dominują gatunki związane z jeziorami eutroficznymi, płytkimi wodami oraz z mchami.

W okresie subborealnym zaczął wypełniać się osadami biogenicznymi zbiornik Łykawe Doły (rys. 24). Przez cały okres subborealny w tym zbiorniku był odkładany torf, silnie rozłożony, o bardzo dużym udziale części mineralnych, nawet do 95%. Był to zbiornik eutroficzny, o cechach torfowiska ombrotroficznego. Teren w najbliższej okolicy stanowiska porośnięty był lasem sosnowo-brzozowym z domieszką dębu, leszczyny, olchy i świerka, a pod koniec okresu subborealnego pojawiły się również grab, jodła i buk. W materiale pojawiły się wskaźniki klimatu ciepłego w postaci pyłku bluszczu (*Hedera helix*) i jemioli (*Viscum*) (Iversen 1944). Zauważalny jest również początek uprawy zbóż, których pyłek pojawił się w materiale palinologicznym na głębokości 160 cm.

Okres subborealny nie został wydzielony na zbiorczym zestawieniu dla zbiornika Gaik-Winiary. Jego czas trwania zawiera się prawdopodobnie w odcinku mineralnych osadów, które uniemożliwiają wydzielenia stratygraficzne.

Profile pyłkowe w większości stanowisk porównawczych są podobne do profili z Daleszewic i Łykawych Dołów, początek okresu subborealnego także charakteryzuje się wkroczeniem w zbiorowiska leśne graba, buka i jodły. W stanowisku Wolbrom (Latałowa 1976) nie wydzielono okresu subborealnego, a granicę między okresem atlantyckim i subatlantyckim wyznaczono jedynie umownie, na głębokości, gdzie pojawił się pyłek graba, buka i jodły. W stanowisku Białe Ługi (Szczepanek 2001), w którym nie został wykonany podział na okresy chronostratygraficzne, pyłek wymienionych wyżej drzew pojawia się jednocześnie wraz z pojawieniem się pyłku pozostałych drzew i krzewów związanych z cieplejszym klimatem.

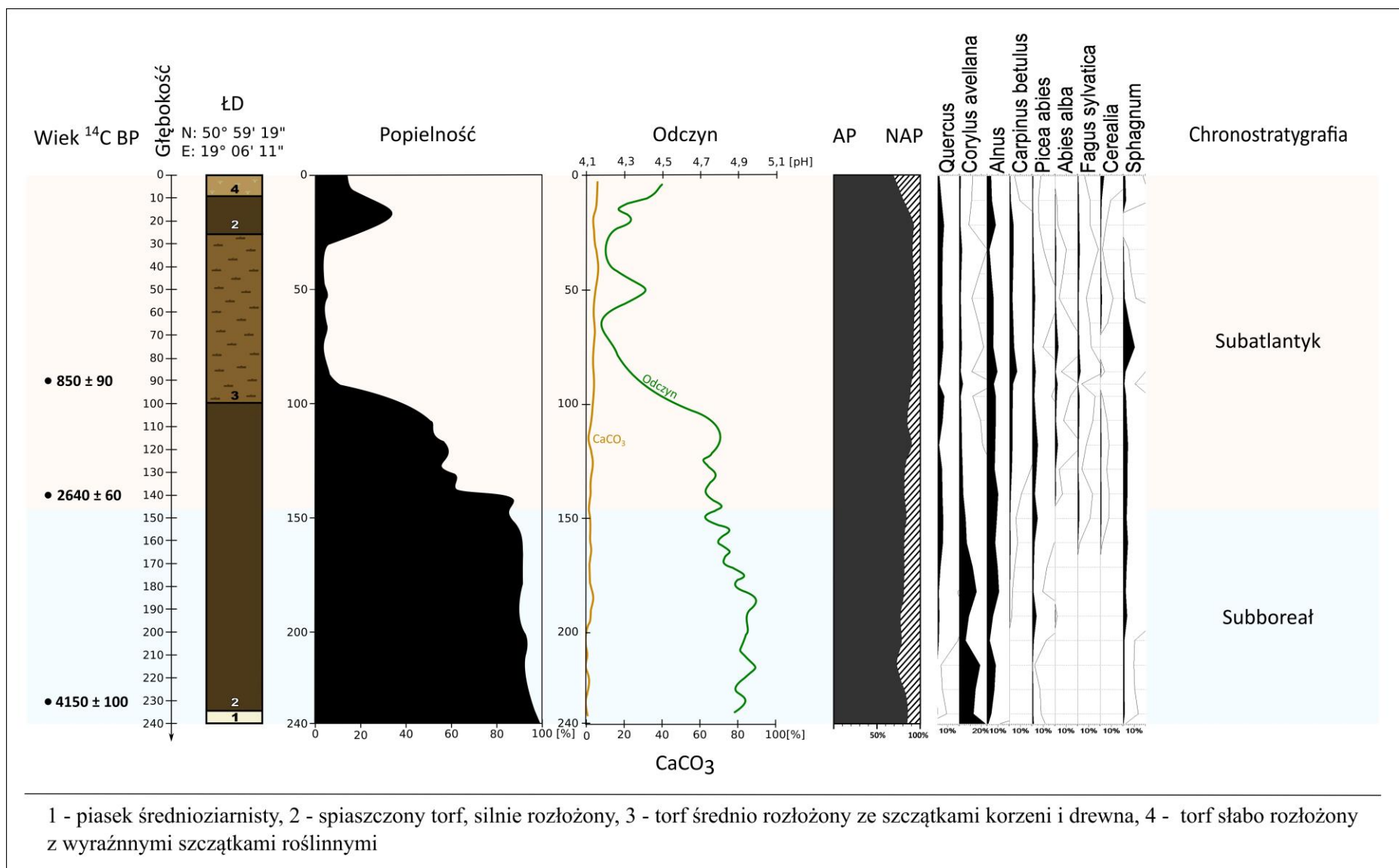
Stanowiska położone na Wyżynie Lubelskiej i Polesiu wykazują w pewnym stopniu odmienny charakter szaty roślinnej w okresie subborealnym. Profil ze stanowiska Durne

Bagno (Bałaga i in. 2006) jest częściowo zbliżony do stanowisk z Wyżyny Małopolskiej, również na początku okresu subborealnego pojawia się pyłek graba i buka, lecz nie ma pyłku jodły. Natomiast w profilu stanowiska Jezioro Słone (Kulesza i in. 2008) pyłek graba i buka pojawia się sporadycznie już od pierwszej połowy okresu atlantyckiego i również nie zanotowano w okresie subborealnym pyłku jodły.

Starkel i in. (2013) sugerują stopniowy wzrost przyrostów nacieków jaskiniowych i ustabilizowanie się wahań tempa narastania wytrąceń węglanowych w okresie subborealnym. Wskazują też na okresowe wzrosty częstotliwości ekstremów opadowych oraz wzrost temperatury w drugiej połowie tego okresu. Mogło mieć to wpływ na okresowe obniżenie poziomu wody w zbiorniku Daleszewice oraz przyczynić się do rozpoczęcia akumulacji osadów biogenicznych w zbiorniku Łykawe Doły.

