

dr Paweł Sowiński

**Autoreferat**

UNIWERSYTET WARMIŃSKO-MAZURSKI w OLSZTYNIE  
WYDZIAŁ KSZTAŁTOWANIA ŚRODOWISKA i ROLNICTWA  
Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji Gruntów

Olsztyn 2016

## Spis treści

<b>1. Imię i nazwisko .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) .....</b>	<b>3</b>
a) tytuł osiągnięcia naukowego .....	4
b) autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy .....	4
c) omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania .....	5
<b>5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych .....</b>	<b>16</b>

**1. Imię i nazwisko:** Paweł Sowiński

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:**

- **magister geografii**, specjalność gleboznawstwo ekologiczne

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, **1997**

Tytuł pracy: *„Dynamika stosunków wodnych w glebach Kępy Bazarowej w Toruniu”*

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Renata Bednarek

- dyplom ukończenia czterosemestralnego Studium Pedagogicznego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu i uzyskanie kwalifikacji pedagogicznych, **1997**

- **doktor nauk rolniczych** w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska, specjalność gleboznawstwo

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, **2001**

Tytuł pracy: *„Geneza, ewolucja i właściwości gleb obniżeń śródmorenowych w krajobrazie Pojezierza Mazurskiego”*

Promotor: prof. dr hab. Henryk Piaścik

Recenzenci: prof. dr hab. Renata Bednarek

prof. dr hab. Piotr Skłodowski

prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:**

**od 15 grudnia 2001 – obecnie**

adiunkt w Katedrze Gleboznawstwa i Rekultywacji Gruntów (nazwa aktualna), Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)**

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jest cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie.

**a) tytuł osiągnięcia naukowego:**

**„Przestrzenna zmienność zawartości wybranych makro-  
i mikroelementów w glebach młodoglacjalnej doliny rzecznej”**

**b) autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy**

1. **Sowiński P.** 2016. *Effect of slope position on soil particle-size distribution in young glacial landscape (Łyna River valley, NE Poland)*. Soil Science Annual, 67(3): 140-150. [14 pkt. MNiSW]
2. **Sowiński P.** 2016. *Variability of the content of macroelements in soils of a young glacial river valley – a geochemical landscape approach*. Journal of Elementology, 21(4): 1343-1358. [15 pkt. MNiSW, IF<sub>(2016)</sub>=0,719] DOI: 10.5601/jelem.2016.21.3.1109
3. **Sowiński P.**, Glińska-Lewczuk K., Kalisz B., Astel A. 2016. *Distribution of heavy metals in soils in a postglacial river valley – a geochemical approach*. Environmental Engineering and Management Journal, 15(6): 1323-1335. [15 pkt. MNiSW, IF<sub>(2016)</sub>=1,008]  
*Mój wkład w powstanie pracy obejmował koncepcję, zaplanowanie oraz wykonanie badań terenowych i laboratoryjnych, opracowanie przeglądu literatury, opracowanie wyników badań i ich analiza statystyczna, wnioski, przeprowadzenie manuskryptu przez korektę po recenzjach, Mój udział szacuję na 70%.*
4. Glińska-Lewczuk K., Bieniek A., **Sowiński P.**, Obolewski K., Burandt P., Timofte C.M. 2014. *Variability of zinc content in soils in a postglacial river valley - a geochemical landscape approach*. Journal of Elementology, 19(2): 361-376. [15 pkt. MNiSW, IF<sub>(2014)</sub>=0,643] DOI: 10.5601/jelem.2014.19.1.618

*Mój wkład w powstanie pracy obejmował koncepcję, zaplanowanie oraz wykonanie badań terenowych i laboratoryjnych, opracowanie przeglądu literatury, opracowanie wyników badań, wnioski, przeprowadzenie manuskryptu przez korektę po recenzjach. Mój udział szacuję na 30%.*

Liczba punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, zgodnie z punktacją MNiSW w poszczególnych latach wydania publikacji wynosi **59**, natomiast ich sumaryczny współczynnik wpływu Impact Factor **IF – 2,370**.

