

UNIwersytet PRZYRODniczy w POZnanIU
WYDZIAŁ ROLNICTWA, OGRODNICTWA I BIOINŻYNIERII



OSKAR TYLMAN

Wpływ transformacji materii organicznej na właściwości fizyczne i wodne gleb siedlisk łąkowych.

Influence of organic matter transformation on physical and water properties of meadow habitat soils.

*Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem
dr hab. Piotra Gajewskiego*

*oraz promotora pomocniczego
dr Łukasza Mendyka*

w Katedrze Gleboznawstwa i Mikrobiologii UP w Poznaniu

Poznań 2023

*Składam serdeczne podziękowania mojemu promotorowi,
Panu dr hab. Piotrowi Gajewskiemu, za wiele cennych uwag,
poświęcony czas oraz wszechstronną pomoc,
której udzielał w trakcie realizacji niniejszej pracy.*

*Chciałbym podziękować również mojemu promotorowi pomocniczemu,
Panu dr Łukaszowi Mendykowi, za wiele merytorycznych porad oraz bezcenne wsparcie.*

*Szczególne podziękowania chciałbym złożyć
Panu Prof. UPP dr hab. Zbigniewowi Kaczmarkowi, za kluczowy wkład
w realizację niniejszej pracy, służenie cenną radą i doświadczeniem oraz nieocenioną pomoc.*

Streszczenie

Badania zostały przeprowadzone na wybranych terenach siedlisk łąkowych. Obiekty dobrano tak, aby charakteryzowały się występowaniem na ich obszarze gleb o pochodzeniu hydrogenicznym. Prace terenowe prowadzone były w latach 2016 – 2019 na obszarze czterech obiektów badawczych: dwa zlokalizowane były na obszarach dolin rzecznych: we wsi Kamień Mały na terenie Parku Narodowego Ujście Warty, oraz we wsi Radolin, na odcinku doliny Noteci, objętym programem Natura 2000. Natomiast pozostałe dwa zlokalizowane były na obszarach pojeziornych: jeden z nich w pobliżu ówczasie planowanej odkrywki węgla brunatnego Ościsłowo, a drugi w pobliżu aktualnie działającej odkrywki węgla brunatnego Tomisławice. Celem pracy była ocena wpływu stopnia transformacji materii organicznej na wybrane właściwości fizyczne i wodne gleb wspomnianych siedlisk. Wykonano i opisano 20 profili glebowych w których scharakteryzowano łącznie 73 poziomy genetyczne. Badane gleby w większości reprezentowały rząd gleb organicznych, dwie gleby zaklasyfikowano do rzędu gleb czarnoziemnych. W poziomach genetycznych badanych gleb, wykonano analizy ich właściwości fizycznych, fizykochemicznych, chemicznych, wodnych oraz wybranych wskaźników jakościowych materii organicznej. Powierzchniowe warstwy użytkowanych rolniczo gleb były w różnym stopniu zmurszałe, przy czym warstwy murszu o największej miąższości charakteryzowały się największym stopniem wtórnego przeobrażenia. Poziomy murszowe różniły się od poziomów torfowych zawartością materii organicznej, natomiast nie stwierdzono pomiędzy nimi różnic w obrębie parametrów jakości materii organicznej oraz właściwości fizycznych i wodnych.

Poszczególne poziomy murszowe, podzielone na podgrupy ze względu na różne stopnie wtórnego przeobrażenia, podobnie jak poziomy torfowe, sklasyfikowane na podstawie stopnia rozkładu, w zdecydowanej większości nie wykazywały między sobą różnic w obrębie analizowanych parametrów fizycznych i wodnych. Poziomy mułowe i gytiowe, przy porównywalnej zawartości materii organicznej, różniły się parametrami jej jakości oraz właściwościami fizycznymi. Najsilniejsze korelacje wskaźników jakości materii organicznej z właściwościami fizycznymi i wodnymi stwierdzono w poziomach torfowych.

Słowa kluczowe: gleby organiczne, stopień wtórnego przeobrażenia, transformacja materii organicznej, właściwości fizyczne i wodne.

Abstract

The study was conducted on selected areas of meadow habitats. The objects of research were selected according to the criterion of presence of hydrogenic soils. Field works were carried out in the period 2016-2019 on the areas of four objects of research: two of them were located in the areas of river valleys – in the Kamień Mały village within the Ujście Warty National Park, and in the Radolin village, in the section of Noteć river valley covered by the Natura 2000 programme. The other two were located in lakeland areas – near the Ościsłowo (planned in the past) open-cast lignite mine, and near the currently functioning open-cast lignite mine Tomisławice. The aim of the study was to assess the impact of the degree of transformation of organic matter on selected physical and water properties of soils of the mentioned habitats. The number of 20 soil profiles were made and described, in which a total of 73 genetic horizons were characterized. The examined soils were mostly represented by organic soils, two soils were classified as black soils. In the genetic horizons of the examined soils, analyzes of their physical, physicochemical, chemical and water properties as well as selected qualitative indicators of organic matter were carried out. The surface layers of agriculturally used soils were secondary decomposed to varying degrees, with the thickest murshic layers characterized by the highest degree of secondary transformation. The murshic horizons differed from the peat horizons in the content of organic matter, but no differences were found between them in terms of organic matter qualitative indices and physical and water properties. Individual murshic horizons, divided into subgroups due to different degrees of secondary transformation, similarly to peat horizons, classified on the basis of the degree of decomposition, in the vast majority did not show any differences in the analyzed physical and water parameters. The mud and gyttium horizons, with comparable content of organic matter, differed in terms of its qualitative indices and physical properties. The strongest correlations of organic matter qualitative indices with physical and water properties were found in peat horizons.

Keywords: organic soils, degree of secondary transformation, transformation of organic matter, physical and water properties.

Spis treści

1. Wstęp i cel pracy	8
2. Przegląd literatury	10
2.1. Definicja i klasyfikacja utworów hydrogenicznych	10
2.2. Geneza i podział utworów hydrogenicznych.....	11
2.2.1. Zasady określania rodzajów hydrogenicznych utworów glebowych	11
2.2.2. Torfy	11
2.2.3. Muły	12
2.2.4. Gytie.....	13
2.2.5. Utwory torfiaste	13
2.2.6. Namuły.....	14
2.2.7. Mursze, utwory murszowate i murszaste	14
2.3. Przemiany utworów organicznych	14
2.4. Systematyka gleb organicznych i mineralno-organicznych	16
2.4.1. Gleby organiczne (O).....	16
2.4.1.1. Gleby torfowe (OT).....	16
2.4.1.2. Gleby limnowe (OJ)	17
2.4.1.3. Gleby murszowe (OM).....	17
2.4.2. Gleby glejoziemne (G).....	17
2.4.2.1. Gleby gruntowo-glejowe (GG)	18
2.4.2.2. Gleby opadowo-glejowe (GO)	18
2.4.3. Gleby czarnoziemne (C)	18
2.4.3.1. Gleby murszowate (CU).....	19
3. Charakterystyka obszaru badań.....	20
3.1. Położenie fizjograficzne i administracyjne obiektów badań.	21
3.1.1. Obiekt A – Kamień Mały.....	21
3.1.2. Obiekt B - Radolin	22
3.1.3. Obiekt C - Ościsłowo.....	24
3.1.4. Obiekt D - Tomisławice.....	25
3.2. Warunki klimatyczne.....	27
3.2.1. Obiekt A – Kamień Mały.....	28
3.2.2. Obiekt B - Radolin	29
3.2.3. Obiekt C - Ościsłowo.....	29
3.2.4. Obiekt D - Tomisławice.....	29

3.3. Warunki hydrograficzne	31
3.3.1. Obiekt A – Kamień Mały.....	31
3.3.2. Obiekt B - Radolin	32
3.3.3. Obiekt C - Ościsłowo.....	33
3.3.4. Obiekt D - Tomisławice.....	35
4. Metodyka badań.	37
4.1. Prace terenowe.....	37
4.2. Prace laboratoryjne.	38
4.3. Prace kameralne.....	39
5. Wyniki i dyskusja.....	42
5. 1. Morfologia gleb.	42
5.1.1. Obiekt A – Kamień Mały.....	42
5.1.2. Obiekt B – Radolin	44
5.1.3. Obiekt C – Ościsłowo	45
5.1.4. Obiekt D – Tomisławice	47
5. 2. Uziarnienie.....	50
5.2.1. Obiekt A – Kamień Mały.....	50
5.2.2. Obiekt B – Radolin	52
5.2.3. Obiekt C – Ościsłowo	52
5.2.4. Obiekt D – Tomisławice	53
5. 3. Podstawowe właściwości fizyczne.....	55
5. 3. 1. Gęstość właściwa i gęstość objętościowa gleby suchej.....	55
5.3.1.1. Obiekt A – Kamień Mały	55
5.3.1.2. Obiekt B – Radolin.....	57
5.3.1.3. Obiekt C – Ościsłowo	59
5.3.1.4. Obiekt D – Tomisławice.....	61
5. 3. 2. Porowatość całkowita.	64
5.3.2.1. Obiekt A – Kamień Mały	64
5.3.2.2. Obiekt B – Radolin.....	65
5.3.2.3. Obiekt C – Ościsłowo	65
5.3.2.4. Obiekt D – Tomisławice.....	66
5. 4. Właściwości wodne.	68
5.4.1. Obiekt A – Kamień Mały.....	69
5.4.2. Obiekt B – Radolin	72
5.4.3. Obiekt C – Ościsłowo	74

5.4.4. Obiekt D – Tomisławice	77
5.5. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne.	80
5.5.1. Zawartość materii organicznej, węgla organicznego oraz azotu ogólnego.	80
5.5.1.1. Obiekt A – Kamień Mały	81
5.5.1.2. Obiekt B – Radolin.....	83
5.5.1.3. Obiekt C – Ościsłowo	84
5.5.1.4. Obiekt D – Tomisławice.....	87
5.5.2. Odczyn i zawartość węglanów.....	89
5.5.2.1. Obiekt A – Kamień Mały	89
5.5.2.2. Obiekt B – Radolin.....	90
5.5.2.3. Obiekt C – Ościsłowo	91
5.5.2.4. Obiekt D – Tomisławice.....	92
5.6. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej.....	95
5.6.1. Stosunek C:N	96
5.6.1.1. Obiekt A – Kamień Mały	96
5.6.1.2. Obiekt B – Radolin.....	98
5.6.1.3. Obiekt C – Ościsłowo	99
5.6.1.4. Obiekt D – Tomisławice.....	101
5.6.2. Liczba humifikacji oraz stosunek E4:E6.	102
5.6.2.1. Obiekt A – Kamień Mały	103
5.6.2.2. Obiekt B – Radolin.....	104
5.6.2.3. Obiekt C – Ościsłowo	104
5.6.2.4. Obiekt D – Tomisławice.....	105
5.6.3. Potencjalna zwilżalność (MED).	106
5.6.4. Stopień wtórnego przeobrażenia poziomów murszowych – indeks W ₁	107
5.6.5. Stopień rozkładu torfu – zawartość włókna oraz indeks pirofosforanowy.....	110
5. 7. Wpływ stopnia transformacji materii organicznej na wybrane właściwości badanych utworów.....	115
6. Wnioski	126
7. Literatura	127
8. Źródła internetowe	138
9. Spis tabel	139
10. Spis rycin.....	141
11. Załącznik - Morfologia profili glebowych	142

1. Wstęp i cel pracy.

Siedliska hydrogeniczne charakteryzują się wysoką dynamiką zmian, zależną od aktualnie panujących warunków wodnych (Łachacz 2004). Z uwagi na wysoką zasobność w składniki odżywcze, gleby tych siedlisk są wyjątkowo cenne pod kątem wysokiego potencjału produkcyjnego, umożliwiającego uzyskanie dużej biomasy bez dużych nakładów (Kiryluk 1997).

Z powodu okresowych wzrostów poziomu zwierciadła wody gruntowej, które utrudniały zagospodarowanie tych gleb, często stosowano różne zabiegi odwadniające – z jednej strony zwiększające możliwości wykorzystania ich potencjału, ale z drugiej wywierające negatywny wpływ na środowisko, wywołując stopniową decesję tych siedlisk, w skrajnych przypadkach prowadzącą do ich zaniku (Jankowska-Huflejt i in. 2012). Organiczne utwory glebowe są szczególnie podatne na odwodnienie (Okruszko 1977). Według tego autora skutkuje ono zmianami ich właściwości, powstaniem nowych utworów, a zmiany te są tym większe, im wyższa była zawartość materii organicznej w utworze pierwotnym. Problem ten, z uwagi na dynamikę i charakter tych przemian nazywany jest często degradacją (Lamentowicz 2005).

Oprócz mineralizacji, w siedliskach hydrogenicznych równolegle przebiegać może również humifikacja (Okruszko 1977). Nie zawsze i dochodzi do degradacji tych siedlisk – w przypadku kiedy osuszenie ma charakter umiarkowany, możliwy jest równoległy rozkład jak i synteza związków próchnicznych, gdzie ogólny bilans materii organicznej zostaje wyrównany (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2005).

Jak podają wspomniane autorki, proces wtórnego przeobrażenia utworów murszowych w zależności od stopnia jego zaawansowania może w różny sposób wpływać na właściwości fizyczne i wodne.

Obok przeobrażeń wtórnych, niezwykle istotnymi pod kątem kształtowania się właściwości utworów organicznych są również przeobrażenia pierwotne, następujące w momencie przekształcania się deponowanej w siedliskach torfotwórczych roślinnej materii organicznej w utwory torfowe (Drzymulska 2016). Stopień przeobrażenia pierwotnego, zwanym stopniem rozkładu torfu, podobnie jak stopień wtórnego przeobrażenia utworów murszowych, jest bezpośrednio powiązany z właściwościami fizycznymi i wodnymi danego utworu torfowego (Okruszko 1988).

Problematyka związku pierwotnych i wtórnych przekształceń materii organicznej z właściwościami fizycznymi i wodnymi gleb siedlisk łąkowych, pomimo licznych opracowań

naukowych, nadal wymaga jej zgłębienia. Celem pracy była ocena wpływu stopnia transformacji materii organicznej na wybrane właściwości gleb fizyczne i wodne gleb siedlisk łąkowych.

Realizacja niniejszego celu wiązała się z wykonaniem następujących zadań badawczych:

- wytypowanie obiektów badawczych spełniających kryterium występowania siedlisk łąkowych o charakterze hydrogenicznym,
- określenie pozycji systematycznej badanych gleb oraz określenie ich genezy,
- oznaczenie wybranych parametrów jakościowych materii organicznej badanych gleb oraz ich właściwości fizycznych i wodnych,
- dokonanie oceny wpływu stopnia transformacji materii organicznej na właściwości fizyczne i wodne na podstawie analizy statystycznej.

2. Przegląd literatury

2.1. Definicja i klasyfikacja utworów hydrogenicznych

Pod pojęciem utworu glebowego, rozumie się masę glebową o określonym rozkładzie tworzących ją faz. Stosunki ilościowe pomiędzy fazami, skład mineralogiczny i chemiczny fazy stałej oraz – jakość i ilość materii organicznej – kształtują strukturę utworu oraz zachodzące w nim zjawiska fizyczne (Mocek i in. 2022). Hydrogeniczne utwory glebowe, mogą zawierać zarówno komponenty pochodzenia mineralnego, jak również organicznego. Ich wzajemne stosunki ilościowe, charakter – jak na przykład stopień rozkładu materii organicznej, czy skład mineralogiczny osadów mineralnych – kształtują podstawowe właściwości tych utworów i powstających z nich gleb (Ilnicki i Borys 2002). Okruszko (1977) – w przypadku komponentów mineralnych – wymienia m.in. namuły lub osady, takie jak węglan wapnia, natomiast spośród komponentów organicznych autor ten wyszczególnia humus, włókna roślinne, inne pozostałości po nierozłożonych tkankach roślinnych oraz detrytus. Klasyfikacja utworów o hydrogenicznej genezie, ulegała na przestrzeni kilkudziesięciu lat licznym przemianom. Obecny stan wiedzy gleboznawczej pozwala na wyszczególnienie wśród nich dwóch zasadniczych grup tych materiałów: materiałów mineralnych i materiałów organicznych (SgP6 2019).

Według SgP6 (2019) materiały organiczne są to utwory o zawartości $C_{org} \geq 12\%$, gdy materiał jest nasycony wodą przez minimum 30 dni i $\geq 20\%$ jeśli materiał jest nasycony wodą krócej niż 30 dni. Materiały mineralne zawierają natomiast $< 12\% C_{org}$ – jeśli materiał jest nasycony wodą przez minimum 30 dni i $< 20\%$, gdy materiał jest nasycony wodą przez krócej niż 30 dni. W pracy, analizowano wybrane gleby wykształcone z organicznych lub mineralno-organicznych skał macierzystych (za wyjątkiem gleb ściółkowych). Zatem w dalszej części rozdziału skupiono się na tej właśnie grupie osadów.

Ważnymi z glebotwórczego punktu widzenia utworami z grupy materiałów organicznych są torfy, muły, gytie oraz mursze. Torf, muły i gytie powstają w wilgotnych warunkach sprzyjających akumulacji materii organicznej Mursze powstają z wymienionych osadów po ich odwodnieniu – w fazie decesji, która wiąże się z mineralizacją i rozkładem macierzystych materiałów organicznych. Produktem ich dalszej transformacji są utwory mineralno-organiczne – utwory murszowate i murszaste (SgP6 2019). Geneza utworów hydrogenicznych została omówiona w kolejnym rozdziale.

2.2. Geneza i podział utworów hydrogenicznych

2.2.1. Zasady określania rodzajów hydrogenicznych utworów glebowych

Według Okruszki (1977) zasadą podziału utworów hydrogenicznych jest założenie, że utwór glebowy powstaje w określonych warunkach powietrzno-wodnych. Mogą one warunkować akumulację substancji organicznej lub mineralnych namulów. Ilnicki i Borys (2002) podkreślają, że gleby wykształcone z utworów hydrogenicznych, mogą występować zarówno w fazie akumulacji, jak również decesji materii organicznej. Z kolei Żurek (2010) zauważa, że utwory hydrogeniczne powstały lub uległy znaczącym przemianom pod wpływem zmieniających się warunków wodnych, w różnych warunkach geomorfologicznych i hydrologicznych, przez co posiadają odmienną, specyficzną dla nich, strukturę oraz właściwości fizyczne i fizykochemiczne. Wspomniany autor twierdzi, że utwory te z uwagi na zawartość, niekiedy bardzo dobrze zachowanych, szczątków roślinnych, czy nawet zwierzęcych, mogą być źródłem cennych informacji na temat środowiska przyrodniczego i zachodzących w nim zmian. Utwory hydrogeniczne powstające w fazie akumulacji gleb określa się jako inicjalne i są to: torfy, muły, gytie, namuły, utwory torfiaste. Natomiast utwory przeobrażone w fazie decesji, jako utwory wtórne i są to mursze, utwory murszowate i murszaste (Okruszko 1977).

2.2.2. Torfy

Utwory te współcześnie powstają w wyniku stopniowej akumulacji obumarłych szczątków organicznych pochodzenia roślinnego na obszarach nadmiernie uwilgotnionych oraz w wyniku zarastania jezior. Według klasycznego podziału, wyróżnia się torfy niskie, wysokie i przejściowe (Mocek i in. 2022):

- torfy niskie, powstają pod wpływem płytko występujących wód gruntowych oraz w miejscach dopływu i gromadzenia się wód powierzchniowych. Powstają zazwyczaj w dolinach rzecznych, czy jeziornych, przy udziale wód przepływowych. W porównaniu z innymi rodzajami torfów, charakteryzują się wysokim stopniem zamulenia. Roślinnością torfotwórczą w przypadku tych siedlisk są np. turzyce czy olchy. Torfy niskie mają bardziej niż torfy przejściowe i wysokie zwartą strukturę oraz barwę od ciemnobrunatnej do czarnej,
- torfy wysokie, tworzą się przeważnie w zagłębieniach odciętych od przepływu wód gruntowych, zasilane są one wodą opadową. Wśród roślinności torfotwórczej należy przede

wszystkim podkreślić udział takich roślin jak mchy sfagnowe czy welnianka. Charakteryzują się jasną barwą i luźną konsystencją,

— torfy przejściowe powstają w warunkach pośrednich pomiędzy torfowiskami wysokimi i niskimi, przy udziale roślinności torfotwórczej charakterystycznej dla obu tych rodzajów.

Natomiast zgodnie z SgP6 (2019), ze względu na charakter materii organicznej, torfy dzielą się na: torfy fibrowe – materiały torfowe, charakteryzujące się zawartością włókna roślinnego większą, niż 66% objętości materiału, torfy hemowe – w których zawartość włókna wynosi 16–66% objętości materiału, oraz torfy saprowe, w których zawartość włókna roślinnego jest mniejsza, niż 16% objętości materiału.

2.2.3. Muły

Muły tworzą się w warunkach stałego lub okresowego zalewu, na dnie zbiorników wodnych lub na terenach zalewowych. Muły dzielą się na (Roj-Rojewski i Banaszuk 2004):

— muły limnetyczne, powstające w warunkach stałego zalewu. Wypełniają one zazwyczaj płytkie zbiorniki wodne, gdzie panują dogodne warunki do odkładania się gytii oraz rozwoju megaplanktonu. Muł limnetyczny odkłada się dzięki dostarczaniu przez megaplankton tlenowi, w takich warunkach zachodzi intensywna mineralizacja oraz humifikacja szczątków roślinnych,

— muły telmatyczne odkładające się w warunkach zbliżonych do tworzenia się torfów rzecznych na powierzchni tarasów zalewowych. Do procesu mineralizacji i humifikacji przyczyniają się bogate w tlen wody zasilające siedlisko oraz ich głębokie opadanie w sezonie letnim.

Na proces mułotwórczy często nakładają się inne procesy takie jak proces torfotwórczy czy namulanie cząstek mineralnych, co powoduje dużą niejednorodność utworów mułowych. Zdarza się, że procesy geologiczne i glebowe mogą się nawzajem przenikać, co skutkuje powstawaniem utworów warstwowych takich, jak np. utwory mułowo-namułowe czy torfowo-mułowe.

2.2.4. Gytie

Są to utwory powstające w zbiornikach wodnych ze szczątków roślinnych oraz w dużej mierze z masy planktonowej. Odkładająca się materia organiczna przetwarzana jest przez faunę bentosu, co nadaje jej specyficzne dla gytii właściwości oraz drobnogruzękową strukturę. Dodatkowo na proces gytiotwórczy może nałożyć się strącanie się lub sedymentacja substancji mineralnych. Substancja mineralna to przede wszystkim węglan wapnia oraz frakcje ilaste. Substancje te wzbogacają organiczną masę, tworząc różnego rodzaju osady jeziorne. W zależności od proporcji poszczególnych komponentów wyróżnia się gytie organiczne, mieszane i mineralne. Spośród utworów gytiovych wydziela się również jednorodne utwory mineralne takie jak wapno łąkowe, czy ił jeziorowy (Okruszko 1977). Inny podział gytii proponuje SgP6 (2019), która wyróżnia: gytie organiczną – zawiera ona $\geq 12\%$ Corg. i $< 20\%$ CaCO_3 i gytie węglanową zawierającą $\geq 12\%$ Corg. i $\geq 20\%$ CaCO_3 .

2.2.5. Utwory torfiaste

Siedliska torfiaste określane są jako podmokłe, o wysokim poziomie wody gruntowej, która determinuje znaczne uwilgotnienie wierzchnich warstw gleby i niepełny rozkład akumulowanej materii organicznej. W takich warunkach bilans materii organicznej jest nieznacznie dodatni (Okruszko 1977). Wspomniany autor określa takie siedliska jako podmokliska – tereny zabagniające się, ale nie tworzące torfowisk. Według tego autora akumulacja materii organicznej jest niewielka i wiąże się z procesem darniowym – w zbiorowiskach łąkowych lub butwinowym w zbiorowiskach leśnych. Substancja organiczna wprowadzona jest w postaci korzeni roślin lub resztek nadziemnych, przemieszczanych na skutek działalności fauny glebowej oraz wmywania substancji humusowych przez wodę. Substancja ta przemieszana z macierzystym utworem mineralnym tworzy utwór torfiasty. Jest to utwór mineralno-organiczny złożony z substancji organicznej, zmieszanej z macierzystym utworem mineralnym (substancja organiczna stanowi do 20% ciężaru gleby), a jego miąższość nie przekracza zwykle 30 cm.

2.2.6. Namuły

Do namułów zalicza się utwory allochtoniczne, przyniesione z innego terenu i następnie osadzone. Są to przeważnie utwory mineralne. Namuły naniesione przez rzeki określane są jako aluwia, a pochodzące ze spływów powierzchniowych, jako deluwia. Według Okruszki (1977) akumulacja namułów wiąże się z okresowym przesychnaniem siedlisk. W takich warunkach nie przebiegają procesy sprzyjające akumulacji materii organicznej, mogą zachodzić natomiast procesy glejowe i darniowe. Procesy prowadzące do powstawania wymienionych wyżej utworów mogą się nakładać, co prowadzi do powstawania utworów niejednorodnych, złożonych z więcej niż jednego utworu. Przykładami tego typu utworów mogą być np. torfy zamulone czy muły zagytione (Okruszko 1988).

2.2.7. Mursze, utwory murszowate i murszaste

Utwory organiczne w efekcie odwodnienia, zostają poddane ekspozycji na warunki tlenowe. Dotychczasowa akumulacja materii organicznej, zostaje zastąpiona procesami jej przeobrażenia. Kierunek i intensywność tych procesów są zróżnicowane i kształtowane m.in. przez charakter materiału macierzystego i dynamikę odwodnienia (Ilnicki i Banaszuk 2002; Okruszko 1977). W efekcie tych przemian – określanych jako murszenie – powstaje mursz. Podobnym przekształceniom podlegają także utwory mineralno-organiczne, prowadzi to do powstania utworów murszowatych i murszastych (Okruszko 1977).

2.3. Przemiany utworów organicznych

Kluczowym procesem biorącym udział w przemianach utworów organicznych jest ich murszenie. Proces ten jest inicjowany w efekcie zmian warunków wodno-powietrznych siedliska wskutek obniżenia się poziomu wód gruntowych i przzerwania tym samym stanu anaerobiozy (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2005). Murszenie jest zespołem zachodzących z różną dynamiką procesów, mineralizacji oraz humifikacji – proces mineralizacji prowadzi do przekształcenia materii organicznej w proste związki nieorganiczne, skutkuje on stopniowym ubywaniem zawartości materii organicznej w utworze, i z tego tytułu jest postrzegany jako sprzyjający degradacji (Sławiński i in. 2000). Proces humifikacji natomiast, polega na jedynie częściowym rozkładzie materii organicznej przy równocześnie zachodzącej jej wtórnej

resyntezie, czego efektem jest powstawanie humusu glebowego (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2005). Jak podaje Okruszko (1973) obydwie procesy są ściśle powiązane z aktywnością mikroflory i przebiegają przy udziale enzymów. Według autora, w odpowiednich warunkach, kiedy efekt osuszania jest umiarkowany a przemiany materii organicznej przebiegają w sposób zrównoważony pomiędzy rozkładem a tworzeniem się nowych związków próchnicznych, w ogólnym bilansie proces murszenia nie wykazuje wtedy znamion degradacji a jedynie aktywizuje przemiany biochemiczne w glebie (o degradacji można mówić wtedy, gdy mineralizacja zaczyna przeważać nad humifikacją). Matyka-Sarzyńska i Sokołowska (2005) podają, że o degradacji możemy mówić wtedy kiedy następuje znaczne odwodnienie i idąca za tym zdecydowana zmiana stosunków wodno-powietrznych na warunki tlenowe, powodujące intensyfikację rozkładu materii organicznej.

W efekcie procesu murszenia powstaje mursz, a wraz z upływem czasu i spadkiem zawartości węgla organicznego utwory murszowate i murszaste. Wymienione utwory w porównaniu z ich utworami macierzystymi zawierają mniej bitumin, celulozy i ligniny, mursz charakteryzuje się mniejszą niż torf kurczliwością, pojemnością wodną, ściśliwością oraz zdolnością do pęcznienia. Zawiera więcej części popielnych, co pośrednio przekłada się też na większą gęstość objętościową (Okruszko 1973). Obok murszenia, torfy mogą ulegać także innym przekształceniom, o czym donoszą m.in. Biester i in. (2014). Podają oni, że przemiany takie jak, wahania poziomu wód gruntowych, działalność mikroorganizmów, a także małych zwierząt, mogą w synergicznym działaniu skutkować stopniowym rozkładem fragmentów roślin i przekształceniem ich w amorficzną substancję humusową. Do oceny zaawansowania powyższych przemian wprowadzono pojęcie stopnia rozkładu torfu – wyraża ono procentowy stosunek zawartości rozłożonych części organicznych do całkowitej masy torfu (Myślińska 1999). Najczęściej stosowanymi sposobami wyrażenia stopnia rozkładu torfu są dziesięciostopniowa skala von Posta i pięciostopniowa skala Wallgerena (Myślińska 1999). Istnieje również skrócona trzystopniowa: R₁, R₂, R₃ skala wprowadzona przez Okruszkę (1988). Opisane powyżej przekształcenia utworów organicznych przekładają się na wysoką dynamikę zmian ich właściwości, w szczególności dotyczy to gleb torfowych i gytiowych (Kishida i in. 2009). Według danych opublikowanych w 2018 roku na oficjalnej stronie internetowej Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, w latach 1970-2015 ubyło na całym świecie około 35% obszarów podmokłych (źródło internetowe nr. 1). Według Sykuły (2020) podobny kierunek zmian zainicjowany został też w Polsce, gdzie szczególnie intensywne zanikanie siedlisk hydrogenicznych rozpoczęło się w latach 70-tych XX wieku. Według badań autora, opublikowanych w 2020 roku, dotyczących zmian zasięgu gleb organicznych północno-

centralnej Polski, w prawie 70% badanych profili udokumentowano spadek miąższości utworów organicznych. Autor donosi też o postępującym przekształceniu materiałów organicznych w utwory mineralne oraz widocznym zmniejszeniu się zasięgu występowania gleb organicznych w porównaniu z informacjami zawartymi na dostępnych mapach glebowo-rolniczych.

Doniesienia o zanikaniu tych gleb oraz dynamice tego procesu, sugerują, iż w kontekście analizy charakterystyki pokrywy glebowej, nie można opierać się wyłącznie na badaniach z poprzednich lat – duża zmienność właściwości gleb organicznych wymusza wykonywanie cyklicznych badań weryfikujących obecny stan tych utworów (Kaźmierowski 2015).

2.4. Systematyka gleb organicznych i mineralno-organicznych

2.4.1. Gleby organiczne (O)

Jako gleby organiczne, najnowsze wydanie Systematyki gleb Polski (SgP6 2019), definiuje rząd gleb ukształtowanych z materiałów organicznych, które budują cały profil glebowy, lub w przypadku płytkich gleb organicznych na mineralnym podłożu, przynajmniej jego wierzchnią część. Materiał organiczny w tych glebach zaczyna się nie głębiej niż 30 cm od ich powierzchni i w obrębie 60 cm od powierzchni i ma miąższość przynajmniej 30 cm. Za gleby organiczne uznaje się też gleby, w których materiały organiczne stanowią warstwę powierzchniową o miąższości większej, niż 10 cm, która leży bezpośrednio na litej skale lub odłamkach skalnych. W rzędzie gleb organicznych wyróżniono cztery typy: gleby torfowe (OT), gleby limnowe (OL), gleby ściółkowe (OS) oraz gleby murszowe (OM). Spośród wymienionych typów, przedmiotem badań podjętych w pracy były gleby torfowe, gleby limnowe i gleby murszowe.

2.4.1.1. Gleby torfowe (OT)

Gleby torfowe, w stosunku do innych gleb organicznych, zajmują w Polsce największą powierzchnię. Jedną z cech wspólnych dla wszystkich gleb torfowych jest obecność poziomu histik (gr. *histos* – tkanina), którego miąższość wynosi przynajmniej 30 cm, a rozpoczyna się on od powierzchni gleby lub pod utworami powierzchniowymi, których miąższość nie przekracza 30 cm. Histik jest poziomem powierzchniowym, który składa się z materiału organicznego o zawartości węgla organicznego większej lub równej 12%, nagromadzonego

w warunkach słabej aeracji. W glebach torfowych obecne mogą być zarówno nierozłożone szczątki roślinne, jak również substancje humusowe. Ich wzajemne proporcje determinują podział tworzącego je torfu na torf fibric, hemic i sapric. Szczegółowe kryteria ich wyróżnienia przedstawiono w rozdziale 4.3. Miąższość wymienionych wyżej rodzajów torfu w glebach torfowych, jest kluczowym kryterium wydzielenia podtypów tych gleb.

2.4.1.2. Gleby limnowe (OJ)

Powstają z materiałów limnicznych, czyli utworów organicznych oraz organiczno-mineralnych powstałych poprzez osadzanie się w wodzie szczątków wodnej flory i fauny, naniesionej allochtonicznej materii organicznej, przeobrażonej przez zwierzęta wodne, jak również strącających się węglanów. Utwory te reprezentowane są przez wspomniane wcześniej gytie, muły oraz wapien łąkowy. Gleby te występują w miejscach osadzania się materiałów limnicznych i podobnie, jak gleby torfowe mogą zostać odwodnione i poddane procesowi murszenia.

2.4.1.3. Gleby murszowe (OM)

Są efektem pedogenicznego przeobrażenia torfów, gytii i mułów w wyniku ich trwałego (naturalnego lub sztucznego) odwodnienia. Kryterium wydzielenia tego typu gleb jest obecność poziomu murszik o miąższości minimum 30 cm. Poziom ten cechuje się pedogeniczną strukturą oraz większym, niż w macierzystym utworze stopniem przeobrażenia materii organicznej. Podstawą podziału tych gleb na poszczególne podtypy jest rodzaj pierwotnego utworu, z którego powstały te gleby, a zalegającego pod warstwą murszu. Inaczej klasyfikowane są gleby namurszowe, w których poziom murszik przykryty jest cienką warstwą utworów mineralnych.

2.4.2. Gleby glejoziemne (G)

Jest to rząd gleb obejmujący gleby organiczno-mineralne, mineralno-organiczne oraz mineralne, które występują w warunkach podmokłości, ale nie posiadających jednocześnie poziomów i cech gleb organicznych, czarnoziemnych, pęczniejących, płwoziemnych i bielicoziemnych (SgP6 2019). Gleby te powstają z materiałów macierzystych o genezie rzecznej, jeziornej, morskiej, glacialnej, eolicznej lub zwietrzelinowej. W obrębie tego rzędu

wyróżnia się dwa typy: gleby gruntowo-glejowe i gleby opadowo-glejowe, w których oglejenie powstaje pod wpływem różnego typu wód.

2.4.2.1. Gleby gruntowo-glejowe (GG)

Typ ten reprezentuje gleby mineralne lub organiczno-mineralne objęte na tyle długotrwałym nacyeniem wodą gruntową, podsiąkową, wysiękową lub stokową, że rozwijają się właściwości gruntowo-glejowe. Właściwości te rozpoczynają się na głębokości do 30 cm od powierzchni gleby tworząc strefę, w której dominują barwy reduktomorficzne, albo – przy zmiennych warunkach oksydoredukcyjnych lub po częściowym obniżeniu zwierciadła wody - strefę, w której wewnątrz agregatów lub dominująca część masy glebowej ma barwy reduktomorficzne, a rdzawe plamki/otoczki występują przy powierzchniach agregatów i wokół kanałów pokorzeniowych.

2.4.2.2. Gleby opadowo-glejowe (GO)

Są to gleby, które cechują się okresowym, ale długotrwałym nasyeniem górnej i środkowej części profilu wodą opadową, roztopową lub stokową, która nasycza przede wszystkim przestrzenie międzyagregatowe i zewnątrz strefy agregatów glebowych, wytwarzających w nich warunki redukcyjne, podczas gdy we wnętrzach agregatów utrzymują się warunki oksydacyjne. Właściwości opadowo-glejowe zaczynają się maksymalnie od 25 cm głębokości i obejmują $\geq 50\%$ powierzchni warstwy. Stagnowaniu wody w glebie sprzyja bardzo drobnoziarniste uziarnienie w całym profilu glebowym, ale najczęściej utrudniony odpływ warunkowany jest obecnością warstwy nieprzepuszczalnej lub słabo przepuszczalnej.

2.4.3. Gleby czarnoziemne (C)

Jest to rząd gleb, które charakteryzują się występowaniem znacznej ilości zhumifikowanej materii organicznej w powierzchniowym poziomie mineralnym lub mineralno-organicznym. Najbardziej typowym sposobem tworzenia się tego poziomu jest akumulacja materii organicznej, której źródłem jest stepowa roślinność trawiasto-bylinowa. Akumulowana jest ona w warunkach dobrego napowietrzenia i dużej aktywności zwierząt ryjących. Gleby te najczęściej zawierają znaczne ilości kationów wapnia i innych kationów zasadowych. Część gleb czarnoziemnych może powstawać wskutek antropogenicznego

osuszania terenów podmokłych lub zbiorników wodnych, głębokiej homogenizacji powierzchniowych osadów organicznych i podścielających osadów mineralnych. Rząd tych gleb był w analizowanej pracy reprezentowany przez typ gleby murszowate.

2.4.3.1. Gleby murszowate (CU)

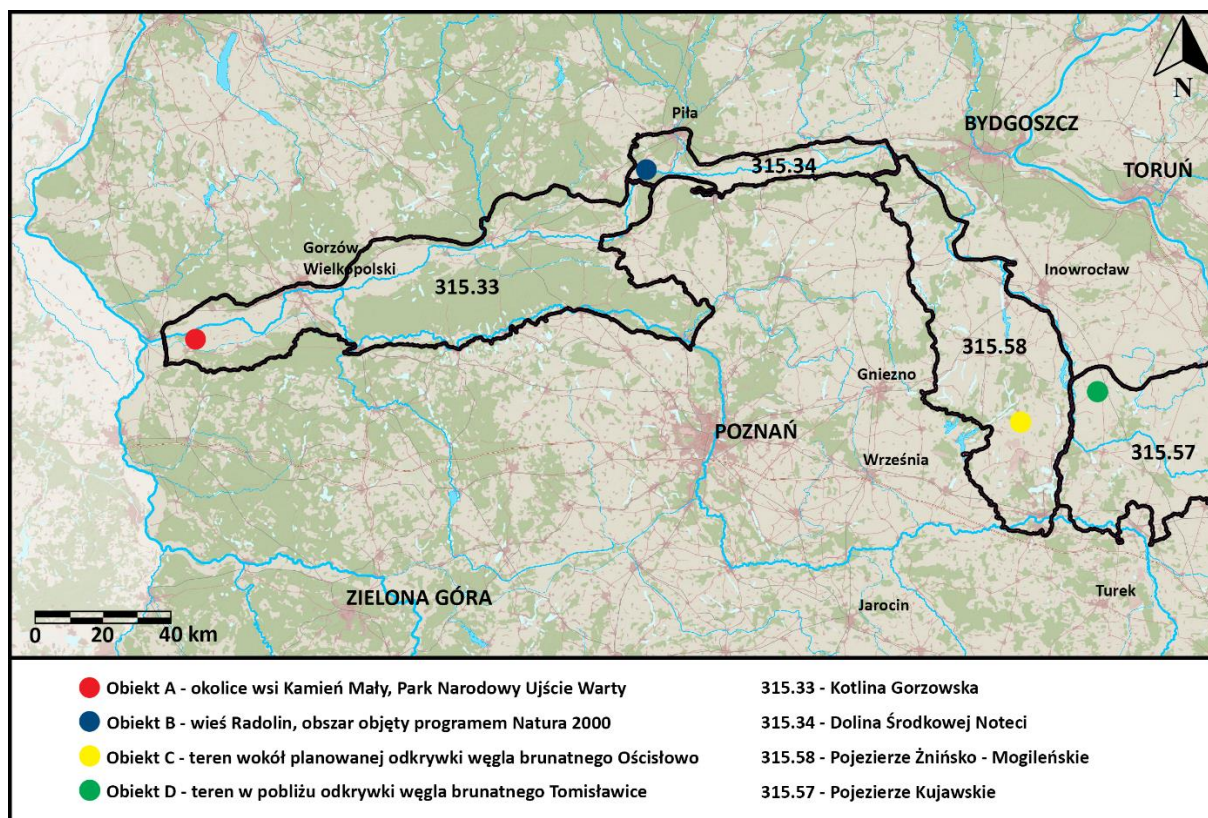
Należą do gleb mineralnych, powstających w wyniku naturalnego lub antropogenicznego odwodnienia płytkich utworów organicznych (torfów lub mułów) lub organiczno-mineralnych. Ważnym czynnikiem ich genezy często jest głęboka orka, prowadząca do wymieszania poziomów powierzchniowych z podścielającym je podłożem mineralnym. Za materiał macierzysty tych gleb SgP6 (2019) uznaje płytkie utwory organiczne i organiczno-mineralne oraz podścielające je podłoże mineralne. Są to np. ubogie we frakcję iłową piaski fluwioglacjalne. Intensyfikacja różnych form antropopresji prowadzi do ciągle wzrastającego areалу tych gleb (SgP6 2019).

3. Charakterystyka obszaru badań

Obszar badań zlokalizowany był w granicach podprowincji Pojezierzy Południowobałtyckich 314-316, na terenie dwóch makroregionów: Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej oraz Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego (Solon i in. 2018). W ujęciu mezoregionalnym, lokalizacja poszczególnych obiektów prezentowała się następująco:

- obiekt A – Kotlina Gorzowska 315.33, łąki na terenie wsi Kamień Mały, Park Narodowy Ujście Warty (ryc. 1),
- obiekt B – Dolina Środkowej Noteci 315.34, łąki na terenie wsi Radolin, obszar objęty programem Natura 2000 (ryc. 1),
- obiekt C – Pojezierze Żnińsko-Mogileńskie 315.58, łąki na terenie wybranych miejscowości położonych w zasięgu szacowanego leja depresji ówczasie planowanej odkrywki węgla brunatnego Ościsłowo (ryc. 1),
- obiekt D – Pojezierze Kujawskie 315.57, łąki na terenie wybranych miejscowości położonych w zasięgu leja depresji aktualnie działającej odkrywki węgla brunatnego Tomisławice (ryc. 1).

Obiekty dobrano tak, aby charakteryzowały się występowaniem na ich obszarze gleb o pochodzeniu hydrogenicznym, które mogą być podatne na degradację odwodnieniową. Na wybranych do analiz obiektach, ma miejsce zróżnicowana pod względem typu i intensywności – odwodnieniowa antropopresja.



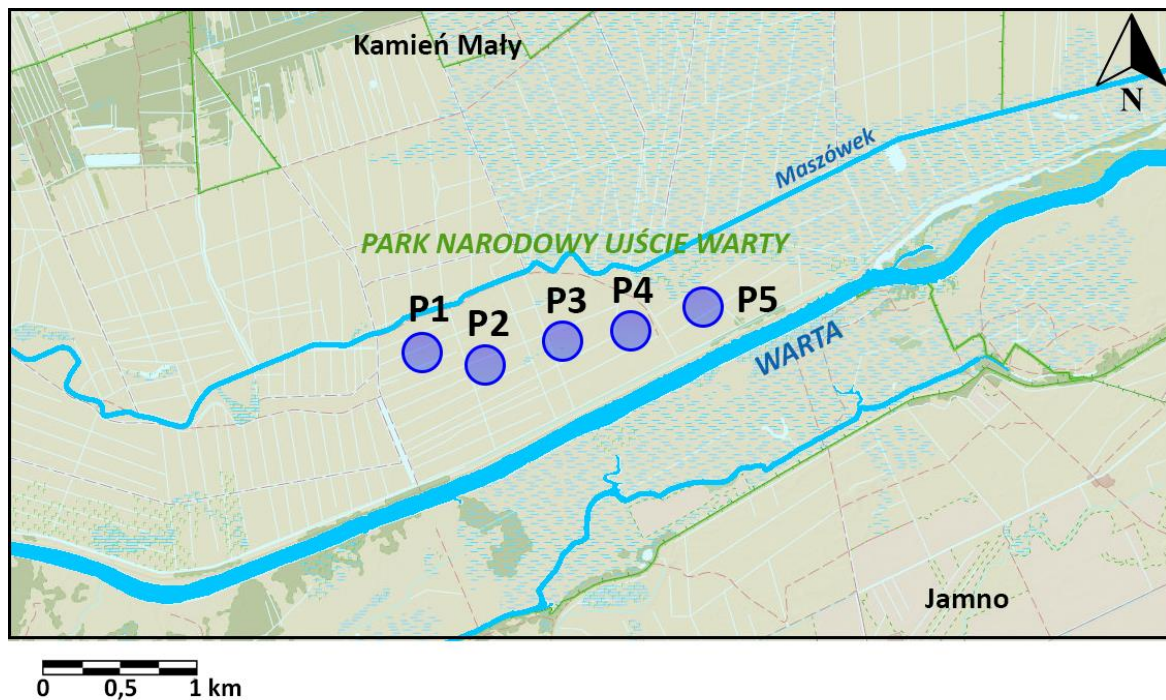
Ryc. 1. Położenie obiektów badawczych wraz z granicami poszczególnych mezoregionów (opracowano na podstawie Richling i in. 2021, oraz źródła internetowego nr. 3).