Subatlantyck

Okres subatlantycki w stanowisku Daleszewice zawarty jest w warstwie torfu silnie rozłożonego, a od głębokości 25 cm torf ten staje się silnie zapiaszczony. Jest to okres związany z intensywnym rozwojem rolnictwa na analizowanym obszarze, co spowodowało zwiększoną dostawę części mineralnych do zbiorników bezodpływowych. Podobna sytuacja wystąpiła we wszystkich badanych zbiornikach. W rdzeniu osadów torfowych ze stanowiska Daleszewice zanotowano znaczny wzrost frekwencji osobników Chironomidae i Cladocera oraz zwiększenie udziału *Sphagnum*, co oznacza, że warunki siedliskowe polepszyły się w stosunku do poprzedniego okresu, ale wciąż zauważalne są przejawy wahania poziomu wody poprzez niestabilny, czasowy zanik Cladocera oraz pojawienie się niewielkich ilości szczątków glonów z rodzaju *Pediastrum* w jednej z próbek. Wśród gatunków Cladocera obecnych w osadzie z okresu subatlantyckiego dominują gatunki związane z wzrastającą temperaturą wody w zbiorniku, ale w powierzchniowej warstwie pojawia się również gatunek świadczący o pogarszających się warunkach dla rozwoju wioślarek. Wśród gatunków muchówek zanotowanych w osadzie z okresu subatlantyckiego znalazł się gatunek żyjący w zimnych wodach. Odnotowano także gatunki związane z podłożem błotnistym i piaszczystym, co może mieć związek z namywaniem osadów mineralnych z pobliskich pól uprawnych, których obecność potwierdza dokumentowany w osadzie pyłek zbóż oraz rosnący udział części mineralnych. W najbliższym otoczeniu zbiornika poszerzał się także obszar zajęty przez rośliny zielne. Mogło to być spowodowane wycinką lasów, w miejsce których powstały łąki, pastwiska i pola uprawne (Latałowa 2003b).



Rys. 24. Zestawienie najważniejszych wyników analiz wykonanych dla stanowiska Łykawe Doły.

Na okres subatlantycki przypadł czas intensywnej akumulacji utworów biogenicznych w zbiorniku Łykawe Doły. Od początku tego okresu w osadach zaczął systematycznie maleć udział części mineralnych. Rozwijało się torfowisko wysokie. Znacząco zmniejszył się odczyn osadu. Dolną część odcinka złożonego w okresie subatlantyckim stanowi torf o średnim stopniu rozkładu, ze szczątkami korzeni i drewna, a następnie torf silnie rozłożony. Powierzchniową warstwę tworzy torf słabo rozłożony z wyraźnymi szczątkami roślinnymi. Zmiany stopnia rozłożenia mogą wynikać z wahań poziomu wody w zbiorniku. Torf silnie rozłożony powstaje zwykle w warunkach deficytu wilgoci, a torf o niskim stopniu rozkładu świadczy o dobrych warunkach wodnych (Tobolski 2000). W otoczeniu zbiornika dominowały zbiorowiska leśne, głównie las sosnowo-brzozowy z domieszką dębu, leszczyny, olchy i świerka, a także graba, jodły i buka. W niedalekiej odległości od zbiornika uprawiane były zboża, których pyłek zanotowano w osadzie. W zbiorniku funkcjonowało torfowisko, okresowo przesuszane, o czym świadczy znaczny udział mchu torfowca i jego krótkotrwały zanik na głębokości 30 cm. W odróżnieniu od pozostałych stanowisk, w zbiorniku Łykawe Doły brak jest szczątków glonów z rodzaju *Pediastrum*, co może oznaczać, że zagłębienie nigdy nie funkcjonowało jako stały zbiornik wodny, a było jedynie mokradłem, może nawet mokradłem okresowym.

W stanowisku Gaik-Winiary osadem zdeponowanym w okresie subatlantyckim jest początkowo gytia detrytusowa, a później torf zielny słabo rozłożony i torf zielny słabo rozłożony, z muszlami mięczaków. Po okresie pogłębiania zbiornika i wypełniania go osadami biogenicznymi, w okresie subatlantyckim w powierzchniowej warstwie osadów zbiornik znów w większym stopniu zaczął wypełniać się osadami mineralnymi, w wyniku wspomnianej wcześniej rolniczej działalności człowieka. W najbliższym otoczeniu zbiornika zwiększył się udział roślin zielnych, a wśród drzew największe znaczenie miał dąb i świerk. W pobliżu zbiornika rozwijało się rolnictwo. W osadzie zanotowano obecność zbóż, głównie żyta. Brak jest typowych wskaźników torfowiskowych i jeziornych. Pojawiają się jedynie pojedyncze zarodniki mchu torfowca oraz szczątki glonów z rodzaju *Pediastrum*. Początkowo, gdy zbiornik ponownie wypełnił się wodą i osadami biogenicznymi frekwencja *Cladocera* gwałtownie wzrosła, jednak wraz ze wzrostem zawartości części mineralnych (popielności osadu) ponownie zaczęła stopniowo maleć.

We wszystkich profilach, z którymi porównane zostały badane stanowiska w okresie subatlantyckim zauważalny jest wpływ działalności człowieka na stan szaty roślinnej. Najbardziej charakterystyczny jest udział pyłku zbóż. W stanowisku Słopiec (Szczepanek 1961) wyróżnia się także nagły wzrost udziału pyłku szczawiu, który przekracza wartość

60%. W stanowiskach Wolbrom (Latałowa 1976), Słopiec, Górno (Szczepanek 1961) i Waleńczów (Wasylikowa i in. 2012) zauważalne jest zmniejszenie udziału części lub wszystkich obecnych w osadzie drzew i krzewów, co jak w przypadku stanowiska Daleszewice, Gaik-Winiary i Łykawe Doły, jest wynikiem odroślowej gospodarki człowieka na obszarze wyżyn. Podobna sytuacja jest w przypadku profili z obszaru Wyżyny Lubelskiej i Polesia (Bałaga i in. 2006, Kulesza i in. 2008). W większości stanowisk, podobnie jak w badanych stanowiskach Daleszewice, Łykawe Doły i Gaik-Winiary zauważalny jest wzrost wilgotności w zbiornikach, wyrażony zwiększonym udziałem zarodników mchu torfowca, mchów brunatnych lub też glonów *Pediastrum* i *Botryococcus* (w stanowisku Napoleonów – Balwierz 1980)

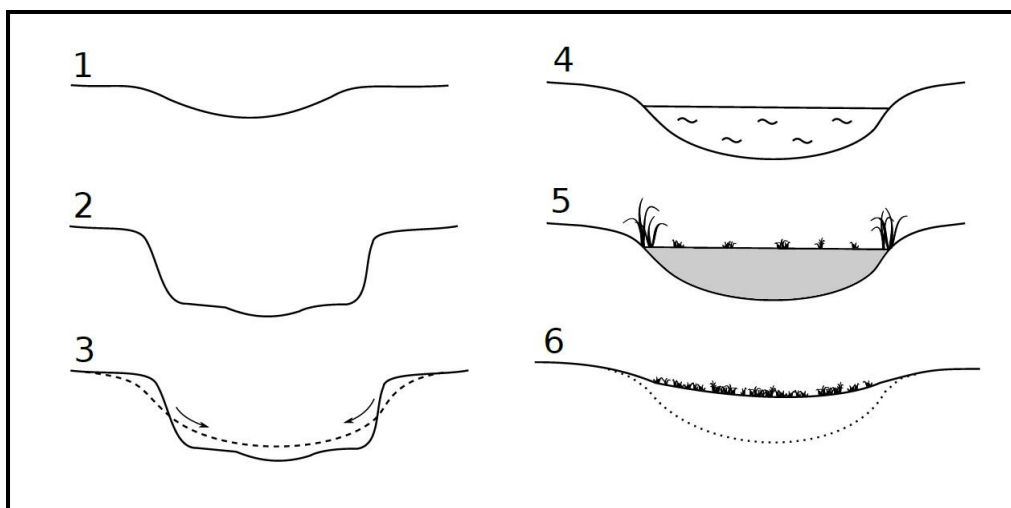
Według Starkla i in. (2013) na początku okresu subatlantyckiego gwałtownie wzrósł poziom przyrostów nacieków jaskiniowych, a następnie poziom ten wahał się silnie w pierwszych dwóch subfazach okresu subatlantyckiego. Przyrost objętości wytrąceń węglanowych był na podobnym poziomie jak w okresie subborealnym. Okresowo, lecz gwałtownie wzrastała częstotliwość ekstremalnych opadów, a także obniżyła się temperatura (Starkel i in. 2013), co mogło spowodować wzrost wilgotności, którego efektem na badanych stanowiskach mógł być wspomniany wyżej zwiększony udział *Sphagnum*.