**c) omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

**Wstęp**

Młodo-glacialne doliny rzeczne północnej Polski charakteryzują się dużym zróżnicowaniem pokrywy glebowej. Związane jest to z charakterem zakumulowanych skał macierzystych oraz różnorodnością procesów glebowych (Jonczak, Kowalkowski 2013, Smólczyński i in. 2013). Na szczególną uwagę zasługują doliny rzeczne, w których rzeki wykorzystują szlaki sandrowe tworzące się w wyniku odpływu glacialfluwialnego podczas zlodowacenia Wisły. W otoczeniu obecnie funkcjonujących tego rodzaju form terenu, występują gliny zwałowe moreny dennej. Natomiast w samych dolinach zakumulowane zostały utwory fluwioglacialne oraz aluwialne, deluwialne i organiczne (Bieniek 2013, Piaścik i in. 2004). W glebach występujących w dolinach rzecznych nakładają się różne procesy, szczególnie w strefach tranzytowych na kontakcie podnóża stoku i terasy zalewowej. Materiał glebowy może być przemieszczany i akumulowany w wyniku procesów aluwialnych i deluwialnych (Smólczyński i in. 2013, Sowiński 2014). Wpływa to na przestrzenne rozmieszczenie gleb i ich właściwości.

Gleby występujące w obniżeniach terenowych w obrębie dolin rzecznych (starorzecza, terasy zalewowe, podnóża stoków) pełnią szczególną rolę w obiegu makro- i mikroelementów oraz mogą być barierami biogeochemicznymi w krajobrazie (Sowiński i in. 2004b). Charakteryzują się one znacznie wyższą zawartością materii organicznej i glebowych frakcji pyłowych i ilastych niż gleby otoczenia. Wpływa to na znacznie pojemniejszy kompleks sorpcyjny. W związku z określonymi właściwościami i położeniem w reliefie, gleby te mogą przeciwdziałać eutrofizacji i zanieczyszczeniu wód (powierzchniowych i podziemnych) poprzez akumulację pierwiastków (Bednarek i in. 2011, Glińska-Lewczuk i in. 2009, Kobus i in. 2016, Obolewski i in. 2009, Orzechowski, Smólczyński 2010, Smólczyński, Orzechowski 2010a, b, Sowiński i in. 2004a, Vácha i in. 2013, Walling i in. 2003).

Gleby wytworzone z holocenijskich utworów aluwialnych, deluwialnych i organicznych (torfów, gytii, mułów) charakteryzują się zróżnicowaną zawartością makro-

i mikroelementów. Gleby występujące w młodoglacjalnych dolinach rzecznych modyfikowane są przez procesy translokacji materiału glebowego po stoku (denudacja antropogeniczna). W górnych częściach stoku następuje zubożenie gleby w składniki, np. na drodze rozpuszczania bądź przemieszczania z materiałem glebowym. Następnie składniki te mogą być akumulowane w dolnych partiach stoku lub w samych obniżeniach (Chodak i in. 2005, Orzechowski, Smólczyński 2010, Smólczyński, Orzechowski 2010a, b, Sowiński i in. 2004a, Sowiński, Lemkowska 2010). Na zawartość pierwiastków w glebach istotny jest wpływ użytkowania terenu (Li i in. 2011). Bardzo ważne są także przemiany materii organicznej w odwodnionych glebach organicznych. Poziomy murszowe gleb zawierają znacznie więcej makro- i mikroskładników niż pozostające w fazie akumulacji torfy lub muły (Kalisz, Łachacz 2009).

Geochemiczna zmienność zawartości mikro- i makroelementów w glebach młodoglacjalnych dolin rzecznych uwarunkowana jest czynnikami litologicznymi, topograficznymi i hydrologicznymi. Przemieszczanie składników w glebach było podstawą do wydzielenia typów krajobrazów geochemicznych przez rosyjskich gleboznawców Głazowską i Perelmana (Fostersque 1980, Wicik, Ostaszewska 2012).