3.1. Położenie fizjograficzne i administracyjne obiektów badań.

3.1.1. Obiekt A – Kamień Mały

Pod względem administracyjnym obiekt A znajdował się we wsi Kamień Mały, w gminie Witnica, w województwie lubuskim. Obiekt położony był w zachodniej części Kotliny Gorzowskiej 315.33, blisko granicy z Kotliną Freienwaldzką 315.32, na podmokłym zmeliorowanym tarasie zalewowym Łęgów Warciańskich (Richling i in. 2021). Punkty badawcze rozmieszczone były w centralnej części Parku Narodowego Ujście Warty, tworząc transekt równoległy do prawego brzegu Warty, oddalony od niej o około 1km (ryc. 2). Park Narodowy Ujście Warty jest cennym obszarem łąkowym wielu gatunków ptaków (Mikołajczak i in. 2008). Wokół punktów badawczych dominował krajobraz ekstensywnie uprawianych użytków zielonych (łąki kośne). Zaniechanie koszenia tych terenów w latach 1970–1995 doprowadziło do szybkiej sukcesji zarośli wierzbowych i znacznego ograniczenia roślin trawiastych i zielnych. W konsekwencji spowodowało to zmniejszenie liczebności

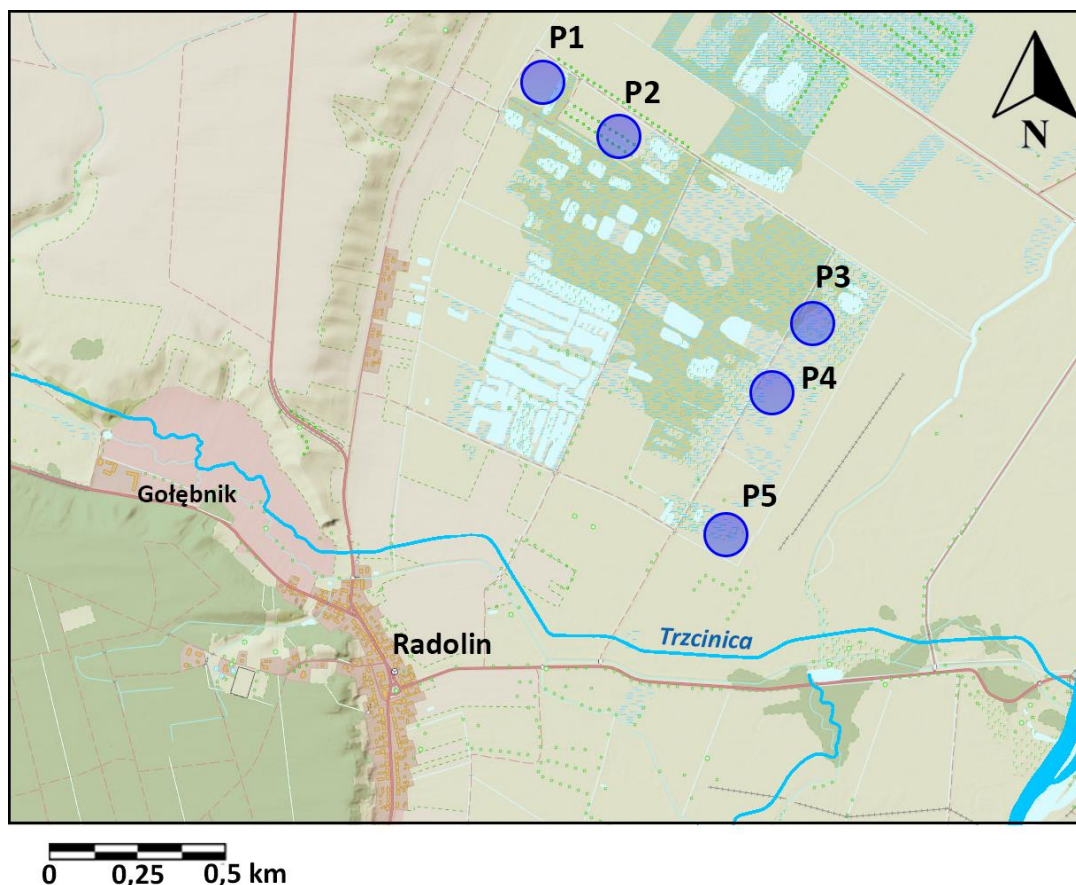
niektórych gatunków gniazdujących tam ptaków. Z tego powodu na terenie Parku Narodowego przywrócono możliwość ekstensywnego użytkowania rolniczego użytków zielonych (koszenie, wypasanie końmi i bydłem) pod ścisłą kontrolą zarządu Parku (Mikołajczak i in. 2008).



Ryc. 2. Lokalizacja punktów badawczych obiektu A (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).

3.1.2. Obiekt B - Radolin

Obiekt B położony był we wsi Radolin, gminie Trzcianka, w województwie wielkopolskim. Według podziału fizjograficznego Polski (Richling i in. 2021) obiekt znajdował się w zachodniej części mezoregionu Doliny Środkowej Noteci (315.34). Punkty badawcze zostały rozmieszczone w północno-wschodniej części Radolina, w zasięgu Nadnoteckich Łęgów, będących obszarem specjalnej ochrony ptaków w ramach programu Natura 2000 (ryc. 3).

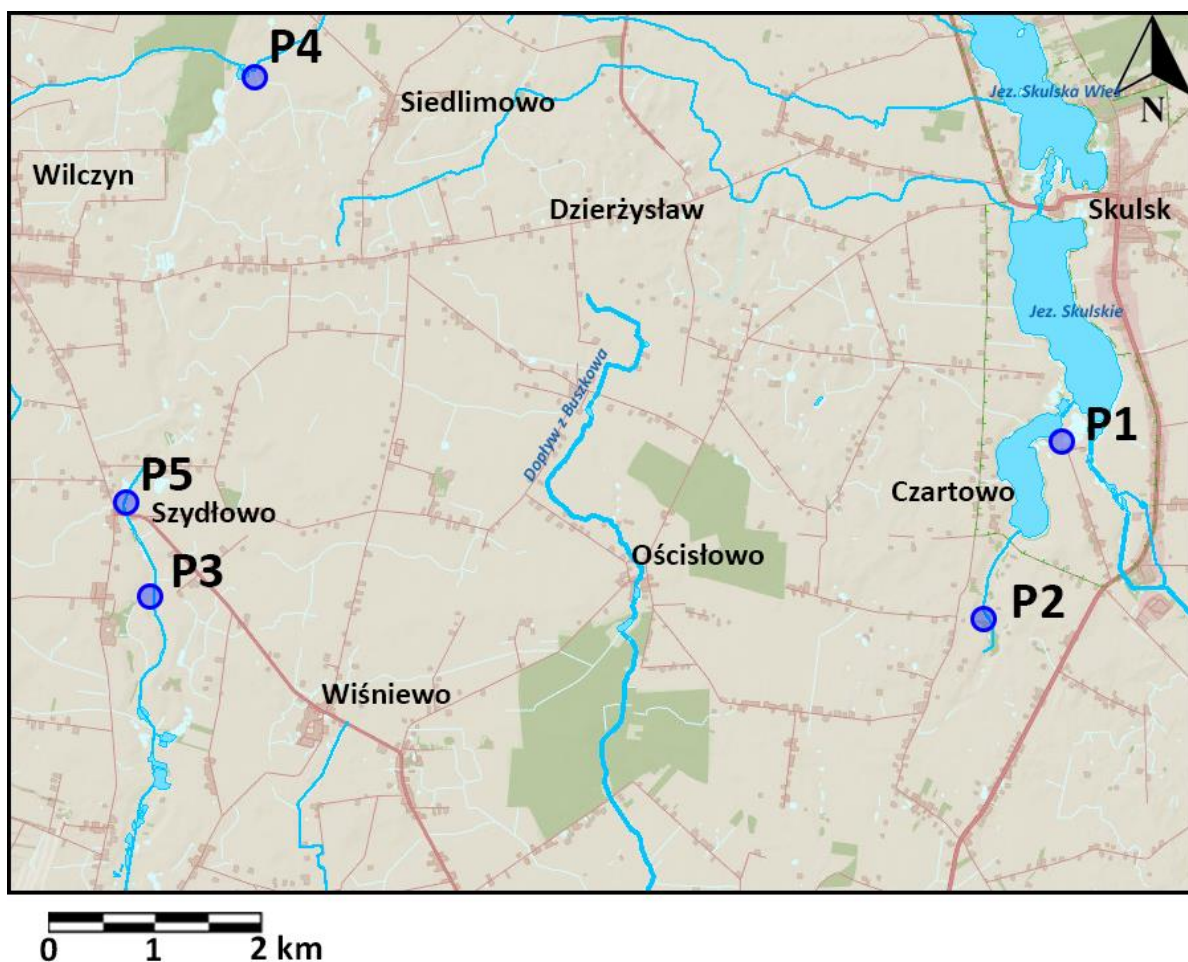


Ryc. 3. Lokalizacja punktów badawczych obiektu B (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).

Dolina Środkowej Noteci rozciąga się równoleżnikowo od miejscowości Nakło po Ujście (około 80 km). Elementem granicznym od północy jest wysokie i strome zbocze osiagające w morenie Dębowej Góry wysokość 197 m n.p.m., w przybliżeniu 140 m nad dnem doliny. Na południu, dno doliny oddziela od wysoczyzny morenowej piaszczysty taras szamociński (Kondracki 1977). Obszar doliny charakteryzuje się bogatym zróżnicowaniem reliefu oraz flory i fauny, co korzystnie przekłada się na walory krajobrazowe (Ratajczak-Szczerba 2011).

3.1.3. Obiekt C - Ościslowo

Punkty badawcze obiektu C (ryc. 4), były położone na obszarze następujących miejscowości: Czartowo – gmina Skulsk, Popielewo – gmina Ślesin, Kopydłowo oraz Siedlimowo – gmina Jeziora Wielkie. Wszystkie miejscowości należą do województwa wielkopolskiego, oraz znajdują się w południowej części mezoregionu Pojezierza Żnińsko-Mogileńskiego (315.58) (Richling i in. 2021).



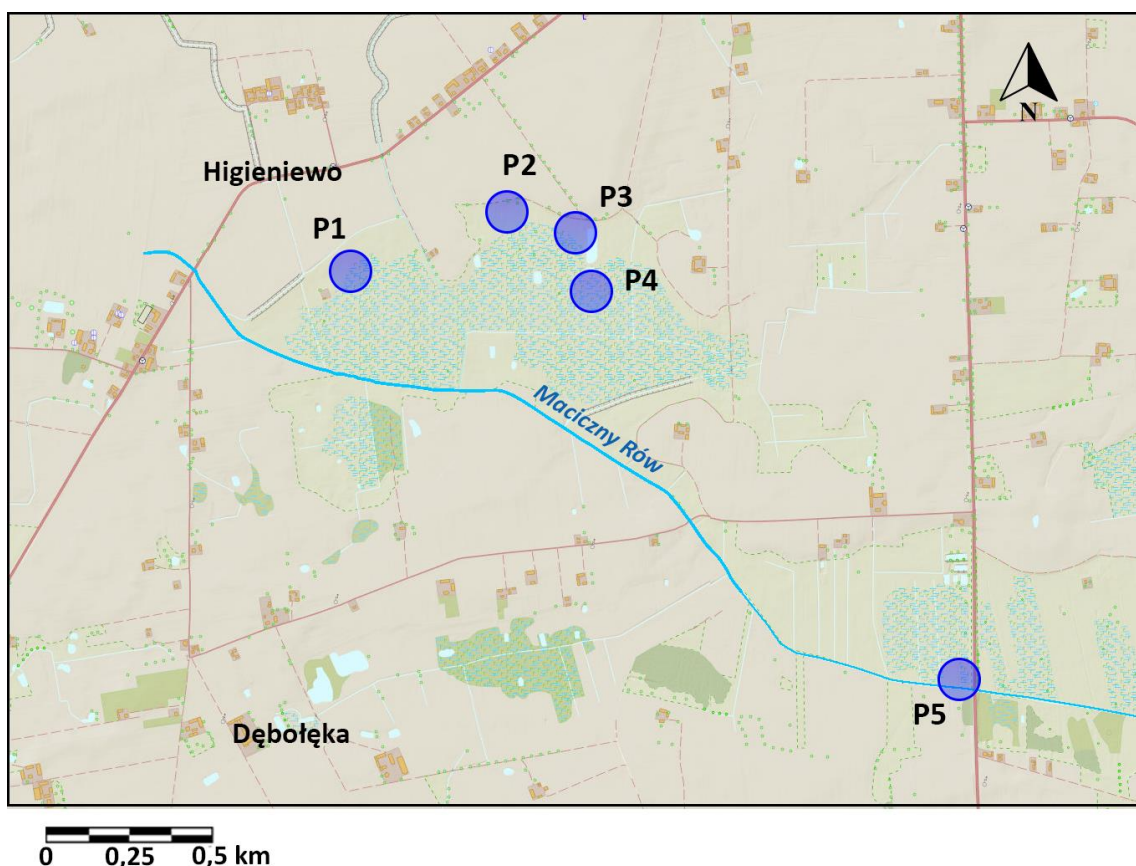
Ryc. 4. Lokalizacja punktów badawczych obiektu C (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3)

Miejsca w których zostały wykonane profile glebowe, znajdowały się w zasięgu przewidywanego leja depresji wyrobiska ówczesnie planowanej odkrywki węgla brunatnego Ościslowo. Punkty Czartowo i Popielewo znajdowały się we wschodniej części obszaru, w pobliżu jeziora Skulskiego, będącego w tej samej rynnie co jezioro Skulska Wieś. Jest to

równoległa boczna rynna na południe od rynny jeziora Gopło, będącego największym jeziorem rynnowym tego pojezierza. Pozostałe dwa punkty ułożone były w zachodniej części obszaru, znajdowały się w zasięgu kolejnej rynny jeziornej, ciągnącej się z północnego wschodu od Strzelna na południowy zachód do Słupcy. W jej obrębie, największym jeziorem jest jezioro Powidzkie, zaś najbliższym do punktów badawczych - jezioro Wilczyńskie (Kondracki 2009).

3.1.4. Obiekt D - Tomisławice

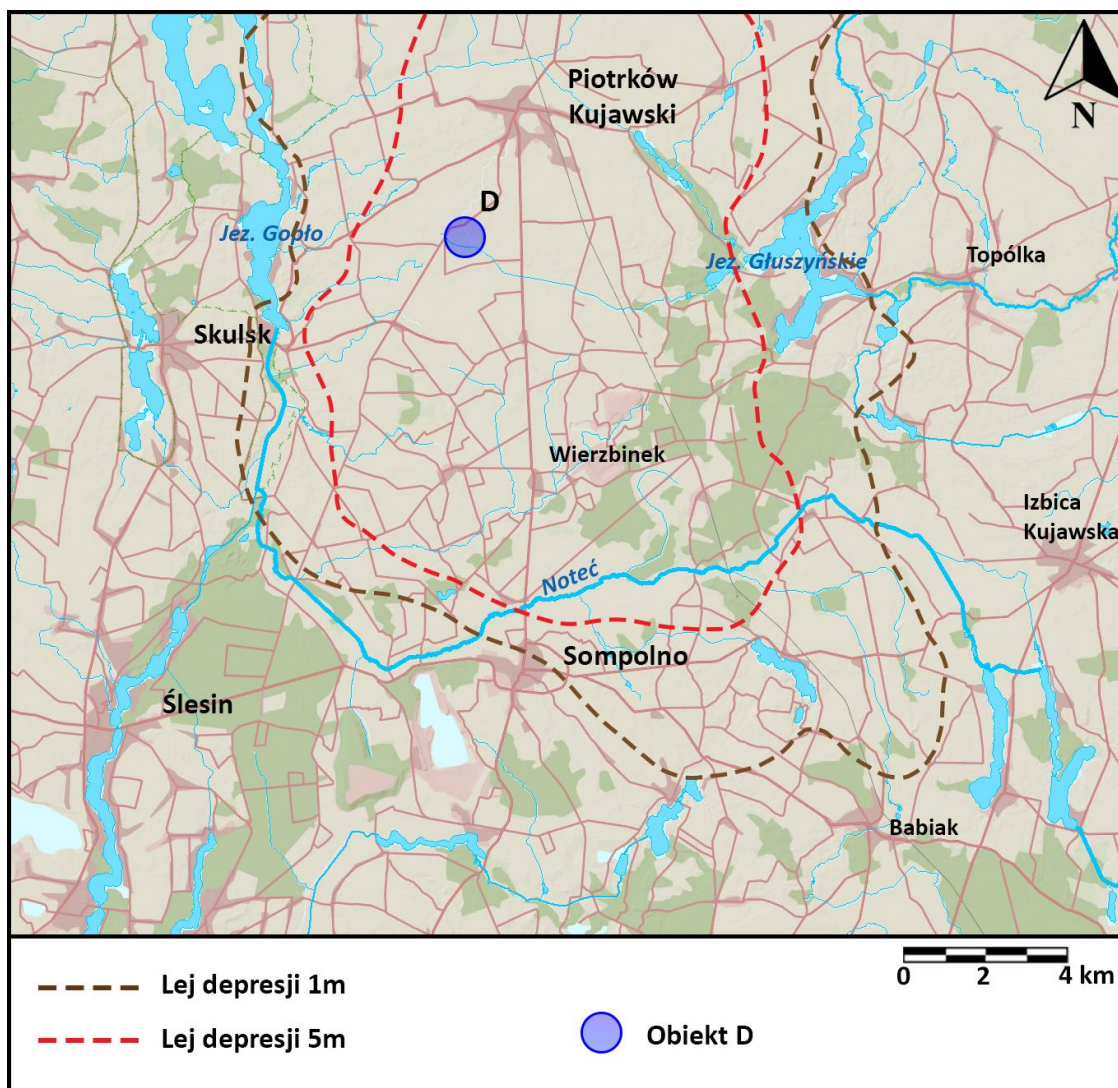
Punkty badawcze obiektu D (ryc. 5) położone były w granicach następujących wsi: Higieniewo, Szewce i Wójcin – należących do gminy Piotrków Kujawski, w województwie kujawsko-pomorskim. Pod kątem regionalizacji fizycznogeograficznej, obiekt D znajdował się w północno-zachodniej części Pojezierza Kujawskiego 315.57 (Richling i in. 2021).



Ryc. 5. Lokalizacja punktów badawczych obiektu D (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).

Obiekt położony był w zasięgu działania leja depresji funkcjonującej od 2011 r. odkrywki Tomisławice (ryc. 6.), która w obecnych granicach znajduje się na terenie gminy Wierzbinek.

Lej depresji został wyznaczony na podstawie monitoringu wód podziemnych (cykliczne pomiary w studniach reperowych oraz w piezometrach), a także stanu jezior w strefie potencjalnego wpływu odwadniania odkrywki. Bariera odwodnieniowa działa od 2009 roku (Przybyłek 2022).



Ryc. 6. Położenie obiektu D względem zasięgu leja depresji odkrywki Tomisławice. (opracowano na podstawie: Przybyłek 2022, oraz źródła internetowego nr. 3).

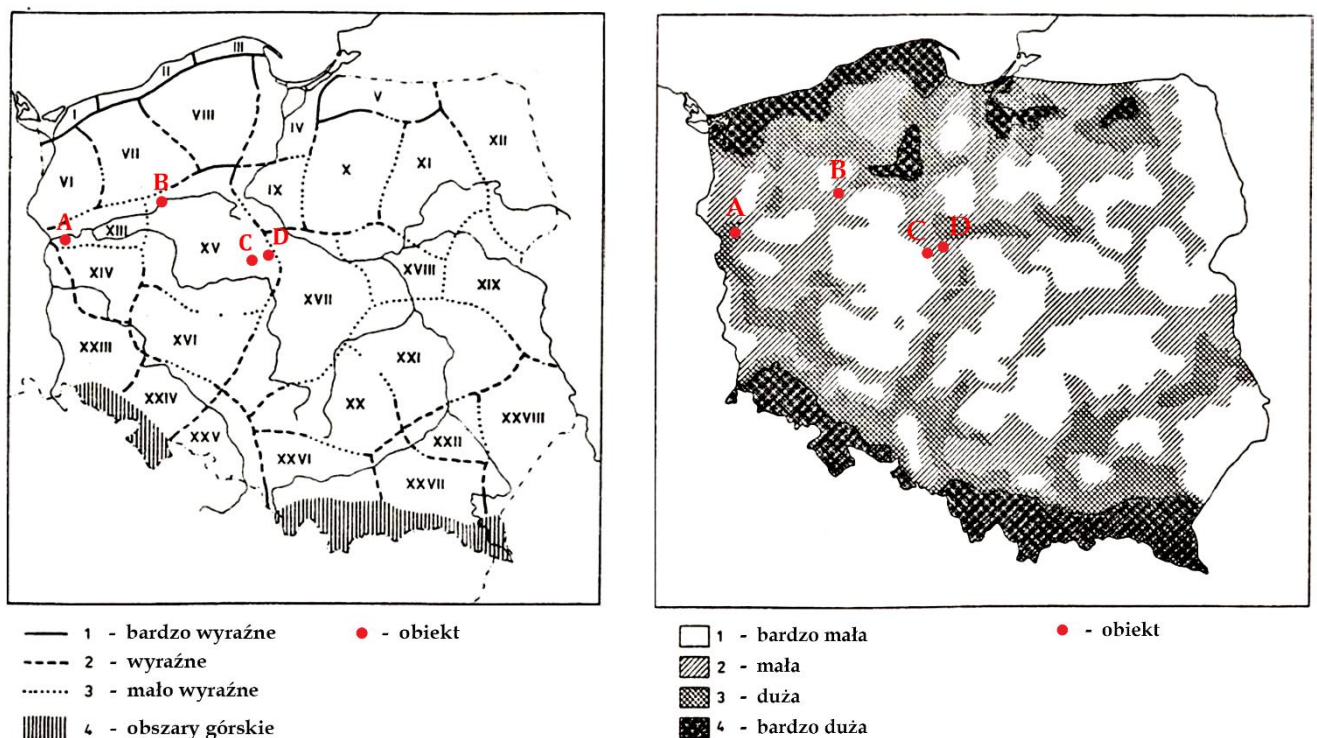
Na obszarze Pojezierza Kujawskiego 315.57, na którym znajduje się obiekt można wyróżnić dwa pasma wzgórz morenowych o kierunku równoleżnikowym oraz rozdzielającą je równinę, którą przepływa Noteć. Najdalej wysunięty na wschód punkt badawczy znajduje się w linii prostej około siedmiu kilometrów od południowej odnogi jeziora Gopło (poblże wsi Połajewo).

3.2. Warunki klimatyczne.

Wszystkie obiekty badawcze, według Mapy Klimatycznej Świata wykonanej zgodnie z klasyfikacją Köppena-Geigera (na podstawie danych meteorologicznych z lat 1951–2000) znajdowały się w strefie klimatu umiarkowanego ciepłego, w pełni wilgotnego z ciepłym latem (Kottek i in. 2006).

Według regionalizacji klimatycznej opracowanej przez Woś (1993), obiekty były rozmieszczone na terenie dwóch regionów klimatycznych, XIII – Dolnej Warty oraz XV–Środkowopolskiego (ryc. 7).

Na podstawie danych meteorologicznych pochodzących z modelu klimatycznego bazującego na danych zebranych pomiędzy 1982 a 2012 r., dokonano zestawień tabelarycznych, średniomiesięcznych oraz średniorocznych temperatur powietrza, jak również średniorocznych sum opadów atmosferycznych dla poszczególnych obiektów badawczych (tab. 1 i tab. 2).



Ryc. 7. Granice regionów klimatycznych oraz rozmieszczenie izogradientów klimatycznych w Polsce, wraz z zaznaczonym położeniem obiektów badawczych (na podstawie Woś 1993).

Tab. 1. Zestawienie średnich temperatur dla każdego miesiąca oraz całego roku dla poszczególnych obiektów badawczych (źródło internetowe nr. 4).

Średnia temperatura (° C)													
OBIEKT	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ŚREDNIA
A	0,2	1,1	4,3	9,8	14,6	17,9	19,9	19,5	15,3	10,3	5,5	2,0	10,0
B	-0,7	0,3	3,5	9,1	14,1	17,4	19,4	19,0	14,7	9,6	4,9	1,3	9,4
C	-1,2	0,0	3,5	9,2	14,3	17,7	19,9	19,5	15,0	9,7	5,1	1,0	9,5
D	-1,4	-0,1	3,4	9,2	14,3	17,6	19,8	19,4	14,9	9,6	5,0	1,0	9,4

Tab. 2. Zestawienie średnich sum opadów dla poszczególnych miesięcy, oraz suma całorocznych opadów dla poszczególnych obiektów badawczych (źródło internetowe nr. 4).

Opady deszczu (mm)													
OBIEKT	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	SUMA
A	53,0	41,0	53,0	42,0	59,0	65,0	83,0	67,0	53,0	47,0	48,0	52,0	663,0
B	51,0	40,0	52,0	40,0	60,0	66,0	93,0	70,0	55,0	47,0	44,0	50,0	668,0
C	44,0	37,0	49,0	40,0	59,0	65,0	89,0	58,0	53,0	43,0	43,0	47,0	627,0
D	44,0	38,0	48,0	41,0	61,0	66,0	89,0	58,0	55,0	44,0	44,0	47,0	635,0

3.2.1. Obiekt A – Kamień Mały

Obiekt znajdował się w zachodniej części regionu XIII – Dolnej Warty (ryc. 7). Specyficzną cechą klimatyczną tego regionu są często występujące dni z pogodą przymrozkową, bardzo chłodną, zazwyczaj z opadem oraz liczne dni z pogodą pochmurną, umiarkowanie ciepłą z dużym zachmurzeniem. Według mapy izogradientów klimatycznych (ryc. 7), obiekt A znajdował się w strefie o dużej zmienności występowania poszczególnych typów pogody (Woś 1993). Roczne wahania temperatury wynosiły 19,7°C, średnia roczna temperatura wynosiła 10°C i była to najwyższa w tej kategorii temperatura spośród wszystkich obiektów. Różnica w opadach deszczu pomiędzy najwilgotniejszym, a najsuchszym miesiącem wynosiła 42mm, według źródła opady na terenie obiektu A są opisywane jako znaczące

i występujące nawet podczas suchych miesięcy, w średniej rocznej sumie 663mm (źródło internetowe nr. 4).

3.2.2. Obiekt B - Radolin

Obiekt B położony był w północno-zachodniej części regionu XV – Środkowopolskiego. Jest to największy region klimatyczny wydzielony na obszarze Polski, charakteryzuje się on dużą liczbą dni z pogodą bardzo ciepłą, pochmurną, bez opadu. Według mapy izogradientów klimatycznych (ryc. 7), obiekt znajdował się w strefie o małej zmienności (Woś 1993). Roczne wahania temperatury na obiekcie wynosiły 20,1°C natomiast średnia roczna temperatura wynosiła 9,4°C. Różnica w opadach deszczu pomiędzy najwilgotniejszym a najsuchszym miesiącem wynosiła 53mm, natomiast średnia roczna ich suma wynosiła 668mm i była najwyższa spośród wszystkich obiektów (źródło internetowe nr. 4).

3.2.3. Obiekt C - Ościsłowo

Obiekt C położony był w południowo-wschodniej części regionu XV – Środkowopolskiego. Tego samego regionu w którym znajduje się obiekt B, i tak samo umiejscowiony względem mapy izogradientów klimatycznych. Roczne wahania temperatury na obiekcie C wynosiły 21,1°C co daje najwyższy wynik spośród wszystkich obiektów, natomiast średnia roczna temperatura wynosiła 9,4°C, (tak samo jak w B). Różnica sumy opadów pomiędzy najwilgotniejszym, a najsuchszym miesiącem wynosiła 51mm, zaś średnia roczna suma opadów wynosiła 635mm (źródło internetowe nr. 4).

3.2.4. Obiekt D - Tomisławice

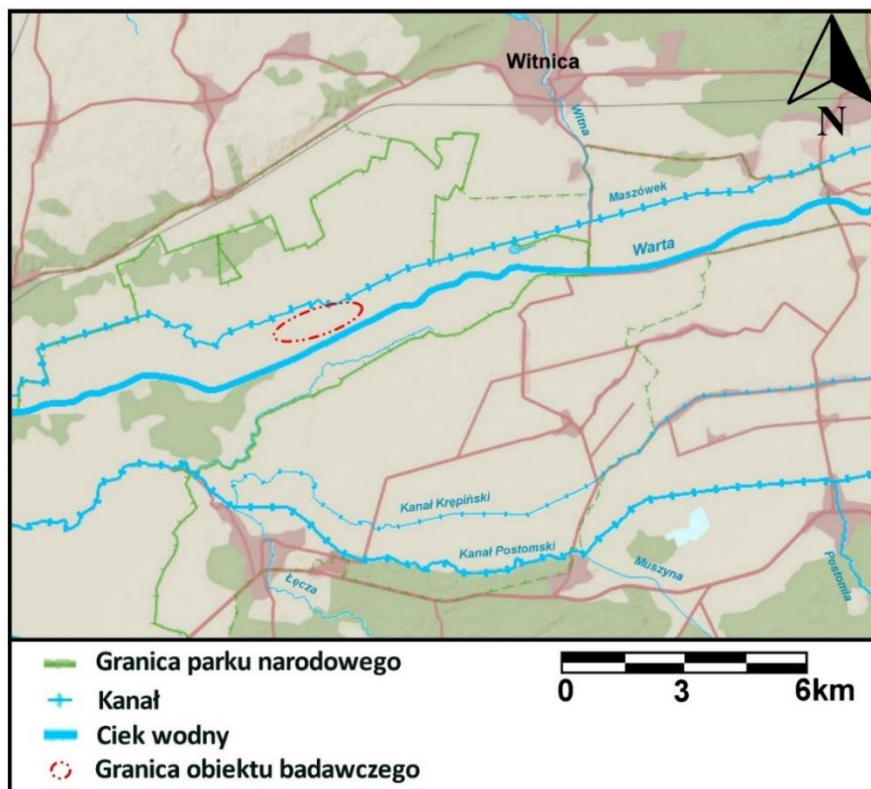
Względem regionalizacji klimatycznej Woś 1993, obiekt D znajdował się w południowo wschodniej części regionu XV – Środkowopolskiego, co przekłada się na podobne warunki klimatyczne jak panujące w obiektach B i C. Roczne wahania temperatury dawały najwyższy wynik na równi z obiektem C (21,1°C), natomiast średnia roczna temperatura była już nieznacznie większa i wynosiła 9,5°C. Na obiekcie D została zanotowana najniższa spośród wszystkich obiektów średniomiesięczna temperatura w ciągu roku i wynosiła

ona $-1,4^{\circ}\text{C}$ (w styczniu). Różnica w opadach pomiędzy najsuchszym a najwilgotniejszym miesiącem wynosiła 52mm, natomiast średnia roczna suma opadów wynosiła 627mm i była najniższa spośród badanych obiektów (źródło internetowe nr. 4).

3.3. Warunki hydrograficzne

3.3.1. Obiekt A – Kamień Mały

Układ wód powierzchniowych na terenie Parku Narodowego Ujście Warty jest od XVIII wieku silnie powiązany z antropopresją. W latach 1767–1785 nastąpiła regulacja Warty obejmująca m.in. osuszenie pobliskich łągów, budowę nowego koryta oraz budowę wału na odcinku od Gorzowa Wielkopolskiego do Kostrzyna, ponadto wybudowano wiele mniejszych kanałów i rowów melioracyjnych. Działania te poskutkowały zubożeniem sieci hydrograficznej, wiele odnóg Warty wyschło lub zmieniło się w starorzecza. Głównym celem przedsięwzięcia było umożliwienie rolniczego wykorzystania tamtejszych, wcześniej niedostępnych terenów (Choiński i in. 2012). Obiekt położony był pomiędzy rzeką Wartą a kanałem Maszówek, jej prawym dopływem. W obrębie Parku Narodowego, największym dopływem Warty jest jej lewy dopływ – Kanał Postomski, który lewobrzeżnie zasilany jest m.in. przez Łęczę i Muszynę, a prawobrzeżnie przez Kanał Krępiński (ryc. 8).



Ryc. 8. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu A (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3)

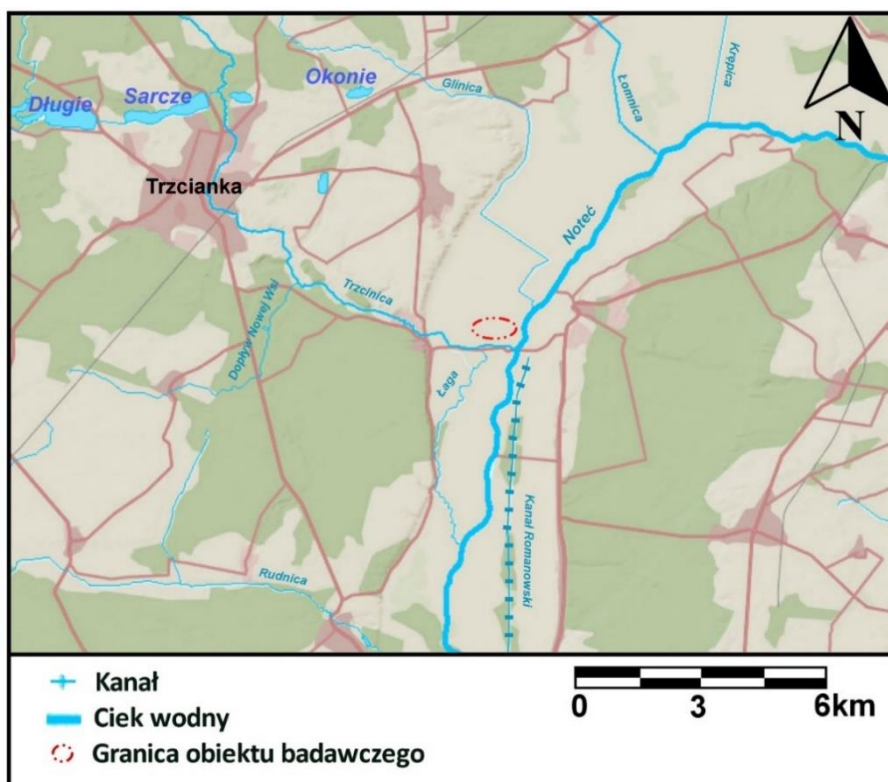
Warta dzieli obszar Parku Narodowego Ujście Warty na część południową, na której znajduje się Kostrzyński Zbiornik Retencyjny oraz północną czyli tzw. Polder Północny (na

którym znajdował się obiekt A). Polder północny posiada rozbudowaną sieć kanałów odwadniających (ryc. 8) Znaczne oddalenie obwałowań na lewym brzegu Warty, sprzyja powstawaniu dużej powierzchni zalewów. Teren parku charakteryzuje się dużą dynamiką zmian zwierciadła wody w krótkich przedziałach czasu (Choiński i in. 2012). Według danych hydrogeologicznych Państwowej Służby Hydrogeologicznej (PSH), Park Narodowy Ujście Warty leży w dorzeczu Odry. Obszar posiada dwa piętra wodonośne, czwartorzędowe oraz neogeńskie. W poziomie przypowierzchniowym głębokość występowania swobodnego zwierciadła warstw wodonośnych waha się w granicach 5–15 m, Oś drenażu wód podziemnych stanowi Warta wraz z dopływami. Do jej doliny, od strony południowej, spływają wody podziemne z poziomów czwartorzędowych oraz neogeńskich z sąsiednich JCWPd. Udział zasilania podziemnego w odpływie całkowitym rzek w obrębie JCWPd wynosi 63% (źródło internetowe nr. 2).

3.3.2. Obiekt B - Radolin

Obiekt B położony był w pobliżu koryta Noteci, pomiędzy dwoma jej prawobrzeżnymi dopływami, Trzcinicą i Glinicą (ryc. 9). Noteć jest główną rzeką regulującą stosunki wodne tego obszaru. Równina zalewowa jest silnie przeobrażona przez prace hydrotechniczne, a jej szerokość waha się od trzech do czterech kilometrów. Na omawianym obszarze istnieje bardzo rozbudowany system rowów melioracyjnych, kanałów oraz obwałowań. Wzdłuż koryta występują liczne starorzecza (Juszczak i in. 2005). W efekcie melioracji odwodnieniowej i niedostatecznej ilości opadów – zwłaszcza w okresie wegetacyjnym na omawianym obszarze występują niedobory wody (Grzelak i in. 2011). Autorzy uważają, że niekorzystny bilans wodny skutkuje degradacją gleb oraz zubożeniem pierwotnej flory.

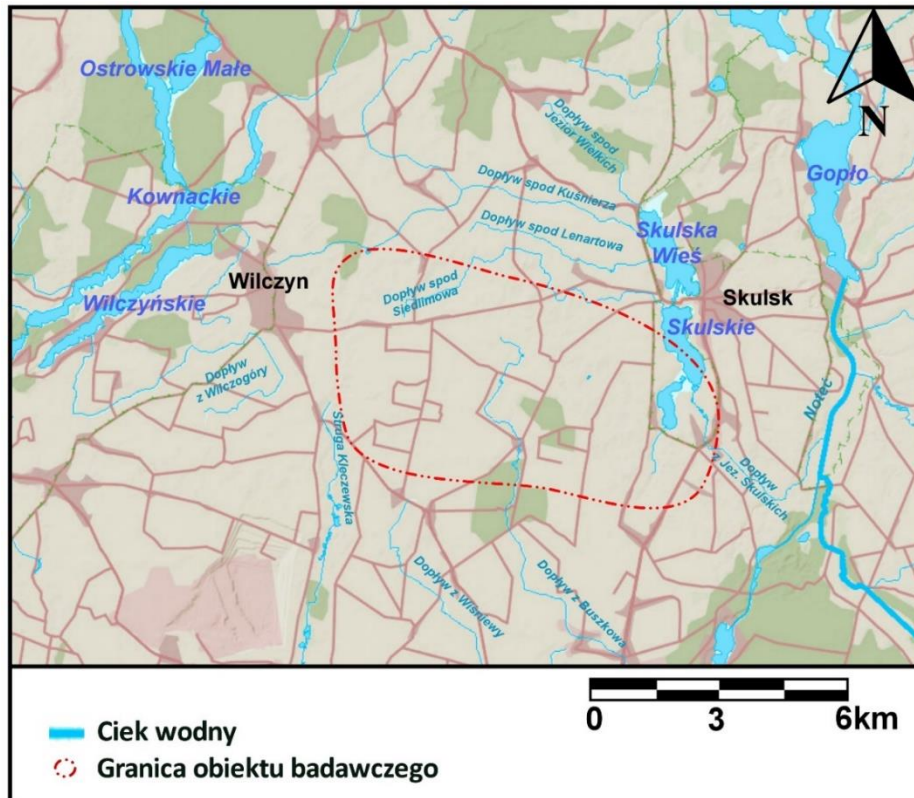
Według PSH obiekt B znajdował się w dorzeczu Odry. Główną zlewnią obszaru jest zlewnia Noteci. Na obszarze wyróżniono dwa piętra wodonośne: czwartorzędowe i neogeńskie oraz lokalnie neogeńsko-jurajskie. W poziomie czwartorzędowym, głębokość zalegania, częściowo napiętego zwierciadła wód gruntowych mieści się w przedziale od 1 do 40 m, W strukturach hydrogeologicznych czwartorzędu tworzących poziom międzyglinowy i gruntowy, obecne są układy lokalne krążenia tj. powiązania układu krążenia z wszystkimi wodami powierzchniowymi. Drenaż poziomów międzyglinowego, podglinowego i neogeńskiego odbywa się do doliny Noteci. Udział zasilania podziemnego w odpływie całkowitym rzek w obrębie JCWPd wynosi 52% (źródło internetowe nr. 2).



Ryc. 9. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu B (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3)

3.3.3. Obiekt C - Ościsłowo

Rejon w którym znajdował się obiekt C cechuje się wysokim wskaźnikiem jeziorności, jeziorami o znacznej głębokości, oraz przewagą udziału warstw wodonośnych piętra czwartorzędowego i neogeńskiego w stosunku do piętra górnej kredy. Ma to zasadniczy wpływ na kształtowanie się lejów depresji i dopływów wód, do położonych na południu od obiektu odkrywek Kopalni Węgla Brunatnego Konin (Przybyłek 2018). Charakterystyczną cechą tego obszaru jest występowanie pogórnich sztucznych zbiorników wodnych. Fragmenty zagłębień wytopiskowych, dolin i den rynien zajmują mokradła i podmokłości (Richling i in. 2021). Złoże węgla brunatnego planowanej odkrywki „Ościsłowo” w pobliżu obiektu, zalega na obszarze zlewni jezior Ślesińskiego i Czartowo, które połączone jest w kierunku północnym z jeziorami Skulskim i Skulska Wieś (Łabuda 2015). Wokół obiektu znajdują się liczne ciek wodne stanowiące dopływy do w/w jezior na wschodzie oraz jeziora Kownackiego, Ostrowskiego Małego i Wilczyńskiego na zachodzie (ryc. 10).

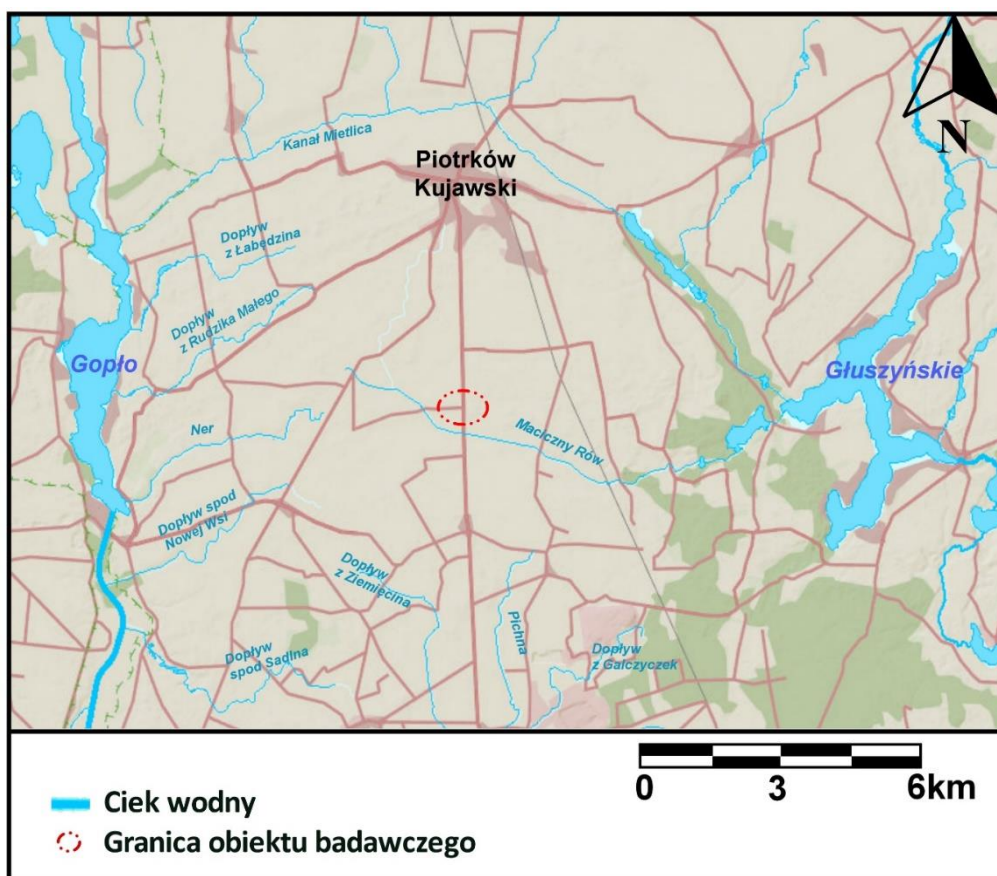


Ryc. 10. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu C (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3)

Według PSH obiekt C znajdował się w tym samym dorzeczu, w którym zlokalizowane były obiekty A i B.. Główną zlewnią w pobliżu obiektu jest zlewnia Noteci. Obszar posiada trzy piętra wodonośne: czwartorzędowe, neogeńskie i kredowe. W najpłytszym z nich – czwartorzędowym, głębokość występowania warstw wodonośnych waha się od 0,1 do 40 m. Zasilanie poziomów wód gruntowych zachodzi głównie przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych. Poziomy wgłębne są natomiast zasilane poprzez przesączanie się wód przez gliny morenowe z nadległych poziomów wodonośnych, bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych przez nadkład glin lub przez okna hydrogeologiczne (źródło internetowe nr 2).

3.3.4. Obiekt D - Tomisławice

Obiekt D położony był pomiędzy dwoma dużymi jeziorami rynnowymi, Gopło (ponad 2 tys. ha powierzchni) na zachodzie oraz jeziorem Głuszyńskim (ponad 600 ha powierzchni) na wschodzie. W pobliżu znajduje się wiele pośrednich i bezpośrednich dopływów do wspomnianych jezior oraz kilka mniejszych zbiorników wodnych połączonych z nimi. Najbliżej położonym ciekim jest Maciczny Rów, stanowiący dopływ do jeziora Czarny Bród, które połączone jest z jeziorem Głuszyńskim (ryc. 11.). W styczniu 2009 roku uruchomiono barierę odwodnieniową odkrywki węgla brunatnego Tomisławice. Wody odprowadzone z odkrywki kierowane są kanałem rzeki Pichny, następnie przez Pichnę do Noteci i finalnie do jeziora Gopło. W 2010 roku w ten sposób zwiększono zasilanie jeziora o 14,5%, co dało około 1,29 mln m³ wody w skali miesiąca (Marszelewski i Skowron 2011).



Ryc. 11. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu D (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3)

Obszar posiada cztery piętra wodonośne: czwartorzędowe, paleogeńsko-neogeńskie, kredowe i jurajskie. Głębokość występowania warstw wodonośnych najpłytszego poziomu – czwartorzędowego waha się od 2 do 40 m, przy częściowo napiętym zwierciadle wody. Główną formą zasilania powierzchniowego są opady atmosferyczne. Najważniejszą bazą drenażu na obszarze JCWPd jest Wisła, wymusza ona na znacznym obszarze przepływ wód podziemnych w kierunku północnym i północno-wschodnim (źródło internetowe nr. 2).

4. Metodyka badań.

4.1. Prace terenowe.

Prace terenowe były prowadzone w latach 2016-2019. W pierwszej kolejności, na podstawie dostępnych materiałów kartograficznych, wytypowano potencjalne stanowiska badawcze, które według założeń miały spełniać warunek zbliżonej genezy oraz różnić się pod względem stopnia antropopresji. Gleby na każdym z obiektów podlegały wstępnej ocenie ich budowy morfologicznej – na podstawie wierceń kontrolnych, oraz analizie organoleptycznej pobranych próbek. Prace te, miały na celu potwierdzić występowanie w danym miejscu gleb zbudowanych z utworów hydrogenicznych. Na podstawie wizji lokalnej oraz analizy dostępnych źródeł, ustalono sposób użytkowania gleb na danych obiektach, oraz oszacowano potencjalny stopień antropopresji. Założono, iż zróżnicowany stopień antropopresji na badanych obiektach, zwiększy szansę na występowanie potrzebnych do analizy porównawczej, różnych stadiów przeobrażenia materii organicznej. Ostatecznie wytypowano cztery obiekty badawcze: obiekt A – Kamień Mały, obiekt B – Radolin, Obiekt C – Ościsłowo i obiekt D – Tomisławice (szczegółowa lokalizacja oraz ogólna charakterystyka poszczególnych obiektów została opisana w rozdziale 3).