Odrębnym problemem, który nie był przedmiotem badań i interpretacji jest bezpośredni wpływ człowieka na badane zagłębienia krasowe. W Daleszewicach widoczne są wyraźne obniżenia, które powstały w wyniku eksploatacji torfu, brak jest jednak informacji o czasie, kiedy to mogło nastąpić. W środkowej Polsce najbardziej intensywnie eksploatowano torf do celów opałowych od początku XIX wieku do lat 60-tych XX wieku (Forysiak 2012). W zagłębieniu Gaik-Winiary efektem bezpośredniej ingerencji człowieka jest rów odwadniający ten zbiornik, który wpływa na poziom wody w misie zbiornika.

Schemat rozwoju zagłębień bezodpływowych krasu zakrytego

Już w roku 1946 Profesor Stefan Różycki opracował schemat powstawania i rozwoju zagłębień bezodpływowych krasu reprodukowanego (obecnie nazywanego częściej krasem zakrytym). Zakładał on rozwój tych form w trzech etapach: rozwoju zapadlisk, zarastania misy zbiornika powierzchniowego oraz tworzenia się sieci odpływu. Po przeanalizowaniu otrzymanych wyników badań terenowych i laboratoryjnych, również tych niedostępnych jeszcze w 1946 roku, jak np. datowania radiowęglowe, autorka rozprawy w 2016 roku opracowała uproszczony schemat powstawania i rozwoju zagłębień bezodpływowych krasu zakrytego (rys. 25) (Brzozowicz 2016a). Dalsze badania potwierdzają zasadność

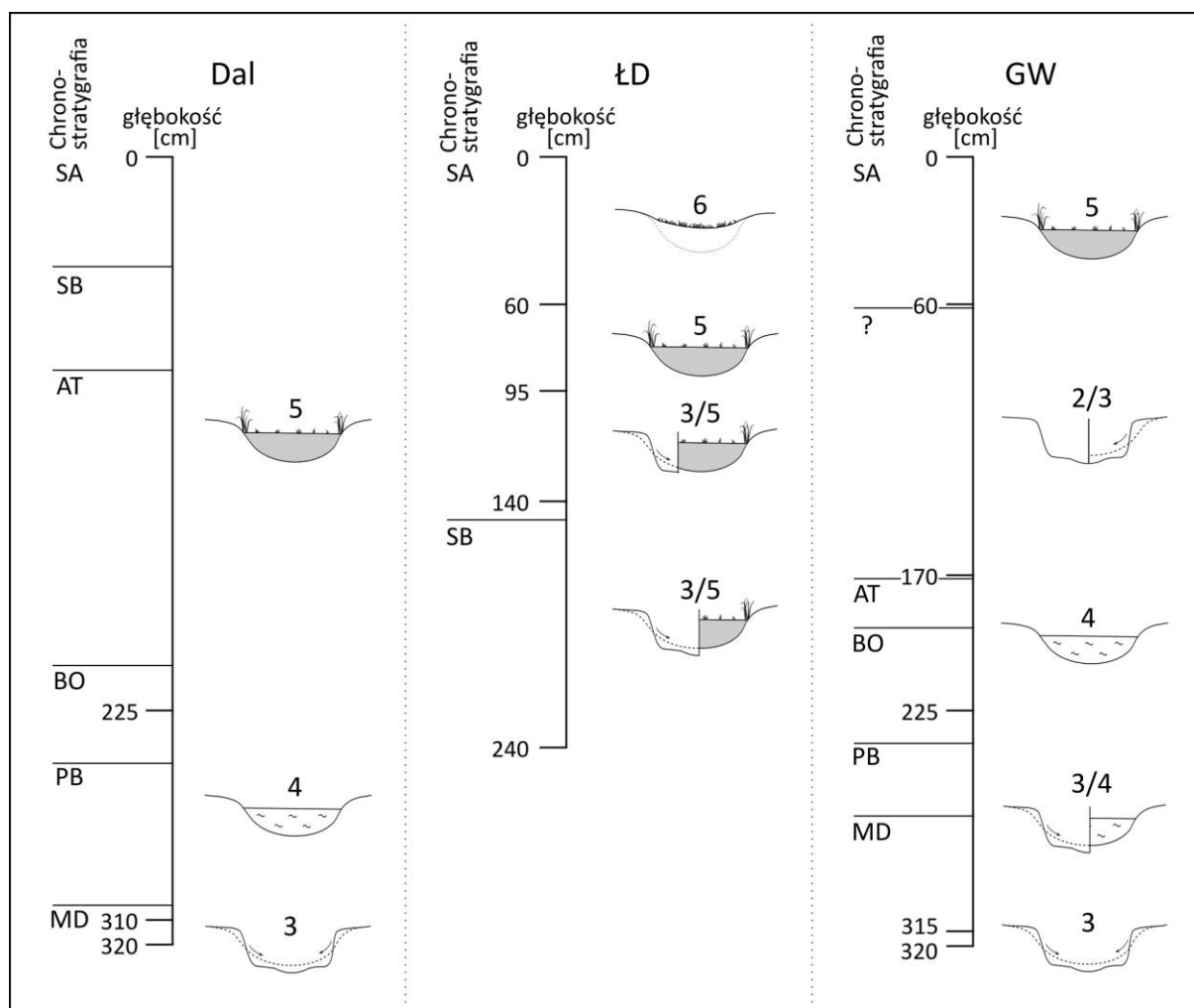
wykorzystania w analizie omawianych form uproszczonego schematu ich rozwoju.



Rys. 25. Cykl rozwoju zagłębień bezodpływowych krasu zakrytego (Brzozowicz 2016a).

Opracowany przez Brzozowicz (2016a) schemat (rys. 25) zakłada rozwój zagłębienia w sześciu stadiach. Pierwszym jest powstanie zapadliska w skałach krasowiejących i niewielkiej zakłębłości na powierzchni terenu. Zakłębłość ta wykazuje silne właściwości chłonne z uwagi na powstałe w wyniku zapadnięcia się gruntu szczeliny i przerwanie ciągłości warstw glin zwałowych. W wyniku pogłębiania się zapadliska powstaje na powierzchni terenu niewielkie (maksymalnie do 100 m średnicy) zagłębienie o regularnie okrągłym lub owalnym kształcie, stromych zboczach i płaskim dnie. Dno nadal jest przepuszczalne, a woda gromadzi się w nim tylko okresowo. Etap ten kończy się wraz z wyhamowaniem aktywności procesów krasowych i ustabilizowaniem się położenia skał krasowiejących pod warstwą słaboprzepuszczalną. Stadium 3 charakteryzuje się zwiększoną aktywnością procesów denudacji mechanicznej zboczy świeżo powstałej formy zagłębienia. Zbocza stają się łagodniejsze, a osad z nich zdarty przedostaje się na dno zbiornika i uszczelnia je. Uszczelnienie dna powoduje zbieranie się wody w misie zagłębienia, w efekcie czego powstaje niewielkie jezioro eutroficzne (stadium 4). Brak stałego odpływu ze zbiornika pozwala na wzrost trofii i zarastanie zbiornika aż do powstania i rozwoju torfowiska (stadium 5). Narastające warstwy osadów biogenicznych powodują w końcowym etapie, tj. stadium 6 rozwoju zagłębienia, jego całkowite zarośnięcie. Na miejscu dotychczas funkcjonującego torfowiska pozostaje jedynie niewielka, podmokła zakłębłość.