## **Metodyka**

Badania dotyczące przestrzennej zmienności zawartości makro- i mikroelementów w glebach prowadzono w środkowej części doliny Łyny. Teren ten reprezentuje typowy dla północno-wschodniej Polski krajobraz młodoglacjalny. W nawiązaniu do typologii krajobrazów geochemicznych według Głazowskiej (Wicik, Ostaszewska 2012) na badanym obszarze wyróżniono cztery typy krajobrazów: (1) eluwialny / trans-eluwialny, (2) eluwialny akumulacyjny, (3) trans-super-akwalny i (4) super-akwalny.

Do analiz pobrano 57 próbek z 19 profili glebowych. Oznaczono następujące właściwości: skład granulometryczny, zawartość materii organicznej, odczyn i zawartość  $\text{CaCO}_3$ . Ponadto oznaczono zawartość całkowitych ( $\text{Ca}_t$ ,  $\text{Mg}_t$ ,  $\text{K}_t$ ,  $\text{Na}_t$ ,  $\text{Fe}_t$ ,  $\text{Cr}_t$ ,  $\text{Cu}_t$ ,  $\text{Pb}_t$  i  $\text{Zn}_t$ ) i potencjalnie labilnych ( $\text{Ca}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{Mg}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{K}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{Na}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{Cr}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{HCl}}$ ,  $\text{Pb}_{\text{HCl}}$  i  $\text{Zn}_{\text{HCl}}$ ) form makro- i mikroelementów. Szczegółowe metodyki oznaczeń opisano w poszczególnych publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe (załącznik 4). Lokalne tło geochemiczne określono na podstawie średniej zawartości makro- i mikroelementów w materiale macierzystym na głębokości  $> 90$  cm (Czarnowska 1996). Systematyczną przynależność gleb określono na podstawie Systematyki gleb Polski (2011) i WRB (2015).

W celu określenia ogólnych różnic oraz zależności między właściwościami gleb, czynnikami środowiskowymi i zawartością makro- i mikroelementów zastosowano różne analizy statystyczne, między innymi: nieparametryczną analizę wariancji z wykorzystaniem testu Kruskala-Wallisa i testu Dunna, analizę składowych głównych (PCA) oraz uogólnione modele addytywne (GAM).

**Głównym celem osiągnięcia naukowego (cyklu publikacji powiązanych tematycznie) była analiza przestrzennej zmienności zawartości wybranych makro- i mikroelementów w glebach młodoglacjalnej doliny Łyny. Osiągnięcie celu było możliwe w wyniku realizacji zadań badawczych: (1) określenie wpływu położenia gleb na stoku na ich skład granulometryczny, (2) określenie profilowej i katenalnej zmienności zawartości makro- i mikroelementów w glebach, (3) określenie wpływu właściwości gleb na zawartość makro- i mikroskładników w glebach, (4) analiza zawartości makro- i mikroskładników w odniesieniu do krajobrazów geochemicznych.**

## **Wyniki badań**

### **1. Wpływ położenia gleb na stoku na ich skład granulometryczny**

Analizę wpływu położenia gleb na stoku na ich skład granulometryczny w młodoglacjalnej dolinie rzeki Łyny przedstawiono w **publikacji nr 1**.

Występujące w środkowej części doliny Łyny gleby charakteryzują się określoną sekwencją i przynależnością systematyczną (SgP 2011, WRB 2015) wynikającą z charakteru skał macierzystych oraz procesów glebotwórczych. Na wierzchowinach i w górnych częściach stoku występują gleby rdzawe typowe (Dystric Brunic Arenosols) i arenosole (Dystric Arenosols) wytworzone z piasków luźnych genezy fluwioglacjalnej. Z glin zwałowych (o różnym uziarnieniu) powstały natomiast gleby płowe typowe (Luvic Phaeozems) i gruntowo-glejowe (Luvic Umbrisols (Batygleyic)).