Wszystkie obiekty badawcze usytuowane były na obszarze pasa nizin Środkowopolskich, oraz mieściły się w zasięgu stadiału głównego zlodowacenia Wisły (zlodowacenie północnopolskie). Na każdym z obiektów wykonano po pięć odkrywek glebowych. Zostały one opisane zgodnie z Systematyką Gleb Polski (PTG 2019), a w każdej z nich, dokonano metodycznego wydzielenia, oraz opisu istniejących poziomów genetycznych. Opisano takie parametry jak: barwa w stanie wilgotnym (przy pomocy Atlasu barw Munsella, Oyama i in. 1967), struktura, stan uwilgotnienia, rodzaj przejścia między poziomami oraz cechy dodatkowe takie jak np. rozmiar i liczebność widocznych korzeni. Następnie z opisanych poziomów, pobrano próbki o charakterze nienaruszonym – przy użyciu naczynek Nitzscha – $v = 100\text{cm}^3$ (do analiz wymagających zachowania naturalnej struktury gleby), oraz próbki o strukturze naruszonej, do szczelnych woreczków z zapięciem strunowym (w przypadku późniejszych analiz laboratoryjnych dotyczących m.in. jakości materii organicznej, duże znaczenie miało zabezpieczenie próbek przed utratą wilgoci).

4.2. Prace laboratoryjne.

Prace laboratoryjne obejmowały analizę podstawowych właściwości fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych, wodnych, oraz wybranych wskaźników przeobrażenia materii organicznej. Próbkę o strukturze nienaruszonej posłużyły do analizy podstawowych właściwości fizycznych i wodnych. Do analiz fizykochemicznych, chemicznych oraz uziarnienia, korzystano z próbek o strukturze naruszonej, powietrznie suchych, oraz przesianych przez sito o średnicy oczek 2 mm, w celu oddzielenia części szkieletowych. Przy analizie wybranych wskaźników przeobrażenia materii organicznej, wymagane z kolei było użycie próbek świeżych, przechowywanych w odpowiednich warunkach, umożliwiających jak najdłuższe zachowanie naturalnego stanu próbki. Analizy wybranych właściwości dokonano przy wykorzystaniu następujących metod:

Podstawowe właściwości fizyczne:

- gęstość objętościowa gleby suchej – metodą suszarkowo-wagową;
- gęstość właściwa utworów mineralnych – metodą piknometryczną;
- uziarnienie poziomów mineralnych – metodą sitową oraz metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego (PTG 2008).

Właściwości fizykochemiczne i chemiczne:

- straty prażenia – spalanie w piecu muflowym w temp. 550 °C przez 8 h (Myślińska 1998);
- zawartość węgla i azotu ogólnego – przy użyciu aparatu vario MAX CNS;
- pH - potencjometrycznie, w zawiesinie gleby z wodą destylowaną oraz w zawiesinie z chlorkiem potasu o stężeniu 1 mol·dm⁻³, w proporcjach roztwór-gleba wynoszących 1:2,5 dla gleb mineralnych i 1:5 dla gleb organicznych (Mocek i in. 2022);
- zawartość węglanów wapnia – metodą Scheiblera (Myślińska 1998).

Właściwości wodne:

- wilgotność przy określonych potencjałach wiązania wody przez glebę – grawimetrycznie po desorpcji wody w komorach ciśnieniowych Richardsa (Klute 1986);
- maksymalna higroskopijność – grawimetrycznie po wysyceniu w komorze próżniowej (Rzasa i in. 1993).

Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej:

- zawartość włókna przetartego i nieprzetartego – metodą „półstrzykawki” (Lynn i in. 1974);
- barwa wyciągu pirofosforanu sodu – metodą SPEC (Sodium Pyrophosphate Extract Color, Lynn i in. 1974);
- wskaźnik wtórnego przeobrażenia- indeks chłonności wodnej W_1 (Gawlik 2000);
- potencjalna zwilżalność materiału glebowego – metoda MED (Molarity of Ethanol Droplet, Doerr 1998);
- gęstość optyczna glebowej materii organicznej – metodą Springera (Schlichting i in. 1986).

4.3. Prace kameralne.

Po wykonaniu wszystkich wymienionych powyżej analiz, otrzymane wyniki zestawiono w tabelach a na ich podstawie dokonano obliczeń pozostałych właściwości. Z podstawowych właściwości fizycznych obliczono:

- gęstość właściwą utworów organicznych i mineralno-organicznych – przy wykorzystaniu formuły Zawadzkiego (Okruszko 1971);
- porowatość całkowitą – na podstawie oznaczeń gęstości właściwej i objętościowej gleby suchej;
- efektywną (ERU) i potencjalną retencję użyteczną (PRU) – na podstawie oznaczonych pojemności wodnych ($ERU = pF_{2,0} - pF_{3,7}$; $PRU = pF_{2,0} - pF_{4,5}$);

Natomiast obliczonymi wskaźnikami przeobrażenia materii organicznej były:

- zawartość kwasów huminowych, liczba humifikacji (LH), oraz stosunek E4:E6 (Schlichting i in. 1986).

Stopień humifikacji, zwany również liczbą humifikacji (LH), obliczono na podstawie stosunku zawartości kwasów huminowych do zawartości materii organicznej (w poszczególnych próbkach gleby). Zawartość kwasów huminowych odczytano z wykreślonej wcześniej krzywej gęstości optycznej glebowej materii organicznej (odczyt przy 530 nm), natomiast zawartość materii organicznej określono na podstawie wykonanych wcześniej strat prażenia. Do obliczenia LH użyto wzoru:

$$(LH) = \frac{\% \text{ kwasów huminowych w próbce}}{\% \text{ substancji org. w próbce}} \cdot 100$$

Stosunek E4:E6 obliczono na podstawie odczytów z krzywej gęstości optycznej glebowej materii organicznej przy długości fali 472 nm (E₄₇₂) oraz 664 nm (E₆₆₄).

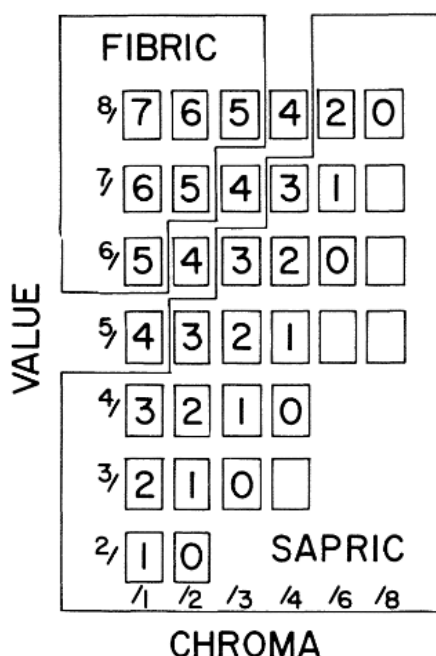
Na podstawie wartości uzyskanych podczas analizy indeksu chłonności wodnej W₁, przyporządkowano poszczególne poziomy murszowe do odpowiadających im klas wtórnego przeobrażenia. Posłużono się przy tym kryteriami przedstawionymi przez Gawlika (2000, Tab. 3).

Tab. 3. Kryteria podziału utworów wtórnie przeobrażonych na poszczególne klasy przy uwzględnieniu stopnia zamulenia (na podstawie Gawlik 2000).

Klasa	Stopień przeobrażenia	Przedział W ₁ przy zawartości popiołu:	
		<50%	≥50%
I	inicjalny	0,36 - 0,45	0,41 - 0,50
II	słaby	0,46 - 0,60	0,51 - 0,65
III	średni	0,61 - 0,75	0,66 - 0,80
IV	silny	0,76 - 0,90	0,91 - 0,95
V	bardzo silny	>0,90	>0,95

Do klasyfikacji utworów torfowych, posłużono się wynikami analizy zawartości włókna wykonanej metodą półstrzykawki (Lynn i in. 1974). Norma zawartości włókna w torfach saprowych, hemowych i fibrowych została zaczerpnięta z Soil survey manual (Soil Science Division Staff 2017), wg. której w torfach saprowych zawartość włókna przetartego wynosi mniej niż 17%, w torfach hemowych pomiędzy 17% a 40%, a w torfach fibrowych od 40% wzwyż.

Dodatkowej klasyfikacji utworów torfowych dokonano porównując poszczególne barwy uzyskanego w analizie SPEC wyciągu, z barwami ze strony 10YR Atlasu barw Munsella (Oyama i in. 1967). Korzystano przy tym ze schematu Lynna i in. (1974) zobrazowanego na rycinie 12.



Ryc. 12. Schemat klasyfikacji poszczególnych utworów torfowych na podstawie barwy wyciągu pirofosforanu sodu w odniesieniu do strony 10YR Atlasu barw Munsella (na podstawie Lynn i in. 1974).

Wyniki wybranych właściwości poddano analizie statystycznej. W jej ramach przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) oraz estymowano najmniejsze istotne różnice (NIR-LDS) na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Współzależność obserwowanych cech oceniono na podstawie współczynników korelacji liniowej Pearsona. Poszczególne współczynniki korelacji testowano na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Wszystkie obliczenia w zakresie analizy statystycznej przeprowadzono przy użyciu pakietu statystycznego Genstat 22.

5. Wyniki i dyskusja.

5. 1. Morfologia gleb.

Charakterystykę morfologiczną badanych gleb (załącznik) opisano na podstawie kryteriów zawartych w Systematyce Gleb Polski (SgP 2019). W zależności od obiektu badawczego, poszczególne profile glebowe charakteryzowały się odmiennym stopniem zróżnicowania budowy morfologicznej. Najmniej zróżnicowaną budową charakteryzowały się profile glebowe wykonane na terenie Kamienia Małego (obiekt A) oraz Radolina (obiekt B). W przypadku obiektu A, były to w większości profile zbudowane po części z utworów torfowych i mułowych, natomiast w przypadku obiektu B – torfowych i murszowych. W obrębie każdego z tych obiektów, poszczególne profile wykazywały duże podobieństwo zarówno w budowie ogólnej, jak i bardziej szczegółowych cechach, takich jak struktura czy wilgotność. Wspólną cechą charakterystyczną było również to, że zarówno gleby z Radolina jak i z Kamienia Małego, wykształciły się w warunkach siedliskowych torfowisk niskich, zajmujących obniżenia terenowe dolin rzecznych.

Więszym zróżnicowaniem niż w obiektach A i B, charakteryzowała się budowa profili glebowych wykonanych na terenach wokół Ościśłowa (obiekt C), oraz w pobliżu odkrywki węgla brunatnego Tomisławice (obiekt D). Profile w pobliżu Ościśłowa, poza paroma wyjątkami, były w większości zbudowane z utworów torfowych o podobnej strukturze. W ich klasyfikacji, decydujące znaczenie miała miąższość zalegających na ich powierzchni warstw murszu. Z kolei w profilach zlokalizowanych blisko Tomisławic, zróżnicowanie było dużo większe, i dotyczyło zarówno różnorodności utworów z których zbudowane były poszczególne poziomy genetyczne, ich układu wewnątrz profili, jak i różnic pomiędzy samymi profilami. Do wspólnych cech pomiędzy obiektami C i D, należała charakterystyka lokalizacji w których zostały wykonane poszczególne profile. Podobnie jak w przypadku obiektów A i B były to obniżenia terenowe o warunkach siedliskowych typowych dla torfowisk niskich, natomiast rodzaj tych obniżeń stanowiły zagłębienia rynnowe oraz wytopiska, typowe dla polodowcowego krajobrazu pojezierzy.

5.1.1. Obiekt A – Kamień Mały

Wierzchnie warstwy profili P1 – P4 zbudowane były z utworów o czarnej – czarnobrunatnej barwie, o jasności i nasyceniu nie przekraczającej 2 według skali Munsella. W większości charakteryzowały się strukturą włóknisto-amorficzną, choć w jednym przypadku stwierdzono również strukturę masywną amorficzną. Rozcierając w dłoni próbkę tych utworów,

można było delikatnie odczuć obecność bardzo drobnych ziaren frakcji mineralnej. Ze względu na wspomniane wyżej cechy, lokalizację w obrębie terasy zalewowej, wysoką zawartość materii organicznej (rozdział 5.3.) oraz stopień rozkładu, zaklasyfikowano te utwory jako muły telmatyczne, opisywane symbolem „L1”. W profilu P1 pod warstwą mułu telmatycznego zalegała 25 cm warstwa utworu pyłowego o czarnej barwie i subangularnej strukturze, którą na podstawie analizy uziarnienia oznaczono jako poziom mineralny (C) pyłu zwykłego, z dopiskiem „gg” z uwagi na rozpoznane właściwości gruntowo-glejowe .

Zarówno w profilu P1 jak i P2 utworem zalegającym najniżej był torf saprowy (Oa), który pod kątem barwy przypominał wierzchnie warstwy mułu telmatycznego, jednak posiadał więcej wyczuwalnego włókna oraz oznaczono w nim ponad dwukrotnie wyższą zawartość materii organicznej (rozdział 5.5.). W profilach P1 i P2 warstwy mułu przekraczały miąższością 50% warstw organicznych do głębokości 100 cm, natomiast warstwa torfu nie była mniejsza niż 30 cm, według Systematyki Gleb Polski (2019) klasyfikowało to oba profile do podtypu gleb mułowych torfowych.

Wierzchnie warstwy profili P3 i P4 składały się z utworów mułowych o takiej samej charakterystyce jak w profilach P1 i P2, różnicę stanowił natomiast utwór zalegający najniżej. W obu przypadkach zaklasyfikowano go jako torf hemowy (Oe), na podstawie zawartości materii organicznej oraz włókna. Charakteryzował się czarną barwą, włóknistą strukturą oraz występował w stanie mokrym. W profilach P3 i P4, proporcje pomiędzy utworami torfowymi a mułowymi do głębokości 100 cm przeważały na korzyść utworów torfowych. Przy jednoczesnym zachowaniu miąższości warstw mułu powyżej 30 cm, w obu przypadkach spowodowało to zaklasyfikowanie tych gleb do podtypu gleb torfowych hemowych mułowych.

Profil P5 w całości zbudowany był z utworów torfowych, które na podstawie zawartości włókna sklasyfikowano jako torfy hemowe. Pierwszy (powierzchniowy) z dwóch oznaczonych poziomów genetycznych charakteryzował się czarnobrunatną barwą oraz włóknisto-amorficzną strukturą, drugi natomiast, o ciemniejszej – czarnej barwie, zawierał mniej wyczuwalnego włókna, był bardziej wilgotny a jego strukturę określono jako masywną amorficzną. Profil P5 został zaklasyfikowany jako gleba torfowa hemowa.

Wyniki analizy materiału glebowego, pobranego przy pomocy wierceń wykonanych przez Gałkę i Denisiuk (2008) w południowej części Kamienia Małego, w dużym stopniu pokrywały się z opisem morfologicznym profilu P5 jak i częściowo pozostałych profili. Autorzy opisywali na badanym obszarze występowanie m.in. wysoko rozłożonych utworów torfowych osiągających miąższość do 110 cm, zalegających na położonych głębiej warstwach

gycji. W pobliżu Parku Narodowego Ujście Warty, gleby torfowo-mułowe o podobnej budowie jak w profilach od P1 do P5 badał w swojej pracy również Malinowski (2008), dokumentując dodatkowo obecność płytkich warstw murszu na powierzchni poziomów mułowych, co miało stanowić charakterystyczną cechę gleb mułowych położonych w wyższych partiach terenów zalewowych parku.

5.1.2. Obiekt B – Radolin

Cechą wspólną dla wszystkich profili (P1 – P5) było występowanie na ich powierzchni poziomów murszowych, o miąższości od 15 do 20 cm, posiadających ziarnistą, średniotrwałą drobną strukturę, charakteryzujących się występowaniem licznych lub średniolicznych drobnych korzonków oraz stopniem wilgotności określanym jako świeży.

W profilu P1, poniżej poziomu murszowego opisano 3 poziomy zbudowane z torfu hemowego, o takiej samej (czarnej) barwie. W sposób naprzemienny, zaczynając od zalegającego najwyżej, charakteryzowały się one strukturą włóknisto-amorficzną, włóknistą, oraz ponownie – włóknisto-amorficzną. Pierwsze dwa z nich, charakteryzowały się stanem wilgotnym oraz obecnością pojedynczych średnich korzeni, natomiast położony najniżej posiadał jedynie stan uwodnienia na wyższym poziomie niż poprzednie, na granicy wilgotnego i mokrego. Ze względu na dominujący w profilu udział torfu hemowego oraz obecność warstwy murszu o miąższości większej niż 10 cm, glebę w profilu P1 zaklasyfikowano do podtypu gleb torfowych hemowych murszowych.

Drugim od powierzchni poziomem genetycznym w profilu P2, była 15 cm warstwa torfu hemowego charakteryzująca się czarnobrunatną barwą, włóknisto-amorficzną strukturą oraz zawartością średniolicznych drobnych korzonków. Poniżej zalegał torf saprowy, o ciemniejszej niż w poprzednim poziomie, czarnej barwie, oraz amorficznej strukturze. Dominacja torfu saprowego (70 cm), oraz 15 cm warstwa murszu na powierzchni, dały podstawy do zaklasyfikowania gleby w profilu P2 jako glebę torfową saprową murszową

Profil P3, podobnie jak profil P1, poniżej poziomu murszowego (20 cm) zbudowany były z torfu o naprzemiennej strukturze. Warstwę podpowierzchniową jak i zalegającą najniżej, stanowił torf hemowy o włóknisto-amorficznej strukturze. Pierwszy charakteryzował się barwą czarnobrunatną i występował w stanie wilgotnym, natomiast ostatni był barwy czarnej i występował w stanie mokrym. Pomiędzy tymi poziomami opisano poziom złożony z torfu fibrowego (Oi). Posiadał on czarnobrunatną barwę, włóknistą strukturę oraz występował

w stanie mokrym. Ponieważ do głębokości 100 cm dominował torf fibrowy, gleba w profilu P3 została zaklasyfikowana się jako gleby torfowa fibrowej murszowej.

W profilu P4 jak i w P5, utwór torfowy zalegający poniżej powierzchniowych poziomów murszowych różnicował się na dwa poziomy. W profilu P4 były to dwa poziomy torfu hemowego o wyrównanej miąższości, gdzie pierwszy z nich charakteryzował się barwą czarnobrunatną, włóknistą strukturą i stanem wilgotnym, natomiast drugi, barwą czarną, strukturą włóknisto-amorficzną i stanem mokrym. W profilu P5, pierwszy z poziomów na podstawie niskiej zawartości włókna został sklasyfikowany jako poziom torfu saprowego, posiadał masywną amorficzną strukturę, odznaczał się czarną barwą i stanem wilgotnym, natomiast drugi poziom, o dużo większej miąższości, charakteryzował się ilością włókna typową dla torfu hemowego, czarno-brunatną barwą, strukturą włóknisto-amorficzną oraz stanem mokrym. Na podstawie wymienionych cech profile P4 i P5 zostały zaklasyfikowane do podtypu gleb torfowych hemowych murszowych.

Podobną jak w powyższych opisach budowę występujących na terenie Radolina gleb torfowo-murszowych, udokumentowali Kaczmarek i in. (2010) w swojej pracy dotyczącej analizy warunków siedliskowych doliny Noteci Bystrej. Opisane przez autorów gleby charakteryzowały się zarówno występowaniem powierzchniowych warstw murszu o miąższości od 32 do 38 cm oraz zalegającymi pod nimi warstwami torfu o różnych stopniach rozkładu. W odcinku Doliny Noteci położonym bliżej Nakła, budowa gleb torfowo-murszowych przedstawiona przez Frąckowiaka i Brandyk (1956) w dalszym ciągu zachowywała podobny jak w Radolinie układ poziomów genetycznych, jednak występowały pewne różnice dotyczące miąższości – poziomy murszowe sięgały na większą głębokość, wynoszącą 45 – 60 cm.

5.1.3. Obiekt C – Ościsłowo

Wierzchnie warstwy profili P1 i P2 zbudowane były z poziomów murszowych o gruzelkowej, trwałej/średniotrwałej, drobnej strukturze. Charakteryzowały się one czarną barwą, obecnością licznych lub średniolicznych drobnych korzonków, oraz pojedynczych grubych korzeni.

W profilu P1, poniżej 45. cm warstwy murszu, zalegały dwa różne poziomy torfowe. Pierwszy z nich, posiadający włóknistą strukturę i brunatną barwę, został zaklasyfikowany jako poziom torfu fibrowego. Drugi natomiast, o czarnobrunatnej barwie i włóknistej strukturze,

z uwagi na mniejszą zawartość włókna, zaklasyfikowano jako poziom torfu hemowego. Oba te poziomy występowały w profilu w stanie mokrym.

Profil P2 był bardziej zróżnicowany pod kątem budowy morfologicznej niż profil P1. Zalegające poniżej warstwy murszowej (o takiej samej miąższości jak w profilu P1) poziomy torfowe, występowały w trzech. różnych stopniach rozkładu. Począwszy od zalegającego najwyżej, pierwszy z nich był zbudowany z torfu saprowego, drugi fibrowego, a trzeci hemowego. Wszystkie charakteryzowały się pewnym stopniem zamulenia oraz włóknisto-amorficzną strukturą. Poziom torfu saprowego posiadał czarną barwę oraz występował w stanie świeżym, natomiast poziomy fibrowy i hemowy były barwy brunatnej i występowały w stanie wilgotnym.

Zarówno profil P1 jak i P2, na podstawie prezentowanych cech, zostały zaklasyfikowane jako gleby murszowe hemowe.

Utworem organicznym o największym udziale w profilu P3 był torf hemowy, który tworzył dwa zalegające najniżej poziomy. Obydwa charakteryzowały się brunatną barwą, silnym zamuleniem oraz stanem wilgotnym, różnicowała je natomiast struktura, która w pierwszym poziomie oznaczona została jako włóknista, a w drugim jako włóknisto-amorficzna. Pomiędzy tymi poziomami a powierzchniową warstwą murszu o ziarnistej, średniotrwalej, drobnej strukturze i czarnobrunatnej barwie, znajdowały się jeszcze dwa poziomy. Pierwszy, zbudowany z gytii węglanowej (opisany symbolem Lc z dopiskiem „ca”, odnoszącym się do nagromadzenia węglanów), oraz drugi z torfu fibrowego. Poziom gytiowy charakteryzował się brunatną barwą, włóknisto-amorficzną strukturą, natomiast poziom torfu fibrowego barwą czarnobrunatną i struktura włóknistą. Oba występowały w stanie świeżym. Profil P3 zaklasyfikowano jako glebę torfowo hemowo murszową.

Znajdujący się na zboczu niecki profil P4 charakteryzował się występowaniem na jego powierzchni 45. cm warstwy mineralnego deluwium o uziarnieniu piasku gliniastego (PTG 2008). Z uwagi na m.in. zróżnicowaną strukturę podzielono ją na dwa poziomy. Pierwszy poziom posiadał strukturę gruzelkową, średniotrwale, drobną i występował w stanie wilgotnym, natomiast drugi gruzelkowo-amorficzną i występował w stanie mokrym. Poniżej poziomów deluwialnych zalegała warstwa wilgotnego torfu fibrowego o włóknisto-amorficznej strukturze, która na podstawie kryterium barwy została podzielona na dwa poziomy: położony wyżej poziom o barwie czarnobrunatnej, oraz położony niżej poziom o barwie czarnej. Gleba w profilu P4 najbardziej wpisała się w kryteria dla podtypu gleb: deluwialnych czarnoziemnych natorfowych gruntowo-glejowych.

Profil P5 od powierzchni po spąg składał się z trzech warstw różnych utworów: murszowego, torfowego i mineralnego. Warstwę powierzchniową stanowił płytki – 12. cm poziom murszowy, występujący w stanie wilgotnym, o gruzełkowej, średniotrwalej, drobnej strukturze oraz czarnej barwie. Kolejno, w warstwie torfowej, wydzielono trzy naprzemiennie występujące poziomy torfu: hemowego, saprowego oraz ponownie hemowego. Pierwsze dwa (hemowy i saprowy) posiadały podobną, włóknisto-amorficzną strukturę, czarnobrunatną barwę (nieznacznie różniącym się nasyceniem) oraz były silnie zamulone, natomiast położony najniżej, poziom torfu hemowego, charakteryzował się barwą czarną i strukturą amorficzną. Wszystkie poziomy w warstwie torfu występowały w stanie mokrym. Ostatni – mineralny poziom podścielający utwory organiczne w profilu P5, odznaczał się uziarnieniem piasku gliniastego, jasną, szarozielonkawą barwą (typową dla warunków reduktomorficznych), występował w stanie mokrym, oraz charakteryzował się subangularną, średniotrwalej, drobną strukturą. Dominująca miąższość poziomów torfu hemowego, oraz warstwa murszu nie mniejsza niż 10 cm, stanowiły cechy umożliwiające zaklasyfikowanie gleby z profilu P5 jako podtyp gleby torfowej hemowej murszowej.

Swoją budową, gleby badane w pobliżu Ościśłowa w dużej mierze odpowiadały opisom gleb torfowych i murszowych zawartych w pracy Drzymały i Mocka (1994), w której autor dokonuje analizy gleb zlokalizowanych w pobliżu Lednickiego Parku Krajobrazowego. Zarówno na jednym jak i drugim obiekcie, w lokalnych obniżeniach terenu występowały gleby torfowo-murszowe o miąższości warstw organicznych zaczynającej się od kilkudziesięciu centymetrów, podścielone najczęściej utworami piaszczystymi o wyraźnym oglejeniu. Podobieństwo to najpewniej świadczyło o zbliżonych warunkach siedliskowych jak i genezie samych utworów, które w obu przypadkach powiązane były z polodowcową historią tych terenów. Z kolei pod kątem profili zawierających mineralne warstwy deluwium, podobną sytuację opisywali Mendyk i in. (2015) oraz Orzechowski i Smólczyński (2002), gdzie tak jak w profilu P4, gleby znajdujące się na zboczach niecek, z uwagi na ingerencję człowieka, zostawały przykryte warstwą osadów mineralnych pochodzących z położonych wyżej terenów.

5.1.4. Obiekt D – Tomisławice

Położony na skraju niecki profil P1, charakteryzował się występującą w części powierzchniowej 50. cm warstwą czarnego, wilgotnego utworu o masywnej strukturze, który w warunkach terenowych przypominał silnie zamulony torf saprowy. Analiza zawartości

materii organicznej, wykazała jednak iż był to utwór mineralny, o wysokiej zawartości węgla organicznego. Utwór ten, najprawdopodobniej powstał na wskutek wymieszania utworów organicznych in situ, z mineralnym deluwium pochodzącym z obszarów wokół niecki. Wyznaczono w nim dwa poziomy genetyczne oznaczone symbolami „Ah” (wg. SGP 2019 – mineralny poziom próchniczny o wysokim nagromadzeniu materii organicznej), które różniły się od siebie nasyceniem barwy oraz stanem uwilgotnienia (pierwszy był wilgotny, drugi mokry). Poniżej tych poziomów, zalegały dwie warstwy utworów mineralnych w stanie mokrym, o szarej lekko reduktomorficznej barwie. Pierwszą warstwę w całości zaklasyfikowano jako poziom gliny zwykłej o strukturze masywnej, natomiast drugą jako poziom piasku słabogliniastego o strukturze rozdzielnoziarnistej. Gleba ta została zaklasyfikowana jako czarna ziemia podmokła.

Profil P2, podobnie jak P1 zlokalizowany był blisko krawędzi niecki. W jego powierzchniowej części znajdowała się jednolita warstwa murszu o miąższości 45. cm, którą oznaczono jako jeden poziom genetyczny. Charakteryzowała się ona czarną barwą, świeżym stanem uwilgotnienia oraz ziarnistą, średniotrwałą, drobną strukturą. W warstwach poniżej, oznaczono jeszcze dwa poziomy mineralne, o uziarnieniu piasku luźnego drobnoziarnistego i rozdzielnoziarnistej strukturze. Z pośród nich, pierwszy charakteryzował się barwą szarą i świeżym stanem uwilgotnienia, natomiast drugi, barwą jasnoszarą i stanem wilgotnym. Według SGP 2019, profil P2 spełniał wszystkie kryteria dla podtypu gleb murszowych płytkich.

Wierzchnią warstwę profilu P3, podobnie jak w profilu P2, stanowił poziom murszowy o czarnej barwie, świeżym stanie uwilgotnienia, oraz ziarnistej, średniotrwałej, drobnej strukturze. Z tym wyjątkiem, że w porównaniu do P2, jego miąższość była dużo niższa i wynosiła tylko 20 cm. Pozostałą część profilu natomiast, stanowił w całości organiczny utwór torfowy o włóknistej strukturze i czarnobrunatnej barwie. W jego obrębie wyznaczono dwa odrębne poziomy genetyczne, z których pierwszy, zalegający tuż pod poziomem powierzchniowym, charakteryzował się świeżym stanem uwilgotnienia, natomiast drugi, zalegający niżej – mokrym. Analiza zawartości włókna wykazała, iż wbrew wysokiemu podobieństwu, poziomy te były zbudowane z różnego rodzaju torfu – pierwszy z torfu fibrowego, natomiast drugi z hemowego. Gleba w profilu P3 klasyfikowała się jako gleba torfowa fibrowa murszowa.

W profilu P4, zarówno poziom powierzchniowy, jak i podpowierzchniowy, zbudowane były z murszu. Poziom powierzchniowy odznaczał się strukturą ziarnistą średniotrwałą, drobną, natomiast podpowierzchniowy, ziarnistą trwałą, drobną. Obydwa poziomy charakteryzowały się barwą czarną, która w poziomie podpowierzchniowym przyjmowała lekko ciemniejszy

odcień. Poniżej poziomów murszowych, znajdowały się poziomy mineralne o uziarnieniu piasku luźnego, rozdzielnoziarnistej strukturze, oraz kolejno szarej i jasnoszarej barwie, sugerującej występowanie warunków reduktomorficznych. Pod kątem uwilgotnienia, każdy z opisanych wyżej poziomów występował w stanie świeżym. Gleba w profilu P4, wg. SGP 2019, spełniała kryteria dla typu gleb murszowych.

Ostatni profil – P5, charakteryzował dużym zróżnicowaniem występujących w nim utworów. Pierwszy, powierzchniowy poziom murszowy, charakteryzował się intensywną czarną barwą oraz średniotwałą, drobną, gruzełkową strukturą. Poniżej, zalegał poziom torfu hemowego o czarnobrunatnej barwie oraz włóknisto-amorficznej strukturze. Kolejno niżej, występował poziom zbudowany z gytii detrytusowo-węglanowej, o szarozielonkawej barwie, i również włóknisto-amorficznej strukturze, oraz najniżej, zalegał poziom zbudowany z mineralnego osadu limnicznego – wapienia łąkowego (Lm), o takiej samej barwie jak poziom gytiowy, jednak o innej strukturze (subangularnej, średniotwałej). Podobnie jak w profilu P4, utwory we wszystkich poziomach występowały w stanie uwilgotnienia „świeżym”. Opisana powyżej gleba, została zaklasyfikowana jako torfowa hemowa murszowa.

Gleby o podobnej budowie morfologicznej, które również były zlokalizowane w okolicy odkrywki Tomisławice opisywali w swojej pracy zarówno Kaczmarek i in. (2017) oraz Gajewski i in. (2011). W pracach jednych jak i drugich autorów zostały opisane profile płytkich gleb murszowych i próchnicznych, które stanowiły niejako obraz daleko posuniętych przemian ich pierwotnie torfowych utworów macierzystych, oraz profile gleb torfowo-murszowych, w których te przemiany nastąpiły w dużo mniejszym stopniu.

5. 2. Uziarnienie.

Gleby będące przedmiotem badań niniejszej pracy, powstawały głównie z utworów organicznych, w warunkach siedliskowych typowych dla torfowisk niskich, zarówno tych występujących w dolinach rzecznych jak i lokalnych zagłębieniach terenowych w obrębie pojezierzy. Poziomy mineralne, które oznaczono w profilach badanych gleb, miały w większości charakter poziomów podścielających, w których dominowała głównie frakcja piasku. W pozostałych przypadkach, stanowiły one powierzchniowe mineralne poziomy próchniczne o zróżnicowanym składzie granulometrycznym i wysokim nagromadzeniu materii organicznej, oraz warstwę namułu mineralnego o uziarnieniu pyłu zwykłego, naniesionego przez wody zalewowe pobliskich cieków. Klasyfikacji uziarnienia utworów mineralnych dokonano na podstawie norm przyjętych przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze z 2008 roku (PTG 2008).

5.2.1. Obiekt A – Kamień Mały

Spośród wszystkich profili glebowych wykonanych w Kamieniu Małym, tylko w jednym z nich – usytuowanym najbliżej kanału Maszówek, odnotowano obecność poziomu genetycznego klasyfikowanego jako mineralny. Poziom ten charakteryzował się uziarnieniem pyłu zwykłego – zawierał 16% frakcji piasku, 81% frakcji pyłowej i 3% iłu. Rozpoczynał się na głębokości 34 cm, miał miąższość 25 cm, i znajdował się pomiędzy wierzchnią warstwą mułu telmatycznego a sięgającym dalej w głąb profilu utworem torfowym, który stanowił materiał macierzysty tej gleby (Tab. 4.). Jak podaje Kaniecki (2014), obszar, na którym prowadzono badania (obiekt A), ulegał w przeszłości trwałym podtopieniom, co sprzyjało akumulacji osadów aluwialnych. Wyższa niż w pozostałych profilach wykonanych na terenie Kamienia Małego zawartość części mineralnych oznaczona w profilu P1, w którym znajdował się wspomniany poziom mineralny, wynikała najprawdopodobniej z kilku nakładających się na siebie czynników. Jak podaje Dobrzański (1956), bliższe niż w pozostałych profilach sąsiedztwo Kanału Maszówek, mogło wpływać na większy przepływ wody powierzchniowej, co zwykle wiąże się ze zwiększeniem stopnia zamulenia. Potwierdzeniem tej tezy może być fakt, iż profil P5 usytuowany najwyżej, oraz najdalej od kanału Maszówek, był profilem

Tabela 4. Uziarnienie poziomów mineralnych w profilach glebowych zlokalizowanych w Kamieniu Małym (obiekt A), w okolicy Ościsłowa (obiekt C) i wokół odkrywki Tomisławice (obiekt D).

Obiekt	Nr. profilu	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Zawartość (%) podfrakcji o ϕ wrazonej w (mm)									Zawartość frakcji [%]:			Podgrupa wg.:	
				2,0 – 1,0	1,0 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	0,1 – 0,05	0,05 – 0,02	0,02 – 0,005	0,005 – 0,002	< 0,002	Piasek	Pył	Ił	PTG 2008	FAO
A	P1	Cgg	34 – 59	0	1	2	3	10	55	18	8	3	16	81	3	pyz	Si
C	P4	Ah1	0 – 10	1	4	36	32	12	6	5	2	2	85	13	2	pgdr	LFS
		Ah2	10 – 45	1	2	44	27	7	7	5	4	3	81	16	3	pgśr	LMS
	P5	Cgg	60 – 150	1	3	31	35	13	6	6	3	2	83	15	2	pgdr	LFS
D	P1	Ah1	0 – 30	0	0	3	10	20	25	14	13	15	33	52	15	pyi	SiL
		Ah2	30 – 50	1	0	4	6	24	24	16	11	14	35	51	14	pyi	SiL
		Ccagg1	50 – 100	0	7	10	27	5	17	14	11	9	49	42	9	gz	L
		Ccagg2	100 – 150	2	6	32	29	18	6	5	1	1	87	12	1	psdr	FS
	P2	C1	45 – 70	2	13	28	41	9	4	1	1	1	93	6	1	pldr	FS
		C2	70 – 120	3	9	27	40	13	6	1	0	1	92	7	1	pldr	FS
	P4	Ccagg	65 – 85	3	13	17	49	11	4	2	0	1	93	6	1	pldr	FS
		Cgg	85 – 120	2	16	17	47	9	5	2	1	1	91	8	1	pldr	FS

całkowicie zbudowanym z utworu torfowego oraz charakteryzował się bardzo niskim – w przeciwieństwie do profilu P1 – udziałem części mineralnych.

5.2.2. Obiekt B – Radolin

W profilach glebowych wykonanych na terenie Radolina, nie stwierdzono obecności poziomów genetycznych klasyfikujących się jako mineralne. Wszystkie badane gleby należały do rzędu gleb organicznych typu torfowego.

5.2.3. Obiekt C – Ościsłowo

We wszystkich pięciu profilach glebowych wykonanych na obszarze wokół Ościsłowa stwierdzono obecność łącznie 3 poziomów mineralnych (Tab. 4). Pierwsze dwa, oznaczone w profilu P4, stanowiły powierzchniową warstwę bogatego w materię organiczną mineralnego deluwium. Poziom Ah1 znajdujący się przy samej powierzchni, miał miąższość 10 cm i charakteryzował się uziarnieniem piasku gliniastego – posiadał 85% frakcji piasku, 13% frakcji pyłowej oraz 2% łu. Drugi z kolei poziom Ah2 znajdujący się tuż pod poziomem Ah1, miał miąższość 35 cm, również uziarnienie piasku gliniastego oraz podobne proporcje poszczególnych frakcji – 81% piasku, 16% pyłu i 3% łu (poziom Ah1 różnił się od poziomu Ah2 jaśniejszą barwą oraz mniej trwałą strukturą). Pozostałe poziomy genetyczne położone poniżej wspomnianej warstwy, zbudowane były z torfu fibrowego o zawartości części mineralnej 18,65 – 22,73%. Profil P4 został wykonany na zboczu niecki, w centrum której znajdował się niewielki zbiornik wodny. Profile o zbliżonym układzie poziomów genetycznych zamieścili w swojej pracy Orzechowski i Smólczyński (2002). Ich badania dotyczyły podobnych gleb organicznych usytuowanych w zagłębieniach terenowych na obszarze Pojezierza Mazurskiego. Orzechowski i Smólczyński (2002) podają, iż prowadzenie niektórych zabiegów agrotechnicznych na terenach otaczających obniżenia terenu, przyczynia się do intensyfikacji procesów deluwialnych.

Problematyka gleb o hydrogenicznej genezie, której tak jak w profilu P4, dotyczył problem osadzania się na ich powierzchni warstw mineralnego deluwium, została poruszona również w pracach Markiewicza i in. (2015), oraz Mendyka i in. (2016). Obydwie grupy autorów, prowadziły badania na terenie Pojezierza Brodnickiego, dotyczące m.in. gleb usytuowanych w obniżeniach terenu w pobliżu Jezior Sumowskich. Autorzy obu prac postawili

też, iż procesy erozyjne zaindukowane przez działalność człowieka, miały kluczowy wpływ na kształtowanie się warstw deluwialnych na powierzchni wspomnianych gleb. Według autorów, działania takie jak ingerencja w skład pokrywy roślinnej wokół zagłębień – w tym zwłaszcza usunięcie zadrzewień, spowodowały zwiększenie podatności na erozję na zboczach niecek, z kolei uprawa roli okolicznych gleb wzmacniała erozję zabiegami agrotechnicznymi. Mendyk i in. (2016) dodatkowo zwrócili uwagę na to, że człowiek jeszcze zwiększył tempo procesów deluwialnych, włączając do uprawy gleby wokół niecek, które już wcześniej w wyniku jego działania zostały przykryte warstwą deluwium.

Warunki siedliskowe w jakich znajdował się profil P4, w dużym stopniu odpowiadały warunkom opisanym przez powyższych autorów. Potwierdza to genezę wierzchnich poziomów mineralnych, jako powstałych przy udziale procesów deluwialnych.

Kolejny i zarówno ostatni poziom mineralny, który został oznaczony w profilach glebowych wykonanych na terenach wokół Ościsłowa, tak samo jak poprzednie dwa poziomy, charakteryzował się uziarnieniem piasku gliniastego. Podścielał on warstwy torfu w profilu P5, rozpoczynał się na głębokości 60 cm od powierzchni, oraz zawierał kolejno: 83% frakcji piasku, 15% pyłu oraz 2% iłu (Tab. 4.). Geneza piaszczystego utworu z którego zbudowany był wspomniany poziom, najprawdopodobniej jest powiązana z procesami fluwiogłacjalnymi. Profil P5 położony był w jednym z wielu zagłębień rynnowych powstałych na terenie Pojezierza Żnińsko-Mogileńskiego podczas zlodowacenia bałtyckiego (Chmiel 1998). Jak podaje Petelski (2007), proces wypełniania takich zagłębień piaszczystymi lub żwirowymi utworami jest efektem postępujących procesów fluwiogłacjalnych podczas recesji lodowca oraz wytapiania brył martwego lodu. Z uwagi na bardzo zbliżony profil uziarnienia, można założyć, iż taka sama jak w przypadku profilu P5 geneza osadów mineralnych, dotyczyła również deluwium w wierzchnich poziomach profilu P4.

5.2.4. Obiekt D – Tomisławice

W profilach glebowych wykonanych wokół odkrywki węgla brunatnego Tomisławice, stwierdzono obecność łącznie 8 poziomów mineralnych. Poziomy te, miały głównie charakter piaszczystych i piaszczysto-ilastych utworów, podścielających utwory organiczne w badanych profilach glebowych. Wyjątkową sytuację stanowił profil P1, który w przeciwieństwie do pozostałych profili, w całości składał się z utworów mineralnych. Poziom powierzchniowy tego profilu, tak jak i drugi – zalegający bezpośrednio pod nim, zbudowane były z utworu o uziarnieniu pyłu ilastego o wysokiej zawartości materii organicznej. Pierwszy poziom – Ah1

miał miąższość 30cm i zawierał: 33% frakcji piasku, 52% pyłu i 15% iłu, drugi poziom – Ah2 miał miąższość 20 cm i zawartość: 35% piasku, 51% pyłu oraz 14% iłu. Kolejny poziom – Ccagg1, zbudowany był z gliny zwykłej, posiadał miąższość 50 cm i składał się w 49% z piasku, 42% pyłu i 9% iłu (Tab. 4.). Natomiast poziom – Ccagg2 (Tab. 4.) zbudowany był z piasku słabogliniastego, również miał miąższość 50 cm, oraz posiadał: 87% piasku, 12% pyłu i 1% iłu. Według objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (arkusz Piotrków Kujawski, Molewski 2012), profil P1 znajdował się w zasięgu równiny torfowej. Jednak pomimo wystąpienia w nim poziomów, które barwą oraz strukturą przypominały utwory organiczne, nie stwierdzono w nich wystarczającej zawartości materii organicznej by w ten sposób je zaklasyfikować. Skład granulometryczny w całości profilu najbardziej odpowiadał swoją charakterystyką eluwialnym piaskom pyłowatym, których występowanie według wspomnianego źródła, zostało udokumentowane na sąsiadującej ze wspomnianą równiną wysoczyźnie morenowej. Przypadek ten mógł być spowodowany zarówno osuwaniem się z terenu wysoczyzny utworów piaszczysto-pyłastych i wymieszaniem ich z występującymi poniżej utworami organicznymi, i/lub postępującą mineralizacją materii organicznej, spowodowaną udokumentowanym przez Przybyłką (2022) stopniowym obniżaniem się poziomu wód gruntowych w zasięgu leja depresji odkrywki Tomisławice.

Pozostałe 4 poziomy mineralne zostały oznaczone w dolnych warstwach profilu P2 i P4. Każdy z tych poziomów, w jednym jak i w drugim profilu, charakteryzował się uziarnieniem piasku luźnego, oraz posiadał podobne proporcje głównych frakcji. W zestawieniu zbiorczym dla wszystkich tych poziomów, zawartość frakcji piasku mieściła się w zakresie 91 – 93%, dla frakcji pyłu był to zakres 6 – 8%, natomiast zawartość iłu, we wszystkich poziomach wynosiła po 1% (Tab. 4.). Utwory mineralne, z których wykształciły się gleby w obrębie niecki w której wykonano profile P2 i P4, powstały najprawdopodobniej podczas wytapiania się bryły martwego lodu pozostawionej podczas recesji lodowca zlodowacenia północnopolskiego, i miały charakter piasków oraz glin zwałowych (arkusz Piotrków Kujawski, Molewski 2012).

5. 3. Podstawowe właściwości fizyczne.

5. 3. 1. Gęstość właściwa i gęstość objętościowa gleby suchej.

Gęstość właściwa, zwana również gęstością fazy stałej, jest opisywana jako stosunek masy fazy stałej gleby, do zajmowanej przez nią objętości (Mocek i in. 2022). Na to jakie wartości przyjmie w danej glebie, wpływ mają jej dwie główne składowe: zawartość materii organicznej oraz skład mineralogiczny. W zależności od proporcji tych składowych, gleby posiadające większą ilość materii organicznej, zazwyczaj charakteryzują się mniejszą gęstością właściwą niż gleby w których zwiększony jest udział części mineralnych (Ruehlmann 2020).

Gęstością objętościową gleby suchej (Ggs), określa się stosunek masy gleby absolutnie suchej do zajmowanej przez nią objętości w stanie naturalnym (nienaruszonym). Zatem w odniesieniu do gęstości właściwej, jedyną różnicą w kalkulacji, jest dodatkowe uwzględnienie objętości istniejących w glebie porów (Adams 1973). Spośród gleb organicznych najniższą Ggs charakteryzują się gąbczaste torfy powstałe z mchów – Ggs tych utworów zazwyczaj mieści się w przedziale $0,05 - 0,10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. W torfach saprowych o wysokim stopniu rozkładu, wartość ta waha się od $0,3 - 0,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Różnica ta wynika m.in. z odmienności ich struktury (Farnham i Finney 1965).

Ggs jest ściśle powiązana z zawartością węgla organicznego oraz porowatością (Hossain i in. 2015). W przypadku poziomów torfowych, ważnymi zjawiskami mającym wpływ na zmiany wartości gęstości objętościowej są osiadanie i zagęszczanie się torfu, spowodowane fluktuacjami wysokości zalegania zwierciadła wody gruntowej (Nichols i Boelter 1984).

5.3.1.1. Obiekt A – Kamień Mały

Wartości gęstości właściwej i gęstości gleby suchej (Ggs), w próbkach pobranych z profili glebowych zlokalizowanych w Kamieniu Małym, kształtowały się w zauważalnie schematyczny sposób. Powierzchniowe poziomy zbudowane z mułu telmatycznego wykazywały wyższe wartości obu tych parametrów w porównaniu z podścielającymi je poziomami zbudowanymi z torfów saprowych i hemowych.