Na podstawie wyników analiz fizykochemicznych, analizy palinologicznej oraz analiz paleozoologicznych możliwe jest określenie przypuszczalnych granic pomiędzy poszczególnymi stadiami rozwoju badanych stanowisk. Taki schemat wykonano dla wszystkich trzech badanych stanowisk (rys. 26).



Rys. 26. Zestawienie stadiów rozwojowych zagłębień bezodpływowych krasu zakrytego w odniesieniu do głębokości na jakich występują osady korelowane z tymi stadiami w badanych zagłębieniach.

Aktualnie stanowiska Daleszewice i Gaik-Winiary są w stadium 5. Zbiorniki są niemal całkowicie wypełnione osadami biogenicznymi, ale torfowiska są nadal aktywne. Stanowisko Łykawe Doły mimo wypełnienia misy zbiornika zaledwie w 2/3 głębokości osiągnęło stadium 6 rozwoju i na tę chwilę na jego powierzchni funkcjonuje podmokła łąka. Być może jest to stan przejściowy i gdy poziom wód w zbiorniku się podniesie torfowisko znów stanie się aktywne.

Daleszewice

W osadzie z głębokości 310 – 320 cm można odczytać, że podczas jego odkładania zbiornik Daleszewice był w stadium 3. Osad w ponad 95% składa się z części mineralnych, brak jest szczątków wioślarek i muchówek. Pojawiają się niewielkie ilości pyłku rdestnicy i szczątek zielenic z rodzaju *Pediastrum* i *Botryococcus*, co oznacza, że w tym czasie nie funkcjonowało

jeszcze w zbiorniku stałe jezioro, a jedynie okresowa podmokłość. Osady z tej głębokości pochodzą z okresu młodszego dryasu. Wraz z początkiem holocenu (kiedy akumulowane były utwory zalegające na głębokości 310 cm) zbiornik zaczął wypełniać się wodą, ale w dalszym ciągu aktywne były procesy denudacji. Zbiornik w stadium 4 funkcjonował przez cały okres preborealny oraz borealny starszy (A). Od początku okresu borealnego młodszego (B), czyli depozycji osadów na głębokości 225 cm, aż do współczesności zbiornik wykazuje cechy charakterystyczne dla stadium 5. Znaczna ilość zarodników mchu torfowca w materiale oraz skład gatunkowy wioślarek i muchówek wskazują, że w zbiorniku funkcjonowało torfowisko, ale z okresami przesuszenia. Jest to wyraźne we wszystkich wynikach analiz próbek z głębokości od 140 do 90 cm. Krótkotrwałe epizody przesuszenia zauważalne są w analizach wioślarek i muchówek również w wyżej położonych warstwach.

Łykawe Doły

Osady w stanowisku Łykawe Doły od głębokości 240 do 140 cm wykazują cechy stadium przejściowego między stadium rozwoju zbiornika 3 i 5. Osad w około 90% składa się z części mineralnych, z silnie rozłożonym torfem. W materiale palinologicznym zanotowano obecność zarodników mchu torfowca i niewielkie ilości glonów z rodzaju *Botryococcus* oraz roślin związanych ze środowiskiem wodnym, jak rdestnica, pałka wodna, jeżogłówka czy trzcina pospolita. Wskazuje to na zarastanie zbiornika jeszcze w trakcie intensywnej denudacji jego zboczy z okresowym wzrostem poziomu wody. Cały ten odcinek obejmuje okres subborealny. Wraz z początkiem okresu subatlantyckiego (od 140 do 95 cm) zbiornik zaczął w większym stopniu zarastać. Nadal do zbiornika dostawała się znaczna ilość osadów mineralnych, ale ich ilość stopniowo malała. Zaczął zmniejszać się odczyn osadu związany z rozwojem torfowiska wysokiego. Utwory z głębokości od 95 do 60 cm wskazują, że nastąpił intensywny rozwój torfowiska (stadium 5). Odczyn osadu spada do 4,2 pH. Osad składa się w 95% z materii organicznej. Na diagramie pyłkowym zauważalny jest wzrost udziału mchu torfowca do 10%, najwięcej w całym profilu. Jednocześnie całkowicie zanikają glony *Botryococcus* i rośliny płytkich zbiorników wodnych. Od głębokości 60 cm stopniowo wycofuje się mech torfowiec. Środowisko stało się bardziej suche, a zbiornik stopniowo zaczął przechodzić do stadium 6, mimo niecałkowitego wypełnienia osadami misy zbiornika. Obecnie jest to podmokła łąka, z okresowo podnoszącym się poziomem wody.

Różnica w rozwoju zbiornika Łykawe Doły, w stosunku do ogólnego schematu, tj. pominięcie etapu funkcjonowania jeziora w misie zagłębienia może być spowodowana warunkami środowiska jakie panowały w okresie subborealnym, w którym zbiornik zaczął się

wypełniać osadami biogenicznymi. Okres subborealny był okresem ciepłym i suchym (Latałowa 2003b, Marks 2016) co mogło spowodować dostarczanie ograniczonej ilości wody do zbiornika, wystarczającej do rozwoju torfowiska i szybkie jego zarastanie. Zbiorniki Daleszewice i Gaik-Winiary zaczęły wypełniać się osadami biogenicznymi w znacznie chłodniejszym okresie preborealnym (Latałowa 2003b, Marks 2016) przez co zarastanie bezodpływowego zbiornika wodnego było wolniejsze.

Gaik-Winiary

Zbiornik Gaik Winiary na początku funkcjonowania intensywnie wypełniał się osadami mineralnymi (osady z głębokości od 320 do 315 cm), ale już w tym czasie istniało tu bezodpływowe jezioro, zatem stadium rozwojowe na tym odcinku określono jako przejściowe między 3 i 4. Zbiornik w przejściowym stadium 3/4 funkcjonował od końca młodszego dryasu do początku okresu borealnego starszego (A). Osady złożone od głębokości 225 do 170 cm wskazują, że zbiornik zaczął zarastać. Na tym odcinku akumulowany był mułek czarny z częściami organicznymi o popielności od 20 do 30%. Odczyn osadu stał się kwaśny (spada z 7,5 do 5 pH). Zaniknęły dotąd obecne w osadzie muszle mięczaków oraz spadła gwałtownie zawartość węglanu wapnia. W diagramie pyłkowym zanotowano jedynie pojedyncze zarodniki mchu torfowca oraz niewielkie ilości pyłku roślin wodnych i szczątków glonów z rodzaju *Pediastrum* i *Botryococcus*, które stopniowo zanikają. Zbiornik więc wypełniał się osadami biogenicznymi pochodzenia jeziornego, co wskazuje na stadium 4 rozwoju zbiornika. W próbkach z głębokości 170 – 60 cm gwałtownie wzrosła popielność osadu. Może to być efekt ponownego uaktywnienia się procesów krasowych. Z punktu widzenia schematu rozwojowego zbiornika oznacza to powrót do stadium 2, tj. pogłębiania się zbiornika i później do stadium 3, w którym zbiornik wypełniał się osadami mineralnymi, jednocześnie częściowo/okresowo wypełniony był wodą. Skład gatunkowy Cladocera od głębokości 170 do 110 cm wskazuje, że w zbiorniku funkcjonowało jezioro, ale temperatura i odczyn jego wody były znacznie niższe niż wcześniej. Później (głębokości 110 – 90 cm) mogło dojść do przesuszenia zbiornika, na co wskazuje zupełny brak szczątków Cladocera, a następnie powrót do środowiska jeziornego z wodą o wyższej temperaturze (niż rekonstruowane w próbkach z głębokości 170 – 110 cm). Stan zachowania pyłku w osadzie nie pozwala na wydzielenie granic między okresami atlantyckim, subborealnym i subatlantyckim, które powinny znajdować się na tym odcinku profilu. Zatem, należy przyjąć, że obniżenie się dna zagłębienia i następnie wypełnianie się misy osadami mineralnymi nastąpiło w trudnym do precyzyjnego wskazania czasie w przedziale tych trzech

okresów. Powierzchniowa warstwa osadów od 60 do 0 cm ponownie wskazuje na zajęcie zbiornika przez torfowisko, tym razem z niewielkim udziałem mchu torfowca (stadium 5). Odcinek ten obejmuje w całości okres subatlantycki.