U podnóża stoków występują gleby deluwialne. Charakteryzują się one piaszczystym (piaski luźne i piaski słabo gliniaste), gliniastym (głina piaszczysta) oraz pyłowym (pył gliniasty) uziarnieniem. Gleby deluwialne o piaszczystym uziarnieniu zaliczono, zgodnie z propozycją Świtoniaka (2015), do gleb deluwialnych właściwych (Haplic/Eutric Umbrisols (Colluvic), Eutric Arenosols (Colluvic)), mimo iż brak jest takiej jednostki w Systematyce gleb Polski (SgP 2011). Gleby deluwialne o zwięźlejszym uziarnieniu zaliczono do gleb

deluwialnych czarnoziemnych typowych (Haplic Umbrisol (Colluvic)). Stwierdzono, że uziarnienie gleb deluwialnych jest pochodną uziarnienia gleb erodowanych. Zależność ta opisywana była wcześniej przez innych badaczy (Bieniek 1997, Smolska 2005, Sowiński 2014, Sowiński i in. 2015). Gleby deluwialne, które powstały w wyniku erozji gleb piaszczystych (gleb rdzawych i arenosoli), charakteryzowały się uziarnieniem piasków luźnych i słabogliniastych. Wykazywały podobną zawartość frakcji ilastej i nieznacznie większą zawartość frakcji pyłowej w odniesieniu do gleb erodowanych. Natomiast materiał deluwialny powstały w kompleksie gleb o zwięźlejszym uziarnieniu (gleby płowe) charakteryzował się uziarnieniem glin piaszczystych i pyłów gliniastych. Zawierał on więcej frakcji ilastej i podobną ilość frakcji pyłowej w odniesieniu do poziomów próchnicznych gleb erodowanych.

Wyżej położone części terasy zalewowej w dolinie Łyny charakteryzowały się występowaniem mad właściwych (Dystric Fluvisols) wytworzonych z glin aluwialnych o zróżnicowanym uziarnieniu. Mady właściwe występujące w otoczeniu gleb rdzawych charakteryzowały się jednorodnym uziarnieniem glin piaszczystych. Niższe partie terasy zalewowej zajmowały mady czarnoziemne (Fluvis Phaeozems) rozwinięte z utworów pyłowych i ilastych.

Analizowane gleby charakteryzowały się bardzo słabym stopniem wysortowania, różnymi wartościami skośności (rozkład: symetryczny, dodatnio i bardzo dodatnio skośny) oraz spłaszczenia (rozkład bardzo leptokurtyczny). Średnia średnica ziarna w badanych glebach zmniejszała się od wierzchołku do terasy zalewowej. Uzyskane wyniki wskazują na dużą dynamikę i energetykę środowiska sedymentacyjnego w środkowym odcinku doliny Łyny. Analiza wskaźników granulometrycznych wykazała, że najbardziej jednorodnymi były utwory deluwialne, zaś niejednorodnymi – aluwialne. Analiza głównych składowych (PCA) wykazała pozytywną korelację zawartości frakcji iłu i pyłu z głębokością zalegania utworów glebowych. Źródłem zróżnicowania zawartości frakcji pyłu grubego ( $\phi$  0,05–0,02 mm) była lokalizacja gleb na stoku. Największe zawartości frakcji piasku stwierdzono w glebach zlokalizowanych na wierzchołku i u podnóża stoku. Gleby występujące na terasie zalewowej charakteryzowały się natomiast największą zawartością frakcji pyłu i iłu. Analizując poziomy próchniczne badanych gleb, największe zawartości frakcji piasku stwierdzono w glebach zlokalizowanych na wierzchołku i u podnóża stoku. Poziomy próchniczne (A) gleb położonych na terasie zalewowej charakteryzowały się największą zawartością frakcji pyłu i iłu.



## **2. Profilowa i katalna zmienność zawartości makro- i mikroelementów w glebach**

W glebach określono zawartość całkowitych i potencjalnie labilnych form makroelementów (Ca, Mg, K, Na i Fe) i mikroelementów (Cu, Cr, Pb i Zn). Szczegółowy opis tych zagadnień zawarto w **publikacjach 2, 3 i 4**. Profilowa zmienność składników w glebach młodoglacjalnej doliny Łyny związana jest z rodzajem zakumulowanych utworów, składem mineralnym oraz procesami glebotwórczymi. Natomiast katalna zmienność zawartości makro- i mikroelementów ma także związek z przemieszczaniem się materiału glebowego po stoku (denudacja antropogeniczna) i akumulację u podnóża. Ważnym czynnikiem jest także nakładanie się procesów deluwialnych i aluwialnych w strefach styku stoku i terasy zalewowej.