Gęstość właściwa we wszystkich poziomach mułowych przyjmowała zbliżone do siebie wartości, mieszczące się w przedziale $2,09 - 2,27 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (średnio $2,22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). W poziomach torfowych natomiast, zróżnicowanie tych wartości było większe i kształtowało się w zależności

od budowy profilu. W profilach P1 – P4 poziomy torfowe zalegające pod poziomami mułowymi charakteryzowały się gęstością właściwą mieszczącą się w przedziale od 1,60 do 1,66 g·cm⁻³, z kolei w profilu P5, w całości zbudowanym z utworów torfowych, gęstość ta wynosiła 1,9 – 2,1 g·cm⁻³. Najwyższą wartość gęstości właściwej, oznaczono w trzecim od powierzchni poziomie profilu P1 o uziarnieniu pyłu zwykłego (2,35 g·cm⁻³), będącym jedynym poziomem mineralnym stwierdzonym w glebach obiektu A. W profilu P1 również zaobserwowano najwyższą gęstość właściwą spośród poziomów organicznych. Wartość ta, wynosząca 2,27 g·cm⁻³ była oznaczona w drugim od powierzchni poziomie mułu telmatycznego i była bardzo zbliżona do wartości tej cechy uzyskanej w poziomie powierzchniowym – 2,26 g·cm⁻³ (Tab. 5.).

Ggs w poziomach mułowych wynosiła średnio 0,53 g·cm⁻³ przy wartościach z zakresu 0,29 – 0,68 g·cm⁻³. Była ona bardziej zróżnicowana niż w poziomach torfowych, gdzie zakres ten był węższy i mieścił się w przedziale 0,16 – 0,26 g·cm⁻³ (przy średniej wartości 0,22 g·cm⁻³). Najwyższą wartość Ggs, stwierdzono w profilu P1 – w powierzchniowym poziomie mułu telmatycznego.

Rozkład analizowanych wartości w profilach obiektu A, wykazuje podobieństwo z opisem okolicznych gleb torfowo-mułowych sporządzonym przez Malinowskiego (2008). Autor ten nie podaje wartości gęstości właściwej i Ggs, jednak cytowane przez niego pozostałe właściwości takie, jak popielność czy zawartość węgla organicznego, pozwoliły wnioskować podobieństwie badanych przez niego gleb, do gleb analizowanych w pracy. Z danych cytowanych przez Jonczaka i Cysewskiej (2010), gleby torfowo-mułowe o podobnej budowie profilowej, w dolinie rzeki Jarosławianki w większości przypadków wykazywały zbliżoną gęstość właściwą, jednak przy mniejszej Ggs, co przełożyło się na większą porowatość tamtejszych utworów. Badania Szuniewicza i Churskiego (1957) pokazały, że badane przez nich gleby torfowo-mułowe łąk Łabiszyńskich, charakteryzowały się podobieństwem pod kątem pionowego rozkładu zarówno gęstości właściwej jak i Ggs do badanych gleb w Kamieniu Małym. Przedział Ggs podany przez wspomnianych autorów (0,3 – 0,52 g·cm⁻³) niemal całkowicie pokrywa się z przedziałem gęstości oznaczonym w analogicznych poziomach obiektu A. Najbardziej oddalony od lokalnego ciek profil P5, przypomina natomiast poziomy gleb torfowo-mułowych badanych przez Jarosa (2003) na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego. Pionowy rozkład gęstości właściwej, przyjmował wartości zbliżone do tych w profilu P5. Poziom powierzchniowy posiadał gęstość właściwą wynoszącą 1,83 g·cm⁻³, natomiast w poziomach torfów, na głębokości odpowiadającej poziomowi Oe2,

gęstość właściwa przyjmowała wartości z zakresu 1,90 – 1,92 g·cm⁻³. Dla porównania, w profilu P5 poziom powierzchniowy Oe1 charakteryzował się gęstością – 1,91 g·cm⁻³, a poziom Oe2 - 2,1 g·cm⁻³.

Tab. 5. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w Kamieniu Małym (obiekt A)

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Gęstość właściwa [g·cm ⁻³]	Gęstość objętościowa gleby suchej [g·cm ⁻³]	Porowatość całkowita [% v]
P1	L11	0 – 22	2,26	0,68	69,91
	L12	22 – 34	2,27	0,60	73,57
	Cgg	34 – 59	2,35	0,22	90,64
	Oa	59 – 130	1,60	0,25	84,38
P2	L11	0 – 31	2,25	0,54	76,00
	L12	31 – 52	2,24	0,59	73,66
	Oa	52 – 100	1,69	0,21	87,57
P3	L11	0 – 18	2,23	0,46	79,37
	L12	18 – 38	2,24	0,67	70,09
	Oe	38 – 100	1,61	0,16	90,06
P4	L11	0 – 24	2,16	0,42	80,56
	L12	24 – 49	2,09	0,29	86,12
	Oe	49 – 100	1,66	0,20	87,95
P5	Oe1	0 – 45	1,91	0,26	86,39
	Oe2	45 – 100	2,10	0,21	90,00

5.3.1.2. Obiekt B – Radolin

W Radolinie, wartości gęstości właściwej i Ggs, w próbkach z prawie każdego profilu przyjmowały taki sam porządek. Wierzchnie poziomy murszowe, za wyjątkiem profilu P2 posiadały wartości wyższe niż następujące po nich poziomy torfowe zarówno dla gęstości właściwej jak i Ggs.

Gęstość właściwa w poziomach murszowych przyjmowała wartości z zakresu 1,74 – 2,14 g·cm⁻³ przy średniej wynoszącej 1,87 g·cm⁻³. W poziomach wytworzonych z torfów większość wartości kształtowała się wokół średniej wynoszącej 1,67 g·cm⁻³. Zakres wartości gęstości właściwej w poziomach torfowych był szerszy niż w przypadku murszy i przyjmował wartości z zakresu 1,57 – 2,15 g·cm⁻³. Najwyższą wartość gęstości właściwej oznaczono w profilu P2 – wyjątkiem było to, iż wartość ta nie została stwierdzona w powierzchniowym

poziomie murszowym, a w zalegającym tuż pod nim poziomie torfu hemowego (Tab. 6.). Wartość najniższą z kolei stwierdzono w poziomie Oe2 profilu P4.

Ggs wynosiła średnio $0,30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w poziomach murszowych i $0,19 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w torfowych. Zakres wartości w poziomach murszowych wahał się od $0,22 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do $0,40 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, natomiast w poziomach torfowych od $0,12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do $0,38 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Graniczne wartości Ggs oznaczono w poziomach Oe1 w profilu P1 oraz poziomie M w profilu P3.

Tab. 6. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w Radolinie (obiekt B).

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Gęstość właściwa [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Gęstość objętościowa gleby suchej [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Porowatość całkowita [% v]
P1	M	0 – 18	1,74	0,28	83,91
	Oe1	18 – 42	1,59	0,12	92,45
	Oe2	42 – 58	1,60	0,14	91,25
	Oe3	58 – 100	1,60	0,13	91,88
P2	M	0 – 15	1,77	0,22	87,57
	Oe	15 – 30	2,15	0,37	82,79
	Oa	30 – 100	1,75	0,21	88,00
P3	M	0 – 20	1,97	0,40	79,70
	Oe1	20 – 35	1,62	0,38	76,54
	Oi	35 – 80	1,62	0,13	91,98
	Oe2	80 – 130	1,71	0,14	91,81
P4	M	0 – 18	1,75	0,21	88,00
	Oe1	18 – 75	1,58	0,14	91,14
	Oe2	75 – 130	1,57	0,14	91,08
P5	M	0 – 15	2,14	0,37	82,71
	Oa	15 – 50	1,65	0,15	90,91
	Oe	50 – 130	1,61	0,17	89,44

Badając gleby w podobnych siedliskach, zbliżony rozkład wartości gęstości właściwej i Ggs uzyskali Frąckowiak i Brandyk (1956). W badanych przez nich glebach, wartości gęstości właściwej i Ggs były zbliżone do tych z obiektu B i dla poziomów murszowych wynosiły średnio $1,87 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,43 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a dla torfowych $1,51 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,18 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Badania Kaczmarka i in. (2010) wykonane na terenie Radolina, wykazały, że w glebach torfowo-murszowych, średnie wartości gęstości właściwej i Ggs wynosiły kolejno: $2,11 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,63 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w poziomach murszowych oraz $1,77 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,49 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w torfowych,

co stanowiło wynik niewiele wyższy niż w niniejszej pracy – najprawdopodobniej spowodowany częściowym zamulaniem.

5.3.1.3. Obiekt C – Ościsłowo

W próbkach pobranych z profili zlokalizowanych pomiędzy rynnami jezior Skulskiego i Wilczyńskiego, rozkład wartości gęstości właściwej oraz Ggs nie przyjmował jednoznacznie wyraźnego schematu. W przypadku gęstości właściwej, wiele poziomów niezależnie od rodzaju odznaczało się zbliżonymi wartościami (Tab. 7). Średnie wartości dla poziomów murszowych, torfowych i mineralnych wynosiły kolejno: $2,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $1,98 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $2,43 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, przy zakresach: $1,75 - 2,20 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla poziomów murszowych, $1,66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3} - 2,29 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla torfowych i $2,31 - 2,62 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla mineralnych. Najwyższą wartość gęstości właściwej oznaczono w profilu P5 w poziomie mineralnym o uziarnieniu piasku gliniastego, zaś w przypadku poziomów organicznych, był to poziom zbudowany z torfu saprowego w profilu P2, znajdujący się pod dwoma poziomami murszowymi. Najniższą wartość gęstości właściwej oznaczono w poziomie torfu fibrowego w profilu P4.

Średnie wartości gęstości gleby suchej w poszczególnych rodzajach poziomów wynosiły: $0,37 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w poziomach murszowych, $0,27 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w torfowych i $1,02 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w mineralnych, kolejno przyjmując wartości z przedziałów: $0,24 - 0,50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $0,19 - 0,43 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,72 - 1,52 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. We wspomnianym wcześniej poziomie mineralnym z profilu P5 o największej gęstości właściwej, stwierdzono również największą wartość Ggs. Z poziomów organicznych, najwyższą wartością tej cechy charakteryzował się powierzchniowy poziom murszowy z profilu P3 - $0,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a najniższą wspomniany wcześniej poziom torfu fibrowego z profilu P4 (Tab. 7.). W profilu P3 znajdował się również poziom gytii węglanowej, w którym oznaczono wartości gęstości właściwej i Ggs wynoszące odpowiednio $2,28 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,26 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Tab. 7. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w pobliżu Ościsłowa (obiekt C).

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Gęstość właściwa [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Gęstość objętościowa gleby suchej [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Porowatość całkowita [% v]
P1	M1	0 – 18	1,99	0,38	80,90
	M2	18 – 50	1,75	0,28	84,00
	Oi	50 – 70	1,98	0,21	89,39
	Oe	70 – 100	1,92	0,26	86,46
P2	M1	0 – 20	2,20	0,40	81,82
	M2	20 – 45	2,19	0,39	82,19
	Oa	45 – 60	2,29	0,43	81,22
	Oi	60 – 70	1,96	0,30	84,69
	Oe	70 – 100	2,04	0,30	85,29
P3	M	0 – 20	2,10	0,50	76,19
	Lcca	20 – 30	2,28	0,26	88,60
	Oi	30 – 55	1,98	0,28	85,86
	Oe1	55 – 88	2,14	0,34	84,11
	Oe2	88 – 100	2,09	0,35	83,25
P4	Ah1	0 – 10	2,31	0,72	68,83
	Ah2	10 – 45	2,36	0,82	65,25
	Oi1	45 – 62	1,66	0,19	88,55
	Oi2	62 – 100	1,70	0,24	85,88
P5	M	0 – 12	2,10	0,24	88,57
	Oe1	12 – 25	2,09	0,22	89,47
	Oa	25 – 40	2,03	0,21	89,66
	Oe2	40 – 60	1,87	0,20	89,30
	Cgg	60 – 150	2,62	1,52	41,97

Wyniki zbliżone do opisanych powyżej uzyskali Orzechowski i Smółczyński (2002) badając podobne gleby na Pojezierzu Mazurskim. Lokalne zagłębienia terenowe w których znajdowały się siedliska gleb murszowych, podobnie jak w obiekcie C charakteryzowały się silnym zamulaniem. W glebach torfowo-murszowych gęstość właściwa przyjmowała wartości z zakresu $1,90 - 2,11 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w poziomach murszowych i $1,72 - 1,96 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w torfowych. Deluwalne poziomy próchniczne takie jak w profilu P4, u wspomnianych autorów charakteryzowały się bardzo zbliżoną gęstością właściwą ($2,33 - 2,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) przy jedynie nieznacznie większej Ggs ($0,9 - 1,0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Badając gleby organiczne na terenie sąsiadującego mezoregionu – Kotliny Kolskiej, na obszarze Doliny Grójeckiej, Owczarzak i in. (2003),

w przypadku poziomów torfowych, również uzyskali wyniki korespondujące z przedziałami przedstawionymi powyżej. Gęstość właściwa wynosiła średnio $1,72 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a Ggs $0,28 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Poziomy murszowe opisane przez tych autorów charakteryzowały się dużo niższymi wartościami obu gęstości. Było to najpewniej spowodowane brakiem zamulenia, które było obecne w poziomach murszowych gleb badanych w pobliżu Ościsłowa.

Na terenie Doliny Grójeckiej, podobne badania jak Owczarzak i in. (2003) przeprowadzali również Glina i in. (2016). Zaprezentowane przez nich wyniki Ggs, oznaczonej w poziomach murszowych tamtejszych gleb, przyjmowały wartości z zakresu $0,15 - 0,30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, natomiast w poziomach torfowych $0,16 - 0,23 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. W przypadku wartości średnich, dawało to wynik kolejno o $0,17$ i $0,09 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ niższy, od średnich oznaczonych w poziomach murszowych i torfowych gleb badanych w pobliżu Ościsłowa. W glebach badanych przez Glinę i in. (2016) występowały również poziomy limniczne. Jednak były one dużo liczniejsze niż w glebach w pobliżu Ościsłowa i były złożone głównie z mułu telmatycznego. Poziomy te charakteryzowały się Ggs mieszczącą się w zakresie $0,39 - 0,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, co średnio dawało wynik $0,43 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Był to wynik o $0,17 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ większy, niż w poziomie limnicznym złożonym z gytii węglanowej, który znajdował się w profilu P4. Najprawdopodobniej w każdej z wymienionych różnic, największą rolę odegrała zawartość materii organicznej. W Dolinie Grójeckiej poziomy torfowe i murszowe posiadały większą zawartość materii organicznej, natomiast limniczne mniejszą – niż odpowiadające im poziomy w glebach z okolic Ościsłowa.

5.3.1.4. Obiekt D – Tomisławice

Badane gleby zlokalizowane w zasięgu leja depresji odkrywki węgla brunatnego Tomisławice, charakteryzowały się wysokim zróżnicowaniem zarówno gęstości właściwej jak i Ggs. Poszczególne poziomy genetyczne odznaczały się odmiennymi wartościami (Tab. 8), w zależności od tego do jakiej grupy utworów zostały zaklasyfikowane. Średnie wartości gęstości właściwej prezentowały się następująco: w poziomach murszowych było to $2,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ przy przedziale wartości $1,72 - 2,35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, w torfach $1,62 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($1,55 - 1,74 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), w utworach limnicznych $2,26 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($2,11 - 2,40 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) oraz w przypadku poziomów mineralnych $2,56 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($2,36$ do $2,65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Z poziomów organicznych najwyższą gęstością właściwą wykazał się poziom murszowy, będący drugim od powierzchni poziomem w profilu P4. Z kolei najniższą wartość spośród wszystkich poziomów zauważono w poziomie torfu hemowego w profilu P3.

Tab. 8. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w pobliżu odkrywki węgla brunatnego Tomisławice (obiekt D).

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Gęstość właściwa [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Gęstość objętościowa gleby suchej [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Porowatość całkowita [% v]
P1	Ah1	0 – 30	2,36	0,80	66,10
	Ah2	30 – 50	2,45	0,95	61,22
	C1gg	50 – 100	2,60	1,24	52,31
	C2gg	100 – 150	2,64	1,56	40,91
P2	M	0 – 45	2,07	0,22	89,37
	C1	45 – 70	2,61	1,49	42,91
	C2	70 – 120	2,65	1,61	39,25
P3	M	0 – 20	1,90	0,30	84,21
	Oi	20 – 70	1,58	0,17	89,24
	Oe	70 – 120	1,55	0,15	90,32
P4	M1	0 – 22	2,27	0,25	88,99
	M2	22 – 65	2,35	0,25	89,36
	C1gg	65 – 85	2,59	1,43	44,79
	C2gg	85 – 120	2,60	1,46	43,85
P5	M	0 – 22	1,72	0,41	76,16
	Oe	22 – 55	1,74	0,38	78,16
	Lcca	55 – 70	2,11	0,31	85,31
	Lm	70 – 100	2,40	0,36	85,00

Dla Ggs rozkład średnich kształtował się podobnie, jak w przypadku gęstości właściwej. W poziomach murszowych była to wartość $0,29 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (przy zakresie $0,25 - 0,41 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), w torfowych – $0,23 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($0,15 - 0,38 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), limnicznych – $0,34 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($0,31 - 0,36 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) oraz mineralnych – $1,32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($0,80 - 1,61 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). W poziomach organicznych, najwyższą wartość oznaczono w powierzchniowym poziomie murszowym profilu P5, a najniższą w poziomie torfu hemowego Oe w profilu P3.

Wysokim zróżnicowaniem charakteryzowały się też gleby hydrogeniczne badane przez Gajewskiego i in. (2011), zlokalizowane w pobliżu odkrywki Tomisławice. Uzyskane przez tych autorów wartości obu gęstości były wyższe, zwłaszcza dla poziomów torfowych, w których przedział wartości wynosił $1,61 - 2,24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla gęstości właściwej i $0,13 - 0,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla Ggs. W innych badaniach Gajewski (Gajewski 2012) badał gleby hydrogeniczne,

zlokalizowane w sąsiedztwie odkrywki węgla brunatnego Władysławów. W poziomach torfowych, autor uzyskał gęstość właściwą na średnim poziomie $1,84 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ co dało wynik nieco wyższy niż w Tomisławicach, wyższa była też Ggs, która wynosiła średnio $0,34 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Było to najprawdopodobniej spowodowane faktem, iż poziomy torfowe badane w okolicach Władysławowa charakteryzowały się wyższym niż w Tomisławicach stopniem rozkładu. Trochę inaczej miała się sytuacja w poziomach murszowych. W sąsiedztwie odkrywki Władysławów, gęstość właściwa w tych poziomach przyjmowała średnią wartość $1,95 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, co dawało większe podobieństwo do wyników otrzymanych w niniejszej pracy niż w przypadku poziomów torfowych. Ggs w tych samych poziomach była nieco wyższa i wynosiła średnio $0,49 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Pod kątem występowania poziomów próchnicznych takich jak w profilu P1 i limnicznych takich jak w P5, w glebach zajmujących siedliska zbliżone do tych w okolicy odkrywki Tomisławice, podobieństwem wykazały się gleby badane przez Markiewicza i in. (2015). Autorzy prowadzili badania w pobliżu zanikających jezior Sumowskich na Pojezierzu Brodnickim (315.12). Opisane przez nich poziomy próchniczne tamtejszych gleb, tak samo jak te występujące w profilach z okolic Tomisławic, charakteryzowały się wysoką zawartością materii organicznej oraz domieszką mineralnego deluwium z pobliskich wzniesień. Gęstość właściwa wynosiła w nich średnio $2,35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, natomiast Ggs $0,68 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. W profilu P1 gęstość właściwa poziomów próchnicznych wynosiła średnio $2,40 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, co w porównaniu do wyników Markiewicza i in. (2015) było wynikiem bardzo zbliżonym, w przeciwieństwie do Ggs, która w analogicznych poziomach profilu P1 była wyraźnie mniejsza – $0,25 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Różnice te przełożyły się na niższą porowatość całkowitą poziomów próchnicznych badanych przez tych autorów. Odnosząc się z kolei do poziomów limnicznych, w badaniach Markiewicza i in. (2015) średnia gęstość właściwa i Ggs oznaczona w poziomach zbudowanych z wapienia łąkowego wynosiła $2,48$ i $0,71 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, natomiast w poziomach zbudowanych z gytii – $1,80$ i $0,35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Przystępując do tych wyników te, które otrzymano w profilu P5, można wyciągnąć wnioski, iż w przypadku wapienia łąkowego, różnice kształtują się podobnie jak w przypadku poziomów próchnicznych. Gęstość właściwa wapienia łąkowego w profilu P5 była podobna do tej przedstawionej przez Markiewicza i in. (2015) i wynosiła $2,40 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, natomiast Ggs była już widocznie niższa – $0,36 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Tab. 8.). Odwrotnie natomiast wyglądała sytuacja przy porównaniu poziomów gytiowych. W profilu P5, poziom zbudowany z gytii charakteryzował się gęstościami właściwą i Ggs na poziomie $2,11 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ i $0,31 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, co w odniesieniu do poziomu gytiowego u Markiewicza i in. (2015) dawało wynik większy

w przypadku gęstości właściwej i porównywalny w przypadku Ggs, za co w tym przypadku mogła odpowiadać większa zawartość części mineralnych w poziomie gytiowym z profilu P5.

5. 3. 2. Porowatość całkowita.

Porowatość całkowita odgrywa bardzo dużą rolę w kształtowaniu się właściwości fizycznych, w tym przede wszystkim wodnych. Głównymi czynnikami wpływającymi na zmienność jej wartości są rozmiar oraz liczebność porów (Hao i in. 2008). W glebach organicznych, o tym jak kształtuje się porowatość decyduje m.in. stopień rozkładu materii organicznej. W glebach torfowych jest to także zawartość włókna (Boelter 1969). Proces murszenia również znacząco wpływa na porowatość, m.in. powoduje jej obniżenie poprzez rozkład materii organicznej oraz zmianę struktury gleby (Kiryluk 2017).

5.3.2.1. Obiekt A – Kamień Mały

Porowatość całkowita w glebach analizowanych w okolicach Kamienia Małego przyjmowała zauważalnie uporządkowany układ. Poziomy mułowe, najczęściej występujące na powierzchni, charakteryzowały się niższymi wartościami niż głębiej zalegające poziomy zbudowane z torfów. Średnia wartość porowatości całkowitej w poziomach torfowych wynosiła 87,73%, przy zakresie wartości od 84,38 do 90,06%. Z kolei w poziomów zbudowanych z mułów było to średnio 76,16% przy zakresie od 69,91 do 86,12%. Najwyższą wartość tej cechy (90,64%), oznaczono w poziomie zbudowanym z materiałów o charakterze przejściowym pomiędzy mułami, a utworami mineralnymi, charakteryzującym się wysoką zawartością materii organicznej i dominacją frakcji pyłowej. Natomiast najwyższą porowatość całkowitą wśród poziomów organicznych oznaczono w poziomie torfu hemowego w profilu P3. Najniższym poziomem tej cechy charakteryzował się powierzchniowy poziom zbudowany z mułu w profilu P1 (Tab. 5.). Banaszuk (1996) podaje, że w badanych przez niego glebach torfowo-mułowych Doliny Górnej Narwi, średnia porowatość całkowita mieściła się w przedziale 83 – 88%. Po uśrednieniu porowatości ze wszystkich poziomów w obiekcie A uzyskano wynik 81,94%, co tylko nieznacznie odbiega od przedziału cytowanego przez tego autora. Na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego, gleby badane przez Jarosa (2003), zarówno pod względem pionowego rozkładu porowatości oraz jej wartości najbardziej przypominają profil P5. Jedyne przedstawiony przez niego przedział (81,0– 86,5%) jest mniejszy, co może być efektem wspomnianych przez autora okresowych przesuszeń, które

mogły przyczynić się do zwiększenia stopnia rozkładu torfu, a tym samym do spadku porowatości.

5.3.2.2. Obiekt B – Radolin

Zróznicowanie porowatości całkowitej w profilach wykonanych na terenie Radolina kształtowało się następująco: w profilach P2, P3 i P4, w których poziomach murszowych, indeks W1 nie przekraczał 0,7 (podrozdział 5.6.4.), różnica w porowatości całkowitej pomiędzy poziomami torfowymi a murszowymi była niewielka, natomiast w pozostałych profilach, w których poziomy murszowe były silniej przeobrażone (indeks W1 był wyższy niż 0,7), różnica pomiędzy wspomnianymi poziomami była wyższa (Tab. 6.). Średnia wartość tej cechy w poziomach murszowych wynosiła 84,38%, przy zakresie wartości od 79,70 – 88,00%, natomiast w poziomach torfowych – 89,11%, przy zakresie 76,54 – 92,45%. Zarówno najwyższą jak i najniższą wartość, oznaczono w podpowierzchniowych poziomach zbudowanych z torfu hemowego (odpowiednio w profilu P1 oraz P2).

W pracach Kaczmarka i in. (2010) i Frąckowiaka i Brandyka (1956), w których badano gleby na różnych odcinkach Doliny Noteci, oznaczona porowatość poziomów murszowych i torfowych przyjmowała podobny rząd wielkości co w odpowiadających im poziomach z Radolina. U Kaczmarka i in. (2010) średnia porowatość w poziomach murszowych i torfowych wynosiła kolejno 70,36%, i 81,82%, natomiast u Frąckowiaka i Brandyka (1956) 79,0% i 92,0%.

5.3.2.3. Obiekt C – Ościsłowo

Porowatość całkowita, w poziomach organicznych większości badanych gleb nie różnicowała się w wyraźnie uporządkowany sposób. Jedynie w profilu P1, zaobserwowano stopniowy wzrost tej cechy, od poziomu powierzchniowego do głębokości 70 cm (Tab. 7.). W pozostałych glebach, porowatość całkowita kształtowała się w sposób nieregularny. Średnia porowatość poziomów murszowych wynosiła 82,28%, przy zakresie wartości 76,19 – 88,57%, a poziomów torfowych 86,39%, przy zakresie 81,22 – 89,66%. Porowatość w poziomach próchnicznych wynosiła 68,83 i 65,25%, natomiast w poziomie mineralnym 41,97%. Najmniejszą i największą wartość tej cechy dla poziomów organicznych i próchnicznych stwierdzono odpowiednio w poziomie Ah2 w profilu P4, oraz w poziomie Oa w profilu P5.

Pod kątem porowatości całkowitej, podobieństwem do gleb niniejszego obiektu, charakteryzowały się gleby badane przez Orzechowskiego i Smólczyńskiego (2002) na terenie Pojezierza Mazurskiego. Omawiane tam wartości porowatości całkowitej w poziomach torfowych zawierały się w przedziale 75,7 – 91,3% natomiast w poziomach murszowych – 71,0 – 81,7%. Podobne wyniki otrzymali również Owczarzak i in. (2003) dla gleb organicznych na obszarze Doliny Grójeckiej. Średnią porowatość całkowitą w poziomach murszowych, autorzy ci uzyskali na poziomie 80,86% natomiast w poziomach torfowych – 83,06%. W badaniach Owczarzaka i in. (2003) opisano również mineralny poziom próchniczny, który swoją porowatością całkowitą na poziomie 63,26%, niemal dorównywał poziomom próchnicznym oznaczonym w profilu P4 z okolic Ościsłowa (65,25 – 68,83%). Jedyne poziomy limniczny, który oznaczono w glebach badanych w pobliżu Ościsłowa, posiadał porowatość całkowitą wynoszącą 88,60% i znajdował się w profilu P3 (Tab. 7.). Poziom ten, zbudowany z gytii węglanowej, korespondował z poziomami gytiovymi opisanymi w pracy Kruczkowskiej i in. (2021) dotyczącej podobnych jak w niniejszej pracy gleb, których lokalizacja obejmowała obszar wokół jeziora Rakutowskiego. Opisane w tamtejszych glebach poziomy gytii węglanowej, charakteryzowały się porowatością całkowitą w zakresie 72,5 – 94,7% (średnio 81,92%).

5.3.2.4. Obiekt D – Tomisławice

W obrębie poziomów organicznych, średnie wartości porowatości całkowitej kształtowały się następująco (Tab. 8): w poziomach murszowych – 85,62% (przy zakresie 76,16 – 89,37%), w torfowych – 85,91% (78,16 – 90,32%), i limnicznych – 85,16% (85,00 – 85,31%). Wśród poziomów mineralnych, te zalegające najniżej, o niewielkiej zawartości materii organicznej, charakteryzowały się porowatością całkowitą mieszczącą się w przedziale 39,25 – 52,31% (średnio 44,00%), natomiast te bogate w materię organiczną – próchniczne, znajdujące się przy powierzchni, posiadały większą porowatość całkowitą – 61,22 – 66,10% (średnio – 63,66%). Najmniejszą porowatość całkowitą wśród poziomów organicznych i próchnicznych oznaczono w poziomie Ah2 w profilu P1, natomiast największą w powierzchniowym poziomie murszowym profilu P2.

W badaniach Gajewskiego i in. (2011), w większości gleb, porowatość całkowita poszczególnych poziomów torfowych i murszowych przyjmowała zbliżony zakres do wartości oznaczonych w glebach w pobliżu odkrywki Tomisławice. Wartości tej cechy w poziomach murszowych wynosiła 61,33 – 83,11%, natomiast w torfowych 73,21 – 92,07%. W badaniach

wspomnianych autorów poziomy mineralne odznaczały się wartościami porowatości całkowitej, mieszczącymi się w zakresie 31,58 – 76,11%. W przedstawionych powyżej przedziałach, mieściły się również średnie wartości porowatości całkowitej opisane przez Gajewskiego (2012), w poziomach torfowych i murszowych gleb zlokalizowanych w pobliżu odkrywki Władysławów w powiecie tureckim.

Wartości porowatości całkowitej, oznaczonej w poziomach próchnicznych i limnicznych gleb z pobliza odkrywki Tomisławice, z racji podobieństw uwarunkowań siedliskowych, można porównać z odpowiadającymi im poziomami opisanymi w glebach badanych przez Markiewicza i in. (2015). U wspomnianych autorów, poziomy próchniczne posiadały porowatość całkowitą na poziomie średnio 71,05%, co było wynikiem wyższym niż w poziomach o podobnym charakterze opisanych w profilu P1 w pobliżu Tomisławic (Tab. 8.). Z uwagi na zbliżoną w obu przypadkach zawartość części mineralnych, za zaistniałą różnicę mogły odpowiadać takie czynniki jak skład granulometryczny oraz struktura gleby. W poziomach limnicznych u Markiewicza i in. (2015), w przypadku poziomów zbudowanych z wapienia łąkowego, porowatość całkowita wynosiła średnio 71,30%, natomiast w poziomach zbudowanych z gytii 80,80%. Poziom zbudowany z wapienia łąkowego w profilu P5 w pobliżu Tomisławic, posiadał z kolei porowatość całkowitą wynoszącą 85,00%, a poziom zbudowany z gytii (w tym samym profilu) niewiele większą – 85,31% (Tab. 8.). We wspomnianych poziomach, w przypadku tych zbudowanych z wapienia łąkowego, na różnicę wynoszącą 13,70% prawdopodobnie składała się wyższa w poziomie z profilu P5 – niż u wspomnianych autorów – zawartość materii organicznej. Natomiast w przypadku poziomów zbudowanych z gytii, pomimo wyższej u Markiewicza i in. (2015) zawartości materii organicznej, porowatość całkowita w poziomie z profilu P5 przyjmowała podobną wartość. Na tę sytuację mógł mieć wpływ stopień przeobrażenia materii organicznej, który u Markiewicza i in. (2015) najprawdopodobniej był wyższy, o czym może świadczyć opisana przez autorów większa (niż w poziomie z profilu P5) liczba humifikacji.

5. 4. Właściwości wodne.

Woda, obok fazy stałej oraz powietrza, stanowi integralną część trójfazowego układu gleby (Lekshmi i in. 2014). Zawartość wody w glebie, ma przede wszystkim kluczowe znaczenie w kształtowaniu się właściwości gleb organicznych (Berglund i Persson 1996). Spadek uwodnienia gleb organicznych – poprzez ograniczenie warunków beztlenowych, pociąga za sobą szereg niekorzystnych zmian, takich jak rozkład materii organicznej – a co za tym idzie, również zmianę właściwości fizycznych. (Owczarzak i in. 2003). Właściwości wodne gleb są ściśle powiązane z właściwościami takimi jak gęstość objętościowa, gęstość właściwa, porowatość całkowita oraz zawartość materii organicznej (Hallemma i in. 2015).

Kluczową właściwością wodną gleb, mającą znaczący wpływ na funkcjonowanie ekosystemów oraz uprawę roli, jest ich zdolność do retencjonowania wody (Edeh i in. 2020). Woda jest utrzymywana w glebie różnymi siłami, w zależności od tego jak duże przestwory (pory glebowe) wypełnia (Tyszkiewicz i in. 2019). Wielkość fizyczna, której używa się do opisanie tych sił, nazywa się potencjałem wody glebowej lub siłą ssącą gleby; z kolei do wyrażenia tej wielkości, używa się jednostki określanej symbolem pF, która stanowi logarytm dziesiętny z wysokości słupa wody (h [cm H₂O]), którego ciśnienie odpowiada sile ssącej gleby (Tyszkiewicz i in. 2019). Na podstawie analizy zawartości wody w glebie przy określonych wartościach pF, wykreśla się krzywą sorpcji wody, zwaną również krzywą pF; daje ona pełen obraz właściwości retencyjnych gleby – w tym przede wszystkim pozwala oszacować ilość wody jaką gleba jest w stanie zatrzymać na tyle odpowiednią siłą by uniemożliwić jej odpływ, przy jednoczesnym umożliwieniu roślinom jej pobieranie (He i in. 2021).

Ilość wody jaką gleba może zatrzymać siłami od pF 2.0 do 3.7 jest nazywana efektywną retencją użyteczną (ERU). W tym przedziale, woda jest pobierana przez rośliny najbardziej efektywnie (Campos i in. 2016). Z kolei przedział od pF 2.0 do 4.2, zwanym potencjalną retencją użyteczną (PRU), zawiera również wodę utrzymaną siłami pF 3,7 – 4,2, która jest trudno dostępna (Giddings 2014). Punkt trwałego wędnięcia (pF 4,2) jest osiągnięty wtedy, kiedy w glebie retencjonowana już tylko woda, trzymana siłami, które przewyższają siłę ssącą korzeni większości roślin (Rai i in. 2017).

5.4.1. Obiekt A – Kamień Mały

Polowa pojemność wodna (pF 2, PPW) w poziomach torfowych przyjmowała zakres: 73,22 – 80,84% v, w mułowych: 41,12 – 71,98% v, a w poziomie mineralnym wynosiła 52,25% v (Tab. 9.). Najwyższą wartość, oznaczono w poziomie torfu hemowego w profilu P3 a najniższą w tym samym profilu w poziomie mułu telmatycznego położonym warstwę wyżej.

Bardzo ważnymi właściwościami wodnymi są wilgotności przy granicy wody produkcyjnej (pF 3,7) oraz w punkcie trwałego wędnięcia roślin (pF 4,2). W profilu P1, obie te wartości wraz z głębokością rosły w poziomach mułowych, notowały gwałtowny spadek w poziomie mineralnym, po czym ponownie rosły, osiągając najwyższe wartości w podścielającym poziomie torfowym. W profilach P2 i P3, zarówno wilgotność przy pF 3,7 jak i 4,2 gwałtownie spadała przy przejściu od powierzchniowego do podpowierzchniowego poziomu mułowego, a następnie rosła, przechodząc jeszcze głębiej do podścielającego poziomu torfowego. W profilach P4 i P5 zmienność obu właściwości była niewielka, wraz z głębokością utrzymywała się na podobnym poziomie niezależnie od utworu. Wilgotność przy pF 3,7 osiągała wartości: 22,43 – 50,43% v w poziomach mułowych, 50,17 – 63,17% v w torfowych i 31,98% v w mineralnym. Przy pF 4,2 natomiast: 12,15 – 34,14% v w mułowych, 25,29 – 35,72% v w torfowych, oraz 12,47% v w mineralnym. Najmniejszą wilgotność przy pF 3,7 zanotowano w poziomie L12 w profilu P3, zaś przy pF 4,2 w poziomie L12 w profilu P2. Wilgotności największe natomiast, w przypadku pF 3,7 jak i 4,2 oznaczono w podścielających poziomach torfu hemowego, odpowiednio profilu P3 i P5 (Tab. 9.).

Efektywna retencja użyteczna (ERU, pF 2,0 – 3,7) w poziomach torfowych przyjmowała wartości z zakresu 12,08 – 27,36% v, w poziomach mułowych był to zakres 10,21 – 23,48% v, z kolei w poziomie mineralnym wynosiła 20,27% v. Cecha ta, na tle pozostałych opisanych wyżej właściwości wodnych charakteryzowała się niewielkim zróżnicowaniem, jej najwyższą wartość oznaczono w najniżej położonym poziomie torfu hemowego profilu P4, a najniższą w drugim od powierzchni poziomie mułu telmatycznego profilu P1.

Potencjalna retencja użyteczna (PRU, pF 2,0 – 4,2) charakteryzowała się większym zróżnicowaniem niż ERU, jej wartości w poziomach torfowych mieściły się w przedziale 44,32 – 52,25% v, i były wyraźnie wyższe niż w poziomach mułowych, w których przedział ten wynosił 25,65 – 43, 89% v. Wartość PRU obliczona dla jedyne poziomu mineralnego wynosiła 39,78% v. Najwyższą, oraz najniższą wartość PRU obliczono w tych samych poziomach, co w przypadku ERU tj. w poziomie torfu hemowego w profilu P3, oraz w poziomie mułu telmatycznego profilu P1 (Tab. 9.).

Maksymalna higroskopijność (MH, pF 4,5) charakteryzowała się najmniejszym zróżnicowaniem spośród wszystkich pojemności wodnych. Jej największą wartość – 10,64% v, oznaczono w drugim od powierzchni poziomie mułu telmatycznego profilu P3, zaś najmniejszą – 3,10% v, w jedynym mineralnym poziomie (Cgg) z profilu P1. Rodzaj utworu, z którego zbudowane były poszczególne poziomy, wydawał się nie mieć znaczenia w kontekście stwierdzonych w nich wartości MH. (Tab. 9.).

Tab. 9. Właściwości wodne gleb w Kamieniu Małym (obiekt A)

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Wilgotność przy pF:				ERU* [% v]	PRU** [% v]
			2,0	3,7	4,2	4,5		
P1	L11	0 – 22	42,02	30,72	16,04	10,54	11,3	25,98
	L12	22 – 34	47,72	37,51	22,07	9,33	10,21	25,65
	Cgg	34 – 59	52,25	31,98	12,47	3,10	20,27	39,78
	Oa	59 – 130	73,87	50,72	28,91	6,81	23,15	44,96
P2	L11	0 – 31	58,87	43,88	29,8	8,24	14,99	29,07
	L12	31 – 52	45,44	24,08	12,15	9,68	21,36	33,29
	Oa	52 – 100	75,23	55,75	31,78	5,49	19,48	43,45
P3	L11	0 – 18	61,33	45,12	34,15	7,20	16,21	27,18
	L12	18 – 38	41,12	22,43	14,25	10,64	18,68	26,87
	Oe	38 – 100	80,84	60,10	35,72	4,30	20,75	45,13
P4	L11	0 – 24	62,68	50,43	25,20	7,38	12,25	37,48
	L12	24 – 49	71,98	48,5	28,09	5,49	23,48	43,89
	Oe	49 – 100	77,53	50,17	25,29	5,21	26,89	52,25
P5	Oe1	0 – 45	73,22	61,14	28,89	5,58	12,08	44,32
	Oe2	45 – 100	75,83	63,17	31,05	3,65	12,66	44,77

* ERU - efektywna retencja użyteczna

** PRU - potencjalna retencja użyteczna

Szuniewicz i Churski (1957) badając gleby mułowo-torfowe Łąk Łabiszyńskich, zlokalizowane w zakolu Noteci w pobliżu Łabiszyna, pod kątem właściwości wodnych opisywali je jako gleby o niskiej prędkości wsiąkania wody. Autorzy podają, iż warstwy namułów, w zależności od zawartości i rodzaju substancji mineralnej, mogą w różnym stopniu utrudniać przenikanie wody do głębszych warstw profilu, jednak w porównaniu z glebami torfowymi wykazują większą zdolność do zatrzymywania wody w okresie suchym. Świadczą o tym różnice w proporcjach pomiędzy makroporami a mezo- i mikroporami, które w glebach słabo przepuszczalnych wykazują większy udział tych drugich (Święcicki i in. 1972). Według

wyników zawartych w pracy Szuniewicza i Churskiego (1957), połowa pojemność wodna osiągała wartości z zakresu 77,9 – 84,1% v. Podobnie jak w glebach z Kamienia Małego, w glebach Łąk Łabiszyńskich wartości tej cechy w warstwach namulów, były widocznie niższe niż w poziomach torfowych.

Według badań Jarosa (2003), w glebach torfowo-mułowych, zawartość mikroporów w dużym stopniu kształtowana jest przez popielność oraz gęstość gleby. Autor podaje, iż wysokie wartości tych cech, w glebach mułowo-torfowych najczęściej oznaczają dominujący udział mezo- i mikroporów nad makroporami. W przypadku gleb z Kamienia Małego, owa teza znajduje swoje odzwierciedlenie głównie w powiązanych z ilością mikroporów wartościach wody higroskopowej (pF 4,5), która w poziomach mułowych przyjmuje wartości średnio o kilka procent wyższe niż w poziomach torfowych. Wyniki właściwości wodnych przedstawione przez Jarosa (2003) w jego pracy dotyczącej gleb mułowych Narwiańskiego Parku Narodowego, w dużej mierze korespondowały z tymi uzyskanymi w poziomach mułowych w Kamieniu Małym. U Jarosa (2003), wartości połowej pojemności wodnej, mieściły się w zakresie 66,5 – 71,7% v, natomiast wartości ERU: 13,9 – 17,6% v. Gleby u wspomnianego autora posiadały zbliżone zawartości materii organicznej, jak i najprawdopodobniej zbliżoną strukturę porów. Jaros (2003) podaje, że większe wartości PRU jak i PPW w glebach torfowych – w porównaniu do gleb mułowych, są przede wszystkim efektem ich mniejszego zagęszczenia oraz większej zawartości M.O.

Pod względem właściwości wodnych, jedne z najbardziej podobnych gleb do tych w Kamieniu Małym, opisali w swojej pracy Misiewicz i in. (1980). Gleby bagiennej części Doliny Narwi, których dotyczył temat tej pracy, charakteryzowały się zaleganiem w warstwie stropowej silnie zapiaszczonych warstw mułu, oraz podobnymi jak w Kamieniu Małym właściwościami takimi jak popielność, porowatość całkowita oraz gęstość objętościowa. Przedstawione przez autorów wartości połowej pojemności wodnej przyjmowały zakres 56,0 – 68,2% v. Zakres PRU wynosił z kolei 33,6 – 49,0% v. Wszystkie te cechy w dużym stopniu pokrywały się z zakresami właściwości oznaczonymi w profilach glebowych w Kamieniu Małym.

5.4.2. Obiekt B – Radolin

Polowa pojemność wodna (PPW), w utworach torfowych kształtowała się w zakresie 64,26 – 81,77% v, z kolei w poziomach murszowych w granicach 63,59 – 75,78% v. Najwyższą jej wartość, oznaczono w najniższym położonym poziomie torfu hemowego w profilu P3, a najniższą, w powierzchniowym poziomie murszowym profilu P1. Najwyższe wartości PPW w profilach P1, P2 i P3 występowały w najgłębiej położonych poziomach torfowych, natomiast w profilach P4 i P5 w murszowych poziomach powierzchniowych (Tab. 10.).

We wszystkich profilach oprócz P5, wilgotności przy pF 3,7 oraz 4,2 wykazywały względem siebie wyraźne powiązanie. Niezależnie od kierunku, w którym wraz z głębokością następowały zmiany, obie te wartości zmieniały się w równoległy do siebie sposób. W P1, P2 i P4, wilgotność przy obu pF wraz z głębokością łagodnie rosła, osiągając najwyższe wartości w nisko położonych poziomach torfowych. W P3 z kolei, wraz z głębokością, obie wilgotności zmieniały się w sposób nieregularny. Przy przejściu z powierzchniowego poziomu murszowego, do podpowierzchniowego zbudowanego z torfu hemowego następował lekki spadek, następnie, przy przejściu do poziomu torfu fibrowego gwałtowny wzrost, z kolei, wraz z zejściem do poziomu podścielającego, który zbudowany był z torfu hemowego, ponownie lekki spadek. W profilu P5, wilgotność przy pF 3,7, od powierzchniowego poziomu murszowego, przez poziom torfu saporowego aż do podścielającego poziomu torfu hemowego, stopniowo spadała. Z kolei przy pF 4,2 (idąc w tym samym kierunku) zmieniała się nieregularnie, najpierw lekko rosnąc by później gwałtowniej spaść (Tab. 10.). Wilgotność przy pF 3,7 osiągnęła zarówno najniższą jak i najwyższą wartości w poziomach torfowych, mieszcząc się w przedziale: 40,36 – 62,23% v (poziom Oe w P5, poziom Oi w P3). Natomiast pF 4,2, najniższą wartość osiągnęła w powierzchniowym poziomie murszowym w P2, a najwyższą w torfowym fibrowym (Oi) w P3. Powstały, ogólny przedział wartości dla tej właściwości zawarł się w przedziale 28,89 – 41,94% v.

Wartości ERU mieściły się w zakresie 18,49 – 28,64% v. Największą wartość ze wspomnianego zakresu oznaczono w profilu P5 w poziomie zbudowanym z torfu saporowego zalegającym bezpośrednio pod powierzchniowym poziomem murszowym, zaś najmniejszą w profilu P4, w najniższym położonym poziomie zbudowanym z torfu hemowego. W ogólnym zestawieniu, wartości ERU w profilach z Radolina – niezależnie od rodzaju utworu w którym zostały oznaczone, w większości przypadków oscylowały bliżej środkowych wartości wspomnianego zakresu.

PRU przyjmowała wartości z zakresu 28,28 – 41,91% v, i podobnie jak w przypadku ERU nie wykazywała w pionowym układzie poziomów genetycznych żadnego wyraźnego uporządkowania. Zarówno najniższa, jak i najwyższa wartość PRU, występowała w najgłębiej położonych poziomach zbudowanych z torfu hemowego, gdzie pierwsza z nich oznaczona była w profilu P4 a druga w P3 (Tab. 10.).