7. Podsumowanie i wnioski

W pracy przeanalizowano przebieg rozwoju bezodpływowych form krasu zakrytego zlokalizowanych na Wyżynie Małopolskiej. Badania prowadzone były trzyetapowo, z wykorzystaniem metod terenowych, laboratoryjnych i kameralnych. Przeprowadzono szereg analiz, których celem było ustalenie znaczenia tych form dla badań paleośrodowiskowych. Analizy pokazały, że zagłębienia bezodpływowe krasu zakrytego mogą stać się dobrym źródłem informacji o paleośrodoisku holocenu i uzupełnić bazę danych paleoekologicznych na obszarze, gdzie niemal brak stanowisk z osadami biogenicznymi późnego vistulianu i holocenu, które nie były związane z działalnością procesów krasowych. Badania paleośrodowiskowe osadów tych form poprzedzone zostały rozpoznaniem litologii ich wypełnień oraz oznaczeniami podstawowych parametrów fizykochemicznych. Pozwoliło to na ocenę przydatności osadów do dalszych analiz, ciągłości ich profili czy zdefiniowania ewentualnych zaburzeń akumulacji osadów. Szczegółowymi badaniami objęto trzy stanowiska, położone w zewnętrznej strefie regionu Wyżyny Małopolskiej, gdzie serie utworów kenozoicznych mają miąższość około 20 m, czyli właściwą dla rozwoju typowych procesów krasu zakrytego. W każdym z trzech stanowisk: Daleszewice, Łykawe Doły i Gaik-Winiary procesy krasowe miały nieco inny przebieg, także charakter osadów wypełniających zbiorniki oraz zapis zmian paleoekologicznych są zróżnicowane, ukazując zarówno regionalne, jak i lokalne zmiany warunków środowiska przyrodniczego schyłku vistulianu i holocenu.

Najważniejsze wnioski, jakie wynikają z przeprowadzonych analiz to:

1. Odmienne przebiegi wypełniania zbiorników, uzależnione od czasu zainicjowania i przebiegu procesów krasowych.

Zagłębienie Daleszewice wypełnione jest osadem biogenicznym, który nie posiada znaczących zaburzeń, ani przerw w akumulacji materiału. Zbiornik ten był stabilny, a sukcesja pyłkowa rozpoczyna się w końcu młodszego dryasu, jest pełna i bez znamion nieciągłości.

Zbiornik Łykawe Doły również był stabilny, bez zaburzeń osadów wypełniających, jednak profil jest krótki, utwory wypełnienia ukazują zmiany środowiskowe w młodszym holocenie.

Ostatni ze zbiorników, czyli Gaik-Winiary, mimo że zaczął wypełniać się osadami biogenicznymi już w młodszym dryasie, a akumulacja kontynuowana była przez kolejne okresy holocenu, był w tym czasie niestabilny. Osad w nim odłożony jest zbyt mocno

zaburzony, aby mógł stać się podstawą do badań paleośrodowiskowych. Zaburzenia te zauważalne są szczególnie w litologii osadu, stanie zachowania materiału palinologicznego oraz we frekwencji i składzie gatunkowym osobników Cladocera.

2. Określenie ciągłości odkładania się materiału w zbiornikach oraz genezy powstałych zaburzeń umożliwiła przede wszystkim analiza pyłkowa, datowania radiowęglowe badanych profili oraz parametry fizykochemiczne osadów. Dzięki nim wykazano, że w zbiorniku Gaik-Winiary doszło do zaburzeń na początku atlantyku, a na przełomie okresu subborealnego i subatlantyckiego ponownie zaczął się odkładać osad biogeniczny. Zaznaczyć należy, że jednoznaczne określenie genezy zaburzeń możliwe jest tylko w przypadku zaburzeń naturalnych, powstałych przed okresem ingerencji człowieka w przebieg rozwoju torfowisk. Wnioskowanie o genezie w młodszym holocenie może być utrudnione, ponieważ cechy zaburzeń powstałych w wyniku naturalnego pogłębienia zbiornika oraz poboru torfu z misy zagłębienia czy skutki melioracji mogą być do siebie podobne.
3. Dla przebiegu rozwoju zagłębień bezodpływowych krasu zakrytego i ewentualnych zaburzeń w odkładaniu się w nich osadów znaczenie ma charakter podłoża geologicznego i ukształtowanie jego powierzchni. Wykonana analiza ukształtowania powierzchni czwartorzędowej i podkenozoicznej wykazała, że dla rozwoju badanych form istotne może być umiejscowienie na obszarze nachylonym, który ułatwia przepływ wód podziemnych i wypłukiwanie skał krasowiejących. Zagłębienia położone w obrębie krasu wapiennego nie wykazały znaczących zaburzeń w akumulacji osadu, natomiast odnotowano je w przypadku zagłębienia położonego na podłożu gipsowym. Aby wnioskować, czy wpływ na to miał tylko rodzaj skał podłoża, należałoby wykonać badania większej ilości zagłębień bezodpływowych na tym obszarze. W przypadku zbiornika Gaik-Winiary znaczenie mogła mieć także litologia warstw czwartorzędowych, które są tutaj nieciągłe, odłożone płatowo. Na badanych obszarach występowania form wapiennego krasu zakrytego pokrywa czwartorzędowa jest ciągła, z dominacją gliny zwałowej, która po powstaniu ubytków w warstwie skał krasowiejących uszczelnia je.
4. Wykonane analizy pokazały, że w przypadku zagłębień o niezaburzonej akumulacji osadów biogenicznych możliwa jest rekonstrukcja zmian szaty roślinnej, a także próba odtworzenia zmian warunków środowiska w holocenie. W zbiorniku Daleszewice spągową warstwę, zdeponowaną w młodszym dryasie stanowią mułki jeziorne, cały pozostały profil budują torfy, akumulowane w holocenie (od okresu preborealnego do współczesności). W stanowisku Łykawe Doły dolna część profilu akumulowana

w okresie subborealnym ma charakter silnie spiaszczonego rozłożonego torfu, zaś górna, złożona w okresie subatlantyckim to torfy o zmiennym stopniu rozkładu.