Na podstawie zawartości badanych składników w skałach macierzystych gleb określono lokalne tło geochemiczne. Stanowiło ono punkt odniesienia do naturalnej bądź antropogenicznej podwyższonej zawartości składników (głównie metali ciężkich).

Największą zawartość całkowitych form makroelementów stwierdzono w poziomach skały macierzystej gleb: deluwialnych właściwych ( $Ca_t$ ,  $Mg_t$  i  $Na_t$ ) i płowych właściwych ( $K_t$ ). Całkowita zawartość żelaza ( $Fe_t$ ) była największa w poziomie próchnicznym (A) mady czarnoziemnej typowej. Największe zawartości całkowitych form mikroskładników stwierdzono w poziomie próchnicznym (A1) mady czarnoziemnej typowej ( $Pb_t$ ), w poziomie organicznym (Oa) gleby limnowo-saprowej ( $Cu_t$ ) i poziomie skały macierzystej (2C) gleby deluwialnej właściwej ( $Cr_t$  i  $Zn_t$ ). Zawartość potencjalnie labilnych form badanych składników wykazywała podobne zależności. W poziomach skały macierzystej gleb: deluwialnej właściwej kumulowały się wapń i sód, mady czarnoziemnej typowej – magnez, zaś płowej typowej – potas. W poziomie próchnicznym: mady czarnoziemnej typowej stwierdzono większą koncentrację żelaza, ołowiu i cynku, zaś gleby deluwialnej czarnoziemnej – chromu. Potencjalnie labilne formy miedzi kumulowały się w poziomie organicznym gleby limnowo-saprowej.

Średnia zawartość makroelementów w badanych glebach była niższa niż lokalne tło geochemiczne, natomiast mikroelementów była zazwyczaj wyższa (4-50%). Zgodnie z rozporządzeniem Ministerstwa Środowiska w sprawie norm jakości gleby (z dnia 9 września 2002 r.), zawartość analizowanych mikroelementów w glebach nie przekraczała wartości granicznych.

Najwyższą całkowitą zawartością makro- i mikroskładników charakteryzowały się gleby katen Knopin i Smolajny. W glebach kateny Łaniewo stwierdzono najniższe zawartości

badanych składników. Zawartość makroelementów generalnie wzrastała wraz z głębokością i osiągała maksymalne wartości w skałach macierzystych gleb. Odwrotną sytuację zaobserwowano w wypadku zawartości żelaza, które akumulowało się w powierzchniowych poziomach gleb lub w skale macierzystej. Najczęściej zawartość żelaza malała wraz z głębokością. Całkowita zawartość ołowiu i miedzi najwyższa była w poziomach powierzchniowych gleb i zmniejszała się wraz z głębokością. Odwrotny trend stwierdzono w wypadku cynku i chromu.

### **3. Wpływ właściwości gleb na zawartość makro- i mikroskładników w glebach**

W publikacjach 2, 3 i 4 przeanalizowano korelację między całkowitymi i potencjalnie labilnymi formami makro- i mikroskładników z właściwościami gleb.

Wśród całkowitych form makroelementów jedynie  $Ca_t$ ,  $K_t$  i  $Fe_t$  wykazywały statystycznie istotną korelację z właściwościami gleb. Wapń był istotnie skorelowany z  $CaCO_3$  ( $r = 0,643$ ,  $p \leq 0,05$ ) i wartościami pH ( $r = 0,664$ ). Zawartość potasu i żelaza była istotnie skorelowane z frakcją iłu (odpowiednio  $r = 0,819$  i  $r = 0,851$ ). Natomiast potencjalnie labilne formy makroelementów były istotnie dodatnio skorelowane z wartościami pH ( $Ca_{HCl}$ ,  $Mg_{HCl}$ ,  $Na_{HCl}$ ,  $Fe_{HCl}$ ), zawartością materii organicznej ( $Ca_{HCl}$ ,  $Mg_{HCl}$ ,  $Na_{HCl}$ ), frakcji ilastej ( $Fe_{HCl}$ ) i węgla wapnia ( $Ca_{HCl}$ ). Potencjalnie labilne żelazo było ujemnie skorelowane z frakcją piasku. Znaczenie badanych właściwości gleb, które mogą mieć istotny wpływ na zawartość potencjalnie labilnych form makroskładników, można przedstawić w porządku malejącym:  $pH_{KCl} > \text{materia organiczna} > \text{frakcja ilasta} > CaCO_3$ .