Maksymalna higroskopijność, w dużo większym stopniu charakteryzowała się widocznym uschematyzowaniem niż pozostałe właściwości wodne. W każdym z profili, najwyższą wartość tej cechy oznaczono w powierzchniowych poziomach murszowych. Przedział wartości w tych poziomach wynosił 10,78 – 16,43% v, najniższą oznaczono w P2 a najwyższą w P5. W poziomach torfowych, maksymalna higroskopijność przyjmowała najmniejsze wartości zazwyczaj w poziomach zbudowanych z torfu hemowego i fibrowego, a nieco większe w poziomach z torfu saporowego.

W obszarze właściwości wodnych, gleby badane w Radolinie, przypominały opisywane przez Grzywnę (2010) gleby torfowo-murszowe zmeliorowanych łąk w dolinie rzeki Piwonii. Autor skupia się na właściwościach takich jak m.in. połowa pojemność wodna, jako jednych z podstawowych cech charakteryzujących te gleby – głównie poprzez powiązanie z innymi właściwościami takimi jak popielność czy gęstość objętościowa. Podobnie jak w przypadku gleb z Radolina, powierzchniowy poziom murszowy w glebie badanej przez Grzywnę (2010), charakteryzował się najniższą w profilu wartością połowej pojemności wodnej (70% v), natomiast wraz z głębokością, rosła ona stopniowo, osiągając najwyższe wartości w najniżej położonych poziomach torfowych (73% v).

Brandyk i in. (1996). badając gleby torfowo-murszowe w Środkowym Basenie rzeki Biebrzy, również otrzymali zbliżone zakresy wartości właściwości wodnych do tych oznaczonych w Radolinie. Połowa pojemność wodna wynosiła u autorów – 65,1 – 71,4%v, natomiast PRU – 33,0 – 50,5 %v. Na podobieństwo powyższych gleb do tych z Radolina najprawdopodobniej w dużej mierze rzutowały porównywalna popielność oraz gęstość objętościowa.

Tab. 10. Właściwości wodne gleb w Radolinie (obiekt B).

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Wilgotność przy pF:				ERU* [% v]	PRU** [% v]
			2,0	3,7	4,2	4,5		
P1	M	0 – 18	63,59	43,01	32,94	13,41	20,58	30,65
	Oe1	18 – 42	77,39	51,43	38,91	6,40	25,96	38,48
	Oe2	42 – 58	78,71	54,06	41,66	6,68	24,65	37,05
	Oe3	58 – 100	80,46	52,8	38,70	6,44	27,66	41,76
P2	M	0 – 15	70,79	45,62	28,89	10,78	25,17	41,89
	Oe	15 – 30	72,06	49,17	38,29	6,41	22,89	33,77
	Oa	30 – 100	75,57	51,58	38,41	8,54	23,99	37,16
P3	M	0 – 20	73,60	49,09	32,06	13,43	24,5	41,54
	Oe1	20 – 35	68,46	44,14	29,62	10,54	24,31	38,83
	Oi	35 – 80	81,67	62,23	41,94	6,74	19,45	39,73
	Oe2	80 – 130	81,77	59,66	39,86	5,96	22,11	41,91
P4	M	0 – 18	69,12	43,71	33,01	11,45	25,42	36,12
	Oe1	18 – 75	68,58	45,98	36,03	6,50	22,59	32,55
	Oe2	75 – 130	64,26	45,78	35,98	5,57	18,49	28,28
P5	M	0 – 15	75,78	50,70	39,29	16,43	25,08	36,49
	Oa	15 – 50	70,68	42,04	40,94	7,02	28,64	29,73
	Oe	50 – 130	68,83	40,36	33,39	5,59	28,47	35,44

* ERU - efektywna retencja użyteczna

** PRU - potencjalna retencja użyteczna

5.4.3. Obiekt C – Ościsłowo

Polowa pojemność wodna (PPW) poziomach murszowych i torfowych przyjmowała zbliżone zakresy wynoszące odpowiednio: 59,87 – 69,32% v, oraz 65,62 – 74,03% v. W poziomie zbudowanym z utworów limnicznych wartość tej cechy wynosiła – 72,11% v, natomiast w poziomach mineralnych: 50,16 i 53,86% v, w przypadku poziomów deluwialnych (Ah1, Ah2 w P4), oraz 9,39% v w przypadku piaszczystego poziomu podścielającego (Cgg w P5), co jednocześnie było najniższą oznaczoną wartością w glebach obiektu C. Najwyższą wartość oznaczono z kolei w profilu P4, w zalegającym pod deluwium poziomie torfu fibrowego (Tab. 11).

Wilgotność przy pF 3,7 oraz 4,2, wraz z głębokością zmieniały się nieregularnie, nie wykazując w większości powiązania, ani z rodzajem utworu, ani też z głębokością zalegania. Z wyraźniejszych zmian, jedynie w profilu P4 zauważalny był gwałtowny wzrost wilgotności przy obu tych pF, przy przejściu z poziomów deluwialnych Ah1 i Ah2 do zalegającego pod nimi poziomu torfu fibrowego. Przyczyną tego najprawdopodobniej była bardzo duża różnica

zarówno w gęstości objętościowej, porowatości całkowitej jak i zawartości materii organicznej pomiędzy poziomami deluwialnymi, a poziomem torfu fibrowego. Przy pominięciu mineralnego poziomu podścielającego profil P5 (Cgg), w którym oznaczono najniższe (znacznie niższe niż pozostałe) wartości obu wilgotności (4,23% v przy pF 3,7 i 2,22% v przy pF 4,2), przedział dla wilgotności przy pF 3,7 wynosił 29,27 – 52,19% v, natomiast przy pF 4,2 14,26 – 36,71% v. Najwyższe wartości z tych przedziałów dla pF 3,7 oznaczono w poziomie Oa w profilu P5, a dla pF 4,2 w poziomie M2 w profilu P1, natomiast najniższe, zarówno dla pF 3,7 jak i pF 4,2, w poziomie Ah2 w profilu P4 (Tab. 11).

Wartości ERU i PRU, podobnie jak w przypadku połowej pojemności wodnej, tworzyły charakterystyczny, symetryczny względem siebie układ, w którym wartości obu tych cech w pionowym układzie każdego z profili, wraz z głębokością równolegle rosły lub malały zachowując między sobą zbliżone odstępki. Przedziały wartości ERU i PRU w ogólnym zestawieniu wynosiły 5,16 – 27,99% v dla ERU i 7,16 – 52,61% v dla PRU. W przypadkach obu tych właściwości, większość oznaczonych wartości występowała w środkowej części opisanych wyżej przedziałów. Najniższe wartości zarówno dla jednej i drugiej właściwości obliczono w poziomie Cgg w profilu P5 z kolei najwyższe, w poziomie torfu saprowego Oa w profilu P1 (ERU) i poziomie torfu fibrowego Oi w profilu P3 (PRU, Tab. 11.).

Maksymalna higroskopijność, charakteryzowała się niewielkim zróżnicowaniem. Jej wartości mieściły się w przedziale 1,41 – 13,19% v, przy czym zdecydowana ich większość była zbliżona do ogólnej średniej wynoszącej 10,22%. Najniższą jej wartość oznaczono w poziomie Cgg w profilu P5, natomiast najwyższą w poziomie Oe w profilu P3 (Tab. 11.).

Porównując profile gleb torfowo-murszowych wykonanych w okolicach Ościsłowa, do gleb torfowo-murszowych opisywanych przez Grzywnę (2010) i Brandyka (1996), zaobserwowano niewielkie powiązanie pomiędzy połową pojemnością wodną a stopniem transformacji utworu organicznego (P1 i P2), najprawdopodobniej jednak, z uwagi na występujące w różnym stopniu zamulenie poziomów torfowych, nie wszędzie powiązania te są tak wyraźne (P3, P4 i P5).

Tab. 11. Właściwości wodne gleb w pobliżu Ościsłowa (obiekt C).

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Wilgotność przy pF:				ERU* [% v]	PRU** [% v]
			[% v]					
			2,0	3,7	4,2	4,5		
P1	M1	0 – 18	59,87	36	21,4	9,52	23,87	38,47
	M2	18 – 50	62,19	49,09	36,71	10,66	13,09	25,47
	Oi	50 – 70	72,32	45,93	27,37	8,34	26,39	44,95
	Oe	70 – 100	65,62	52,09	30,92	9,44	13,53	34,7
P2	M1	0 – 20	63,19	43,49	20,95	10,5	19,71	42,24
	M2	20 – 45	69,32	43,06	25,87	12,08	26,26	43,46
	Oa	45 – 60	68,67	40,68	24,37	11,45	27,99	44,3
	Oi	60 – 70	71,66	44,47	27,22	10,36	27,19	44,44
	Oe	70 – 100	70,74	43,72	26,91	11,08	27,02	43,83
P3	M	0 – 20	62,89	46,2	20,85	10,44	16,69	42,03
	Lcca	20 – 30	72,11	49,96	24,3	12,4	22,15	47,82
	Oi	30 – 55	73,45	47,74	20,84	12,26	25,71	52,61
	Oe1	78 – 88	68,3	44,87	22,37	10,11	23,43	45,93
	Oe2	88 – 100	72,46	45,83	23,36	9,84	26,63	49,1
P4	Ah1	0 – 10	53,86	33,06	16,16	10,69	20,8	37,7
	Ah2	10 – 45	50,16	29,27	14,24	9,67	20,89	35,92
	Oi1	45 – 62	74,03	51,23	33,35	13,19	22,8	40,68
	Oi2	62 – 100	73,49	50,19	28,89	8,79	23,3	44,6
P5	M	0 – 12	68,95	41,91	26,41	12,53	27,04	42,54
	Oe1	12 – 25	65,76	39,39	22,84	10,44	26,37	42,93
	Oa	25 – 40	73,43	52,19	35,78	9,22	21,24	37,65
	Oe2	40 – 60	70,92	50,33	30,91	10,8	20,59	40,01
	Cgg	60 – 150	9,39	4,23	2,22	1,41	5,16	7,16

* ERU - efektywna retencja użyteczna

** PRU - potencjalna retencja użyteczna

Orzechowski i Smólczyński (2002) w pracy dotyczącej gleb pobagiennych Pojezierza Mazurskiego, prezentują podobne wyniki dotyczące gleb torfowych – zamulonych jak i niezamulonych, do tych otrzymanych w glebach z okolic Ościsłowa. Autorzy, porównując poziomy genetyczne zbudowane z tego samego utworu torfowego, jednak różniące się stopniem zamulenia wnioskuje, że wraz z zamuleniem zmniejsza się PRU. Na podstawie przedstawionych przez Orzechowskiego i Smólczyńskiego (2002) ilości mikroporów w badanych przez niego glebach, można domniemywać, że opisywane przez niego poziomy zamulone, najprawdopodobniej charakteryzowały się większą MH niż poziomy niezamulone. Przedstawione w cytowanej pracy wyniki PRU w poziomach torfu niezamulonego

przyjmowały zakres 50,7 – 51,5% v. W torfie zamulonym, wartości te wynosiły natomiast 32,3 – 49,9% v, i były bardziej zbliżone do tych uzyskanych w profilach z okolic Ościsłowa.

Orzechowski i Smólczyński (2002) opisują również sytuację podobną, do tej w profilu P4, która dotyczyła gleby torfowej przykrytej warstwą deluwialnego osadu. W opisywanej przez autora glebie, podobnie jak w profilu P4, powierzchniowe warstwy deluwium charakteryzowały się dużo większym zagęszczeniem niż zalegające pod nimi warstwy torfu. Stwierdzono w nich także dużo mniejszą (niż w poziomach torfowych) PRU (37,7 – 39,9% v). Na podstawie podanego przez autorów objętościowego udziału mikroporów w tych utworach, można przypuszczać, że posiadały one wyższą niż w poziomach torfowych MH. Ze względu na słabą przepuszczalność skutkującą ograniczeniem dostępu powietrza, autorzy przypisują warstwom deluwialnym właściwości ochronne, mogące wpływać na zahamowanie procesu mineralizacji zalegających pod nimi torfów. W podobnym kontekście opisano również sytuację badaną przez Mendyka i in. (2015), która dotyczyła przykrycia przez warstwy deluwium, pokładów gytii detrytusowej na dnie zanikającego jeziora wytopiskowego na Pojezierzu Brodnickim.

5.4.4. Obiekt D – Tomisławice

W utworach organicznych i limnicznych PPW przyjmowała wartości z zakresu 57,22 – 75,67%v, natomiast w poziomach mineralnych: 10,55 – 22,34%. Skrajne wartości (kolejno najmniejszą i największą) oznaczono w poziomach C2 w profilu P2 oraz w poziomie gytii detrytusowej Lcca w profilu P5.

Wilgotności przy pF 3,7 i 4,2. w poziomach organicznych i limnicznych, kształtowały się następująco: dla pF 3,7 wilgotność mieściła się w zakresie 42,04 – 58,00% v, a dla pF 4,2 w zakresie 10,31 – 35,92% v. Natomiast w poziomach mineralnych wynosiła: 4,71 – 10,80%v dla pF 3,7 oraz 2,93 – 7,90% v dla pF 4,2. Wartości skrajne, kolejno najmniejszą i największą, zarówno dla wilgotności przy pF 3,7 jak i przy pF 4,2 oznaczono w poziomach C2 w profilu P2 oraz poziomie Lcca w profilu P5. (Tab. 12.).

Poziomy zbudowane z utworów organicznych oraz limnicznych charakteryzowały się wartościami ERU w zakresie 10,39 – 17,67%v, a poziomy mineralne w zakresie: 5,83 – 11,54%v. Wartości skrajne występowały kolejno w poziomie C2 w profilu P3 oraz w poziomie Lcca w profilu P5.

W przypadku PRU, w poziomach organicznych i limnicznych właściwość ta przyjmowała wartości z zakresu 32,97 – 46,91% v, z kolei w poziomach mineralnych 7,62 –

16,22% v. Wartości skrajne oznaczono w poziomie C2 w profilu P2 oraz w poziomie M2 w profilu P4 (Tab. 12.).

Wilgotność przy MH w pionowym układzie poziomów kształtowała się w sposób mało zróżnicowany. Jediną charakterystyczną cechą, było widoczne w profilach od P2 do P5, osiąganie najwyższych wartości tej właściwości w powierzchniowych poziomach murszowych. Ogólny przedział wartości tej właściwości miał zakres 1,16 – 11,13% v, a jego skrajne wartości oznaczono kolejno w poziomie deluwialnym Ah2 w profilu P1 i w powierzchniowym poziomie murszowym w profilu P5.

Wyróżniające się niską porowatością całkowitą i wysoką gęstością właściwą podścielające poziomy mineralne, charakteryzowały się niskimi zdolnościami retencyjnymi. Jak podają Owczarzak i in. (2003) podłoże mineralne o podobnych właściwościach jak te obecne w profilach P1, P2 i P4, może niekorzystnie wpływać na warunki wodno-powietrzne w zalegających wyżej warstwach organicznych. Potwierdzeniem tej tezy może być silny stopień wtórnego przeobrażenia stwierdzony w poziomach murszowych tych profili.

Gajewski i in. (2011) w swoich badaniach dotyczących gleb hydrogenicznych zlokalizowanych podobnie jak w przypadku obiektu D w okolicach odkrywki Tomisławice, jako główne czynniki determinujące właściwości wodne podawali z kolei zawartość materii organicznej, stopień jej rozkładu oraz zmurszenia. Podane przez autorów wartości właściwości wodnych kształtowały się w poziomach organicznych w następujący sposób: PPW mieściła się w przedziale 62,38 – 75,19%v, wilgotność przy pF 3,7 – 36,35 – 56,16%v, przy pF 4,2 – 28,79 – 39,44%v, ERU – 11,15 – 25,32%v, PRU – 18,38 – 38,19%v, oraz MH – 11,47 – 20,19%v. W większości przypadków wartości podane przez autorów, które mieściły się w powyższych przedziałach były zbliżone do wyników uzyskanych w niniejszej pracy. Wyniki Gajewskiego i in. (2011), różniły się natomiast od wyników niniejszej pracy wyższymi wartościami MH, które w pionowym układzie profilu, wyższe wartości przyjmowały głównie w poziomach murszowych (podobnie jak w profilach P2 – P5). Jak podają ci autorzy na zróżnicowanie tej cechy mają wpływ zarówno większy stopień wtórnego przeobrażenia jak i zawartość materii organicznej. W pracy, wartości MH przyjmowały wyższe wartości w poziomach charakteryzujących się wyższą zawartością M.O. Podobną – aczkolwiek nieliniową zależność wykazali – w obrębie poziomów murszowych – Gajewski i in (2011). Inni autorzy zwracają uwagę na spadek udziału mikroporów w rezultacie murszenia (Roj-Rojewski 2007).

Tab. 12. Właściwości wodne gleb w pobliżu Tomisławic (obiekt D).

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Wilgotność przy pF:				ERU* [% v]	PRU** [% v]
			[% v]					
			2,0	3,7	4,2	4,5		
P1	Ah1	0 – 30	22,34	10,80	6,12	3,47	11,54	16,22
	Ah2	30 – 50	18,01	7,57	4,30	1,16	10,44	13,71
	Ccagg1	50 – 100	18,58	10,11	7,90	5,25	8,48	10,68
	Ccagg1	100 – 150	11,27	5,16	3,20	1,70	6,11	8,07
P2	M	0 – 45	64,96	51,13	22,82	4,19	13,83	42,14
	C1	45 – 70	11,06	5,15	3,26	1,95	5,91	7,80
	C2	70 – 120	10,55	4,71	2,93	1,75	5,83	7,62
P3	M	0 – 20	60,68	44,90	18,13	6,57	15,78	42,55
	Oi	40 – 70	60,74	47,28	21,15	5,05	13,46	39,59
	Oe	80 – 120	62,87	51,90	26,36	4,15	10,97	36,51
P4	M1	0 – 22	60,80	46,04	16,23	3,28	14,76	44,57
	M2	22 – 65	57,22	42,04	10,31	2,39	15,18	46,91
	Ccagg	65 – 85	12,25	5,29	3,40	1,61	6,96	8,86
	Cgg	85 – 120	11,24	4,98	3,40	1,73	6,26	7,84
P5	M	0 – 22	61,88	51,49	24,87	11,13	10,39	37,01
	Oe	22 – 55	65,53	54,85	26,88	10,09	10,69	38,65
	Lcca	55 – 70	75,67	58,00	35,92	5,16	17,67	39,75
	Lm	70 – 87	62,86	50,93	29,89	3,04	11,93	32,97

* ERU - efektywna retencja użyteczna

** PRU - potencjalna retencja użyteczna

Opisane wyniki właściwości wodnych, uzyskane w poziomach torfowych i limnicznych znajdują swoje potwierdzenie w również w badaniach Jaromińskiej (2015). Autorka w swojej pracy, jako główną przyczynę odpowiedzialną za różnice pomiędzy właściwościami wodnymi gleb torfowych i gytiowych wskazuje ich zróżnicowaną strukturę, która zależna jest m.in. od stopnia rozkładu materii organicznej. W badaniach autorki, substancja organiczna utworów limnicznych (gytia detrytusowa) była dużo bardziej rozłożona niż w utworach torfowych, co wpływało na zmniejszenie udziału makroporów, na rzecz mezo i mikroporów w porowatości całkowitej. Jest to teza która znajduje swoje odzwierciedlenie w niektórych właściwościach profilu P5, gdzie poziomy limniczne, przy zbliżonej porowatości całkowitej, wykazują większe niż w torfie wartości połowej pojemności wodnej oraz ERU.

5.5. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne.

5.5.1. Zawartość materii organicznej, węgla organicznego oraz azotu ogólnego.

Materia organiczna w glebie jest bardzo złożona. Składają się na nią mikroorganizmy, występujące w różnym stadium rozkładu szczątki obumarłych roślin i zwierząt, części podziemne roślin oraz szeroko pojęta „substancja organiczna”, na którą składa się ogół związków organicznych zawierających węgiel – w tym próchnica glebowa (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2005). Będąc głównym czynnikiem strukturotwórczym, glebowa materia organiczna silnie oddziałuje na większość właściwości fizycznych i chemicznych gleb, do których zaliczają się przede wszystkim: porowatość, przepuszczalność wodna, zdolności retencyjne, pojemność sorpcyjna, właściwości buforowe i ich skład chemiczny (Jonczak i Parzych 2016). Zawartość materii organicznej w glebach kształtowana jest przez wiele czynników, spośród których wyróżnia się: klimat, skałę macierzystą, typ gleby, ukształtowanie terenu, oraz działalność człowieka (Spain i in. 1983). Głównym źródłem materii organicznej w glebach są szczątki roślinne, pochodzące zarówno z nadziemnych jak i podziemnych części roślin (Six i in. 2001).

W glebach torfowych, kluczowym procesem akumulacji materii organicznej jest zachodzący w warunkach anaerobiozy bezwzględnej proces torfienia (Tomaszewski 1958). Polega on na powolnych przemianach chemicznych i strukturalnych, prowadzących do częściowego rozkładu szczątków roślin bagiennych i odkładaniu ich w postaci masy torfowej (Żebrowska i Kociołek-Balawejder 2010). W zależności od rodzaju siedliska oraz panujących w nim warunków wodnych, oprócz torfienia, wśród procesów glebotwórczych polegających na akumulacji utworów organicznych, wyróżnia się również procesy: glejowo-darniowy, błotny (mułotwórczy), namywany (namułowy) oraz gytiotwórczy (Okruszko 1977).

Zawartość materii organicznej może być również opisana przez takie właściwości jak popielność czy zawartość węgla organicznego – są to właściwości tak ściśle ze sobą powiązane, że możliwa jest estymacja jednej z nich na podstawie drugiej (Łądkiewicz i in. 2017). W wynikach niniejszej pracy (w tabelach od 13 do 16) zaprezentowano zarówno zawartość materii organicznej (M.O.) jak i węgla organicznego (C_{org}), jednak z uwagi na wysoką korelację między nimi, szczegółowo omówiono tylko zawartość materii organicznej. Temat węgla organicznego poruszany jest również w rozdziale 5.6. pod kątem właściwości materii organicznej oraz w rozdziale 2.1., w kontekście klasyfikacji utworów hydrogenicznych.

Na kształtowanie się zawartości materii organicznej w glebach, wpływa również wiele procesów prowadzących do jej przemian, które zostały omówione w podrozdziale 2.3.

Na ogół zawartości azotu w glebach, składa się azot związany w substancji organicznej (tzw. azot organiczny) oraz azot występujący w formach mineralnych – głównie azotanowych i amonowych (Mroczkowski i Stuczyński 2011). W glebach hydrogenicznych, zawartość ta jest ściśle powiązana z ilością oraz jakością materii organicznej (Gotkiewicz i in. 1996).

Zawartość azotu nie jest w pracy omawiana w sposób niezależny, natomiast została ona dodatkowo omówiona w podrozdziale 5.6., dotyczącym stosunku zawartości węgla do azotu.

5.5.1.1. Obiekt A – Kamień Mały

Najwyższe zawartości materii organicznej (M.O.) zostały stwierdzone we wszystkich poziomach torfu saprowego i hemowego, które zalegały pod powierzchniową warstwą mułu telmatycznego. Dużo niższe natomiast, zaobserwowano w powierzchniowych poziomach mułowych. Poziomy mułu telmatycznego obecne w wierzchnich warstwach profili od P1 do P4 charakteryzowały się zawartością materii organicznej w przedziale 25,98 – 42,14%, natomiast w poziomach torfowych zalegających pod nimi, stwierdzono wartości w przedziale 78,44 – 86,03%. W poziomach profilu P5 całkowicie zbudowanego z torfu hemowego, materia organiczna występowała w przedziałach pośrednich, pomiędzy opisanymi wcześniej wartościami, w poziomie Oe1 oznaczono zawartość materii organicznej równą 58,61%, natomiast w poziomie Oe2, zalegającym poniżej – 40,68% (Tab. 13.). Warstwa mineralna obecna w profilu P1 zawierała najmniej materii organicznej (17,97%), natomiast najwięcej zawierał jej poziom torfu saprowego w spągu profilu P1. Ciekawym trendem zaobserwowanym na tym obszarze był niewielki wzrost zawartości materii organicznej w mułowych poziomach powierzchniowych, wraz ze wzrostem odległości od pobliskiego ciek.

Malinowski (2008) podaje, iż na terenie Parku Narodowego Ujście Warty, nie występują procesy torfotwórcze, wręcz obserwuje się stopniowy zanik masy organicznej w występujących tam glebach. Autor, spośród badanych przez siebie gleb na wspomnianym terenie, wyróżnia m.in. gleby torfowo-mułowe, w których uznaje ich wierzchnie warstwy mułowe za pełniące funkcję ochronną, ograniczającą przesuszanie położonych głębiej warstw torfu. Podane przez Malinowskiego (2008) zawartości M.O. w poziomach mułowych osiągały 16 – 25%, natomiast w poziomach torfowych 60 – 89%, i były to wartości porównywalne z wartościami oznaczonymi w niniejszej pracy, zwłaszcza w przypadku poziomów torfowych.

**Tab. 13. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb
– obiekt A.**

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Zawartość materii organicznej [%]	C _{org} [%]	N [%]	pH w:		CaCO ₃ [%]
						H ₂ O	KCl	
P1	L11	0 – 22	26,11	14,01	1,17	6,2	5,6	<0,2
	L12	22 – 34	25,98	12,95	1,03	6,4	5,6	<0,2
	Cgg	34 – 59	17,97	9,19	0,68	5,7	5,3	<0,2
	Oa	59 – 130	86,03	51,31	2,93	7,0	6,3	0,9
P2	L11	0 – 31	27,35	14,88	1,24	6,6	6,1	<0,2
	L12	31 – 52	28,22	14,41	1,09	6,4	5,8	<0,2
	Oa	52 – 100	78,44	47,01	3,39	6,1	5,5	0,2
P3	L11	0 – 18	29,11	15,56	1,28	6,5	5,8	<0,2
	L12	18 – 38	28,26	15,12	1,21	6,6	5,9	0,2
	Oe	38 – 100	85,81	54,30	3,64	6,0	5,6	<0,2
P4	L11	0 – 24	35,58	19,94	1,61	6,0	5,7	0,2
	L12	24 – 49	42,14	24,73	1,67	5,9	5,6	<0,2
	Oe	49 – 100	81,32	47,78	3,63	6,1	5,7	0,2
P5	Oe1	0 – 45	58,61	34,71	1,82	5,7	5,5	0,5
	Oe2	45 – 100	40,68	25,88	1,39	6,0	5,7	0,2

Podobieństwo do badanych gleb w Kamieniu Małym pod kątem budowy morfologicznej, oraz zawartości materii organicznej, zauważono również analizując wyniki zamieszczone w pracy Paproty (2015), dotyczącej gleb mułowo-torfowych w górnym odcinku doliny Iny. Podane przez autora zawartości M.O. w poziomach mułowych wynosiły 18 – 54%, natomiast w poziomach torfowych 86 – 88%. Podobieństwo to najpewniej wynikało ze zbliżonych warunków siedliskowych. Zarówno u Paproty (2015) jak i w Kamieniu Małym, były to tereny zalewowe, gdzie panujące warunki wodne umożliwiały okresowo odkładanie się warstw mułu telmatycznego, oraz w zbliżonym stopniu ograniczały dostęp tlenu.

5.5.1.2. Obiekt B – Radolin

Zróznicowanie zawartości materii organicznej w najbardziej zbliżony do siebie sposób kształtowało się w profilach P1, P3 i P5. W każdym z tych profili, najniższą zawartość materii organicznej oznaczono w powierzchniowym poziomie murszowym, po czym przy przejściu do pierwszego zalegającego niżej poziomu torfowego zawartość ta gwałtownie wzrastała, i finalnie wraz z głębokością utrzymywała się na podobnym poziomie. W profilu P2 zmienność ta wyglądała podobnie, z tą różnicą, że w najniżej zalegającym poziomie torfowym występował niewielki spadek M.O (Tab. 14.).

Tab. 14. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb – obiekt B.

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Zawartość materii organicznej [%]	C _{org} [%]	N [%]	pH w:		CaCO ₃ [%]
						H ₂ O	KCl	
P1	M	0 – 18	73,77	43,95	3,85	6,5	6,1	0,3
	Oe1	18 – 42	87,12	56,41	3,27	6,5	6,0	<0,2
	Oe2	42 – 58	86,16	54,23	3,00	6,4	5,9	0,3
	Oe3	58 – 100	86,14	55,88	3,24	6,3	6,0	<0,2
P2	M	0 – 15	71,41	41,46	3,63	6,7	6,2	<0,2
	Oe	15 – 30	36,36	20,66	1,19	4,8	4,7	<0,2
	Oa	30 – 100	72,69	41,79	3,49	6,0	5,7	0,2
P3	M	0 – 20	53,09	30,68	2,69	7,6	7,1	2,2
	Oe1	20 – 35	84,36	54,08	3,73	6,7	6,3	0,2
	Oi	35 – 80	84,48	53,80	3,43	6,7	6,2	<0,2
	Oe2	80 – 130	76,24	48,65	3,14	7,1	6,7	0,4
P4	M	0 – 18	73,15	43,32	3,71	7,0	6,7	<0,2
	Oe1	18 – 75	88,71	56,35	3,72	6,6	5,9	0,2
	Oe2	75 – 130	88,93	57,52	3,66	6,3	5,8	0,2
P5	M	0 – 15	37,14	19,45	1,61	7,0	6,5	1,3
	Oa	15 – 50	82,09	52,02	3,54	6,9	6,2	0,3
	Oe	50 – 130	85,46	54,67	3,09	6,6	6,1	0,2

W inny sposób zmieniała się zawartość materii organicznej w profilu P2. Zarówno powierzchniowy poziom murszowy, jak i zalegający najniżej poziom torfu saprowego, charakteryzowały się bardzo zbliżoną zawartością materii organicznej wynoszącą odpowiednio – 71, 41% oraz 72,69%. Z kolei w rozdzielałym je poziomie torfu hemowego, najprawdopodobniej z powodu zamulenia, zawartość M.O. była niemal dwukrotnie niższa –

36,36%. Był to jednocześnie poziom o najniższej zawartości materii organicznej spośród wszystkich poziomów ogółem. Poziomem o najwyższej zawartości materii organicznej był natomiast najgłębiej zalegający poziom torfu hemowego w profilu P4 – 88,93%.

Na terenie Radolina, badania gleb torfowo-murszowych – podobnych jak w niniejszej pracy – prowadzili Grzelak i in. (2011), oraz Kaczmarek i in. (2010). W obu pracach, wyniki przedstawiające zawartość materii organicznej w poziomach murszowych jak i torfowych, w dużej mierze pokrywały się z wynikami otrzymanymi w niniejszej pracy. U Grzelaka i in. (2011) zawartość M.O. w poziomach murszowych kształtowała się w przedziale: 21,0 – 75,4%, a w torfowych: 48,5 – 82,2%, przy czym w większości były to wartości bliżej górnej granicy podanych przedziałów. Z kolei u Kaczmarka i in. (2010) w poziomach murszowych występował zakres wartości: 22,0 – 66,1%, natomiast w poziomach torfowych: 83,3 – 88,5%. Na podstawie wielu podobieństw pomiędzy wynikami otrzymanymi w niniejszej pracy a pracami powyższych autorów, można przypuszczać iż profile od P1 do P5 stanowiły typowy obraz gleb organicznych zlokalizowanych na odcinku doliny Noteci w pobliżu Radolina. Skala podobieństw była prawdopodobnie zasługą niewielkiego zróżnicowania podłoża oraz warunków wodnych panujących na danym obszarze.

5.5.1.3. Obiekt C – Ościsłowo

Zawartość materii organicznej w profilach P1, P2 i P3 charakteryzowała się nieregularną zmiennością, w większości przypadków nie mającą powiązania, ani z rodzajem utworu, ani z głębokością zalegania poszczególnych poziomów. W P1, w murszowym poziomie powierzchniowym M1, oznaczono najniższą – a w zalegającym bezpośrednio pod nim M2, najwyższą zawartość materii organicznej w całym profilu. Wraz z głębokością, w poziomie torfu fibrowego następował ponowny spadek zawartości M.O. do wartości porównywalnej z poziomem powierzchniowym, a kolejno w poziomie zalegającym najniżej, jej ponowny, niewielki wzrost (Tab. 15.).

W profilu P2, obydwie poziomy murszowe znajdujące się w powierzchniowej części profilu charakteryzowały się porównywalną zawartością materii organicznej. Poniżej tych poziomów, wraz z głębokością, następował naprzemiennie jej spadek w poziomie torfu saprowego, gwałtowny wzrost w poziomie torfu fibrowego oraz ponowny spadek w najgłębiej zalegającym poziomie torfu hemowego.

W profilu P3, zmiany zawartości M.O. były w podobny sposób nieregularne jak w profilu P2. Między powierzchniowym poziomem murszowym a zalegającym tuż pod nim

poziomem gytyi detrytusowej, występował prawie dwukrotny spadek zawartości materii organicznej, po czym, przy przejściu do położonego głębiej poziomu torfu fibrowego, dwukrotny jej wzrost. W położonych niżej poziomach torfu hemowego, zmiany zawartości M.O. były równie nieregularne, ale różnice między nimi były wyraźnie mniejsze (Tab. 15.).

Tab. 15. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb – obiekt C.

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Zawartość materii organicznej [%]	C _{org} [%]	N [%]	pH w:		CaCO ₃ [%]
						H ₂ O dest.	KCl	
P1	M1	0 – 18	50,56	29,11	2,36	6,9	6,3	9,6
	M2	18 – 50	72,96	40,78	2,98	6,8	6,5	4,2
	Oi	50 – 70	51,82	28,57	1,81	7,1	6,8	38,0
	Oe	70 – 100	57,54	28,42	1,81	7,1	6,8	34,5
P2	M1	0 – 20	31,91	15,50	1,04	7,3	7,0	67,6
	M2	20 – 45	33,23	16,20	1,17	7,4	7,0	59,7
	Oa	45 – 60	23,71	13,45	0,87	7,4	7,1	33,3
	Oi	60 – 70	53,99	30,60	1,74	7,5	7,1	8,3
	Oe	70 – 100	46,25	27,65	1,65	7,3	7,1	41,0
P3	M1	0 – 20	40,84	19,19	1,66	7,3	7,0	38,3
	Lcca	20 – 30	25,05	15,58	0,68	7,5	7,1	74,9
	Oi	30 – 55	51,72	31,65	1,97	7,3	7,0	35,0
	Oe1	78 – 88	36,96	22,53	1,23	7,3	7,1	43,9
	Oe2	88 – 100	42,21	24,88	1,41	7,5	7,0	47,7
P4	Ah1	0 – 10	21,74	10,80	0,94	7,4	7,1	8,6
	Ah2	10 – 45	17,51	9,02	0,78	7,4	7,1	9,8
	Oi1	45 – 62	81,35	47,02	3,71	7,4	7,1	5,7
	Oi2	62 – 100	77,27	46,39	2,84	7,4	7,1	5,3
P5	M	0 – 12	41,25	23,22	2,11	6,9	6,6	0,3
	Oe1	12 – 25	42,25	23,90	2,10	7,0	6,6	0,3
	Oa	25 – 40	47,75	27,33	2,31	6,9	6,3	0,2
	Oe2	40 – 60	62,10	34,10	2,51	6,7	6,2	0,3
	Cgg	60 – 150	2,11	1,03	0,06	7,1	7,0	0,2

W profilu P4, zauważono bardzo wyraźną różnicę w zawartości materii organicznej pomiędzy powierzchniowymi poziomami próchnicznymi a zalegającym poniżej torfem fibrowym. Przy przejściu między tymi dwoma rodzajami utworów, następowała gwałtowna zmiana jej zawartości, rosnąc prawie czterokrotnie. Z uwagi na tak znaczną różnicę w zawartości M.O. oraz niski stopień rozkładu torfu, można sądzić, iż w profilu P4 najprawdopodobniej miało miejsce podobne zjawisko, jak to opisane przez Malinowskiego

(2008). Autor ten donosił o ochronnych właściwości wierzchnich warstw utworów deluwialnych, które wpływały na ograniczenie rozkładu zalegających poniżej utworów organicznych.

Zawartość materii organicznej w profilu P5 w sposób systematyczny zmieniała się wraz z głębokością. W części profilu złożonej z utworów organicznych, zawartość M.O. stopniowo wzrastała wraz z głębokością – od poziomu M do Oe2, natomiast jej spadek następował dopiero przy przejściu do mineralnego poziomu Cgg, zalegającego w spągu (Tab. 15).

Wśród poziomów organicznych, wartości skrajne tworzące przedział 23,71 – 81,35% oznaczono kolejno w poziomie torfu saprowego Oa w profilu P2, oraz w poziomie torfu fibrowego Oi1 w profilu P4. Natomiast w poziomach mineralnych, były to wartości: 21,74% w powierzchniowym poziomie deluwialnym w profilu P4, oraz 2,11% w mineralnym poziomie zalegającym w spągu profilu P5 (Tab. 15).

Pod kątem wielu cech, gleby z okolic Ościsłowa przypominały gleby badane na terenie Pojezierza Mazurskiego przez Piaścika i Sowińskiego (2002) oraz Smólczyńskiego i Orzechowskiego (2010). Podobieństwa zaobserwowano również w glebach badanych przez Glinę i in. (2016) w Dolinie Grójeckiej. Na terenie Pojezierza Mazurskiego, gleby torfowo-murszowe opisane przez Piaścika i Sowińskiego (2002) charakteryzowały się zawartością węgla organicznego w przedziale 22 – 45%, co zarówno w przypadku węgla jak i w przeliczeniu na materię organiczną dawało przedział wartości zbliżony do wyników otrzymanych w niniejszej pracy. Z kolei w poziomach deluwialnych gleby natorfowej, Piaścik i Sowiński (2002) otrzymali wyniki dużo niższe, stanowiące jedną trzecią materii organicznej oznaczonej w poziomach deluwialnych profilu P4.

U Gliny i in. (2016), zawartość materii organicznej była mniej zróżnicowana niż w glebach z okolic Ościsłowa – w poziomach murszowych, była ona niewiele niższa niż w poziomach torfowych. Wyraźna była natomiast różnica w zawartości M.O. między poziomami murszowymi a limnicznymi – gdzie w tych drugich zawartość M.O. była blisko dwukrotnie niższa. Nieduża różnica w zawartości M.O. między poziomami murszowymi a torfowymi, najprawdopodobniej świadczyła o tym, iż gleby badane przez Glinę i in. (2016) weszły w fazę decesji w stopniu inicjalnym.

Smólczyński i Orzechowski (2010), którzy również jak Piaścik i Sowiński (2002) badali gleby torfowo-murszowe oraz deluwialne na terenie pojezierza Mazurskiego – zbliżone morfologią oraz stopniem wtórnego przeobrażenia poziomów murszowych do gleb z obiektu C – tłumaczyli ich budowę dużą zmiennością warunków wodnych w trakcie ich powstawania oraz dodatkowym nakładaniem się procesów sedymentacji i sedentacji.

Pod kątem zawartości M.O. w poziomach deluwialnych, bardzo zbliżone wyniki otrzymali Markiewicz i in. (2015). Opisane przez autorów poziomy deluwialne analogiczne do tych w profilu P4 zawierały kolejno 8,1 i 11,3% M.O. Wysoka zawartość M.O. w warstwach deluwium mogła być spowodowana tak jak opisują autorzy – wymieszaniem się z zalegającą poniżej warstwą organiczną. W profilu P4 jednak, zaobserwowano interesujący szczegół, który rozróżniał te porównywane przypadki, mianowicie niewiele większa zawartość M.O. w warstwie deluwium przy samej powierzchni. Jak podaje Jonczak (2012), wyższa zawartość M.O. w powierzchniowych warstwach deluwium może świadczyć o zahamowaniu procesu erozji oraz współcześnie trwającej depozycji M.O.

5.5.1.4. Obiekt D – Tomislawice

W czarnej ziemi w profilu P1 oraz w profilach płytkich gleb murszowych w profilach P2 i P4 zawartość M.O. w sposób typowy przybierała najwyższe zawartości w organicznych i mineralno-organicznym poziomach powierzchniowych, po czym następował jej spadek aż do pierwszych poziomów mineralnych – gdzie dalej, wraz z głębokością nie uległa ona już większym zmianom (Tab. 16.).

W profilu P3, w charakterystyczny dla gleby torfowo-murszowej sposób, zawartość materii organicznej była wyraźnie niższa w powierzchniowym poziomie murszowym, niż w położonych niżej poziomach torfowych. Inaczej natomiast wyglądała sytuacja w profilu P5, gdzie to powierzchniowy poziom murszowy posiadał niewiele większą zawartość M.O. niż zalegający pod nim poziom torfu saprowego. Zawartość materii organicznej w poziomie gytii detrytusowej w profilu P5 była dwukrotnie niższa niż w położonym wyżej poziomie torfowym, z kolei w najniższym zalegającym poziomie wapna łąkowego, wartość M.O. była najniższa w całym profilu.

Porównywalną zawartość materii organicznej do oznaczonej w glebach z okolic Tomislawic, przedstawiał w swojej pracy Gajewski (2012). W badanych przez autora glebach hydrogenicznym z okolic odkrywki węgla brunatnego „Władysławów”, zawartość M.O. w poziomach murszowych wynosiła 21,73 – 73,86%, w poziomach torfowych 45,92 – 83,66%, natomiast w próchnicznych deluwialnych 11,06 – 15,42% (Tab. 16.).

**Tab. 16. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb
– obiekt D.**

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Zawartość materii organicznej [%]	C _{org} [%]	N [%]	pH w:		CaCO ₃ [%]
						H ₂ O dest.	KCl	
P1	Ah1	0 – 30	17,75	9,70	0,64	7,4	6,6	10,0
	Ah2	30 – 50	8,83	4,26	0,22	7,6	6,8	12,9
	Ccagg1	50 – 100	2,39	1,22	0,11	7,9	7,2	11,1
	Ccagg2	100 – 150	0,37	0,34	0,03	8,1	7,6	2,6
P2	M	0 – 45	43,42	26,51	2,13	7,1	6,9	<0,2
	C1	45 – 70	1,16	0,63	0,04	7,5	7,2	0,5
	C2	70 – 120	1,46	0,73	0,05	7,6	7,1	<0,2
P3	M	0 – 20	58,97	34,62	3,09	6,9	6,5	0,2
	Oi	20 – 70	88,72	54,37	4,01	6,7	6,4	0,2
	Oe	70 – 120	90,93	58,21	3,24	6,4	5,8	0,2
P4	M1	0 – 22	25,68	14,48	1,18	7,2	7,0	13,5
	M2	22 – 65	18,32	12,02	0,69	7,5	7,2	37,3
	Ccagg	65 – 85	1,21	0,40	0,04	7,9	7,8	4,9
	Cgg	85 – 120	0,70	0,23	0,02	8,0	7,8	0,2
P5	M	0 – 22	75,13	46,63	3,35	7,4	7,1	3,8
	Oe	22 – 55	73,85	45,91	3,22	7,4	7,1	6,3
	Lcca	55 – 70	40,21	25,20	1,60	7,2	7,1	37,2
	Lm	70 – 100	13,60	8,48	0,23	7,4	7,5	77,0

Podobną zawartością materii organicznej w poziomach deluwialnych, gytowych oraz wapienia łąkowego – takich jak w profilu P1 i P5, charakteryzowały się gleby badane przez Markiewicza i in. (2015) w pobliżu zanikających jezior Sumowskich. Podobieństwo to określono na podstawie podanej przez autorów zawartości węgla organicznego, która w poziomach deluwialnych wynosiła 3,4 – 9,6%, w gytowych 34,7 – 36,5%, natomiast w poziomach wapienia łąkowego: 5,2 – 5,3%.

5.5.2. Odczyn i zawartość węglanów.

Odczyn gleby, poprzez wpływ na właściwości fizyczne, chemiczne jak i biologiczne gleby, odgrywa bardzo ważną rolę w funkcjonowaniu środowiska glebowego (Tyszkiewicz i in. 2019). Odczyn gleby wyraża się najczęściej w wielkości określanej jako pH (Mocek i in. 2022). Różnica pomiaru pH w roztworze wody destylowanej a w roztworze jednomolowym chlorku potasu, pozwala na uwidocznienie (na drodze wymiany jonowej) ilości jonów wodorowych, słabo związanych z kompleksem sorpcyjnym, które w każdym momencie mogą łatwo przechodzić do roztworu glebowego (Gavriloaiei 2012).

Wartości pH występujące w glebach torfowych, w dużej mierze zależą od rodzaju roślinności występującej na torfowisku oraz domieszek substancji mineralnych – spośród których główną rolę odgrywa węglan wapnia (Żebrowska i Kociołek-Balawejder 2010). Związki wapnia odgrywają również bardzo dużą rolę w kształtowaniu się właściwości fizykochemicznych gleb wytworzonych z utworów gytiowych (Maciak 1965).

W torfach wysokich zasilanych wodą opadową, zawartość węglanów jest najczęściej bardzo niska – niskie są również wartości pH mieszczące się najczęściej w przedziale typowym dla odczynu kwaśnego; z kolei w torfach niskich, zasilanych bogatymi w wiele składników (w tym również w związki wapnia) wodami gruntowymi, wartości pH wskazują najczęściej na odczyn od słabo kwaśnego po zasadowy (Gorzela 1998).

Zawartość węglanu wapnia może również wpływać na ograniczenie rozkładu materii organicznej – przy jego udziale tworzą się związki mineralno-organiczne, charakteryzujące się wysoką odpornością na procesy rozkładu (Maciak i Liwski 1972).

5.5.2.1. Obiekt A – Kamień Mały

We wszystkich profilach pH kształtowało się w przedziałach: 5,7 – 7,0 w wodzie destylowanej (pH_{H_2O}), oraz 5,3 – 6,3 w roztworze 1M KCl (pH_{KCl}). Największe zróżnicowanie zarówno pH_{H_2O} i pH_{KCl} zaobserwowano w profilu P1, pomiędzy poziomem mineralnym Cgg a zalegającym pod nim poziomem torfu saprowego Oa. Na tle pozostałych poziomów, we wspomnianych dwóch, oznaczono również najwyższą jak i najniższą wartość obu tych parametrów (najniższą w Cgg a najwyższą w Oa). W pozostałych profilach, wartości pH najczęściej mieściły się w przedziale typowym dla odczynu lekko kwaśnego, a ich zmienność nie wykazywała wyraźnych powiązań z innymi cechami (Tab. 13).