5. Analiza palinologiczna pozwoliła na wyznaczenie w diagramach pyłkowych badanych stanowisk lokalnych poziomów pyłkowych i przypisanie ich do okresów chronostratygraficznych holocenu i ostatniej fazy młodszego dryasu. Uzyskane wyniki pokazują, że w przypadku stanowisk Daleszewice i Łykawe Doły sukcesja roślinna jest pełna i porównywalna z wynikami analizy pyłkowej zbiorników położonych poza obszarem działalności procesów krasu zakrytego. Znaczące różnice wykazało natomiast stanowisko Gaik-Winiary, którego osady są zaburzone na odcinku od 170 do 60 cm w stopniu uniemożliwiającym wykonanie wiarygodnej analizy pyłkowej, a pozostała część diagramu pyłkowego zawiera stosunkowo nieduży udział pyłku drzew i krzewów innych niż sosna i brzoza, szczególnie w okresie atlantyckim i subatlantyckim. Osady biogeniczne ze stanowisk Daleszewice i Gaik-Winiary sięgają wiekiem końcowej fazy młodszego dryasu, jednak pojawienie się na tym poziomie pyłku drzew i krzewów ciepłolubnych, których obecność w osadzie wiąże się z zanieczyszczeniem go młodszym lub starszym materiałem, uniemożliwiło właściwą rekonstrukcję stanu szaty roślinnej w tym okresie. Podobne zaburzenie w wynikach analizy pyłkowej z okresu młodszego dryasu pojawiło się w przypadku większości zbiorników, z którymi porównywane były badane stanowiska Daleszewice i Gaik-Winiary.
6. Analizy kopalnych wioślarek i muchówek przyczyniły się do poszerzenia interpretacji paleoekologicznych oraz rekonstrukcji warunków siedliskowych dla zbadanych stanowisk, potwierdzając wnioski wynikające z analizy palinologicznej, jak epizod przesuszenia siedliska w okresie atlantyckim w Daleszewicach czy przerwanie akumulacji utworów biogenicznych w stanowisku Gaik-Winiary.
7. Schemat rozwoju zbiorników krasu zakrytego zawierający 6 stadiów przekształceń znajduje dobre odzwierciedlenie tylko w przypadku stanowiska Daleszewice. W dwóch pozostałych w wyniku czynników wynikających z odnowienia się procesów krasowych lub niedostatecznego zasilania zbiornika wodą, niektóre stadia zostały pominięte albo pojawiły się powtórnie.
8. Zbiorniki osadów biogenicznych występujące na obszarach aktywnego krasu zakrytego Wyżyny Małopolskiej mogą być dobrymi obiektami do badań paleośrodowiskowych, ale analizy paleoekologiczne powinny być uzupełniane o dobre rozpoznanie budowy geologicznej i litologii ich wypełnień. Dopiero wielokierunkowe analizy dają możliwość oceny przydatności takich stanowisk do regionalnych rekonstrukcji zmian środowiska.

8. Bibliografia

- Acton A., 1957. Chromosome inversions in natural populations of *Chironomus tentans*. *Journal of Genetics* 55, 61-94.
- Arabas I., 1990. Z historii używania konopi w Polsce. *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 35/2: 329-336.
- Balwierz Z., 1980. Analiza palinologiczna późnoglacialnych i holocentrycznych osadów z torfowiska w Napoleonowie. *Acta Universitatis Lodzianensis, seria II*, 22: 151-157.
- Balwierz Z., Forysiak J., Kittel P., Kloss M., Lamentowicz M., Pawłowski D., Twardy J., Żurek S. 2009. Zapis wpływów antropogenicznych w osadach torfowiska Żabieniec na tle jego rozwoju w holocenie. [W:] Domańska L., Kittel P., Forysiak J. (red.), *Środowisko – Człowiek – Cywilizacja, tom 2. Seria wydawnicza Stowarzyszenia Archeologii Środowiskowej Środowiskowe uwarunkowania lokalizacji osadnictwa*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 329-345.
- Bała K., Dobrowolski R., Rodzik J., 2006. Późnoplejstocentryczna i holocentryczna ewolucja torfowiska Durne Bagno (Polesie Lubelskie). *Przegląd Geologiczny* 54 nr 1: 68–72.
- Beermann W., 1955. Cytologische Analyse eines *Camptochironomus*-Artbastards. *Chromosoma* 7, 198-259.
- Behre K.E., 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* 23(2): 227-245.
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M., 1986. Pollen analysis. [W:] B.E. Berglund (red.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, Chichester: 455-484.
- Bińka K., 2001. Analiza palinologiczna profilu „Białe Ługi 5”. [W:] Żurek S. (red.), *Rezerwat torfowiskowy „Białe Ługi”*. Wydawnictwo Homini, Bydgoszcz: 47-48.
- Brodin Y.W., 1986. The postglacial history of Lake Flarken, southern Sweden, interpreted from subfossil insect remains. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 71, 371-432.
- Brooks S.J., Heiri O., Langdon P.G., 2007. The identification and use of palaeartic chironomidae larvae in palaeoecology. *Quaternary Research Association*.
- Brzozowicz D. 2016a. Stadia rozwoju zapadlisk krasowych w Daleszewicach koło Paradyża. *Prace Studenckiego Koła Naukowego Geografów Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie* 5: 12-16.

- Brzozowicz D. 2016b. Geneza i rozwój małych zagłębień bezodpływowych na północ od Paradyża. Maszynopis pracy magisterskiej. Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki.
- Brzozowicz D., 2021. Bedrock characteristics of selected covered karst sites in the Małopolska Upland. *Acta Geographica Lodziensia* 111: 7-17.
- Brzozowicz D., Forysiak J., 2016. Warunki funkcjonowania i rozwój torfowiska w zagłębieniu krasowym w okolicach Paradyża. *Acta Geographica Lodziensia* 105: 69-79.
- Dobrowolski R. 2006. Glacialna i peryglacialna trans-formacja rzeźby krasowej północnego przed-pola wyżyn lubelsko-wołyńskich (Polska SE, Ukraina NW). Wyd. UMCS Lublin: 1-184.
- Dobrowolski R., Ziólek M., Bałaga K., Melke J., Bogucki A. 2010. Radiocarbon age and geochemistry of the infillings of small closed de-pressions from Western Polesie (Poland SE, Ukraine NW). *Geochronometria* 36: 39-46.
- Dybova-Jachowicz S., Sadowska A., 2003. *Palinologia*. Wydawnictwo Instytutu Botaniki PAN, Kraków.
- Ekrem T.A., 2006. Redescription of *Neozavrelia cuneipennis* (Edwards) comb. nov., with a checklist of *Neozavrelia* species of the world (Diptera: Chironomidae). *Zootaxa* 1153: 1–16-11–16.
- Faegri, K., Iversen J., 1975. *Textbook of pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, Copenhagen.
- Forysiak J., 2012, Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego vistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego, „*Acta Geographica Lodziensia*”, 99: 164.
- Fryer, G. 1968. Evolution and Adaptive Radiation in the Chydoridae (Crustacea: Cladocera): A Study in Comparative Functional Morphology and Ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 254(795): 221–382.
- Głazek J., 1989. Paleokarst of Poland. In: P. Bosák, D. Ford, J. Głazek, I. Horaček (red.) *Paleokarst: A systematic and regional review*. Elsevier, Amsterdam: 77-105.
- Iversen, J., 1944. *Viscum, Hedera and Ilex as climate indicator*. *Geol. Föreningen i Stock. Förhandlingar* 66: 463–483.
- Iversen J., 1964. Retrogressive vegetational succession in the Post-glacial. *Journal of Ecology* 52(Suppl.):59–70.
- Janiec J. 1988. Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Żarnów. PIG, Warszawa.