W literaturze spotyka się silniejszą korelację między zawartością makroelementów i właściwościami gleby, szczególnie zawartością materii organicznej, odczynem i składem granulometrycznym (głównie frakcjami pyłu i iłu) (Orzechowski, Smólczyński 2010, Rogóż, Takam 2015, Smólczyński, Orzechowski 2010a, b, Smólczyński i in. 2015).

Wśród badanych całkowitych form mikroskładników, cynk i miedź wykazywały statystycznie istotną korelację z zawartością materii organicznej (odpowiednio  $r = 0,430$  i  $r = 0,650$ ,  $p \leq 0,05$ ), frakcji pyłu (odpowiednio  $r = 0,428$  i  $r = 0,430$ ) i iłu (odpowiednio  $r = 0,341$  i  $r = 0,443$ ). Cynk i miedź były ponadto skorelowane z frakcjami glebowymi (dodatnio z frakcjami pyłu i iłu, ujemnie z frakcją piasku). W wypadku potencjalnie labilnych form, mikroelementy wykazywały dodatnio istotną statystycznie korelację z materią organiczną ( $Pb_{HCl}$ ,  $Cu_{HCl}$ ,  $Zn_{HCl}$ ), frakcją pyłu ( $Pb_{HCl}$ ,  $Zn_{HCl}$ ) i frakcją iłu ( $Cu_{HCl}$ ,  $Zn_{HCl}$ ). Cynk, miedź i ołów były ujemnie skorelowane z frakcją piasku.

Można przyjąć, że im wyższa zawartość materii organicznej oraz frakcji pyłowej i ilastej tym, większa zdolność gleby do akumulacji metali ciężkich. Podobne wnioski dotyczące korelacji między określonymi właściwościami gleb a zawartością mikroelementów można spotkać u innych autorów (Orzechowski, Smólczyński 2010, Smólczyński, Orzechowski 2010a, b, Smólczyński i in. 2015). Oprócz zawartości materii organicznej, bardzo ważny w przestrzennym rozmieszczeniu metali ciężkich jest stopień jej przeobrażenia (Kalisz, Łachacz 2009). Gleby organiczne będące w fazie akumulacji materii organicznej (torfu, mułu, gytii), zawierają mniej dostępnych dla roślin metali ciężkich niż gleby odwodnione, podlegające procesowi murszenia. Ponadto dodatnia korelacja z frakcjami pyłu i iłu dowodzi intensywnej adsorpcji metali przez najdrobniejsze frakcje glebowe. Minerale ilaste (główny składnik frakcji ilastej) charakteryzują się wysoką zdolnością kationowymienną, mogą zatem unieruchomić jony niektórych metali, np. Cu i Zn.

#### **4. Analiza zawartości makro- i mikroskładników w odniesieniu do krajobrazów geochemicznych**

Jedną z właściwości, związaną z położeniem gleby w krajobrazie, jest zdolność akumulacji i / lub translokacji makro- i mikroelementów. Lokalizacja gleb w krajobrazie może wskazywać na istotne różnice w zawartości badanych składników w glebach w odniesieniu do czterech krajobrazów geochemicznych występujących w środkowej części doliny Łyny. Należą do nich krajobrazy: eluwialny / trans-eluwialny (1), eluwialny akumulacyjny (2), trans-super-akwalny (3) i super-akwalny (4).