Zawartość CaCO_3 w każdym z poziomów nie przekraczała 1%, natomiast największe jej zróżnicowanie występowało w tych samych poziomach co w przypadku pH, tj. w profilu P1, między poziomem Cgg a Oa. W poziomie mineralnym Cgg zawartość CaCO_3 wynosiła mniej niż 0,2%, natomiast w Oa 0,9% – i była to jednocześnie najwyższa oznaczona wartość ogółem. Zawartości od 0,2% i wyższe zostały oznaczone jeszcze w sześciu poziomach: w poziomie Oa w profilu P2 (0,2%), w L12 w P3 (0,2%), w powierzchniowych poziomach profili P4 i P5, (kolejno 0,2% i 0,5%), oraz w poziomach Oe w P4 i Oe2 w P5 (w obu przypadkach 0,2%, Tab. 13.).

Z badań Malinowskiego (2008) wynika, iż pod kątem odczynu, w porównaniu z innymi ocenianymi przez autora glebami PN Ujścia Warty, gleby mułowo-torfowe charakteryzowały się niewielkim zróżnicowaniem, przyjmując najczęściej – podobnie jak w glebach obiektu A – odczyn lekko kwaśny. W zbliżonych pod kątem budowy glebach mułowo-torfowych badanych przez Jonczaka i Cysewskiej (2010) w dolinie Jarosławianki, również dominował podobny odczyn – lekko kwaśny. Dodatkowo, autorzy opisywali tamtejsze gleby jako bardzo ubogie w CaCO_3 , co również wskazywało na ich podobieństwo do gleb z Kamienia Małego. Wspólnym mianownikiem łączącym opisane podobieństwa był najprawdopodobniej – tak jak podaje Zawadzki (1980), zbliżony skład chemiczny wód spływających ze zlewni.

5.5.2.2. Obiekt B – Radolin

Zmienność pH w profilach z Radolina była różna. W profilu P1, pH w bardzo niewielkim stopniu zmniejszało się wraz z głębokością, z kolei w profilach P2 i P3 zmieniało się nieregularnie, przyjmując wyższe wartości w poziomach powierzchniowych i zalegających w spągu, a niższe w poziomach pomiędzy nimi (Tab. 14). W profilach P4 i P5 ponownie następował spadek pH wraz z głębokością, był jednak on bardziej wyraźny niż w profilu P1. Najniższe $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ jak i pH_{KCl} oznaczono w podpowierzchniowym poziomie torfu hemowego w profilu P2 – 4,8 i 4,7, a najwyższe w powierzchniowym poziomie murszowym w P3 – 7,6 i 7,1. Poza tymi skrajnościami, w pozostałych poziomach, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ mieściło się w zakresie 6,3 – 7,0, natomiast pH_{KCl} w 5,7 – 6,7. W profilach P1, P2 i P4 dominował odczyn lekko kwaśny, natomiast w P3 i P5 obojętny.

Najwyższe wartości CaCO_3 podobnie jak w przypadku pH oznaczono w powierzchniowych poziomach murszowych profili P3 i P5, gdzie wynosiły one kolejno 2,2% i 1,3%. Oprócz wymienionych wcześniej poziomów, pod kątem zawartości CaCO_3 wyróżniały się jeszcze dwa poziomy w profilu P1 – M i Oe2 w których zawartość tego składnika wynosiła 0,3%, oraz

poziom Oe2 w profilu P3 gdzie było to 0,4%. W pozostałych poziomach (z wszystkich profili), zawartość CaCO₃ przyjmowała wartości równe lub mniejsze niż 0,2%.

Wartości pH podane przez Kaczmarka i in. (2010) w glebach torfowo-murszowych badanych również na terenie Radolina, w dużym stopniu pokrywały się z zakresami wartości z profili P1, P2 i P5. Autorzy przedstawili w swoich badaniach ogólny przedział pH_{KCl} 5,6 – 6,8, który mimo że był nieco węższy niż w niniejszej pracy, to w dalszym ciągu obejmował większość otrzymanych w prezentowanych badaniach wyników.

Niskie zawartości CaCO₃ oznaczone w glebach z Radolina, znalazły potwierdzenie w opisach sporządzonych przez Ilnickiego (1973) oraz Roguskiego i Bieńkiewicza (1967). Autorzy w swoich pracach opisywali gleby torfowisk niskich, zlokalizowanych na różnych odcinkach doliny Noteci – w tym również na odcinku, gdzie znajdował się obiekt badawczy B. Pod kątem zasobności w węglany, autorzy opisali występujące tam gleby torfowe jako ubogie, co najprawdopodobniej było związane z rodzajem podłoża na którym zalegały. Według autorów, torf na wspomnianym odcinku doliny przeważnie zalega na piaskach, a ewentualnie występujące warstwy utworów węglanowych są bardzo płytkie i osiągają miąższość 20 – 50 cm.

5.5.2.3. Obiekt C – Ościsłowo

W profilach wykonanych w pobliżu Ościsłowa, wartości pH_{H2O} i pH_{KCl} charakteryzowały się niewielką zmiennością. Przedział dla pH_{H2O} we wszystkich poziomach wynosił 6,7 – 7,5 natomiast dla pH_{KCl} 6,2 – 7,1. Górna wartość z przedziału pH_{H2O} wystąpiła trzykrotnie, w poziomie Oi w profilu P2, oraz w poziomach Lcca i Oe2 w profilu P3, z kolei dolna w poziomie Oe2 w profilu P5. W przypadku pH_{KCl} górna wartość występowała wielokrotnie, w większości poziomów profilu P2, w dwóch poziomach P3 oraz w całym profilu P4 (Tab. 15.). We wszystkich profilach dominował odczyn obojętny.

Zawartość CaCO₃ przyjmowała bardzo szeroki przedział wartości, od mniej niż 0,2% do aż 74,9%. Najwyższe nagromadzenie węglanów odnotowano w poziomie gytii detrytusowej Lcca w profilu P3. Kolejno po nim, wysokimi zawartościami CaCO₃ charakteryzowały się poziomy murszowe profilu P2 – 59,66% (M1) i 67,64% (M2). Pozostałe z wysokich wartości (33,28% – 47,68%) stwierdzono głównie w poziomach torfowych zalegających w niższych warstwach profili P1, P2 i P3. Najmniej CaCO₃ znajdowało się w profilu P5, jego zawartość we wszystkich poziomach przyjmowała wartości z zakresu od mniej niż 0,2 do 0,31% (Tab. 15.).

W glebach badanych przez Orzechowskiego i Smólczyńskiego (2002), porównywalnych pod wieloma względami z glebami badanymi w okolicach Ościsłowa, pH_{H_2O} jak i pH_{KCl} kształtowały się na niższym – niż w opisywanym obiekcie – poziomie, zarówno w poziomach organicznych jak i w deluwialnych. W pracy Orzechowskiego i Smólczyńskiego (2002), w poziomach organicznych, pH_{H_2O} kształtowało się w przedziale 6,0 – 6,5, natomiast w poziomach deluwialnych, między 5,6 – 5,9. Wartości pH_{KCl} z kolei, w poziomach organicznych przyjmowały wartości 5,2 – 5,8, a w poziomach deluwialnych 5,1 – 5,3. Różnice w wartościach pH między glebami z okolic Ościsłowa a glebami z cytowanej wyżej pracy, najprawdopodobniej były powiązane z odmienną zawartością $CaCO_3$.

Zdecydowanie bardziej zbliżony odczyn do gleb z okolic Ościsłowa charakteryzował gleby z Doliny Grójeckiej opisane w pracy Gliny i in. (2016). Z doniesienia autorów wynika, że wartości pH_{H_2O} wynosiły w poziomach murszowych, gytiowych i torfowych 5,92 – 7,64%, z czego w większości poziomów wyznaczały one odczyn obojętny. Zawartość $CaCO_3$ w powyższej pracy kształtowała się w przedziale 1,81 – 17,10%, z czego najwyższe wartości stwierdzone były w poziomach powierzchniowych a najniższe w spągu (niezależnie od rodzaju utworu).

5.5.2.4. Obiekt D – Tomislawice

W profilach P1, P2 i P4, gdzie wierzchnie warstwy murszowe lub próchniczne zalegały na piaszczystych utworach mineralnych, wartości pH_{H_2O} i pH_{KCl} przeważnie rosły wraz z głębokością. W profilu P3, gdzie w wierzchniej warstwie występował mursz a w głębszej torf, tendencja ta była spadkowa. Natomiast w profilu P5, pH_{H_2O} we wszystkich poziomach było porównywalne – poza pH_{KCl} , które utrzymywało zbliżony poziom tylko w pierwszych trzech poziomach, po czym wzrastało przy przejściu do poziomu Lm zalegającego najgłębiej. Najniższe wartości pH_{H_2O} i pH_{KCl} w obrębie każdego z profili występowały głównie w poziomach organicznych i próchnicznych – pH_{H_2O} przyjmowało w nich wartości z zakresu 6,4 – 7,6, a pH_{KCl} 5,8 – 7,2. W poziomach mineralnych (C, Cgg, Ccagg i Lm) z kolei, wartości te prezentowały się następująco: w przypadku pH_{H_2O} 7,2 – 8,1, natomiast w pH_{KCl} : 7,1 – 7,8. Najwyższe wartości pH_{H_2O} i pH_{KCl} oznaczono kolejno w poziomie: Ccagg1 w profilu P1 i w Ccagg w profilu P4, a najniższe - w obu przypadkach w poziomie Oe w profilu P3 (Tab. 16).

Zawartość $CaCO_3$ najbardziej różnicowała się w profilach P1, P4 i P5. W profilu P1 w pierwszych trzech poziomach osiągała wartości od 10,0% do 12,9%, po czym w najniżej

położonym poziomie następował jej spadek do 2,6%. W profilu P4 najwyższe wartości oznaczono w powierzchniowych poziomach murszowych – 13,5% (M1) i 37,3% (M2), natomiast znacznie niższe w zalegających pod nimi poziomach mineralnych – 4,9% (Ccagg) i 0,2% (Cgg).

W profilu P5 zawartość CaCO_3 w podobny sposób jak w P4, różnicowała się w zależności od rodzaju utworu oraz głębokości zalegania. Początkowo, w powierzchniowym poziomie murszowym wynosiła 3,8%, następnie w zalegającym pod nim poziomie torfu hemowego – 6,3%, kolejno w poziomie gytii detrytusowej – 37,2%, oraz ostatecznie, 77,0% w poziomie wapna łąkowego. W profilach P2 i P3 zawartości CaCO_3 były bardzo niskie, od mniej niż 0,2% do 0,5% i nie różnicowały się w żaden wyraźny sposób. Wartości poniżej 0,2% zostały oznaczone w poziomach M i C2 w profilu P2, natomiast wartość najwyższa charakteryzowała wspomniany wcześniej poziom wapienia łąkowego w profilu P5.

W podobnych, jak w okolicy Tomisławic glebach (w okolicy jezior Sumowskich), Mendyk i in. (2013) w przypadku zawartości CaCO_3 otrzymali wyniki o zbliżonych wartościach, ale odmiennym ich rozłożeniu. Najwyższe zawartości CaCO_3 autorzy oznaczyli w najniższej położonych poziomach mineralnych 24,0 – 49,0%, najniższe w murszowych 0,4 – 0,5%, a pośrednie 0,3 – 27,0% w poziomach gytiovych, co tylko w niektórych poziomach pokrywało się z wynikami otrzymanymi w niniejszej pracy. Większe podobieństwo między porównywanymi glebami występowało w przypadku odczynu. Podobnie jak w glebach z okolic Tomisławic, u Mendyka i Markiewicza (2013) dominował odczyn od lekko kwaśnego po alkaliczny, gdzie najniższe wartości pH występowały w poziomach powierzchniowych, a najwyższe w spągu.

Pod kątem ogólnej charakterystyki, gleby badane w pobliżu Tomisławic przypominały te opisywane przez Orzechowskiego i in. (2004), w obniżeniach śródmorenowych Studnica i Baranowo na pojezierzu Mazurskim. Odwodnione gleby torfowo-murszowe takie jak w profilu P3 oraz deluwialne jak w P1, charakteryzowały się w cytowanej pracy wartościami pH wynoszącymi od 6,0 do 7,1 w H_2O i od 5,6 do 6,4 w KCl, co w odniesieniu do profilu P1 jak i P3 dawało najbardziej porównywalny wynik przede wszystkim w poziomach organicznych i deluwialnych. Profile P1, P2, P4 i P5 pod kątem wartości, jak i pionowego rozkładu pH przypominały gleby opisywane przez Łachacza i in. (2009) na obszarze gytiovisk pojezierza Mazurskiego. Obszary te charakteryzowały się występowaniem gleb organicznych wytworzonych na zasobnych w węglany osadach limnicznych, co według autorów było ściśle powiązane z wysokimi wartościami pH tych gleb, przy czym najwyższe z nich najczęściej były oznaczane w najgłębiej zalegających poziomach.

Zróznicowanie zawartości materii organicznej oraz węglanów, w profilach obiektów C i D było widocznie większe niż w przypadku obiektów A i B. Spowodowane były one prawdopodobnie różnicami pomiędzy poszczególnymi grupami obiektów, wynikającymi zarówno z odmiennych warunków hydrologicznych jak i geomorfologicznych. Obiekty C i D zlokalizowane były na obszarze pojezierzy, gdzie charakterystycznymi elementami rzeźby terenu były lokalne zagłębienia o różnych rozmiarach. Piaścik i Lemkowska (2001) podają, iż tego typu zagłębienia często charakteryzują się dużą zmiennością pod kątem rozmiarów, głębokości oraz przepuszczalności podłoża. Lemkowska (2016) natomiast dodaje, iż zróznicowanej charakterystyce tych zagłębień, często towarzyszy zróznicowanie zalegających w nich utworów.

Na wyższe zawartości węglanów w profilach obiektów C i D niż w obiektach A i B wpływ mógł mieć głównie czynnik hydrologiczny. Jak podaje Okruszko (1977), wzbogacenie w węglany mogło nastąpić odgórnie, dzięki mineralnej zawieszinie niesionej przez wody powierzchniowe spływające z okolicznych terenów uprawnych. Dodatkowo, jak opisuje Kern (1985), wzbogacenie mogło nastąpić również poprzez wody podsiąkowe, nasycone związkami wapnia pochodzącymi z osadów zalegających poniżej opisywanych poziomów.

W przypadku dolin rzecznych (obiekty A i B), zagłębienia w których powstawały torfowiska mają często charakter bardziej rozległy, zajmują one przeważnie starorzecza oraz terasy zalewowe (Okupny 2009). Obiekty A i B były bardziej jednolite pod kątem warunków siedliskowych, oraz nie znajdowały się w bezpośrednim sąsiedztwie pól uprawnych, co zmniejszało prawdopodobieństwo dodatkowego wzbogacenia węglanami. Niskie zawartości węglanów najprawdopodobniej świadczyły również o niewielkiej ich zawartości w warstwach osadów zalegających poniżej głębokości badanych profili.

5.6. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej.

Kluczowe procesy dążące do przeobrażenia utworów organicznych to humifikacja i mineralizacja (Okruszko 1973). W różnym nasileniu odpowiadają one za przeobrażenia pierwotne, mające miejsce podczas akumulacji masy torfowej (wspomnianej w podrozdziale 5.5.), oraz przeobrażenia wtórne, inicjowane poprzez zmianę warunków wodno-powietrznych w torfach, w kierunku warunków tlenowych (Drzymulska 2016).

Mineralizacja polega na aerobowym rozkładzie materii organicznej do prostych związków nieorganicznych przy udziale bakterii tlenowych – jest to proces który odpowiada za zanik glebowej materii organicznej, i w zależności od ilości dostępnego tlenu, przebiega mniej lub bardziej intensywnie (Chambers i in. 2011). Dużo ważniejszym procesem pod kątem glebotwórczym jest natomiast proces humifikacji, polegający na syntezie nowych związków organicznych, zwanych związkami humusowymi lub próchnicą glebową, z częściowo rozłożonej materii organicznej (Okruszko i in. 1973).

Obniżanie się poziomu wód gruntowych, oraz idący za tym zanik warunków beztlenowych, powodują intensyfikację procesów mineralizacji i humifikacji materii organicznej, wskutek czego, pierwotne utwory organiczne ulegają wtórnemu przeobrażeniu w utwory murszowe (Gawlik i Zawadzki 1980). Podczas murszenia, zanika pierwotna struktura utworu organicznego, zmieniają się właściwości fizyczne i wodne, wzrasta popielność, oraz tworzą się nowe spolimeryzowane kompleksy próchniczne sprzyjające tworzeniu się struktury agregatowej (Mocek i in. 2022).

Zmiany zachodzące podczas murszenia, mogą mieć różny charakter w zależności od panujących warunków – w przypadku nagłego i utrzymującego się odwodnienia utworu organicznego, proces ten przebiega intensywnie, następuje nagły spadek ilości materii organicznej, a powstała próchnica ulega przesuszeniu, przez co traci zdolności hydrofilne (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2005). Wtórne przeobrażenie utworów organicznych przebiega natomiast dużo łagodniej podczas umiarkowanego odwodnienia, lub podczas tzw. okresowej anaerobiozy względnej, tj. kiedy w pełni wysycająca glebę woda, w dalszym ciągu posiada pewną ilość rozpuszczonego tlenu (Tomaszewski 1958).

Charakterystyki przemian zachodzących w obrębie materii organicznej można dokonać różnymi sposobami, w tym m.in. na podstawie parametrów, opierających się na analizie zawartości podstawowych pierwiastków budujących materię organiczną (tj. węgiel i azot), oraz analizie bardziej złożonych związków, takich jak kwasy fulwowe i huminowe – które występują

w różnych proporcjach w zhumifikowanym (przeobrażonym) materiale glebowym (Okruszko i in. 1973). W niniejszym podrozdziale przedstawiono grupę wybranych parametrów, które w sposób jakościowy charakteryzowały materię organiczną badanych gleb. We wszystkich poziomach genetycznych określono takie parametry (wskaźniki) jak: stosunek węgla do azotu (C:N), liczbę humifikacji (LH), stosunek E4:E6, oraz stopień potencjalnej zwilżalności (eng. Molarity of Ethanol Droplet – MED). W poziomach torfowych dodatkowo oznaczono zawartość włókna (przetartego i nieprzetartego) oraz indeks pirofosforanowy, natomiast w poziomach murszowych – indeks chłonności wodnej W_1 .

5.6.1. Stosunek C:N

Stosunek węgla do azotu jest parametrem który przyjmuje się za wskaźnik aktywności biologicznej gleb – im jest on mniejszy, tym silniejsze jest przeobrażenie materii organicznej (Bieniek i Łachacz 2012). Uwalnianie zwiększonej ilości azotu jest powiązane ze wzmożoną aktywnością aerobów powodujących mineralizację związków organicznych w danym utworze (Drzymulska 2016). Zawężony stosunek C:N świadczy również o akumulacji azotu w związkach humusowych podczas utleniania związków węgla do postaci dwutlenku węgla podczas procesu mineralizacji (Bieniek i Łachacz 2012).

5.6.1.1. Obiekt A – Kamień Mały

W profilach wykonanych na terenie Kamienia Małego, stosunek C:N wykazywał najniższe wartości głównie w powierzchniowych poziomach mułowych profili od P1 do P4. W większości poziomów torfowych natomiast, zarówno tych zalegających najniżej, jak i znajdujących się na powierzchni (tak jak w profilu P5), wartości te były wyraźnie wyższe. Zakres wartości tego parametru w poziomach mułowych wahał się od 12 do 15, z czego najniższa wartość występowała w poziomach L11 profili od P1 do P4 oraz w poziomie L12 w profilu P3. Najwyższą wartość tego parametru w poziomach mułowych obliczono dla poziomu L12 w profilu P4. W przypadku poziomów torfowych, zakres stosunku C:N wynosił od 13 – w spągu profilu P4, do 19 – w poziomach Oe1 i Oe2 profilu P5 (Tab. 17).

Powyższe wyniki świadczą o tym, iż w momencie pobierania próbek, aktywność mikrobiologiczna gleb związana z procesami mineralizacji była największa w utworach mułowych, i w większym stopniu zależała od rodzaju utworu niż głębokości zalegania.

Świadczył o tym stosunek C:N w profilu P5, którego powierzchniowy poziom torfu hemowego miał wyraźnie wyższą wartość tego parametru od wartości obliczonych dla powierzchniowych poziomów mułowych. Do innych wniosków dochodzą Bieniek i Łachacz (2012). Autorzy ci twierdzą, że dzięki domieszce frakcji mineralnej, gleby mułowe powinny wykazywać wzmoczoną odporność na proces mineralizacji. U Malinowskiego (2008) z kolei w podobnych glebach, stosunek C:N był zdecydowanie bardziej powiązany z głębokością zalegania – był najwyższy głównie w poziomach zalegających najniżej, niezależnie od rodzaju utworu.

Tab. 17. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w Kamieniu Małym (obiekt A)

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Kwasy huminowe [%]	Liczba humifikacji (LH)	E4:E6	MED [%]	C:N
P1	L11	0 – 22	3,8	14,7	4,8	0,0	12
	L12	22 – 34	4,9	19,9	4,3	0,0	13
	Cgg	34 – 59	2,7	15,0	3,8	0,0	14
	Oa	59 – 130	12,1	14,1	4,9	36,0	18
P2	L11	0 – 31	3,4	12,7	4,6	0,0	12
	L12	31 – 52	5,0	18,0	4,4	0,0	13
	Oa	52 – 100	15,2	19,3	4,5	24,0	14
P3	L11	0 – 18	3,9	13,6	4,6	0,0	12
	L12	18 – 38	4,1	14,4	4,6	0,0	12
	Oe	38 – 100	16,4	19,1	4,4	24,0	15
P4	L11	0 – 24	4,7	13,3	5,1	5,0	12
	L12	24 – 49	5,0	11,9	4,9	5,0	15
	Oe	49 – 100	16,2	19,1	4,4	24,0	13
P5	Oe1	0 – 45	7,6	13,3	5,1	8,5	19
	Oe2	45 – 100	5,2	12,7	5,1	8,5	19

5.6.1.2. Obiekt B – Radolin

Stosunek C:N w profilach z Radolina różnił się wyraźnie między powierzchniowymi poziomami murszowymi a zalegającymi niżej poziomami torfowymi. We wszystkich profilach zaobserwowano wyraźny wzrost wartości tego parametru przy przejściu z powierzchniowego poziomu murszowego do zalegającego niżej poziomu torfowego. W profilach P1, P3 i P4 w położonych głębiej poziomach torfowych, stosunek C:N nie różnił się od siebie znacząco, natomiast w profilu P2 i P5 różnice te były wyraźniejsze i postępowały w różnych kierunkach. W profilu P2 między poziomami torfowymi – podpowierzchniowym oraz zalegającym najniżej, występował duży spadek C:N, który najprawdopodobniej był spowodowany migracją mineralnych związków azotu w głąb profilu. W profilu P5 natomiast, wartość C:N wraz z głębokością łagodnie rosła (Tab. 18).

Tab. 18. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w Radolinie (obiekt B)

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Kwasy huminowe [%]	Liczba humifikacji (LH)	E4:E6	MED [%]	C:N
P1	M	0 – 18	17,6	23,9	4,0	13,0	11
	Oe1	18 – 42	21,1	24,3	3,6	24,0	17
	Oe2	42 – 58	20,3	23,6	3,8	24,0	18
	Oe3	58 – 100	17,2	20,0	3,5	24,0	17
P2	M	0 – 15	14,7	20,6	3,8	24,0	11
	Oe	15 – 30	4,6	13,0	4,1	8,5	17
	Oa	30 – 100	11,2	15,4	4,0	24,0	12
P3	M	0 – 20	10,5	19,9	4,1	13,0	11
	Oe1	20 – 35	13,8	16,5	3,6	24,0	14
	Oi	35 – 80	13,4	15,8	3,7	24,0	16
	Oe2	80 – 130	10,7	14,0	3,6	24,0	15
P4	M	0 – 18	13,0	17,9	3,8	13,0	12
	Oe1	18 – 75	8,6	9,9	3,5	24,0	15
	Oe2	75 – 130	12,6	14,3	3,6	24,0	16
P5	M	0 – 15	4,0	11,2	3,8	3,0	12
	Oa	15 – 50	20,7	25,4	3,5	8,5	15
	Oe	50 – 130	13,2	15,6	3,9	13,0	18

W poziomach murszowych, stosunek C:N mieścił się w wąskim przedziale 11 – 12, gdzie wartości z dolnej jego części obliczono dla powierzchniowych poziomów w profilach P1, P2 i P3, a z górnej dla powierzchniowych poziomów w profilach P4 i P5. W poziomach torfowych natomiast, przedział ten był dużo szerszy: 12 – 18, z którego najniższa wartość wystąpiła w poziomie Oa profilu P2, a najwyższa - w poziomach Oe2 profilu P1 i Oe profilu P5. (Tab. 18.).

Najniższy stosunek C:N obserwowany głównie w powierzchniowych poziomach murszowych wskazuje na typowy przebieg wzmożonej mineralizacji spowodowanej przesuszeniem się wierzchnich warstw profilu. Podobne procesy w glebach torfowo-murszowych zaobserwowali Kaczmarek i in. (2010) oraz Mendyk i in. (2013). Wspomniani autorzy zauważyli, że obniżony poziom wód gruntowych w badanych przez nich glebach skutkowało wzmożeniem procesów mineralizacji w wierzchnich warstwach murszu.

5.6.1.3. Obiekt C – Ościsłowo

We wszystkich profilach oprócz P2, stosunek C:N był najmniejszy w powierzchniowych poziomach murszowych i próchnicznych, natomiast w profilu P2, w podpowierzchniowym poziomie murszowym. Najbardziej regularną zmienność wartości stosunku C:N odnotowano w profilach P1, P4 i P5, gdzie wraz z głębokością rosły one stopniowo, osiągając najwyższe wartości w poziomach zalegających najniżej. W pozostałych profilach, wartości te rozkładały się w sposób nieregularny, nie wykazujący większych powiązań ani z głębokością ani rodzajem utworu. Najniższa wartość stosunku C:N – 11, występowała w próchnicznych i murszowych poziomach powierzchniowych profili P4 i P5, oraz w torfowym podpowierzchniowym poziomie profilu P5. Natomiast najwyższa – 23, w podpowierzchniowym poziomie gytii węglanowej profilu P3 (Tab. 19).

W profilach obiektu C zaobserwowano podobną zmienność stosunku C:N jak w profilach z Radolina. Aktywność mikrobiologiczna o której świadczył ten stosunek, była największa w murszowych poziomach powierzchniowych, co również najpewniej było powiązane z ich napowietrzeniem (przesuszeniem). Różnicą między tymi dwoma obiektami było natomiast to, iż w przypadku Radolina, widoczna była większa różnica w stosunku C:N między poziomami powierzchniowymi a zalegającymi poniżej. Możliwą przyczyną tego zjawiska była większa niż w okolicy Ościsłowa stabilność zwierciadła wody gruntowej. Bardzo podobne wyniki przedstawili w swoich badaniach również Orzechowski i Smólczyński (2002)

oraz Glina i in. (2016), gdzie autorzy badając podobne pod kątem warunków siedliskowych gleby, opisywali wysoki stosunek C:N m.in. jako wyznacznik wspomnianego przesuszenia.

Tab. 19. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w pobliżu Ościsłowa (obiekt C)

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	kwasy huminowe [%]	Liczba humifikacji (LH)	E4:E6	MED [%]	C:N
P1	M1	0 – 18	12,0	24,0	3,2	24,0	12
	M2	18 – 50	8,7	12,1	4,1	24,0	14
	Oi	50 – 70	5,6	11,0	4,0	8,5	16
	Oe	70 – 100	5,0	10,1	5,4	8,5	16
P2	M1	0 – 20	5,8	18,3	3,6	5,0	15
	M2	20 – 45	6,5	19,9	3,8	5,0	14
	Oa	45 – 60	3,6	15,4	3,7	0,0	15
	Oi	60 – 70	6,5	12,3	4,2	8,5	18
	Oe	70 – 100	6,2	13,5	4,4	8,5	17
P3	M	0 – 20	5,4	13,2	4,8	24,0	12
	Lcca	20 – 30	4,1	15,2	4,6	3,0	23
	Oi	30 – 55	8,0	15,4	4,6	13,0	16
	Oe1	55 – 88	4,0	11,9	5,8	13,0	18
	Oe2	88 – 100	4,1	9,8	4,4	8,5	18
P4	Ah1	0 – 10	2,3	10,9	4,5	0,0	11
	Ah2	10 – 45	2,3	12,6	4,6	0,0	12
	Oi1	45 – 62	6,5	8,1	4,0	24,0	13
	Oi2	62 – 100	5,6	7,3	4,4	24,0	16
P5	M	0 – 12	6,6	20,2	5,5	8,5	11
	Oe1	12 – 25	7,1	16,9	4,6	8,5	11
	Oa	25 – 40	9,2	19,4	4,5	13,0	12
	Oe2	40 – 60	17,2	30,5	4,6	8,5	14
	Cgg	60 – 150	0,5	22,5	3,7	0,0	17

5.6.1.4. Obiekt D – Tomisławice

W profilach P2, P3 i P5 wartość stosunku C:N, niezależnie od rodzaju utworu, systematycznie rosła wraz z głębokością. W profilach P1 i P4 natomiast, niższe wartości tego parametru występowały głównie w dolnej części profilu zbudowanej z piaszczystych poziomów mineralnych. Najniższą wartość C:N obliczono w piaszczystym poziomie mineralnym Ccagg w profilu P4 – 10, a najwyższą w najniższej zalegającym poziomie wapienia łąkowego Lm – 37 (Tab. 20.).

Tab. 20. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w pobliżu Tomisławic (obiekt D)

Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Kwasy huminowe [%]	Liczba humifikacji (LH)	E4:E6	MED [%]	C:N
P1	Ah1	0 – 30	4,2	24,6	3,5	0,0	15
	Ah2	30 – 50	2,3	26,6	3,2	0,0	19
	Ccagg1	50 – 100	0,3	11,3	2,6	0,0	11
	Ccagg1	100 – 150	0,0	6,2	3,1	0,0	11
P2	M	0 – 45	8,6	19,8	3,8	8,5	12
	C1	45 – 70	0,1	8,4	3,4	0,0	16
	C2	70 – 120	0,2	16,7	4,1	0,0	15
P3	M	0 – 20	8,9	15,0	4,9	8,5	11
	Oi	20 – 70	7,3	8,4	3,9	13,0	14
	Oe	70 – 120	12,4	14,0	4,2	13,0	18
P4	M1	0 – 22	3,7	14,5	4,4	0,0	12
	M2	22 – 65	3,4	19,6	3,4	0,0	17
	Ccagg	65 – 85	0,1	11,4	1,9	0,0	10
	Cgg	85 – 120	0,0	3,4	2,1	0,0	12
P5	M	0 – 22	11,6	15,4	4,0	8,5	14
	Oe	22 – 55	10,8	14,6	3,9	8,5	14
	Lcca	55 – 70	2,1	5,4	3,4	5,0	16
	Lm	70 – 100	0,6	5,0	2,0	0,0	37

Różnicowanie się wartości C:N w glebach z okolic Tomisławic przypominało zmienność tego parametru opisaną w obiekcie C – Ościsłowo. Niewielka wartość C:N była najpewniej wypadkową niższego poziomu wód gruntowych. W profilach takich jak P1, P2 i P4 na niską wartość C:N w nisko zalegających poziomach piaszczystych, tak jak podaje

Czerwiński (1963), mógł mieć wpływ wysoki stopień humifikacji, co ubogaciło w azot występujące w nich związki próchniczne. Możliwa jest również hipoteza przedstawiona przez Bingham i in. (2016) którzy w podobnych sytuacjach dopuszczają możliwość migracji rozpuszczonych związków azotu w głąb profilu i ich częściowej adsorpcji w jego dolnych warstwach. Porównywalne wyniki zaprezentowali w swoich pracach Bieniek i Łachacz (2012), którzy badali odwodnione gleby murszowe na Równinie Mazurskiej oraz Markiewicz i in. (2015), których badania dotyczyły gleb w pobliżu zanikających jezior Sumowskich.

5.6.2. Liczba humifikacji oraz stosunek E4:E6.

Zastosowanie metod opartych na spektroskopii przy badaniach związków próchnicznych, pozwala uzyskać wiele istotnych informacji na temat ich budowy – w tym również proporcji pomiędzy związkami o różnym stopniu polimeryzacji (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2005). W zależności od zaawansowania stopnia humifikacji, powstają związki humusowe o różnej masie cząsteczkowej, spośród których najczęściej wyróżnia się dwie konkretne ich grupy: kwasy fulwowe – nisko spolimeryzowane, powstające w początkowej fazie humifikacji, oraz kwasy huminowe – do których zalicza się pozostałe związki próchniczne charakteryzujące się wyższym stopniem polimeryzacji, pojawiające się w bardziej zaawansowanych etapach humifikacji (Okruszek i in. 1988).

Liczba humifikacji (LH), inaczej zwana również stopniem humifikacji, jest jednym z parametrów, który przy użyciu metody chemiczno-spektroskopowej pozwala określić stopień przeobrażenia materii organicznej w związki humusowe – określa ona proporcję jaką stanowią kwasy fulwowe i huminowe, w całości materii organicznej danej próbki gleby (Matyka-Sarzyńska i Sokołowska 2004).

Stosunek gęstości optycznych wyciągów glebowych przy długościach fali 465 i 664 nm (E4:E6), jest parametrem ukazującym charakter wyekstrahowanych substancji humusowych, którego wartości są tym niższe, im w danej próbce rośnie przewaga cząsteczek o większej masie – dla kwasów huminowych E4:E6 przyjmuje zwykle wartości mniejsze niż 6, natomiast dla kwasów fulwowych od 6 do 18,5 (Matyka-Sarzyńska i in. 2005). W literaturze można się spotkać również z innym, aczkolwiek zbliżonym podziałem wartości E4:E6 opisanym przez Tana (2014), gdzie dla kwasów huminowych, charakterystyczne wartości tego parametru mieszczą się w przedziale 3 – 5, natomiast dla kwasów fulwowych przyjmują wartości od siedmiu wzwyż.

5.6.2.1. Obiekt A – Kamień Mały

W większości przypadków, liczba humifikacji (LH) w obrębie każdego z profili, przyjmowała najniższe wartości w poziomach powierzchniowych. W P1, w przeciwieństwie do pozostałych profili, podobnie niską (jak w poziomie powierzchniowym) LH zaobserwowano również w poziomach zalegających najniżej – w poziomie mineralnym Cgg oraz w poziomie torfu saprowego Oa. W P2, P3 i P4 najwyższe w profilu wartości LH występowały w poziomach torfowych zalegających poniżej warstw mułu. W profilu P5 natomiast, obydwie poziomy torfowe wykazywały LH zbliżoną do tej, oznaczonej w powierzchniowych poziomach mułowych. Najmniejszą LH oznaczono w podpowierzchniowym poziomie L12 w profilu P4 – 11,9, natomiast największą, również w podpowierzchniowym poziomie L12 ale w profilu P1 – 19,9 (Tab. 17).

Stosunek E4:E6 nieznacznie różnicował się między poszczególnymi poziomami. We wszystkich profilach obiektu A, kształtował się on w przedziale 3,8 – 5,1, z czego w większości przypadków były to wartości bliskie środkowej jego części. Wartość najniższą obliczono w poziomie mineralnym Cgg zalegającym między poziomami mułowymi a torfowym w profilu P1, natomiast wartość stanowiąca górną granicę opisanego przedziału oznaczono zarówno w powierzchniowym poziomie mułowym profilu P4, jak i poziomie torfu hemowego Oe2 w profilu P5.

Na podstawie opisów zależności jakie mogą występować pomiędzy stopniem humifikacji a stosunkiem E4:E6 których dokonali w swoich pracach Okruszko i in. (1973) oraz Matyka-Sarzyńska i in. (2004), podczas analizy powyższych wyników wyciągnięto wnioski, iż znacząca przewaga wielkocząsteczkowych związków humusowych, nawet w poziomach niskohumifikowanych, mogła świadczyć o bardzo powolnym procesie rozkładu materii organicznej, spowodowanym najprawdopodobniej takimi czynnikami jak ograniczony dostęp do tlenu czy oporność danej materii roślinnej na rozkład.

5.6.2.2. Obiekt B – Radolin

W większości profili – od P2 do P4, liczba humifikacji przyjmowała najniższe wartości w poziomach powierzchniowych, natomiast w profilach P1 i P5 – w poziomach podpowierzchniowych. Systematyczne zmiany wartości LH wraz z głębokością, występowały jedynie w profilu P3, w pozostałych profilach natomiast zmieniały się nieregularnie. Zakres wartości tego parametru mieścił się w przedziale od 9,9 – w poziomie Oe1 profilu P4, do 25,4 – w poziomie Oa w profilu P5 (Tab. 18).

Stosunek E4:E6 nie wykazywał większego zróżnicowania, we wszystkich profilach mieścił się w wąskim zakresie 3,5 – 4,1, a poszczególne jego wartości zmieniały się nieregularnie. Najniższy stosunek E4:E6 stwierdzono w podpowierzchniowym poziomie Oa w profilu P5, a najwyższy w podpowierzchniowym poziomie Oe w profilu P2.

Jak podają Drozd i Licznar (2002), przewaga kwasów huminowych nad fulwowymi, która była obecna we wszystkich badanych w Radolinie poziomach, mogła być efektem bardzo wolnego tempa humifikacji, spowodowanego najprawdopodobniej warunkami wysokiego uwilgotnienia. Oznacza to, iż nawet w poziomach powierzchniowych, gdzie w materii organicznej przeważała ilość materii zhumifikowanej, dostęp do tlenu był umiarkowany.

5.6.2.3. Obiekt C – Ościsłowo

W profilach od P1 do P4, liczba humifikacji najwyższe wartości przyjmowała głównie w poziomach powierzchniowych i podpowierzchniowych, a najniższe w ich dolnej części. W profilu P5 z kolei zmienność tego parametru kształtowała się przeciwnie – najniższe wartości LH obliczono w pierwszych trzech (licząc od powierzchni) poziomach, natomiast wartość najwyższa została obliczona w najniżej zalegającym poziomie organicznym. Zakres wartości tego parametru wahał się od 7,3 do 30,5, z czego najniższą obliczono w poziomie Oi2 w profilu P4, natomiast najwyższą w poziomie Oe2 w profilu P5 (Tab. 19).

Wartość stosunku E4:E6 w większości profili różnicowała się w sposób nieregularny, jedynie w profilach P1 i P2 zaobserwowano związek pomiędzy jego wartością a głębokością zalegania poszczególnych poziomów. We wszystkich poziomach wartości tego parametru mieściły się w zakresie 3,2 – 5,8. Najniższą wartość oznaczono w powierzchniowym poziomie murszowym profilu P1, a najwyższą w poziomie torfu hemowego Oe1 w profilu P3.

Sytuacja w profilu P1 była specyficzna. Wysoka liczba humifikacji w poziomie powierzchniowym przy jednocześnie niskiej wartości stosunku E4:E6, oraz odwrotna sytuacja w poziomach zalegających niżej mogła świadczyć albo o zahamowaniu procesu polimeryzacji związków humusowych w głębszych warstwach profilu, albo tak jak wspomniała w swojej pracy Niemyska-Łukaszuk (1997) o możliwej migracji kwasów fulwowych w głąb profilu. W przypadku profili od P2 do P4 nie zaobserwowano wysokiego zróżnicowania zależności pomiędzy LH a E4:E6, co mogło świadczyć o równomiernych warunkach natlenienia w całości profilu – proces humifikacji zachodził w większości poziomów w porównywalnym czasie. Jak podają Sokołowska i in. (2004), stosunek E4:E6, taki jak w powierzchniowym poziomie profilu P5 (bliski 6), świadczy o wyrównanej zawartości kwasów fulwowych i huminowych w zhumifikowanej części materii organicznej. Jego tendencja spadkowa w głąb profilu świadczyła zapewne o tym, że w P5 dostęp do tlenu był wyraźnie większy w poziomach powierzchniowych. Pod kątem próchnicznych poziomów deluwialnych, jak i poziomów gytowych, gleby obiektu D przypominały genezę gleby zlokalizowane w obrębie niecek pojeziornych badanych przez Markiewicza i in. (2015) w pobliżu zanikających jezior Sumowskich. W swoich badaniach, autorzy uzyskali wyższe wartości LH w obu porównywanych utworach glebowych. Analizując pozostałe wyniki przedstawione przez autorów i porównując je z wynikami niniejszej pracy, zaobserwowano, iż wyższa niż w obiekcie D wartość LH, była najprawdopodobniej związana a wyższą zawartością materii organicznej. Dodatkowo, u autorów występował również wyższy niż w glebach obiektu D stosunek E4:E6 – co jak podają Pisarek i Gołąbek (2015) może być powiązane z wolniejszym tempem transformacji M.O. w warunkach większego uwilgotnienia.

5.6.2.4. Obiekt D – Tomislawice

W każdym z profili, najwyższymi wartościami LH charakteryzowały się powierzchniowe oraz podpowierzchniowe poziomy murszowe i próchniczne. Wartość tego wskaźnika wynosiła w nich od 14,4 do 26,6. Pozostałe wartości: 3,4 – 14,0, oznaczone w poziomach torfowych, mineralnych i limnicznych, w większości przypadków były powiązane z głębokością zalegania, gdzie najmniejsze z nich charakteryzowały poziomy zalegające w spągu. Najniższą wartość tego wskaźnika oznaczono w poziomie C_{gg} zalegającym w spągu profilu P4, a najwyższą w podpowierzchniowym poziomie Ah₂ w profilu P1 (Tab. 20).

Współczynnik E4:E6 w profilach od P1 do P4 charakteryzował się najniższymi wartościami w poziomach mineralnych jak i organicznych, zalegających bezpośrednio poniżej wierzchnich warstw utworów murszowych lub próchnicznych (w środkowej części profilu). Wyższe wartości obliczono natomiast zarówno w poziomach powierzchniowych jak i zalegających najniżej. Odmienny, dużo czytelniejszy układ wartości stosunku E4:E6 zaobserwowano w profilu P5, gdzie wartość tego parametru proporcjonalnie malała wraz z głębokością. Najwyższy stosunek E4:E6 wynoszący 4,9 oznaczono w powierzchniowym poziomie murszowym profilu P3, a najniższy – 1,9, w poziomie Ccagg w P4, pomiędzy poziomami murszowymi a piaszczystym poziomem zalegającym w spągu.

Liczba humifikacji, podobnie jak stosunek E4:E6 w obrębie poszczególnych profili przyjmowały najwyższe wartości w poziomach znajdujących się bliżej powierzchni, natomiast najniższe w poziomach zalegających niżej. Okruszko (1973) taką sytuację, opisywał jako charakterystyczną dla gleb podlegających procesowi murszenia, gdzie w wyniku odwodnienia, w wierzchnich warstwach profilu występuje zwiększona podaż tlenu.

5.6.3. Potencjalna zwilżalność (MED).

Molarity of ethanol droplet, w skrócie MED, stanowi popularną metodę, służącą do stosunkowo szybkiego określania potencjalnej zwilżalności (stopnia hydrofobowości) gleb w warunkach polowych jak i laboratoryjnych (Roy i McGill. 2002). Stopień hydrofobowości badanego materiału glebowego jest silnie uzależniony od zawartości materii organicznej oraz od jej jakości (Szatyłowicz i in. 2005). Czynniki takie jak aktualny stopień uwilgotnienia czy temperatura, mogą wpływać na nasilenie stopnia hydrofobowości w sposób zmienny i tymczasowy, z kolei do czynników wywierających trwalszy wpływ, należą zmiany w strukturze i chemizmie gleb spowodowane aktywnością biologiczną drobnoustrojów, roślin oraz grzybów (Hermansen i in. 2019). Na podstawie wspomnianych przemian strukturalnych i chemicznych, parametr ten może również stanowić odzwierciedlenie stopnia wtórnego przeobrażenia gleb organicznych, czego potwierdzenie zamieścili w swoich pracach Glina i in. (2013) oraz Bisdom i in. (1993). Pod kątem ważniejszych powiązań z innymi właściwościami gleb organicznych, stopień hydrofobowości wykazuje widoczny wpływ na ich właściwości wodne takie jak przewodność hydrauliczna czy retencyjność (Szatyłowicz i in. 2005).

W Kamieniu Małym, poziomy mułowe i mineralne o najmniejszej zawartości materii organicznej (M.O.) charakteryzowały się silną hydrofilowością (MED 0,0%), poziomy torfowe

o zawartości pośredniej – hydrofobowością słabą i umiarkowaną (MED 5,0 i 8,5%), natomiast poziomy torfowe i mułowe o największej zawartości M.O. – bardzo silną i ekstremalną hydrofobowością (MED 24,0 i 36%). Podobnie zmienność tego parametru kształtowała się w Radolinie jak i w pobliżu Ościsłowa, gdzie największą hydrofobowość, niezależnie od stopnia przeobrażenia wykazywały utwory najbardziej zasobne w M.O., a najmniejszą te najuboższe (Tab. 17 – 20). Odstępstwo od tej reguły zaobserwowano jedynie w dwóch przypadkach powierzchniowych poziomów murszowych, w profilu P1 i P3 w pobliżu Ościsłowa, gdzie oznaczono w nich silniejszą hydrofobowość niż w zalegających niżej poziomach torfowych o porównywalnej zawartości M.O (Tab. 17 – 20).

W obiektach A, B i C, zawartości M.O. powiązane z określonymi rodzajami hydrofobowości były względem siebie porównywalne, natomiast w pobliżu Tomisławic, podobieństwo to było widoczne tylko w profilach P1, P2 i P4. Przy podobnych co w pozostałych obiektach zawartościach M.O. w profilach P3 i P5, stopień hydrofobowości był niższy, i tam gdzie w innym wypadku oznaczono by bardzo silną hydrofobowość (MED 24,0%) w profilu P3 i P5 występowała silna i umiarkowana hydrofobowość (MED 13,0 i 8,5%), natomiast tam gdzie zawartość M.O. w innym wypadku wskazywałaby na umiarkowaną, oznaczono hydrofobowość słabą (MED 5,0%).