- Janiec J. 1993. Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Żarnów. PIG, Warszawa: 1-77.
- Jurkiewicz H., 1975 - Budowa geologiczna podłoża mezozoiku centralnej części Niecki Nidziańskiej. Biuletyn Inst. Geol. 283. Z badań geologicznych regionu świętokrzyskiego t. 11, s. 5-100, Warszawa
- Kaziuk H., Nowak B. 1999. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Ostrowy, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kaziuk H., Nowak B. 2014. Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Ostrowy, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kłosowski S., Kłosowski G., 2006. Rośliny wodne i bagienne. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Kobojek S. 2004. Osady zagłębień bezodpływowych na Wyżynie Wieluńskiej. In: A. Kostrzewski (ed.) Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań: 181-195.
- Kobojek S., Nalej M. 2008. Formy krasu reprodukowanego w południowej części Wyżyny Wieluńskiej. *Landform Analysis* 9: 247-250.
- Kondracki J. 1998. Geografia regionalna Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Kulesza P., Pidek I.A., Dobrowolski R., Suchora M., 2008. Późnoglacialna i holocenska ewolucja geosystemu Jeziora Słonego (Pagóry Chełmskie). *Annales UMCS sec. B* 63: 145-165.
- Kupryjanowicz M., Filbrandt-Czaja A., Noryśkiewicz A. M., Noryśkiewicz B., Nalepka D., 2004. Tilia L. – Lime. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 217-224.
- Latałowa M., 1976. Diagram pyłkowy osadów późnoglacialnych i holocenskich z torfowisk w Wolbromiu. *Acta Palaeobotanica* 17, 1:55-80.
- Latałowa M., 1989, Type Region P–h: The Silesia-Cracow Upland, *Acta Palaeobotanica* 29, 2, 45–49.
- Latałowa M., 2003a. Późny Vistulian. [W:] S. Dybowa-Jachowicz, A. Sadowska (red.): *Palinologia*. Wydawnictwo Instytutu Botaniki PAN, Kraków: 224-233.
- Latałowa M., 2003b. Holocen. [W:] S. Dybowa-Jachowicz, A. Sadowska (red.): *Palinologia*. Wydawnictwo Instytutu Botaniki PAN, Kraków: 224-233.

- Latałowa M., Nalepka D., 1987, A study of Late-Glacial and Holocene vegetational history of the Wolbrom area (Silesian-Cracovian Upland), *Acta Palaeobotanica*, 27, 1, 75–115.
- Liszka P., Guzik M., Zembal M. 2000. Mapa hydrogeologiczna Polski, arkusz Ostrowy (809). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Łojek J. 2019. Warunki rozwoju krasowych form wierzbowych w wyżynnej części międzyrzecza Wisły i Bugu w świetle analiz przestrzennych i rekonstrukcji paleośrodowiskowych. Praca doktorska wykonana w Zakładzie Geomorfologii i Paleogeografii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Łyczewska J. 1971. Szczegółowa Mapa geologiczna Polski 1:50 000 arkusz Busko-Zdrój. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Łyczewska J. 1972. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 arkusz Busko-Zdrój. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Mapa hydrograficzna Polski arkusz M-34-27-C. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Marks, L. 2016. Zmiany klimatu w holocenie. *Przegląd Geologiczny* 64/1: 59–65.
- Marks L., Dzierżek J., Janiszewski R., Kaczorowski J., Lindner L., Majecka A., Makos M., Szymanek M., Tołoczko-Pasek A., Woronko B. 2016. Quaternary stratigraphy and palaeogeography of Poland. *Acta Geologica Polonica* 66(3): 403-427.
- Milecka K., Kupryjanowicz M., Makohonienko M., Okuniewska-Nowaczyk I., Nalepka D., 2004a. *Quercus L. – Oak*. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 189-198.
- Milecka K., Makohonienko M., Okuniewska-Nowaczyk I., Nalepka D., 2004b. *Cerealia (Secale cereale L. excluded) – Cereals*. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 263-272.
- Miotk-Szpiganowicz G., Zachowicz J., Ralska-Jasiewiczowa M., Nalepka D., 2004. *Corylus avellana L. – Hazel*, [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 79-88.

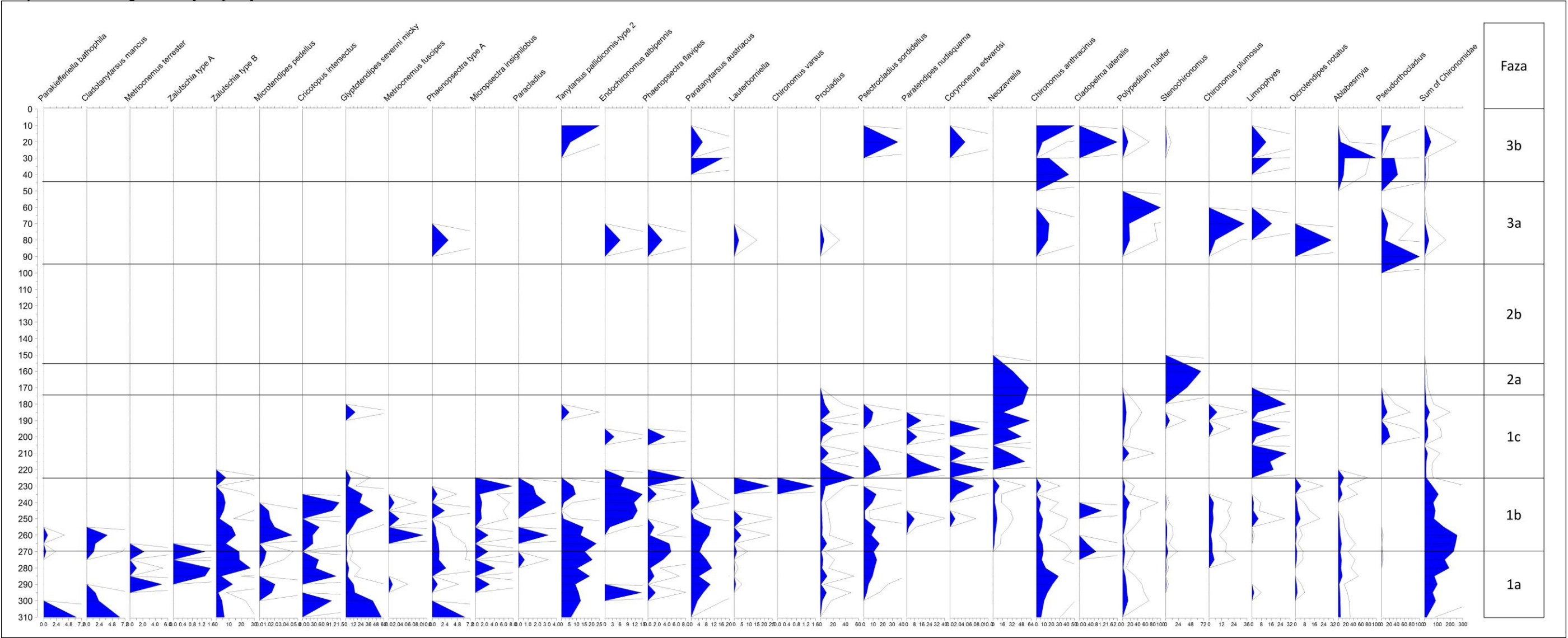
- Miotk-Szpiganowicz G., Niska M. 2008. Ewolucja środowiska w rymie jeziora Jasień w obrazie palinologicznym i zmian fauny Cladocera. *Landform Analysis*, Vol. 7: 102–112.
- Mizerski W., 2020. *Geologia Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Moller Pillot H.K., 2009. Chironomidae larvae of the Netherlands and adjacent lowlands: biology and ecology of the Chironomini. KNNV publishing.
- Myślińska E., 1998 - Laboratoryjne badania gruntów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 1-278.
- Nalepka D., 2004. Sites used for drawing the isopollen maps of Poland. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 31-38.
- Nalepka D., Walanus, A., 2003. Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica*, 43: 125–134.
- Nowak W. A. 1971, Kras reprodukowany wschodniej części Wyżyny Częstochowskiej. *Folia Geographica, Series Geographica Physica*, 5: 65-85.
- Nowak W. A. 1993. Skrasowanie podziemne wapieni i jego odzwierciedlenie w rzeźbie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej w rejonie Częstochowy. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej* 21: 9-157.
- Obidowicz A., Szczepanek K., Madeyska E., Nalepka D., 2004. *Abies alba* Mill. – Fir. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylkowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 31-38.
- Okupny D., Nita M., Kloss M., Alexandrowicz W.P, Fortuniak A., Żurek S., 2016. Próba rekonstrukcji rozwoju zbiornika akumulacji biogenicznej w Bydlinie (Wyżyna Śląsko-Krakowska) (The tentative reconstruction of evolution of the biogenic accumulation reservoir in Bydlin (Silesian-Cracovian Upland). *Acta Geographica Lodziensia* 105: 55-68.
- Pinder L.C.V., 1983. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses. *Chironomidae of the Holarctic Region. Keys and Diagnoses*, 1. Larvae, *Entomol. Scand. Suppl.* 19: 149-294.
- Plewa R., 2012. Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w latach 2012-2016 173.
- Przybyłowicz A., Przybyłowicz Ł., 2015. *Ilustrowana encyklopedia roślin Polski*. Dom Wydawniczy PWN. Wydawnictwo Fenix, Belchatów.
- Pulina M., 1999. Kras, formy i procesy. Wyd. UŚ, Katowice: 1-375.