W celu określenia podobieństw między 19 profilami glebowymi należącymi do czterech krajobrazów geochemicznych zastosowano metodę grupowania Warda (**publikacja 2**). Oparto się na właściwościach gleby (skład granulometryczny, odczyn, zawartość materii organicznej i CaCO<sub>3</sub>) oraz zawartości makroelementów (Ca, Mg, K, Na i Fe). Procedura grupowania pozwoliła wyróżnić dwa klastry skupiające gleby o podobnych właściwościach i zawartości makroelementów. Klaster 1 grupuje gleby należące do krajobrazów geochemicznych (1) i (2) z wyłączeniem gleby limnowo-saprowej (profil 4). Natomiast w klastrze 2 zgrupowane zostały gleby występujące w krajobrazach geochemicznych (3) i (4) oprócz gleby płowej typowej (profil 7). Analiza metodą grupowania dowiodła podobieństw gleb występujących w określonych krajobrazach geochemicznych. Wykazała także, że najbardziej różnią się między sobą gleby rdzawa typowa (profil 1) i limnowo-saprowa (profil 18).

W celu określenia charakteru i siły powiązań pomiędzy zawartością badanych makro- i mikroelementów oraz właściwościami gleby i zmiennymi środowiskowymi, zastosowano metodę wieloczynnikowej analizy składowych głównych – PCA (**publikacje 2, 3 i 4**).

W wypadku makroelementów stwierdzono, że większość wariancji zawartej w pierwszej głównej składowej (PCA1) była dodatnio skorelowana z frakcjami pyłu i łu a zawartością  $Mg_t$ ,  $K_t$ ,  $K_{HCl}$ ,  $Fe_t$ ,  $Fe_{HCl}$ , natomiast ujemnie z frakcją piasku. Wartość drugiej głównej składowej (PCA2) wykazała, że źródłem zróżnicowania zawartości  $Ca_t$ ,  $Ca_{HCl}$ ,  $Na_t$ ,  $Na_{HCl}$  i  $Mg_{HCl}$  były zawartość  $CaCO_3$  i odczyn gleby. Zawartość materii organicznej wykazywała znacznie mniejszy wpływ. Gleby występujące w krajobrazie super-akwalnym (4) sprzyjały immobilizacji prawie wszystkich makroelementów (z wyjątkiem  $Na_t$ ).

Wśród badanych mikroelementów ustalono, że pierwsza główna składowa (PCA1) wskazuje na silną korelację materii organicznej, a także frakcji pyłu i łu, z zawartością  $Cu_t$ ,  $Cu_{HCl}$ ,  $Pb_{HCl}$ ,  $Zn_t$ ,  $Zn_{HCl}$ . Natomiast druga główna składowa (PCA2), którą można interpretować jako gradient materii organicznej, wykazywała pozytywną korelację z frakcją piasku, negatywną zaś w stosunku do odczynu i frakcji pyłowej i ilastej.

Na podstawie koncentracji Cr, Cu, Pb i Zn oraz właściwości gleb stworzono uogólniony model addytywny (GAM) w celu prezentacji izolinii zawartości mikroelementów w odniesieniu do właściwości gleb i czynników środowiskowych (**publikacja 3 i 4**). Najwyraźniejszy gradient związany ze zmiennością zawartości mikroelementów w krajobrazie geochemicznym stwierdzono w wypadku całkowitej zawartości chromu i cynku. Ich zawartość wzrastała od krajobrazu eluwialnego / trans-eluwialnego (1) do super-akwalnego (4). Natomiast zawartość potencjalnie labilnego chromu wzrastała wraz z głębokością profilu glebowego. Właściwości gleby miały znaczący wpływ na zawartość  $Cu_t$ . W wypadku  $Cu_{HCl}$  zaobserwowano nieco mniej wyraźne zależności od właściwości gleby i typu krajobrazu geochemicznego.