W obrębie każdego z badanych obiektów, potencjalna zwilżalność wykazywała głównie powiązanie z zawartością materii organicznej. Zaobserwowano brak zależności pomiędzy stopniem wtórnego przeobrażenia a potencjalną zwilżalnością w glebach murszowych. Prawdopodobnie jedną z przyczyn zaistniałej sytuacji mógł być porównywalny stosunek E4:E6 występujący we wszystkich poziomach, który wykazując wszędzie zbliżoną przewagę bardziej hydrofobowych niż fulwowe kwasów huminowych (Esparza-Soto i in. 2003), bardziej uzależniał zmienność wskaźnika MED od czynnika ilościowego niż jakościowego.

5.6.4. Stopień wtórnego przeobrażenia poziomów murszowych – indeks W_1 .

Na proces wtórnego przeobrażenia w glebach organicznych wpływ może mieć wiele czynników, zarówno tych związanych ze zmianami zachodzącymi w danym siedlisku – fluktuacja zwierciadła wody gruntowej, jak i tych powiązanych z samą jego charakterystyką – rodzaj zbiorowiska roślinnego (Sokołowska i in. 2004). Pod wpływem wzmożonej aktywności mikrobiologicznej, kiedy to w procesach towarzyszących przeobrażeniu materia organiczna ulega rozkładowi i przebudowie, powstaje wiele związków chemicznych wykazujących

właściwości hydrofobowe – np. sterole, terpeny, wielopierścieniowe węglowodory – które wpływają na pogorszenie właściwości wodnych (w tym retencyjnych) gleby (Jimenez-Morillo i in. 2016).

Na podstawie zmian właściwości retencyjnych zachodzących w utworach organicznych podlegających procesowi wtórnego przeobrażenia, Gawlik (2000) opracował metodę parametryzacji stopnia tych przeobrażeń. Metoda ta klasyfikuje wtórnie przeobrażone utwory organiczne na różne klasy, od otworów w inicjalnym stanie wtórnego przeobrażenia po utwory bardzo silnie przeobrażone. Wielkością używaną w tej metodzie jest indeks chłonności wodnej W_1 , którego wielkości są wprost proporcjonalne do stopnia przemian.

Charakterystyka stopnia przeobrażenia utworów organicznych na podstawie indeksu chłonności wodnej W_1 opiera się głównie na założeniu, że utwory organiczne na drodze przeobrażeń wtórnych (przechodząc w mursz), stopniowo tracą swoje zdolności do pochłaniania wody, a zakres tych zmian jest ściśle powiązany ze stopniem tego przeobrażenia (Matyka-Sarzyńska i in. 2004).

Spośród wszystkich poziomów murszowych (które występowały w obiektach B, C i D), przewagą najmniej przeobrażonych charakteryzował się obiekt B – Radolin. Oznaczone na jego obszarze poziomy murszowe najczęściej charakteryzowały się średnim lub inicjalnym stopniem przeobrażenia – profile od P1 do P4, natomiast stopień silny zaobserwowano tylko w jednym poziomie – P5 (Tab. 21). Na obszarze wokół Ościsłowa, mursze silnie przeobrażone występowały liczniej niż w Radolinie, spośród sześciu oznaczonych poziomów, tylko połowa charakteryzowała się stopniem inicjalnym lub średnim. Poziomy silnie przeobrażone występowały w profilach P2 i P3, natomiast pozostałe w profilach P1 i P5 (Tab. 21). W pobliżu Tomisławic z kolei, wszystkie poziomy murszowe (które oznaczono tylko w profilach od P2 do P5), występowały wyłącznie w silnym stopniu przeobrażenia.

Charakterystyka utworów murszowych pod kątem stopnia wtórnego przeobrażenia w pewnym stopniu korespondowała z oszacowanym stopniem antropopresji występującym na każdym z obiektów. Profile glebowe z obiektu A gdzie oszacowano najmniejszy wpływ działalności człowieka, nie posiadały w ogóle znamion procesu wtórnego przeobrażenia. Nie wykryto żadnych oznak murszenia ani w powierzchniowych poziomach mułowych ani torfowych, mimo iż na okolicznych obszarach donoszono wcześniej o występowaniu gleb murszowo-mułowych i murszowo-torfowych (Kaniecki 2014, Malinowski 2008). Z kolei na terenie obiektu B – jak podają Grzelak i in. (2011), przejawem działalności człowieka było głównie wykonanie zabiegów melioracyjnych, które według autorów w znacznym stopniu wpłynęły na przesuszenie gleb oraz skład gatunkowy pokrywy roślinnej. Wyniki uzyskane

w niniejszej pracy natomiast pokazały, iż miąższość poziomów murszowych gleb obiektu B nie przekraczała 20cm, a stopień ich wtórnego przeobrażenia był najczęściej inicjalny lub średni, co świadczyło raczej o początkowych etapach transformacji tych gleb.

Większy stopień wtórnego przeobrażenia jak i większą miąższość poziomów murszowych niż w glebach obiektu B zaobserwowano w glebach obiektu C. Profile wykonane w okolicy Ościszowa znajdowały się w bezpośrednim sąsiedztwie terenów uprawnych. Według Piaścika (2002) prowadzone w sąsiedztwie lokalnych obniżen zabiegi agrotechniczne mogą często powodować osuwanie się deluwiów, czego przykładem był najprawdopodobniej profil P4.

Tab. 21. Stopień wtórnego przeobrażenia poziomów murszowych na podstawie indeksu chłonności wodnej

Obiekt	Profil	Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Wskaźnik W_1	Klasa (wg. W_1)	Stopień wtórnego przeobrażenia
B	P1	M	0 – 18	0,73	III	średni
	P2	M	0 – 15	0,45	I	inicjalny
	P3	M	0 – 20	0,39	I	inicjalny
	P4	M	0 – 18	0,70	III	średni
	P5	M	0 – 15	0,82	IV	silny
C	P1	M1	0 – 18	0,71	III	średni
		M2	18 – 50	0,44	I	inicjalny
	P2	M1	0 – 20	0,85	IV	silny
		M2	20 – 45	0,81	IV	silny
	P3	M	0 – 20	0,85	IV	silny
P5	M	0 – 12	0,66	III	średni	
D	P2	M	0 – 45	0,88	IV	silny
	P3	M	0 – 20	0,85	IV	silny
	P4	M1	0 – 22	0,93	IV	silny
		M2	22 – 65	0,95	IV	silny
	P5	M	0 – 22	0,82	IV	silny

Profile glebowe obiektu badawczego D, były pod najsilniejszym wpływem działalności człowieka. Na zmiany będące efektem rolniczego użytkowania tych gleb nakładał się jeszcze udokumentowany przez Przybyłką (2022) wpływ leja depresji odkrywki Tomisławice. Występujące tam poziomy murszowe charakteryzowały się największym stopniem wtórnego przeobrażenia oraz dodatkowo udokumentowano na tym obiekcie najgłębiej sięgającą warstwę murszu spośród wszystkich obiektów (65cm). Miąższość poziomów murszowych, była dodatkowo zaobserwowaną cechą wykazującą powiązanie z indeksem wtórnego przeobrażenia. Na obiektach gdzie dominował silny stopień wtórnego przeobrażenia, średnia miąższość warstw murszowych była największa. Podobne wnioski odnośnie miąższości utworów murszowych zawarł w swojej pracy Kiryłuk (2009) badając ulegające decesji łąkowe siedliska pobagienne.

5.6.5. Stopień rozkładu torfu – zawartość włókna oraz indeks pirofosforanowy.

Stopień rozkładu jest kluczową właściwością charakteryzującą utwory torfowe, jest ona bezpośrednio powiązana z właściwościami fizycznymi i wodnymi, takimi jak objętość oraz wielkość porów glebowych, gęstość gleby suchej, zdolności retencyjne oraz przewodnictwo wodne (Okruszko 1988). W literaturze można spotkać się z różnymi metodami służącymi do oznaczenia stopnia rozkładu torfu, ich wspólnym mianownikiem jest najczęściej określenie proporcji, jaką w całej masie torfu stanowi amorficzna masa rozłożonych części organicznych (Myślińska 1999). Do klasyfikacji utworów torfowych można używać również metod polegających na określaniu zawartości nierozłożonego włókna oraz metod chromatograficznych (Lynn i in. 1974). Czyżewski (1958) podaje, że stosowanie tylko jednej metody do oznaczenia stopnia rozkładu torfu – która najczęściej opiera się na opisie morfologicznym – nie uwzględniają humifikacji masy torfowej. Autor jako przykłady potencjalnych niejasności podaje silnie rozdrobnione torfy które nie uległy humifikacji oraz torfy słabo rozłożone do których substancja humusowa przeniknęła z wyżej zalegających silnie rozłożonych warstw. Podobnie jak Lynn i in. (1974), Czyżewski (1958) zaleca równolegle z metodami odnoszącymi się do morfologii badanego materiału (fizycznymi), stosować jako dopełnienie metodę chromatograficzną (chemiczną). Jako dodatkowy wskaźnik mogący świadczyć o stopniu rozkładu torfu można traktować również różnicę pomiędzy zawartością włókna przetartego i nieprzetartego (Bogacz i in. 2008).

W niniejszej pracy zastosowano dwie metody klasyfikacji utworów torfowych (obie przedstawione przez Lynna i in. 1974). Pierwszą z nich, na podstawie której dokonano

głównego podziału na torfy silnie, średnio i słabo rozłożone (torfy fibrowe, hemowe i saprowe) była metoda półstrzykawki, która jako cechę różnicującą wykorzystywała ilość występującej w próbce przetartego włókna. Natomiast drugą – dopełniającą metodą – była metoda chromatograficzna, której miarą był indeks pirofosforanowy, określany na zasadzie barwnych wyciągów z rozpuszczonych w alkaicznym roztworze substancji humusowych.

Na terenie Kamienia Małego dominowały poziomy torfowe zaklasyfikowane jako hemowe, w mniejszej liczbie występowały natomiast poziomy saprowe. Zawartość włókna przetartego na podstawie której dokonano klasyfikacji wynosiła we wszystkich poziomach 24% lub mniej, co w porównaniu do zawartości włókna nieprzetartego która wynosiła 54 – 80% świadczyło o wysokim stopniu rozkładu materii organicznej. Wysoki stopień zhumifikowania materii organicznej potwierdzały również niskie wartości indeksu pirofosforanowego, który w większości przypadków wskazywał na stopień rozkładu odpowiadający torfowi saprowemu (Tab. 22).

Poziomy torfowe w profilach glebowych zlokalizowanych na terenie Radolina w zdecydowanej większości zostały zaklasyfikowane jako torfy hemowe. Poziomy saprowe wystąpiły dwukrotnie, natomiast fibrowy tylko raz. Zawartość włókna przetartego zawierała się w przedziale 14 – 40%, przy czym średnio było to 25%. Różnica w zawartości włókna przetartego i nieprzetartego wynosiła 40 – 56%, przy czym indeks pirofosforanowy wskazywał częściej na torfy hemowe i fibrowe. Mogło to świadczyć o tym, iż za zawartość części amorficznej mógł w większym stopniu odpowiadać stopień rozdrobnienia materii organicznej niż jej humifikacji.

W pobliżu Ościsłowa, wśród oznaczonych poziomów torfowych najmniejszy udział miały poziomy torfu saprowego, natomiast pozostała większość dzieliła się po połowie na poziomy torfu hemowego oraz fibrowego. Zawartość włókna przetartego mieściła się w szerokim przedziale 10 – 50% (średnio 31%), przy czym zdecydowanie większa liczba poziomów przyjmowała wartości bliżej górnej jego granicy. Zawartość włókna nieprzetartego wnosila 50 – 78%, natomiast indeks pirofosforanowy, poza poziomami z profilu P5 wskazywał głównie na stopień rozkładu odpowiadający torfom hemowym i fibrowym – na podstawie tych informacji stwierdzono, iż w profilach od P1 do P4 dominowały poziomy torfu średnio i słabo rozłożonego, natomiast w profilu P5 dominował torf średnio rozłożony o wysokim stopniu zhumifikowania części amorficznej (Tab. 22).

Tab. 22. Stopień rozkładu torfu na podstawie indeksu pirofosforanowego oraz zawartości włókna przetartego

Obiekt	Profil	Poziom genetyczny	Głębokość pobrania [cm]	Indeks pirofosforanowy (IP)	stopień rozkładu wg. IP	Zawartość włókna [%]		Stopień rozkładu **	Różnica zawartości włókna [%]
						A*	B		
A	P1	Oa	59 – 130	4	hemic	80	16	sapric	64
	P2	Oa	52 – 100	1	sapric	70	10	sapric	60
	P3	Oe	38 – 100	4	hemic	54	24	hemic	30
	P4	Oe	49 – 100	3	sapric	54	24	hemic	30
	P5	Oe1	0 – 45	3	sapric	62	20	hemic	42
		Oe2	45 – 100	3	sapric	60	18	hemic	42
B	P1	Oe1	18 – 42	0	sapric	74	28	hemic	46
		Oe2	42 – 58	4	hemic	74	25	hemic	49
		Oe3	58 – 100	2	sapric	88	34	hemic	54
	P2	Oe	15 – 30	4	hemic	82	36	hemic	45
		Oa	30 – 100	1	sapric	68	14	sapric	54
	P3	Oe1	20 – 35	6	fibric	70	24	hemic	46
		Oi	35 – 80	6	fibric	82	40	fibric	42
		Oe2	80 – 130	1	sapric	74	30	hemic	44
	P4	Oe1	18 – 75	7	fibric	60	18	hemic	42
		Oe2	75 – 130	6	fibric	60	20	hemic	40
	P5	Oa	15 – 50	0	sapric	70	14	sapric	56
		Oe	50 – 130	6	fibric	66	18	hemic	48
C	P1	Oi	50 – 70	4	hemic	62	44	fibric	18
		Oe	70 – 100	4	hemic	50	30	hemic	20
	P2	Oa	45 – 60	0	sapric	50	12	sapric	38
		Oi	60 – 70	4	hemic	62	40	fibric	22
	P3	Oe	70 – 100	3	sapric	66	38	hemic	28
		Oi	30 – 55	4	hemic	76	40	fibric	36
		Oe1	78 – 88	6	fibric	68	24	hemic	44
	P4	Oe2	88 – 100	6	fibric	68	32	hemic	36
		Oi1	45 – 62	6	fibric	78	46	fibric	32
	P5	Oi2	62 – 100	6	fibric	78	50	fibric	28
		Oe1	12 – 25	2	sapric	66	20	hemic	46
		Oa	25 – 40	2	sapric	66	10	sapric	56
D	P3	Oe2	40 – 60	2	sapric	50	18	hemic	32
		Oi	20 – 70	6	fibric	70	50	fibric	20
P5	Oe	70 – 120	7	fibric	70	30	hemic	40	
	Oe	22 – 55	2	sapric	66	24	hemic	42	

* A - włókno nieprzetarte, B - włókno przetarte

** stopień rozkładu według zawartości włókna przetartego

Poziomy torfowe oznaczone na obiekcie D – w pobliżu Tomisławic, występowały bardzo nielicznie, większość gleb organicznych które badano na tym obszarze wykazywała znamiona zdegradowanych. Poziomy torfowe występowały jedynie w profilu P3 i P5, z czego w tym ostatnim torf stanowił tylko pojedynczą warstwę o miąższości 33 cm. Profil P3 był wyjątkiem, ponieważ jako jedyny na badanym obszarze był w całości zbudowany z utworów organicznych, a zalegające w nim poziomy torfowe wykazywały bardzo niski stopień rozkładu, na podstawie zawartości włókna zostały zaklasyfikowane jako fibrowe i hemowe, natomiast na podstawie indeksu pirofosforanowego, jako fibrowe. Poziom torfowy z profilu P5 na podstawie zawartości włókna wykazywał cechy torfu hemowego, przy czym indeks pirofosforanowy wskazywał na wysoki stopień humifikacji odpowiadający torfowi saprowemu. Średnia zawartość włókna w poziomach torfowych z okolic Tomisławic wynosiła 35% i była najwyższa spośród pozostałych obiektów (Tab. 22).

Poziomy torfowe gleb z Kamienia Małego i Radolina zlokalizowane w dolinach rzecznych charakteryzowały się większym stopniem rozkładu niż poziomy z pozostałych obiektów zlokalizowanych na terenie pojezierzy. Podobnych obserwacji dokonała w swojej pracy Drzymulska (2016). Autorka podaje, iż na terenach zalewowych, gdzie przez dłuższy okres występuje stagnacja wody, odkładają się przeważnie torfy silnie lub średnio rozłożone, natomiast na terenach gdzie nie występuje zjawisko zalewania ale zapewniony jest stały napływ wód gruntowych, odkładają się torfy o niższym stopniu rozkładu. W profilach P1 i P2 z Kamienia Małego dodatkowo zaobserwowano, iż budujące je materiały torfowe charakteryzowały się wyższym niż w pozostałych profilach stopniem rozkładu, efektem tego najprawdopodobniej było bliższe niż w pozostałych profilach sąsiedztwo odwadniającego cieku. W przekroju poprzecznym, zwierciadło wody gruntowej w sąsiedztwie cieku odwadniającego, w sposób łukowaty ugina się, przyjmując tym niższy poziom im bliżej jest jego krawędzi (Pawlaczyk i in. 2005).

Największe zróżnicowanie poziomów torfowych w obrębie profili glebowych występowało w pobliżu Ościsłowa oraz Tomisławic. W niektórych przypadkach (obiekt C profil P2) w obrębie jednego profilu zdarzało się nawet występowanie poziomów o trzech różnych stopniach rozkładu. Mimo iż czynnikiem który najczęściej odpowiada za zwiększenie stopnia rozkładu torfu jest obniżenie poziomu wód gruntowych (Okruszko 1971), to w przypadku profili P2 i P3 w pobliżu Ościsłowa prawdopodobnie nie był to czynnik decydujący. We wspomnianych profilach, paradoksalnie to warstwy torfu zalegające niżej wykazywały większy stopień rozkładu, niż warstwy ponad nimi. Jak podają van der Linen i in. (2006) zróżnicowanie się stopnia rozkładu torfu na różnych poziomach profilu glebowego, może

świadczyć o zmiennych warunkach hydrologicznych panujących podczas procesu odkładania się masy torfowej. Za czynnik różnicujący przebieg procesu torfotwórczego mogą odpowiadać również zachodzące podczas trwania tego procesu zmiany w pokrywie roślinnej (Malec i in. 2016).

Podobna (jak wspomniana wcześniej) sytuacja z silnie rozłożonym torfem w dolnej części profilu, natomiast słabiej rozłożonym w części powierzchniowej miała miejsce w badaniach Okruszki i in. (1971), na pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim. Autorzy opisywali profile w których czynnikiem korelującym ze stopniem rozkładu torfu bardziej niż głębokość zalegania był skład botaniczny – silnie rozłożone torfy trzcinowe zalegały w spągu, natomiast słabo rozłożone torfy turzycowe tworzyły warstwy bliżej powierzchni. Drzymulska (2003) podaje, że zależność między stopniem rozkładu torfu a składem botanicznym roślinności torfotwórczej jest podyktowana tym, iż materia organiczna pochodząca od różnych gatunków roślin może znacząco różnić się składem chemicznym, a co za tym idzie odpornością na rozkład.

5. 7. Wpływ stopnia transformacji materii organicznej na wybrane właściwości badanych utworów.

W pracy dokonano oceny istotności różnic wybranych właściwości występujących, zarówno pomiędzy głównymi rodzajami badanych utworów glebowych (poziomy genetyczne M - murszowe, O - torfowe, L - limniczne, A – próchniczne mineralne i C - mineralne), jak i pomiędzy poszczególnymi podgrupami w obrębie utworów organicznych. W tych samych utworach i pomiędzy tymi samymi właściwościami oceniono także siłę korelacji. Pod kątem przeobrażenia materii organicznej, podgrupy te zostały wyodrębnione w utworach torfowych (stopień rozkładu – przeobrażenie pierwotne) i murszowych (przeobrażenie wtórne), natomiast w utworach limnicznych dokonano podziału na utwory mułowe oraz gytiowe. Utwory mineralne próchniczne (zwane dalej próchnicznymi), jak i mineralne, zostały umieszczone w analizie głównie w celu oceny ilościowego wpływu materii organicznej.

Większość poziomów genetycznych różniła się istotnie od siebie pod względem zawartości materii organicznej (tab. 23). Różnice nieistotne występowały jedynie przy porównaniu poziomów limnicznych (L) z próchnicznymi (A) oraz próchnicznych z mineralnymi (C).

Średnie zawartości materii organicznej w poziomach torfowych (68,18%) i mułowych (29,24%) były zbliżone do wartości dla tych utworów podawanych przez Okruszkę (1969). Według tego autora, zawartość materii organicznej w mułach często bywa prawie dwukrotnie niższa niż w utworach torfowych, czego powodem jest najczęściej wyższy w mułach niż w torfach stopień rozkładu materii organicznej oraz wyższa zawartość części mineralnych. Z kolei jak podają Wójciak i in. (2005), różnice w zawartości materii organicznej pomiędzy poziomami torfowymi a murszowymi nie zawsze kształtują się jednoznacznie. Jak donoszą ci autorzy, zawartość materii organicznej w murszach, w zależności od wielu czynników takich jak wyjściowa zawartość materii organicznej, stopień przeobrażenia czy miąższość warstw organicznych, może przyjmować wartości od bardzo zbliżonych po wyraźnie mniejsze niż w poziomach torfowych.

Stosunek C:N różnił się istotnie przy porównaniach poziomów O (15,7), L (16,1), A (14,3) z poziomami M (12,6), w porównaniu poziomów L z A, oraz w porównaniu O i L z C (13,3) (Tab. 23). Średnie zawartości C:N w poziomach torfowych i murszowych były zbliżone do podanych przez Szajdaka i in. (2020). W pracy opisującej wpływ osuszania torfowisk na przemianę materii organicznej, wspomniani autorzy ocenili otrzymane wartości C:N mieszczące się w zakresie 13,73 – 19,96, jako charakterystyczne dla torfowisk niskich

objętych procesem decesji, prowadzącym do uwalniania większych ilości azotu na drodze mineralizacji materii organicznej. Dla porównania, autorzy zamieścili w swoich wynikach również parametry jakościowe lepiej uwodnionych torfów wysokich, gdzie stosunek C:N przyjmował wartości 25,08 – 63,33. Średni stosunek C:N obliczony dla poziomów limnicznych był zbliżony (aczkolwiek istotnie różny) do obliczonego dla poziomów torfowych ponieważ najprawdopodobniej obie te grupy poziomów charakteryzowały się zbliżonym uwilgotnieniem.

Pod kątem potencjalnej zwilżalności (MED), poszczególne poziomy różniły się istotnie jedynie tam, gdzie występowały między nimi duże różnice w zawartości materii organicznej, czyli przy porównaniu poziomów o wysokiej jej zawartości takich jak poziomy O (68,18%) i M (50,05%), z poziomami o zawartości niższej tj. L (29,24%), A (16,46%) oraz C (3,42%, Tab. 23). Przyczyną tego zjawiska mogła być wysoka korelacja tego parametru z zawartością materii organicznej (Tab. 24).

W przypadku liczby humifikacji istotne różnice zaobserwowano przy porównaniu poziomów C (11,88) z M (17,84) i A (18,68), oraz C z L (13,09). W przypadku wartości stosunku E4:E6 istotne różnice występowały jedynie w porównaniu poziomów: M (4,07), O (4,22), L (4,30) i A (3,94) z poziomami C (3,09; Tab. 23.). Jak podają Matyka-Sarzyńska i in. (2005), liczba humifikacji stanowi odzwierciedlenie proporcji jaką w danej zawartości materii organicznej stanowi substancja humusowa. Natomiast stosunek E4:E6, według Zalba i in. (2016), jest z kolei wskaźnikiem opisującym „dojrzałość” związków humusowych, różnicującym je na podstawie m.in. wielkości cząsteczkowej, zawartości poszczególnych pierwiastków czy ich mobilności w glebie. Zatem niewielka ilość istotnych różnic wspomnianych parametrów między badanymi w pracy poziomami świadczy najprawdopodobniej o tym, iż przemiany materii organicznej – niezależnie od jej ilości, w większości badanych przypadków były zaawansowane w podobnym stopniu. Jak podają Kawałko i in. (2017), przyczyną tego mogły być zbliżone warunki siedliskowo-klimatyczne oraz podobny skład chemiczny komponentów opadu roślinnego.

Ciekawą obserwacją był brak istotnych różnic pomiędzy wartościami gęstości objętościowej gleby suchej (Ggs) stwierdzonymi w poziomach organicznych. Porowatość całkowita z kolei, oprócz porównania poziomów O z M i A z C, istotnie różnicowała się w tych samych porównaniach co zawartość materii organicznej – czyli w porównaniu poziomów M z L, A i C, poziomów O z L, A i C, jak również poziomów C z L (Tab. 23). Jak podają Eden i in. (2011) oraz Chaudhari i in. (2013), zawartość materii organicznej odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu się wspomnianych właściwości – tuż obok takich cech jak struktura oraz

zagęszczenie gleby – przy czym dodatkowo w przypadku Ggs, wpływ mogą mieć również części mineralne.

Wzajemny układ właściwości wodnych w dużej mierze przypominał relacje w obszarze właściwości fizycznych. W przypadku efektywnej retencji użytecznej (ERU) istotne różnice występowały przy porównaniu ze sobą poziomów C (8,12% v) z M (19,83% v), O (22,12% v), L (16,38% v) i A (15,92% v) oraz A z O i L z O, co prawdopodobnie należy wiązać z różnicami w zawartości materii organicznej. Natomiast w porównaniu ze sobą poziomów pod kątem potencjalnej retencji użytecznej (PRU), istotne różnice występowały we wszystkich przypadkach, za wyjątkiem porównania poziomów M (39,63% v) z O (40,88% v). Ciekawą obserwacją był brak istotnej różnicy zarówno w przypadku ERU jak i PRU pomiędzy poziomami M i O.

Zawartość materii organicznej dodatnio i na umiarkowanym poziomie korelowała z porowatością całkowitą (0,73, Tab. 24.). Gęstość objętościowa gleby suchej z kolei, posiadała podobną co porowatość całkowita siłę korelacji z zawartością materii organicznej, ale w postaci ujemnej (-0,70). Obie właściwości wodne, ERU i PRU, korelowały z zawartością materii organicznej dodatnio i na umiarkowanym poziomie (0,50 i 0,47).

Na siłę powyższych korelacji, oprócz zawartości materii organicznej najprawdopodobniej w dużym stopniu mogła również wpłynąć charakterystyka części mineralnych (ich zawartość oraz wielkość frakcji). Sugestia taka nasuwa się po analizie prac Kellera i Hakanssona (2010), Gupty i Larsona (1979) oraz Kaźmierowskiego (2015), którzy obok zawartości materii organicznej uwzględniali te parametry przy estymacji właściwości fizycznych i wodnych.

Tab. 23. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane we wszystkich poziomach genetycznych

Poziom genetyczny	Materia organiczna [%]	C:N	MED.	Liczba humifikacji	E4:E6	Gęstość objętościowa gleby suchej [g·cm ⁻³]	Porowatość całkowita [% v]	ERU [% v]	PRU [% v]
O	68,18	15,7	16,24	15,41	4,22	0,23	88,20	22,12	40,88
M	50,05	12,6	11,38	17,84	4,07	0,32	83,82	19,83	39,63
L	29,24	16,1	1,64	13,09	4,30	0,47	73,57	16,38	33,63
A	16,46	14,3	0,00	18,68	3,94	0,83	75,79	15,92	25,89
C	3,42	13,3	0,00	11,88	3,09	1,32	48,47	8,12	12,23
NIR*	17,80	1,5	7,48	5,40	0,70	0,31	7,70	5,53	5,98

* najmniejsze istotne różnice estymowano na poziomie istotności $\alpha=0,05$

Tab. 24. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi we wszystkich poziomach genetycznych

1**	-								
2	<u>-0,31*</u>	-							
3	<u>0,84</u>	-0,20	-						
4	0,19	<u>-0,29</u>	0,14	-					
5	0,20	<u>-0,32</u>	0,12	0,08	-				
6	<u>-0,70</u>	<u>0,50</u>	<u>-0,52</u>	-0,28	<u>-0,35</u>				
7	<u>0,73</u>	<u>-0,46</u>	<u>0,57</u>	0,28	<u>0,33</u>	<u>-0,98</u>	-		
8	<u>0,50</u>	<u>-0,34</u>	<u>0,46</u>	0,23	<u>0,26</u>	<u>-0,62</u>	<u>0,64</u>	-	
9	<u>0,47</u>	<u>-0,45</u>	<u>0,38</u>	0,20	<u>0,47</u>	<u>-0,85</u>	<u>0,85</u>	<u>0,65</u>	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

* wyróżnione korelacje istotne ($\alpha<0,05$)

* *1 – materia organiczna

2 – C:N

3 – MED.

4 – LH

5 – E4:E6

6 – gęstość objętościowa gleby suchej

7 – porowatość całkowita

8 – ERU

9 – PRU

Pośród analizowanych zależności zaobserwowano, iż zawartość materii organicznej w silny dodatni sposób (0,84) korelowała ze wskaźnikiem potencjalnej zwilżalności (MED). Istotną korelację wskaźnika potencjalnej zwilżalności z zawartością materii organicznej otrzymali również w swoich pracach Łachacz i in. (2009) oraz Buczko i in. (2005). U Łachacza i in. (2009) utwory glebowe o zawartości węgla organicznego do 12% charakteryzowały się hydrofilowością lub słabą hydrofobowością, natomiast powyżej tej wartości, sukcesywnie stawały się coraz bardziej hydrofobowe. U Buczko i in. (2005) natomiast, korelacja ta wykazywała liniową zależność w glebach mniej zasobnych, posiadających w większości od 0,1 do 10% materii organicznej. W przeciwieństwie do wyników prezentowanych przez Glinę i in. (2013), nie wykazano jednoznacznej zależności pomiędzy wskaźnikiem potencjalnej zwilżalności a stopniem wtórnego przeobrażenia.

Poszczególne poziomy murszowe – podzielone na podgrupy ze względu na różne stopnie wtórnego przeobrażenia – w zdecydowanej większości nie wykazywały między sobą istotnych różnic w obrębie analizowanych parametrów. Jedyne istotne różnice jakie wykazano, dotyczyły zawartości materii organicznej i potencjalnej zwilżalności (MED) pomiędzy I a IV klasą, oraz liczby humifikacji pomiędzy klasą III a IV (Tab. 25.).

W przypadku współczynnika korelacji Pearsona, nie wykazano żadnych istotnych zależności mówiących o wpływie parametrów jakościowych materii organicznej na właściwości fizyczne i wodne (Tab. 26), Do innych wniosków dochodzą Sokołowska i Hajnos (2001), którzy badając próbki gleb murszowych z terenów Polesia Lubelskiego i doliny rzeki Biebrzy stwierdzili, iż stopień wtórnego przeobrażenia jest powiązany z właściwościami retencyjnymi.

Istnienie zależności pomiędzy stopniem wtórnego przeobrażenia a właściwościami fizycznymi i wodnymi wykazali w swoich pracach Matyka-Sarzyńska i in. (2004) oraz Gawlik i in. (1980). Autorzy zauważyli, iż wraz ze wzrostem stopnia przeobrażenia murszu, występuje ujemna korelacja pojemności wodnej, przy jednoczesnym wzroście gęstości objętościowej. Poziomy murszowe badane przez autorów charakteryzowały się jednak większą, niż te badane w niniejszej pracy zawartością materii organicznej. Zawartość popiołu w pracy Matyki-Sarzyńskiej i in. (2004) mieściła się w przedziale 15,14 – 37,81%, natomiast u Gawlika i in. (1980) nie przekraczała 25%. Przy podobnych zawartościach popiołu co u Matyki-Sarzyńskiej i in. (2004) wynoszącej 17,56 – 37,87%, Sławiński i in. (2000) wykazali z kolei istotne różnice w porowatości całkowitej oraz właściwościach retencyjnych między poziomami murszowymi

o różnych stopniach wtórnego przeobrażenia – im był on wyższy tym mniejsza była porowatość całkowita i zdolności retencyjne.

Tab. 25. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane w poziomach murszowych z w zależności od klasy wtórnego przeobrażenia

Klasa wtórnego przeobraż. **	Materia organiczna [%]	C:N	MED	Liczba humifikacji	E4:E6	Gęstość objętościowa gleby suchej [g·cm ⁻³]	Porowatość całkowita [% v]	ERU [% v]	PRU [% v]
I	65,82	12,0	20,30	17,84	3,98	0,30	83,72	20,92	36,30
III	59,68	11,5	14,60	21,48	4,16	0,28	85,43	24,23	36,95
IV	40,51	13,2	6,90	16,32	4,05	0,34	83,14	17,52	41,93
NIR*	23,44	2,3	10,02	4,92	0,91	0,12	5,04	7,30	7,34

* najmniejsze istotne różnice estymowano na poziomie istotności $\alpha=0,05$

** klasa wtórnego przeobrażenia utworów murszowych na podstawie indeksu chłonności wodnej W1 (Gawlik 2000)

Tab. 26. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi w poziomach murszowych

1**	-								
2	-0,43	-							
3	<u>0,60*</u>	-0,40	-						
4	0,07	-0,03	0,11	-					
5	0,05	<u>-0,53</u>	0,01	-0,29	-				
6	-0,14	0,07	0,16	-0,24	-0,02				
7	0,13	-0,12	-0,25	0,21	0,13	<u>-0,95</u>	-		
8	-0,03	-0,40	0,10	0,41	-0,01	-0,04	0,13	-	
9	<u>-0,70</u>	0,17	-0,46	0,17	0,08	0,03	0,06	0,10	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

* wyróżnione korelacje istotne ($\alpha<0,05$)

* *1 – materia organiczna

2 – C:N

3 – MED.

4 – LH

5 – E4:E6

6 – gęstość objętościowa gleby suchej

7 – porowatość całkowita

8 – ERU

9 – PRU

Zarówno osady mułowe jak i gytiove należą do jednej grupy osadów tworzących się pod powierzchnią wody, zwanych osadami limnicznymi (PTG 2019). Jak podają Roj-Rojewski (2003) oraz Okruszko (1973), muły różnią się od gytii przede wszystkim konsystencją, która w przypadku gytii jest efektem przeobrażenia zdeponowanej przez faunę bentosu materii organicznej. W przypadku mułów, które osadzają się na mniejszych niż gytie głębokościach – przeobrażenie to nie następuje, za to ulegają one zazwyczaj silnej humifikacji, przyjmując konsystencję amorficznego humusu. Pomimo nieistotnej różnicy w średnich zawartościach materii organicznej (4,05%), badane poziomy mułowe (L1) różniły się od gytiowych (L) istotnie przy porównaniach parametrów dotyczących jakości materii organicznej oraz właściwości fizycznych. Nie zaobserwowano natomiast istotnych różnic między potencjalną zwilżalnością oraz zdolnościami retencyjnymi (Tab. 27).

Zaskakującym wnioskiem było to, iż pomimo występowania wspomnianych powyżej istotnych różnic, w przypadku współczynnika korelacji Pearsona (Tab. 28), nie zaobserwowano istotnych korelacji pomiędzy właściwościami fizycznymi a liczbą humifikacji i stosunkiem E4:E6. Jedynymi istotnymi korelacjami jakie zaobserwowano przy analizie wpływu parametrów jakościowych na właściwości fizyczne i wodne utworów limnicznych, były te dotyczące wskaźnika potencjalnej zwilżalności MED (który z kolei wykazywał silną korelację z zawartością materii organicznej). W silny dodatni sposób korelował on z PRU (0,80) oraz porowatością całkowitą (0,75), natomiast w porównywalny ale ujemny sposób korelował z Ggs (-0,72, Tab. 28).

Tab. 27. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane w poziomach limnicznych

Poziom genetyczny	Materia organiczna [%]	C:N	MED	Liczba humifikacji	E4:E6	Gęstość objętościowa gleby suchej [g·cm ⁻³]	Porowatość całkowita [% v]	ERU [% v]	PRU [% v]
L	26,29	25,3	2,62	8,51	3,32	0,31	83,25	17,25	40,18
L1	30,34	12,6	1,25	14,81	4,67	0,51	69,94	16,06	31,18
NIR*	12,28	7,7	3,61	5,61	1,02	0,18	11,68	7,48	10,37

* najmniejsze istotne różnice estymowano na poziomie istotności $\alpha=0,05$

Tab. 28. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi w poziomach limnicznych

1**	-								
2	-0,60	-							
3	<u>0,76*</u>	-0,03	-						
4	-0,04	-0,58	-0,35	-					
5	0,52	<u>-0,82</u>	0,18	<u>0,68</u>	-				
6	-0,27	-0,51	<u>-0,72</u>	0,56	0,28	-			
7	0,33	0,44	<u>0,75</u>	-0,49	-0,19	<u>-0,99</u>	-		
8	0,43	-0,05	0,35	0,03	0,24	-0,41	0,47	-	
9	0,40	0,32	<u>0,80</u>	-0,29	0,01	<u>-0,87</u>	<u>0,90</u>	<u>0,64</u>	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

*wyróżnione korelacje istotne ($\alpha<0,05$)

* 1 – materia organiczna

2 – C:N

3 – MED.

4 – LH

5 – E4:E6

6 – gęstość objętościowa gleby suchej

7 – porowatość całkowita

8 – ERU

9 – PRU

Pod kątem istotności różnic badanych parametrów poziomy torfowe przypominały poziomy murszowe – nie wykazano istotnych różnic które zależały od stopnia ich transformacji (rozkładu). Jedyne istotne różnice jakie zaobserwowano dotyczyły porównania torfów hemowych (Oe) z saprowymi (Oa) pod kątem stosunku C:N, oraz torfów fibrowych (Oi) z hemowymi i saprowymi, pod kątem liczby humifikacji (Tab. 29).

W przypadku współczynników korelacji Pearsona, w poziomach torfowych prawie każdy z parametrów jakościowych korelował w istotny sposób z przynajmniej jedną właściwością fizyczną lub wodną. We wszystkich przypadkach była to jednak korelacja o umiarkowanej lub niewielkiej sile. Potencjalna zwilżalność korelowała ujemnie z gęstością objętościową gleby suchej (-0,49) i dodatnio z porowatością całkowitą (0,44), liczba humifikacji korelowała tylko z porowatością całkowitą (0,36), natomiast współczynnik E4:E6 korelował z PRU (0,43, Tab. 30).

W badaniach Boeltera (1969) jak i Paula i in. (2021) udowodniono natomiast, że poszczególne rodzaje torfu w zależności od zawartości włókna, mogą istotnie różnić się od siebie pod kątem gęstości objętościowej i porowatości – co z kolei rzutowało również na różnice we właściwościach wodnych. Według autorów, przyczyną tych zależności było zmniejszanie się cząsteczek materiału organicznego wraz z postępowaniem rozkładu torfu, które wpływało na rozmiar wolnych przestrzeni. W niniejszej pracy, na brak istotnych różnic w badanych poziomach torfowych, mogło wpłynąć często występujące w nich zamulenie. Według Dobrzańskiego i in. (1973) określone stopnie zamulenia utworów torfowych w różnym stopniu mogą modyfikować ich właściwości fizyczne jak i wodne. Autorzy podają, że częściowe zamulenie słabo rozłożonych torfów wpływa korzystnie na ich strukturę oraz pojemność wodną. Hipotezę dotyczącą zamulenia prawdopodobnie potwierdzają również większe średnie wartości gęstości objętościowej przedstawione w niniejszej pracy w porównaniu do wyników przedstawionych przez Boeltera (1969).

Tab. 29. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane w poziomach torfowych w zależności od stopnia rozkładu

Poziom genetyczny	Materia organiczna [%]	C:N	MED	Liczba humifikacji	E4:E6	Gęstość objętościowa gleby suchej [g·cm ⁻³]	Porowatość całkowita [% v]	ERU [% v]	PRU [% v]
Oa	65,12	14,3	17,60	18,17	4,19	0,24	88,62	24,08	39,54
Oe	68,48	16,1	15,80	16,03	4,26	0,23	88,17	21,39	40,30
Oi	69,91	15,6	16,40	11,19	4,09	0,22	87,95	22,61	43,80
NIR*	19,30	1,8	8,07	4,52	0,56	0,08	3,61	5,14	5,27

* najmniejsze istotne różnice estymowano na poziomie istotności $\alpha=0,05$

Tab. 30. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi w poziomach torfowych

1**	-								
2	-0,10	-							
3	<u>0,73*</u>	-0,10	-						
4	0,18	-0,17	0,07	-					
5	<u>-0,49</u>	0,19	-0,24	-0,20	-				
6	<u>-0,67</u>	0,10	<u>-0,49</u>	-0,30	0,30				
7	<u>0,51</u>	-0,11	<u>0,44</u>	<u>0,36</u>	-0,14	<u>-0,92</u>	-		
8	-0,13	-0,07	0,10	0,24	-0,32	0,05	-0,03	-	
9	<u>-0,37</u>	0,10	-0,04	-0,15	<u>0,43</u>	0,31	-0,14	0,20	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

* wyróżnione korelacje istotne ($\alpha<0,05$)

**1 – materia organiczna

2 – C:N

3 – MED.

4 – LH

5 – E4:E6

6 – gęstość objętościowa gleby suchej

7 – porowatość całkowita

8 – ERU

9 – PRU

Porównując ze sobą korelacje analizowanych parametrów w każdej z wydzielonych podgrup utworów organicznych, najsilniejsze korelacje pomiędzy parametrami jakościowymi materii organicznej reprezentującymi stopień jej przeobrażenia a właściwościami fizycznymi i wodnymi zaobserwowano w poziomach torfowych.

6. Wnioski

1. Większość badanych gleb reprezentowała rząd gleb organicznych, dwie gleby zaklasyfikowano do rzędu gleb czarnoziemnych.
2. Gleby zlokalizowane na obiektach dolinowych były bardziej jednorodne pod względem budowy morfologicznej, zawartości materii organicznej i węgla wapnia, niż gleby obiektów pojeziernych.
3. Na obiektach użytkowanych rolniczo, niezależnie od jego sposobu i intensywności, warstwy powierzchniowe były zazwyczaj, w różnym stopniu zmurszałe.
4. Gleby parku narodowego, położone na obszarze polderu zalewowego Warty, posiadały w większości, powierzchniowe poziomy mułowe.
5. Profile glebowe o największej miąższości poziomów murszowych charakteryzowały się najsilniejszym stopniem wtórnego przeobrażenia.
6. Poziomy murszowe różniły się od poziomów torfowych zawartością materii organicznej. Nie różniły się wartościami wskaźników jakości materii organicznej oraz właściwościami fizycznymi i wodnymi.
7. Poszczególne poziomy murszowe, podzielone na podgrupy ze względu na różne stopnie wtórnego przeobrażenia, w zdecydowanej większości, nie wykazywały między sobą różnic w obrębie analizowanych parametrów fizycznych i wodnych. Właściwości te nie korelowały w nich z parametrami jakościowymi materii organicznej.
8. W poziomach torfowych, nie stwierdzono różnic w obrębie właściwości fizycznych i wodnych, które zależały by od stopnia ich rozkładu. Większość parametrów jakościowych materii organicznej korelowała z przynajmniej jedną właściwością fizyczną lub wodną. W tej grupie utworów glebowych korelacje te były najsilniejsze.
9. Poziomy mułowe i gytowe, przy porównywalnej zawartości materii organicznej, różniły się parametrami jej jakości oraz właściwościami fizycznymi. W poziomach tych MED dodatnio korelował z PRU i porowatością całkowitą i ujemnie z gęstością gleby suchej.
10. Potencjalna zwilżalność materiału glebowego (MED) we wszystkich poziomach organicznych silnie korelowała z ilością materii organicznej; nie korelowała z jej jakością.

7. Literatura

1. Adams W. A. (1973). The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. *Journal of Soil Science*, 24(1): 10-17.
2. Banaszuk P. (1996). Siedliska glebotwórcze i gleby w dolinie Górnej Narwi od Suraza do ujścia Biebrzy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 428: 39-49.
3. Berglund K., Persson L. (1996). Water repellence of cultivated organic soils. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences*, 46(3): 145-152.
4. Bieniek A., Łachacz, A. (2012). Ewolucja gleb murszowych w krajobrazie sandrowym. [w:] *Wybrane problemy ochrony mokradeł*. A. Łachacz (red.). *Współczesne Problemy Kształtowania i Ochrony Środowiska* 3p. Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie: 111-131.
5. Biester H., Knorr K. H., Schellekens J., Basler A., Hermanns Y. M. (2014). Comparison of different methods to determine the degree of peat decomposition in peat bogs. *Biogeosciences*, 11(10): 2691-2707.
6. Bingham A. H., Cotrufo M. F. (2016). Organic nitrogen storage in mineral soil: Implications for policy and management. *Science of the Total Environment*, 551: 116-126.
7. Bisdom E. B. A., Dekker L. W., Schoute J. T. (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. In *Soil structure/soil biota interrelationships*: 105-118.
8. Boelter, D. H. (1969). Physical properties of peats as related to degree of decomposition. *Soil Science Society of America Journal*, 33(4): 606-609.
9. Bogacz A., Ochej A., Niemirowska I. (2008). Właściwości gleb organicznych wybranych obszarów Gór Białskich. *Roczniki Gleboznawcze*, 59(3-4): 31-40.
10. Brandyk T., Szuniewicz J., Szatyłowicz J., Chrzanowski S. (1996). Gospodarowanie wodą w profilach gleb torfowo-murszowych na tle ich właściwości. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 432: 71-89.
11. Buczko U., Bens O., Hüttl R. F. (2005). Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under Scots pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). *Geoderma*, 126(3-4): 317-336.
12. Campos I., González-Piqueras J., Carrara A., Villodre J., Calera A. (2016). Estimation of total available water in the soil layer by integrating actual evapotranspiration data in a remote sensing-driven soil water balance. *Journal of Hydrology*, 534: 427-439.
13. Chambers F. M., Beilman D. W., Yu Z. (2011). Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat*, 7(7): 1-10.
14. Chaudhari P. R., Ahire D. V., Ahire V. D., Chkravarty M., Maity S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of

- Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2): 1-8.
15. Chmiel J. (1998). Dynamika flory segetalnej wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego. *Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Botanica*, (13).
 16. Choiński A., Ławniczak A. E., Ptak M. (2012). Park Narodowy "Ujście Warty", [w:] Bogdanowicz R., Jokiel P., Pociask-Karteczka J. (red.), 2012, *Wody w parkach narodowych Polski*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków: 224-237.
 17. Czerwiński Z. (1963). Zawartość próchnicy, azotu ogólnego i minerałów ilastych w poszczególnych frakcjach mechanicznych gleby bielcowej piaskowej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 40.
 18. Czyżewski W. (1958). Metoda kolorymetryczna oznaczania rozkładu torfu przy użyciu bibuły. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 17: 105-111.
 19. Dobrzański B. (1956). Procesy glebowe a melioracje rolne. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 3.
 20. Dobrzański B., Gotchold B., Obrączka R. (1973). Wpływ intensyfikacji rolnictwa na właściwości wodne gleby. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 145.
 21. Doerr S. H. (1998). On standardizing the 'water drop penetration time' and the 'molarity of an ethanol droplet' techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group*, 23(7): 663-668.
 22. Drozd J., Licznar M. (2002). Wpływ uwilgotnienia kompostowanych odpadów miejskich na transformacje materii organicznej i skład elementarny kwasów huminowych. *Acta Agrophysica*, 70: 117-126.
 23. Drzymała S., Mocek A. (1994). Przydatność rolnicza gleb Lednickiego Parku Krajobrazowego w aspekcie ochrony wód i krajobrazu. *Studia Lednickie*, 3: 309-326.
 24. Drzymulska D. (2003). Znaczenie analizy subfosalnych makroszczątków roślinnych i stopnia rozkładu torfu dla rekonstrukcji paleośrodowiska. *Kosmos*, 52(2-3): 299-306.
 25. Drzymulska D. (2016). Peat decomposition—shaping factors, significance in environmental studies and methods of determination; a literature review. *Geologos*, 22(1): 61-69.
 26. Edeh I. G., Mašek O., Buss W. (2020). A meta-analysis on biochar's effects on soil water properties—New insights and future research challenges. *Science of the Total Environment*, 714, 136857.
 27. Eden M., Schjønning P., Moldrup P., De Jonge L. W. (2011). Compaction and rotovation effects on soil pore characteristics of a loamy sand soil with contrasting organic matter content. *Soil use and Management*, 27(3): 340-349.
 28. Esparza-Soto M., Westerhoff P. (2003). Biosorption of humic and fulvic acids to live activated sludge biomass. *Water Research*, 37(10): 2301-2310.