- Radzikowski J., Krupińska K., Ślusarczyk M. 2018. Different thermal stimuli initiate hatching of *Daphnia* diapausing eggs originating from lakes and temporary waters. *Limnology* 19: 81-88.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Demske D., van Geel B., 1998. Late-Glacial vegetation history recorded in the Lake Gościąż sediments. [W:] Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L. (red.): Lake Gościąż, central Poland. A monographic study. Part 1. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Latałowa M., Wasylińska K., Tobolski K., Madeyska E., Wright H.E. Jr, Turner Ch., 2004a. Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on the isopollen maps. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Miotk-Szpiganowicz G., Zachowicz J., Latałowa M., Nalepka D., 2004b. *Carpinus betulus* L. – Hornbeam. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylińska, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 69-78.
- Rdzany Z. 2009. Rekonstrukcja przebiegu zlodowacenia warty w regionie łódzkim. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Różycki S. 1946. Przyczynki do znajomości krasu Polski. I. Kras opoczyński. *Przegląd Geograficzny*, 20: 107-127.
- Rutkowski J., 1986. Budowa geologiczna Niziny Nidziańskiej. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej* 14: 35–61.
- Rybak I., Błędzki, L.A., 2010. Słodkowodne Skorupiaki Planktonowe. Klucz do oznaczania gatunków. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 369.
- Rybníčková, E., Rybníček K., 1972. Erste Ergebnisse paläogeobotanischer Untersuchungen des Moores bei Vracov, Südmähren. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 7: 285–308.
- Saether O., Sublette J.E., 1983. A review of the Genera *Doithrix* n. gen., *Georthocladus* Strenzke, *Parachaetocladus* Wülker and *Pseudorthocladus* Goetghebuer (Diptera: Chironomidae, Orthoclaadiinae). *Entomologica Scandinavica. Supplementum*.
- Sołtysik R., 2001. Wstępne wyniki analizy palinologicznej z profilu torfowiska Białe Ługi. [W:] Żurek S. (red.), Rezerwat torfowiskowy „Białe Ługi”. Wydawnictwo Homini, Bydgoszcz: 79-80.
- Starkel L., Michczyńska D., Krąpiec M., Margielewski W., Nalepka D., Pazdur A., 2013. Progress in the holocene chrono-climatostratigraphy of polish territory. *Geochronometria* 40(1): 1-21.

- Stupnicka E., 2013. Geologia regionalna Polski. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Szczepanek K., 1961. Późnoglacialna i holocenska historia roślinności Gór Świętokrzyskich, *Acta Paleobotanica*, 2 (2), 1–44.
- Szczepanek K. 1971. Kras staszowski w świetle badań paleobotanicznych. *Acta Paleobotanica* 12(2): 63-140.
- Szczepanek K., 1982. Development of the peatbog at Słopiec and the vegetational history of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts. in the last 10000 years (preliminary results). *Acta Palaeobotanica* 22, 1:117-130.
- Szczepanek K., 1989. Type region P-j: Świętokrzyskie Mts. (Holy Cross Mts.). *Acta Palaeobotanica*, 29(2): 51-55.
- Szczepanek K., 2001. Diagram pyłkowy z profilu 6A z pld.-wsch. części torfowiska Białe Ługi. [W:] Żurek S. (red.), Rezerwat torfowiskowy „Białe Ługi”. Wydawnictwo Homini, Bydgoszcz: 81-84.
- Szczepanek K., Tobolski K., Nalepka D., 2004. *Alnus* Mill. – *Alder*. [W:] M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H. E. Wright, C. Turner (red.): Late glacial and holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków: 47-56.
- Szeroczyńska K., 1985. Cladocera jako wskaźnik ekologiczny w późnoczwartorzędowych osadach jeziornych Polski północnej. *Acta Paleontologica Polonica*, 30, s. 3-69.
- Szeroczyńska K. 2002. Human impact on lakes recorded in the remains of Cladocera (Crustacea). *Quaternary International* 95-96: 165-174.
- Szeroczyńska K., Zawisza E. 2007. Paleolimnologia – historia rozwoju jezior w Polsce w świetle badań fauny wioślarek. *Studia Limnologica et Telmatologica* 51-60.
- Taylor A.H., Miller R., Gray R.D., 2012. New Caledonian crows reason about hidden causal agents. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109: 16389-16391.
- Tobolski K., 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Urban J., Chwalik-Borowiec A., Kasza A., 2015. Warunki rozwoju i wiek krasu w gipsach Niecki Soleckiej. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 462: 125–152.
- Walanus A., Nalepka D. 2005. Wiek rzeczywisty granic chronozon wyznaczonych w latach radiowęglowych. *Botanical Guidebooks* 28: 313–321.

- Walanus A., Nalepka D., 2010, Calibration of Mangerud's Boundaries, *Radiocarbon*, 52/4: 1639-1644.
- Walczowski A. 1964. Zjawiska krasowe południowo-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, sec. B 19, 2: 29-62.
- Wasylikowa K., Mączyńska M., Ralska-Jasiewiczowa M., Tomczyńska Z., Mueller-Bieniek A., 2012. The impact of the Przeworsk culture settlement (200–500 AD) on the vegetation in the Liswarta River basin, south-central Poland: combined pollen and plant macrofossil evidence. *Acta Palaeobotanica* 52(1): 33–58.
- Watson L., Dallwitz M., 2003. British insects: the families of Coleoptera. Version 25: 22-25.
- Whiteside, M.C. 1970. Danish Chydorid Cladocera: Modern ecology and core studies. *Ecol. Monogr.* 40: 79–118.
- Zawiska I., 2021. Wioślarki. W: Red. Aldona Kurzawska, Iwona Sobkowiak-Tabaka, *Mikroprzeszłość Badania specjalistyczne w archeologii*, Wydział Archeologii. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań, 115-128.
- Zieliński A., 2013. *Rozwój jezior krasowych w Niece Połanieckiej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce.
- Żurek S., 1987. Złoża torfowe Polski na tle stref torfowych Europy. *Dokumentacja Geograficzna* 4: 1-84.
- Żurek S., 2001. Rezerwat torfowiskowy „Białe Ługi”. Wydawnictwo Homini, Bydgoszcz.
- Żurek S., Kloss M., 2001. Geneza i wiek torfowiska Białe Ługi. [W:] Żurek S. (red.), *Rezerwat torfowiskowy „Białe Ługi”*. Wydawnictwo Homini, Bydgoszcz: 47-48.

Załącznik 1. Skład gatunkowy kopalnych Chironomidae w stanowisku Daleszewice



Załącznik 2. Skład gatunkowy kopalnych Diptera w stanowisku Daleszewice