29. Farnham R. S., Finney H. R. (1965). Classification and properties of organic soils. *Advances in Agronomy*, 17: 115-162.
30. Frąckowiak H., Brandyk T. (1956). Materiały z badań torfowiska zdegradowanego Bielawy w Dolinie rzeki Noteci. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2.
31. Gajewski P. (2012). Właściwości fizyczne i wodne gleb sąsiadujących z odkrywką węgla brunatnego „Władysławów”. *Nauka Przyroda Technologie*, 6(4), 71.
32. Gajewski P., Jakubus M., Kaczmarek Z. (2011). Właściwości fizyczne i wodne gleb hydrogenicznych w sąsiedztwie uruchamianej odkrywki Węgla Brunatnego" Tomisławice". *Roczniki Gleboznawcze*, 62(2).
33. Gałka M., Denisiuk M. (2008). Badania paleobotaniczne osadów organiczno-mineralnych w szuwarach turzycowych Parku Narodowego „Ujście Warty”.
34. Gavriiloaiei T. (2012). The influence of electrolyte solutions on soil pH measurements. *Rev. Chim*, 63(4): 396-400.
35. Gawlik J. (2000). Division of differently silted peat formations into classes according to their state of secondary transformations. *Acta Agrophysica*, 26: 17-24.
36. Gawlik J., Zawadzki S. (1980). Wpływ stanu zagęszczenia murszów na wielkość ich potencjalnej retencji użytecznej (PRU). *Rocz. Glebozn*, 31(3-4): 93-98.
37. Giddings J. (2014). Determining readily available water to assist with irrigation management. *New South Wales*, 2.
38. Glina B., Bogacz A., Bojko O., Kordyjarek M. (2013). Zróżnicowanie gleb z obszaru torfowiska stokowego okolic Karłowa (Park Narodowy Gór Stołowych). *Episteme*, 18(3): 287-296.
39. Glina B., Gajewski P., Kaczmarek Z., Owczarzak W., Rybczynski P. (2016). Current state of peatland soils as an effect of long-term drainage-preliminary results of peatland ecosystems investigation in the Grójecka Valley (central Poland). *Soil Science Annual*, 67(1), 3.
40. Gorzelak A. (1998). Zastosowanie torfu i kory w hodowli sadzonek drzew leśnych w środowisku kontrolowanym. *Sylwan*, 142(08): 35-41.
41. Gotkiewicz J., Okruszko H., Smolucha J. (1996). Powstawanie i przeobrażanie się gleb hydrogenicznych w krajobrazie młodogłacjalnym Pojezierza Mazurskiego i Równiny Sępolskiej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (431): 181-201.
42. Grzelak M., Bocian T., Gajewski P., Kaczmarek Z. (2011). Zbiorowiska leśne terenów podmokłych doliny Noteci na odcinku Radolin-Radolinek. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 11(1): 75-86.
43. Grzywna A. (2010). Zmienność warunków wodnych gleby murszowo-torfowej Mtlbb w warunkach melioracji odwodniających. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria*, 9(1-2).

44. Gupta S., Larson W. E. (1979). Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water resources research*, 15(6): 1633-1635.
45. Hallema D. W., Périard Y., Lafond J. A., Gumiere S. J., Caron J. (2015). Characterization of water retention curves for a series of cultivated Histosols. *Vadose Zone Journal*, 14(6).
46. Hao X., Ball B. C., Culley J. L. B., Carter M. R., Parkin G. W. (2008). Soil density and porosity. *Soil sampling and methods of analysis*: 743-759.
47. He H., Aogu K., Li M., Xu J., Sheng W., Jones S. B., ..., Lv, J. (2021). A review of time domain reflectometry (TDR) applications in porous media. *Advances in Agronomy*, 168: 83-155.
48. Hermansen C., Moldrup P., Müller K., Jensen P. W., van den Dijssel C., Jeyakumar P., de Jonge L. W. (2019). Organic carbon content controls the severity of water repellency and the critical moisture level across New Zealand pasture soils. *Geoderma*, 338: 281-290.
49. Hossain M. F., Chen W., Zhang Y. (2015). Bulk density of mineral and organic soils in the Canada's arctic and sub-arctic. *Information processing in agriculture*, 2(3-4): 183-190.
50. Ilnicki P. (1973). Rozmiar osiadania zmeliorowanych torfowisk nadnoteckich. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 146.
51. Ilnicki P., Borys M. (2002). *Torfowiska i torf*. Wydaw. Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego.
52. Jankowska-Huflejt H., Prokopowicz J., Lipiński J. (2013). Gospodarcze i ekologiczne skutki melioracji torfowisk w otoczeniu mineralnych gleb gruntów ornych o różnej jakości (na przykładzie doliny rzeki Por i torfowiska Kuwasy). *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 13(2): 33-52.
53. Jaromińska M. (2015). Wskaźnik przemian przepuszczalności gruntów słabonośnych. *Budownictwo i Architektura*, 14(2): 43-54.
54. Jaros, H. (2003). Zroznicowanie właściwości fizycznych gleb hydrogenicznych Narwiańskiego Parku Narodowego w aspekcie ich ochrony. *Acta Agrophysica*, 1(4 [89]): 631-639.
55. Jiménez-Morillo N. T., González-Pérez J. A., Jordán A., Zavala L. M., de la Rosa J. M., Jiménez-González M. A., González-Vila F. J. (2016). Organic matter fractions controlling soil water repellency in sandy soils from the Doñana National Park (Southwestern Spain). *Land Degradation & Development*, 27(5): 1413-1423.
56. Jonczak J. (2012). Właściwości materii organicznej gleb deluwialnych dna dolinki erozyjno-denuacyjnej wciętej w utwory zastoiskowe i zwałowe Równiny Sławińskiej. *Słupskie Prace Geograficzne*, (09): 23-32.

57. Jonczak J., Cysewska J. (2010). Pozycja systematyczna i wybrane właściwości gleb nisz źródłiskowych w dolinie Jarosławianki [Równina Sławieńska]. *Roczniki Gleboznawcze*, 61(2): 45-56.
58. Jonczak J., Parzych A. (2016). Właściwości materii organicznej gleb śródleśnych nisz źródłiskowych w dolinie Kamiennej (Pomorze Środkowe). *Sylwan*, 160(02): 135-143.
59. Juszczak A., Strzemińska K., Wojciechowska K., Piaseczna A., Dusza A., Bojakowska I., Tomassi-Morawiec H. (2005). *Objaśnienia do mapy geośrodowiskowej Polski 1:50 000*. Państwowy Instytut Geologiczny. Arkusz Czarnków (353).
60. Kaczmarek Z., Głina B. (2017). Physical and water properties of arable soils located in the area of a predicted depression cone of "Tomislawice" lignite open-cast mine (central Poland). *Polish Journal of Soil Science*, 50(2).
61. Kaczmarek Z., Grzelak M., Gajewski P. (2010). Site Conditions And Floristic Diversity of Ecological Natural Habitats in the Noteć River Valley. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 55(3), 142.
62. Kaniecki A. (2014). Przemiany środowiskowe związane z antropopresją w ujściowym odcinku Warty.
63. Kawałko D., Halarewicz A., Kaszubkiewicz J., Jezierski P. (2017). Tempo dekompozycji opadu organicznego podczas przemian siedlisk łągowych. *Sylwan*, 161(07): 565-572.
64. Kaźmierowski C. (2015). *Estymacja właściwości hydraulicznych gleb Nizy Polskiego*. Wydawnictwo Naukowe UAM.
65. Keller T., Håkansson I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154(3-4): 398-406.
66. Kern H. (1985). Odczyn i zawartość węgla wapnia w profilach gleb użytków rolnych Polski. *Roczniki Gleboznawcze*, 36(1): 141-145.
67. Kiryluk A. (1997). Skutki melioracji dolinowych łąk torfowych.
68. Kiryluk A. (2009). Proces gładowania w pobagiennych ekosystemach łąkowych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 9(4): 59-69.
69. Kiryluk A. (2017). Changes of the physical-waters properties of murshic endofibric histosols in the aspect of long-term investigation on the drainage object Supraśl Dolna. *Journal of Ecological Engineering*, 18(5): 90-95.
70. Kishida T., Boulanger R. W., Abrahamson N. A., Wehling T. M., Driller M. W. (2009). Regression models for dynamic properties of highly organic soils. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 135(4): 533-543.
71. Klute A. (1986). Water retention: laboratory methods. *Methods of soil analysis: part 1 physical and mineralogical methods*, 5: 635-662.
72. Kondracki J. (1977). *Regiony fizycznogeograficzne Polski*. Warszawa. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
73. Kondracki J. (2009). *Geografia regionalna Polski*, wyd. III uzup. PWN, Warszawa.

74. Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259-263.
75. Kruczkowska B., Jonczak J., Słowińska S., Bartczak A., Kramkowski M., Uzarowicz Ł., ..., Słowiński M. (2021). Stages of soil development in the coastal zone of a disappearing lake—a case study from central Poland. *Journal of Soils and Sediments*, 21: 1420-1436.
76. Lamentowicz M. (2005). Geneza torfowisk naturalnych i seminaturalnych w Nadleśnictwie Tuchola. *Prace Zakładu Biogeografii i Paleoekologii Uniwersytetu A. Mickiewicza w Poznaniu*, 5.
77. Lekshmi S., Singh D. N., Baghini M. S. (2014). A critical review of soil moisture measurement. *Measurement*, 54: 92-105.
78. Lemkowska B. (2016). Zróżnicowanie podłoża torfowisk niskich Pojezierza Mrągowskiego na tle plejstocenijskiej morfogenezy terenu. *Soil Science Annual*, 67(2): 57-63.
79. Lynn W. C., Mc Kinzie W. E., Grossman R. B. (1974). Field laboratory tests for characterization of Histosols. *Histosols: their characteristics, classification, and use*, 6: 11-20.
80. Łabuda K. (2015). Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego, Tereny Eksploatacji Węgla Brunatnego Ościszewo - gmina Skulsk. Prognoza oddziaływania na środowisko.
81. Łachacz A. (2004). Mokradła w krajobrazie-wybrane pojęcia. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 4: 295-301.
82. Łachacz A., Nitkiewicz M., Kalisz B. (2009). Water repellency of post-boggy soils with a various content of organic matter. *Biologia*, 64(3): 634-638.
83. Łachacz A., Nitkiewicz M., Pisarek W. (2009). Soil conditions and vegetation on gyttia lands in the Masurian Lakeland. *Contemporary Problems of Management and Environmental Protection Wetlands—Their Functions and Protection*, 2: 61-94.
84. Łądkiewicz K., Wszędyrówny-Nast M., Jaśkiewicz K. (2017). Porównanie różnych metod oznaczania zawartości substancji organicznej. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 26: 99-107.
85. Maciak F. (1965). Niektóre chemiczne i biochemiczne właściwości gytii. *Roczniki Gleboznawcze*, 15(2): 573-586.
86. Maciak F., Liwski S. (1972). Intensywność rozkładu torfu niskiego pod wpływem dodatku różnych składników organicznych i mineralnych. *Roczniki Gleboznawcze*, 23(1): 139-152.
87. Malec M., Ryzek M., Klatka S., Kruk E. (2016). Przebieg procesu torfotwórczego na zdegradowanym torfowisku Baligówka. *Acta Sci. Pol. Form. Circumiectus*, 15: 91-100.

88. Malinowski, R. (2008). Charakterystyka właściwości chemicznych wybranych gleb Parku Narodowego Ujście Warty. *Roczniki Gleboznawcze*, 59(3-4): 185-194.
89. Markiewicz M., Mendyk Ł., Gonet S. S. (2015). Soil organic matter status in agricultural soil sequence of former shoreline of disappearing Sumowskie lakes, North-Eastern Poland. *Polish Journal of Soil Science*, 48(1), 65-78.
90. Marszelewski W., Skowron R. (2011). Związki między odwodnieniem odkrywki Tomisławice a wybranymi elementami ustroju hydrologicznego jeziora Gopło. *Roczniki Gleboznawcze*, 62(2): 273-282.
91. Matyka-Sarzyńska D., Sokołowska Z. (2005). Właściwości fizykochemiczne utworów murszowych o różnym stopniu wtórnego przeobrażenia. *Acta Agrophysica*, 6(123-): 1-69.
92. Matyka-Szarzyńska D., Sokołowska Z. (2004). Przydatność liczby humifikacji do oceny stopnia zmurszenia w porównaniu ze wskaźnikiem chłonności wodnej na tle wybranych właściwości fizykochemicznych murszy. *Acta Agrophy*, 3(3): 553-563.
93. Mendyk Ł., Markiewicz M. (2013). Wpływ stopnia odwodnienia na właściwości gleb wytworzonych z osadów jeziornych. *Episteme*, 18(3): 321-327.
94. Mendyk Ł., Markiewicz M., Bednarek R., Świtoniak M., Gamrat W. W., Krześlak I., ..., Kupniewska A. (2015). Environmental changes of a shallow kettle lake catchment in a young glacial landscape (Sumowskie Lake catchment), North-Central Poland. *Quaternary International*, 418: 116-131.
95. Mikołajczak Z., Dobicki A., Nowakowski P., Opitz von Boberfeld W., Wojciechowska M., Matkowski D. (2008). Ocena użytków zielonych Parku Narodowego "Ujście Warty". *Łąkarstwo w Polsce*, 11: 105-126.
96. Misiewicz F., Oswit J., Sapek A. (1980). Charakterystyka gleb bagiennych części doliny Narwi na odcinku Suraż-Rzędziany. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 234.
97. Mocek A., Drzymała S., Owczarzak W. (2022). *Podstawy analizy i klasyfikacji gleb*. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
98. Molewski P. (2012). *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski*. Arkusz Piotrków Kujawski, 439. Państwowy Instytut Geologiczny.
99. Mroczkowski W., Stuczyński T. (2011). Oznaczanie azotu ogólnego w glebach. *LAB Laboratoria, Aparatura, Badania*, 16(2): 23-24.
100. Myślińska E. (1998). *Laboratoryjne badania gruntów i gleb*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa.
101. Myślińska E. (1999). Parametry fizyczne torfów i ocena metod ich oznaczania. *Przegląd Geologiczny*, 47(7): 676-682.
102. Nichols D. S., Boelter D. H. (1984). Fiber size distribution, bulk density, and ash content of peats in Minnesota, Wisconsin, and Michigan. *Soil Science Society of America Journal*, 48(6): 1320-1328.

103. Niemyska-Łukaszuk J. (1977). Charakterystyka próchnicy niektórych leśnych gleb tatrzańskich. *Roczniki Gleboznawcze*, 28(1): 143-203.
104. Okruszko H. (1969). Powstawanie mułów i gleb mułowych. *Roczniki Gleboznawcze*, 20(1): 25-49.
105. Okruszko H. (1971). Określenie ciężaru właściwego gleb hydrogenicznych na podstawie zawartości w nich części mineralnych. *Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych* 10(1): 47-54.
106. Okruszko H. (1973). Przyrodniczo-rolnicza charakterystyka doliny Biebrzy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 134: 173-199.
107. Okruszko H. (1977). Rodzaje hydrogenicznych siedlisk glebotwórczych oraz powstających w nich utworów glebowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 186: 15-35.
108. Okruszko H. (1988). Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje oraz łączenia rodzajów w kompleksy. *Roczniki Gleboznawcze*, 39(1): 127-152.
109. Okruszko H., Churski T., Karpińska J. (1971). Torfowiska i gytioviska w rejonie jezior krasowych Uściwierz na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 107: 121-165.
110. Okruszko H., Kozakiewicz A. (1973). Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murszenia gleb torfowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 146: 63-76.
111. Okupny D. (2009). Cechy i geneza torfowisk południowej części Kotliny Kolskiej na tle warunków geomorfologicznych. [w:] R. Machowski, M. A. Rzętała (red.) *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*, 10: 71-85.
112. Orzechowski M., Smółczyński S. (2002). Modyfikacja właściwości gleb pobagiennych Pojezierza Mazurskiego przez procesy deluwialne. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 487: 205-212.
113. Orzechowski M., Smółczyński S., Sowiński P. (2004). Przekształcenia antropogeniczne gleb obnizen srodmorenowych Pojezierza Mazurskiego. *Roczniki Gleboznawcze*, 55(2): 311-320.
114. Owczarzak W., Mocek A., Gajewski P. (2003). Właściwości wodne gleb organicznych Doliny Grójeckiej w sąsiedztwie projektowanej odkrywki węgla brunatnego „Drzewce”. *Acta Agrophys*, 1(4): 711-720.
115. Oyama M., Takehara H. (1970). *Revised Standard Soil Colour Charts*. Research Council for Agriculture, Forestry and Fisheries. Tokio.
116. Paprota D. (2015). The concentration of heavy metals in soils around the wetlands of the Ina valley near Sławęcín/Koncentracja metali ciężkich w glebach mokradeł doliny Iny koło Sławęcína. *Environmental Protection and Natural Resources*, 26(4): 10-14.

117. Paul A., Hussain M., Ramu B. (2021). The physicochemical properties and microstructural characteristics of peat and their correlations: reappraisal. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 15(6): 692-703.
118. Pawlaczyk P., Herbichowa M., Stańko R. (2005). Ochrona torfowisk bałtyckich. Przewodnik dla praktyków, teoretyków i urzędników. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.
119. Petelski K. (2007). Rzeźba i budowa geologiczna rynien polodowcowych okolic Skarszew. *Słupskie Prace Geograficzne*, (04).
120. Piaścik H., Lemkowska B. (2001). Rozwój mokradel reofilnych Pojezierza Mazurskiego na tle warunków morfogenetycznych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 477: 129-134.
121. Piaścik H., Sowiński P. (2002). Wpływ denudacji antropogenicznej na rozwój gleb obniżen śródmorenowych w krajobrazie Pojezierza Mazurskiego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (487).
122. Pisarek I., Gołąbek E. (2015). Właściwości próchnic nadkładowych gleb leśnych wokół dębów pomnikowych na terenie Opolszczyzny. *Inżynieria Ekologiczna*.
123. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze (2009). Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual* 60(2): 5–16
124. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Komisja Genezy Klasyfikacji i Kartografii Gleb (2019). *Systematyka gleb Polski*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze.
125. Przybyłek J. (2018). Aktualne problemy odwadniania złóż węgla brunatnego w Wielkopolsce. *Górnictwo Odkrywkowe*, 59: 5-14.
126. Przybyłek J. (2022). Analiza rozwoju leja depresji odkrywki węgla brunatnego Tomisławice w latach 2009–2019 i jego wpływu na stosunki gruntowo-wodne Pojezierza Kujawskiego. *Przegląd Geologiczny*, 70(7): 527-557.
127. Rai R. K., Singh V. P., Upadhyay A. (2017). Planning and evaluation of irrigation projects: methods and implementation. Academic press: 505-523.
128. Ratajczak-Szczerba M. (2011). Charakterystyka geomorfologiczna obszaru położonego wzdłuż Doliny Środkowej Noteci. *Landform Analysis*, 16: 99-106.
129. Richling A., Solon J., Macias A., Balon J., Borzyszkowski J., Kistowski M. (red.) (2021). *Regionalna geografia fizyczna Polski*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
130. Roguski W., Bienkiewicz P. (1967). Zanikanie gleb organogenicznych w wyniku melioracji. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 72.
131. Roj-Rojewski S. (2003). Właściwości chemiczne gleb mułowych wykształconych w dolinach zalewowych Narwi i Biebrzy. *Acta Agrophysica*, 1(2 [87]): 287-293.

132. Roj-Rojewski S. (2007). Wpływ procesu murszenia na właściwości fizyczne gleb mułowo-murszowych w Kotlinie Biebrzy Dolnej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 7,: 143-153.
133. Roj-Rojewski S., Banaszuk H. (2004). Typologia i sekwencja gleb mułowych i mad na tle mikrorzeźby tarasów zalewowych Narwi i Biebrzy. *Roczniki Gleboznawcze*, 55(4): 115-127.
134. Roy J. L., McGill W. B. (2002). Assessing soil water repellency using the molarity of ethanol droplet (MED) test. *Soil Science*, 167(2): 83-97.
135. Ruehlmann J. (2020). Soil particle density as affected by soil texture and soil organic matter: 1. Partitioning of SOM in conceptual fractions and derivation of a variable SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 375, 114542.
136. Rząsa S., Owczarzak W., Sychalski W. (1993). Methodological advances used to analyse maximal hygroscopic water in soils of different structure. *International agrophysics*, 7(4).
137. Schlichting E., Blume H.P., Stahr K. (1986). *Bodenkundliches Praktikum*, 2 Auflage. Blackwell Wissenschafts Verlag. Berlin, Wien.
138. Six J., Guggenberger G., Paustian K., Haumaier L., Elliott E. T., Zech W. (2001). Sources and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates. *European Journal of Soil Science*, 52(4): 607-618.
139. Sławiński C., Sokołowska Z., Walczak R. (2000). Effects of secondary transformation of peat-moorsh soils on their physical properties. *Acta Agrophysica*, 26: 85-93.
140. Smółczyński S., Orzechowski M. (2010). Gleby stref ekotonowych zagłębiń wytopiskowych i stoków w krajobrazie młodoglacjalnym Pojezierza Mazurskiego. *Roczniki Gleboznawcze*, 61(4): 217-226.
141. Sokołowska Z., Hajnos M. (2001). Higroskopijność utworów murszowych poddanych działaniu podwyższonej temperatury. *Acta Agrophysica*, 53: 147-158.
142. Sokołowska Z., Matyka-Sarzyńska D., Dąbek-Szreniawska M., Wyczółkowski A. (2004). Zależność pomiędzy niektórymi właściwościami powierzchniowymi i fizykochemicznymi utworów murszowych a procesami oddechowymi drobnoustrojów glebowych. *Acta Agrophysica*, 3(3).
143. Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., ..., Ziaja W. (2018). Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, 91(2): 143-170.
144. Spain A. V., Isbell R. F., Probert M. E. (1983). Organic matter contents of Australian soils. In 'Soils: An Australian Viewpoint'. Division of Soils.
145. Swiecicki C., Siuta J., Sienkiewicz J., Trzecki S., Kiersnowski J. (1972). Ważniejsze właściwości gleb wpływające na warunki rozwoju mechanizacji. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 135.

146. Sykuła M. (2020). Zmiany zasięgu gleb organicznych w krajobrazach młodoglacjalnych w drugiej połowie XX wieku. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu.
147. Szajdak L. W., Jeziński A., Wegne, K., Meysner T., Szczepański M. (2020). Influence of drainage on peat organic matter: Implications for development, stability, and transformation. *Molecules*, 25(11), 2587.
148. Szatyłowicz J., Szejba D., Waniek E. (2005). Ocena wpływu hydrofobowości na sorpcyjność wodną utworów torfowych i murszowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 507(2): 485-494.
149. Szuniewicz J., Churski T. (1957). Charakterystyka terenów torfowych w rejonie łąk Łabiszewskich. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 10.
150. Tan K. H. (2014). *Humic matter in soil and the environment: principles and controversies*. CRC press.
151. Tomaszewski J. (1958). Procesy odgórne i oddolne w glebach błotnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 17: 113-120.
152. Tyszkiewicz Z. E., Czubaszek R., Roj-Rojewski S. (2019). Podstawowe metody laboratoryjnej analizy gleby. *Basic Methods Laboratory Soil Analysis*.
153. United States Department of Agriculture (2017). *Soil Survey Manual, Handbook 18*.
154. van der Linden M., van Geel B. (2006). Late Holocene climate change and human impact recorded in a south Swedish ombrotrophic peat bog. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 240(3-4): 649-667.
155. Woś A. (1993). Regiony klimatyczne Polski w świetle częstości występowania różnych typów pogody. *Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN*, 20.
156. Wójciak H., Bieniek B., Helinska A. (2005). Substancja organiczna gleb murszowych i murszowatych w krajobrazie sandrowym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 507(2): 597-603.
157. Zalba P., Amiotti N. M., Galantini J. A., Pistola S. (2016). Soil humic and fulvic acids from different land-use systems evaluated by E4/E6 ratios. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(13-14): 1675-1679.
158. Zawadzki S. (1980). Gleby hydrogeniczne Lubelszczyzny. *Roczniki Gleboznawcze–Soil Science Annual*, 31(3-4): 27-44.
159. Żebrowska M. K., Kociołek-Balawejder E. (2010). Torf-obecne i perspektywiczne kierunki wykorzystania. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki Inżynierskie i Technologie*, 2(92): 166-188.
160. Żurek S. (2010). Metody badań osadów bagiennych. *Landform Analysis*, 12: 137-148.

8. Źródła internetowe

1. <https://unfccc.int/news/wetlands-disappearing-three-times-faster-than-forests> (dostęp 20.06.2021).
2. www.pgi.gov.pl/psh/zadania-psh/8913-zadania-psh-jcwpd.html; dostęp 11.12.2021
3. isok.gov.pl, dostęp 15.11.2021
4. climate-data.org, dostęp 1.01.2021

9. Spis tabel

- Tab. 1. Zestawienie średnich temperatur dla każdego miesiąca oraz całego roku dla poszczególnych obiektów badawczych (źródło internetowe nr. 4).
- Tab. 2. Zestawienie średnich sum opadów dla poszczególnych miesięcy, oraz suma całorocznych opadów dla poszczególnych obiektów badawczych (źródło internetowe nr. 4).
- Tab. 3. Kryteria podziału utworów wtórnie przeobrażonych na poszczególne klasy przy uwzględnieniu stopnia zamulenia (na podstawie Gawlik 2000).
- Tab. 4. Uziarnienie poziomów mineralnych w profilach glebowych zlokalizowanych w Kamieniu Małym (obiekt A), w okolicy Ościsłowa (obiekt C) i wokół odkrywki Tomisławice (obiekt D).
- Tab. 5. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w Kamieniu Małym (obiekt A).
- Tab. 6. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w Radolinie (obiekt B).
- Tab. 7. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w pobliżu Ościsłowa (obiekt C).
- Tab. 8. Podstawowe właściwości fizyczne gleb w pobliżu odkrywki węgla brunatnego Tomisławice (obiekt D).
- Tab. 9. Właściwości wodne gleb w Kamieniu Małym (obiekt A)
- Tab. 10. Właściwości wodne gleb w Radolinie (obiekt B).
- Tab. 11. Właściwości wodne gleb w pobliżu Ościsłowa (obiekt C).
- Tab. 12. Właściwości wodne gleb w pobliżu Tomisławic (obiekt D).
- Tab. 13. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb
– obiekt A.
- Tab. 14. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb
– obiekt B.
- Tab. 15. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb
– obiekt C.
- Tab. 16. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne analizowanych gleb
– obiekt D.
- Tab. 17. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w Kamieniu Małym (obiekt A).
- Tab. 18. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w Radolinie (obiekt B).
- Tab. 19. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w pobliżu Ościsłowa (obiekt C).
- Tab. 20. Wybrane wskaźniki przeobrażenia materii organicznej gleb w pobliżu Tomisławic (obiekt D).
- Tab. 21. Stopień wtórnego przeobrażenia poziomów murszowych na podstawie indeksu chłonności wodnej.
- Tab. 22. Stopień rozkładu torfu na podstawie indeksu pirofosforanowego oraz zawartości włókna przetartego.

- Tab. 23. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane we wszystkich poziomach genetycznych.
- Tab. 24. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi we wszystkich poziomach genetycznych.
- Tab. 25. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane w poziomach murszowych z w zależności od klasy wtórnego przeobrażenia.
- Tab. 26. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi w poziomach murszowych.
- Tab. 27. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane w poziomach limnicznych.
- Tab. 28. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi w poziomach limnicznych.
- Tab. 29. Średnie wartości wybranych właściwości analizowanych gleb uzyskane w poziomach torfowych w zależności od stopnia rozkładu.
- Tab. 30. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi właściwościami oznaczonymi w poziomach torfowych.

10. Spis rycin

- Ryc. 1. Położenie obiektów badawczych wraz z granicami poszczególnych mezoregionów (opracowano na podstawie Richling i in. 2021, oraz źródła internetowego nr. 3).
- Ryc. 2. Lokalizacja punktów badawczych obiektu A (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 3. Lokalizacja punktów badawczych obiektu B (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 4. Lokalizacja punktów badawczych obiektu C (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 5. Lokalizacja punktów badawczych obiektu D (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 6. Położenie obiektu D względem zasięgu leja depresji odkrywki Tomisławice. (opracowano na podstawie: Przybyłek 2022, oraz źródła internetowego nr. 3).
- Ryc. 7. Granice regionów klimatycznych oraz rozmieszczenie izogradów klimatycznych w Polsce, wraz z zaznaczonym położeniem obiektów badawczych (na podstawie Woś 1993).
- Ryc. 8. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu A (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 9. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu B (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 10. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu C (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 11. Sieć hydrograficzna w pobliżu obiektu D (na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski – źródło internetowe nr. 3).
- Ryc. 12. Schemat klasyfikacji poszczególnych utworów torfowych na podstawie barwy wyciągu pirofosforanu sodu w odniesieniu do strony 10YR Atlasu barw Munsella (na podstawie Lynn i in. 1974).

11. Załącznik - Morfologia profili glebowych

Obiekt A

Profil 1

Lokalizacja: województwo lubuskie, powiat gorzowski, gmina Witnica, Kamień Mały

Współrzędne: 52°36'59``N 14°48'23``E

Poziom wody gruntowej: 130 cm

Pozycja systematyczna: Gleba mułowa torfowa (fluwiogeniczna)

L11 – 0–22 cm; muł telmatyczny, barwa czarnobrunatna (10YR 2/2) *, struktura włóknisto-
amorficzna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

L12 – 22–34 cm; muł telmatyczny, barwa czarnobrunatna (10YR 3/2)*, struktura włóknisto-
amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Cgg – 34–59 cm; pył zwykły, barwa czarna (2,5Y 3/1) *, struktura subangularna,
średniotrwąła, drobna, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Oa – 59–130 cm; torf saprowy, barwa czarna (2,5Y 3/1)*, struktura włóknisto-
amorficzna, stan mokry.

Profil 2

Lokalizacja: województwo lubuskie, powiat gorzowski, gmina Witnica, Kamień Mały

Współrzędne: 52°36'57``N 14°48'45``E

Poziom wody gruntowej: 80 cm

Pozycja systematyczna: Gleba mułowa torfowa (fluwiogeniczna)

L11 – 0–31 cm; muł telmatyczny, barwa czarnobrunatna (10YR 2/2)*, struktura włóknisto-
amorficzna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

L12 – 31–52 cm; muł telmatyczny, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura włóknisto-
amorficzna, stan wilgotny, przejście wyraźne;

Oa – 52–100 cm; torf saprowy, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura amorficzna, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 3

Lokalizacja: województwo lubuskie, powiat gorzowski, gmina Witnica, Kamień Mały

Współrzędne: 52°36'59"N 14°48'23"E

Poziom wody gruntowej: 65 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa mułowa (fluwiogeniczna)

L11 – 0–18 cm; muł telmatyczny, barwa czarna (10YR 3/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

L12 – 18–38 cm; muł telmatyczny, barwa czarnobrunatna (10YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Oe – 38–100 cm; torf hemowy, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura włóknista, stan mokry.

Profil 4

Lokalizacja: województwo lubuskie, powiat gorzowski, gmina Witnica, Kamień Mały

Współrzędne: 52°37'6,39"N 14°49'34"E

Poziom wody gruntowej: 45 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa mułowa (fluwiogeniczna)

L11 – 0–24 cm; muł telmatyczny, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki oraz pojedyncze grube kłącza;

L12 – 24–49 cm; muł telmatyczny, barwa czarna (10 YR 2/1)*, masywna amorficzna, stan mokry, przejście stopniowe;

Oe – 49–100 cm; torf hemowy, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura włóknista, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 5

Lokalizacja: województwo lubuskie, powiat gorzowski, gmina Witnica, Kamień Mały

Współrzędne: 52°37'12,37"N 14°49'58"E

Poziom wody gruntowej: 90 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa (fluwiogeniczna, niskotorfowiskowa)

Oe1 – 0–45 cm; torf hemowy słabo zamulony, barwa czarna (10YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

Oe2 – 45–100 cm; torf hemowy silnie zamulony, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura masywna amorficzna, stan mokry.

Obiekt B

Profil 1

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat czarnkowsko-trzcianecki, gmina Trzcianka, Radolin

Współrzędne: 53°01'28,2"N 16°33'17,1"E

Poziom wody gruntowej: 80 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa murszowa (odwodniona, fluwiogeniczna, niskotorfowiskowa)

M – 0–18 cm; mursz, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura ziarnista średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, liczne drobne korzonki;

Oe1 – 18–42 cm; torf hemowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe, pojedyncze średnie korzenie;

Oe2 – 42–58 cm; torf hemowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura włóknista, stan wilgotny, przejście stopniowe, pojedyncze średnie korzenie;

Oe3 – 58–100 cm; torf hemowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny/mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 2

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat czarnkowsko-trzcianecki, gmina Trzcianka, Radolin

Współrzędne: 53°00'48,4``N 16°33'33,2``E

Poziom wody gruntowej: 80 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa saporowa murszowa (odwodniona, fluwiogeniczna, niskotorfowiskowa)

M – 0–15 cm; mursz, barwa czarna (10 YR 2/2)*, struktura ziarnista, średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, liczne bardzo drobne korzonki;

Oe – 15–30 cm; torf hemowy, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne bardzo drobne korzonki;

Oa – 30–100 cm; torf saporowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura masywna amorficzna, stan wilgotny.

Profil 3

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat czarnkowsko-trzcianecki, gmina Trzcianka, Radolin

Współrzędne: 53°01'32``N 16°33'01,3``E

Poziom wody gruntowej: 80 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa murszowa fibrowa (odwodniona, fluwiogeniczna, niskotorfowiskowa)

M – 0–20 cm; mursz, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura ziarnista średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, liczne bardzo drobne korzonki;

Oe1 – 20–35 cm; torf hemowy, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne bardzo drobne korzonki;

Oi – 35–80 cm; torf fibrowy, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura włóknista, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Oe2 – 80–130 cm; torf hemowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 4

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat czarnkowsko-trzcianecki, gmina Trzcianka, Radolin

Współrzędne: 53°00'48,4"N 16°33'33,2"E

Poziom wody gruntowej: 90 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa murszowa (odwodniona, fluwiogeniczna, niskotorfowiskowa)

M – 0–18 cm; mursz, barwa czarna (10 YR 3/2)*, struktura ziarnista średniotrwała, drobna, stan wilgotny, przejście stopniowe, liczne drobne korzonki;

Oe1 – 18–75 cm; torf hemowy, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura włóknista, stan wilgotny, przejście stopniowe, pojedyncze średnie kłącza;

Oe2 – 75–130 cm; torf hemowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry.

Profil 5

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat czarnkowsko-trzcianecki, gmina Trzcianka, Radolin

Współrzędne: 53° 0' 48'' N 16° 33' 34'' E

Poziom wody gruntowej: 90 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa murszowa (odwodniona, fluwiogeniczna, niskotorfowiskowa)

M – 0–15 cm; mursz, barwa czarna (10 YR 2/2)*, struktura ziarnista trwała, drobna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne bardzo drobne korzonki;

Oa – 15–50 cm; torf saprowy, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura masywna amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Oe – 50–130 cm; torf hemowy, barwa czarnobrunatna (10 YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Obiekt C

Profil 1

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat koniński, gmina Skulsk, Czartowo

Współrzędne: 52°27'34``N 18°19'24``E

Poziom wody gruntowej: 80 cm

Pozycja systematyczna: Gleba murszowa hemowa (węglanowa, odwodniona, basenowa)

M1 – 0–18cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura gruzełkowa, trwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, liczne drobne korzonki;

M2 – 18–45cm; mursz, barwa czarna (10YR 1,7/1)*, struktura gruzełkowa, trwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki, pojedyncze grube korzenie;

Oi – 45–70cm; torf fibrowy słabo zamulony, barwa brunatna (10YR 4/4)*, struktura włóknista, stan mokry, przejście stopniowe;

Oe – 70–100cm; torf hemowy słabo zamulony, barwa czarna (10YR 3/2)*, struktura włóknista, stan mokry.

Profil 2

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat koniński, gmina Ślesin, Popielewo

Współrzędne: 52°26'36``N 18°18'43``E

Poziom wody gruntowej: do dwóch metrów brak

Pozycja systematyczna: Gleba murszowa hemowa (węglanowa, odwodniona, basenowa)

M1 – 0–20cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura gruzełkowa, średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, pojedyncze skorupki mięczaków, liczne drobne korzonki;

M2 – 20–45cm; mursz, barwa czarna (10 YR 2/1)*, struktura gruzełkowa, średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście wyraźne, pojedyncze skorupki mięczaków, liczne drobne korzonki oraz pojedyncze grube kłącza;

Oa – 45–60cm; torf saproowy silnie zamulony, barwa czarna (10YR 3/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan świeży, przejście stopniowe, pojedyncze skorupki mięczaków, pojedyncze grube kłącza;

Oi – 60–70cm; torf fibrowy słabo zamulony, barwa brunatna (10YR 4/4)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Oe – 70–100cm; torf hemowy silnie zamulony, barwa brunatna (10YR 4/3)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 3

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat koniński, gmina Wilczyn, Kopydłowo

Współrzędne: 52°26'41``N 18°11'23``E

Poziom wody gruntowej: do dwóch metrów brak

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa murszowa hemowa (węglanowa, odwodniona, basenowa)

M – 0–20cm; mursz, barwa czarnobrunatna (10YR 2/3)*, struktura ziarnista, średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście wyraźne, liczne drobne korzonki;

Lcca – 20–30cm; Gytia węglanowa, barwa brunatna (10YR 4/4)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan świeży, przejście wyraźne, liczne drobne korzonki;

Oi – 30–55cm; torf fibrowy słabo zamulony, barwa czarnobrunatna (10YR 2/3)*, struktura włóknista, stan świeży, przejście stopniowe;

Oe1 – 55–88cm; torf hemowy silnie zamulony, barwa brunatna (10YR 3/4)*, struktura włóknista, stan wilgotny, przejście stopniowe;

Oe2 – 88–100cm; torf hemowy silnie zamulony, barwa brunatna (10YR 4/4)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan wilgotny.

Profil 4

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat mogileński, gmina Jeziora Wielkie, Siedlimowo

Współrzędne: 52°29'29``N 18°12'15``E

Poziom wody gruntowej: 55 cm

Pozycja systematyczna: Gleba deluwialna czarnoziemna natorfowa gruntowo-glejowa (węglanowa, odwodniona, basenowa)

Ah1 – 0–10cm; piasek gliniasty, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura gruzełkowa, średniotrwała, drobna, stan wilgotny, przejście stopniowe, liczne drobne korzonki;

Ah2 – 10–45cm; piasek gliniasty, barwa czarna (10YR 3/2)*, struktura amorficzno-gruzełkowa, stan mokry, przejście stopniowe;

Oi1 – 45–62cm; torf fibrowy, barwa czarnobrunatna (10YR 2/3)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry, przejście stopniowe;

Oi2 – 62–100cm; torf fibrowy, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 5

Lokalizacja: województwo wielkopolskie, powiat mogileński, gmina Jeziora Wielkie, Siedlimowo

Współrzędne: 52° 29' 29''N 18° 12' 13" E

Poziom wody gruntowej: 45 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa murszowa (odwodniona, basenowa, niskotorfowiskowa)

M – 0–12cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura gruzełkowa, średniotrwała, drobna, stan wilgotny, przejście stopniowe, liczne drobne korzonki;

Oe1 – 12–25cm; torf hemowy silnie zamulony, barwa czarna (10YR 3/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki, pojedyncze średnie kłącza;

Oa – 25–40cm; torf saprowy silnie zamulony, barwa czarna (10YR 3/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry, przejście stopniowe, pojedyncze średnie kłącza;

Oe2 – 40–60cm; torf hemowy słabo zamulony, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan mokry, przejście wyraźne;

Cgg – 60–150cm; piasek gliniasty, barwa jasno szarozielonkawa (5GY 8/2)*, struktura subangularna, średniotrwała, drobna, stan mokry.

Obiekt D

Profil 1

Lokalizacja: województwo kujawsko-pomorskie, powiat radziejowski, gmina Piotrków Kujawski, Higieniewo

Współrzędne: 52°30'49,8''N 18°28'20''E

Poziom wody gruntowej: 40 cm

Pozycja systematyczna: Czarna ziemia podmokła (węglanowa)

Ah1 – 0–30 cm; pył ilasty, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura masywna, stan wilgotny, przejście stopniowe, średnioliczne bardzo drobne korzonki;

Ah2 – 30–50 cm; pył ilasty, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura masywna, stan mokry, przejście stopniowe;

Ccagg1 – 50–100 cm; glina zwykła, barwa szara (5Y 5/1)*, struktura masywna, stan mokry, przejście stopniowe;

Ccagg2 – 100–150 cm; piasek słabogliniasty, barwa szara (5Y 6/1)*, struktura masywna, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 2

Lokalizacja: województwo kujawsko-pomorskie, powiat radziejowski, gmina Piotrków Kujawski, Szewce

Współrzędne: 52°30'53``N 18°28'57,2``E

Poziom wody gruntowej: do dwóch metrów brak

Pozycja systematyczna: Gleba murszowa płytka (odwodniona, basenowa)

M – 0–45 cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura ziarnista, średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

C1 – 45–70 cm; piasek luźny drobnoziarnisty, barwa szara (10YR 6/1)*, struktura rozdzielnoziarnista, stan świeży, przejście stopniowe;

C2 – 70–120 cm; piasek luźny drobnoziarnisty, barwa jasnoszara (10YR 7/2)*, struktura rozdzielnoziarnista, stan wilgotny.

Profil 3

Lokalizacja: województwo kujawsko-pomorskie, powiat radziejowski, gmina Piotrków Kujawski, Szewce

Współrzędne: 52°30'54,4``N 18°28'55``E

Poziom wody gruntowej: 115 cm

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa fibrowa murszowa (niskotorfowiskowa, odwodniona, basenowa)

M – 0–20 cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura ziarnista średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

Oi – 20–70 cm; torf fibrowy, barwa ciemnobrunatna (10YR 3/3)*, struktura włóknista, stan świeży, przejście stopniowe, nieliczne drobne korzonki, pojedyncze średnie korzenie;

Oe – 70–120 cm; torf hemowy, barwa czarnobrunatna (10YR 3/2)*, struktura włóknista, stan mokry.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Profil 4

Lokalizacja: województwo kujawsko-pomorskie, powiat radziejowski, gmina Piotrków Kujawski, Szewce

Współrzędne: 52°30'55``N 18°28'52``E

Poziom wody gruntowej: do dwóch metrów brak

Pozycja systematyczna: Gleba murszowa (węglanowa, odwodniona, basenowa)

M1 – 0–22 cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura ziarnista średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

M2 – 22–65 cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura ziarnista trwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

Ccagg – 65–85 cm; piasek luźny, barwa szara (5Y 6/2)*, struktura rozdzielnoziarnista, stan świeży, przejście stopniowe;

Cgg – 85–120 cm; piasek luźny, barwa jasnoszara (5Y 7/2)*, struktura rozdzielnoziarnista, stan świeży.

Profil 5

Lokalizacja: województwo kujawsko-pomorskie, powiat radziejowski, gmina Piotrków Kujawski, Wójcin

Współrzędne: 52°30'8,5``N 18°30'2,7``E

Poziom wody gruntowej: do dwóch metrów brak

Pozycja systematyczna: Gleba torfowa hemowa murszowa (limnowęglanowa, odwodniona, basenowa)

M – 0–22 cm; mursz, barwa czarna (10YR 2/1)*, struktura gruzełkowa, średniotrwała, drobna, stan świeży, przejście stopniowe, średnioliczne drobne korzonki;

Oe – 22–55 cm; torf hemowy, barwa czarnobrunatna (10YR 2/2)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan świeży, przejście stopniowe, pojedyncze drobne oraz średnie korzenie;

Lcca – 55–70 cm; gytia detrytusowo-węglanowa, szarozielonkawa (5GY 5/1)*, struktura włóknisto-amorficzna, stan świeży, przejście wyraźne nieregularne, pojedyncze średnie korzenie;

Lm – 70–100 cm; wapień łąkowy, barwa szarozielonkawa (5GY 5/1)*, struktura subangularna, średniotrwała, stan świeży, przejście stopniowe.

*barwa oznaczona w stanie naturalnego uwilgotnienia.