Wykorzystując nieparametryczną analizę wariancji z zastosowaniem testu Kruskala-Wallisa (test K-W) określono potencjał do akumulacji i uwalniania (migracji) makro- i mikroelementów w glebach poszczególnych krajobrazów geochemicznych. W wypadku makroelementów (**publikacja 2**) stwierdzono, że ich zawartość w glebach trzech katen wykazuje trend rosnący, zaś zmiany były statystycznie istotne (test K-W,  $p \leq 0,05$ , za wyjątkiem  $K_{HCl}$ ). Zawartość makroelementów była najniższa w glebach krajobrazu eluwialnego / trans-eluwialnego (1) i wzrastała w glebach pozostałych krajobrazów, osiągając największą zawartość w glebach krajobrazu super-akwalnego (4). Zatem gleby krajobrazu (1)

wykazywały potencjał do uwalniania makroskładników, zaś gleby krajobrazu (4) do ich akumulacji.

Badane mikroskładniki wykazywały trend malejący ( $Zn_t$ ,  $Zn_{HCl}$ ,  $Pb_t$ ,  $Pb_{HCl}$ ), rosnący ( $Cu_t$ ,  $Cu_{HCl}$ ) i zróżnicowany ( $Cr_t$ ,  $Cr_{HCl}$ ). Jednakże zmiany były statystycznie istotne (test K-W,  $p \leq 0,05$ ) tylko dla miedzi i potencjalnie labilnej formy cynku. Zawartość mikroelementów w glebach była najwyższa w krajobrazie super-akwalnym ( $Cu_t$ ,  $Cu_{HCl}$ ,  $Pb_{HCl}$ ,  $Zn_t$ ,  $Zn_{HCl}$ ), trans-super-akwalnym ( $Cr_t$ ), eluwialnym akumulacyjnym ( $Cr_{HCl}$ ) i eluwialnym / trans-eluwialnym ( $Pb_t$ ). Zatem można przyjąć, że krajobraz geochemiczny (4) wykazywał potencjał do immobilizacji większości mikroelementów. Natomiast najniższe zawartości badanych pierwiastków stwierdzono w glebach krajobrazu geochemicznego eluwialnego / trans-eluwialnego ( $Cu_t$ ,  $Cu_{HCl}$ ,  $Cr_t$ ), trans-super-akwalnego ( $Cr_{HCl}$ ,  $Pb_t$ ) i eluwialnego akumulacyjnego ( $Pb_{HCl}$ ,  $Zn_{HCl}$ ). Gleby tych krajobrazów wykazywały duży potencjał do uwalniania mikroelementów.

#### **Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowałem następujące wnioski:**

1. Badane gleby charakteryzowały się bardzo słabym stopniem wysortowania, różnymi wartościami skośności (rozkład: symetryczny, dodatnio i bardzo dodatnio skośny) i spłaszczenia (rozkład bardzo leptokurtyczny). Wynikiem procesów denudacji antropogenicznej było zmniejszanie się średniej średnicy ziarna od wierzchołku w kierunku niżej położonych fragmentów terasy zalewowej.
2. Analiza wskaźników granulometrycznych wykazała, że najbardziej jednorodnymi były utwory deluwialne, zaś niejednorodnymi – aluwialne.
3. Analiza głównych składowych (PCA) wykazała pozytywną korelację zawartości frakcji pyłu i iłu z miąższością poziomu próchnicznego gleb. Źródłem zróżnicowania zawartości tych frakcji była lokalizacja gleb na stoku.
4. Metoda grupowania Warda umożliwiła przypisanie gleb do dwóch klastrów. Klaster 1 zawierał gleby występujące w krajobrazach geochemicznych: eluwialnym / trans-eluwialnym i eluwialnym akumulacyjnym. Natomiast klaster 2 zawierał gleby należące do trans-super-akwalnego i super-akwalnego krajobrazu geochemicznego.
5. Zróżnicowanie zawartości makro- i mikroelementów było związane z charakterem skały macierzystej, translokacją materiału glebowego (procesy aluwialne i deluwialne), zawartością materii organicznej i lokalizacją gleby w krajobrazie geochemicznym.

6. Badane makroelementy były istotnie skorelowane z niektórymi właściwościami gleb. Stwierdzono silną pozytywną korelację frakcji pyłu i łu z  $Mg_t$ ,  $K_t$ ,  $K_{HCl}$ ,  $Fe_t$ ,  $Fe_{HCl}$ . Korelacja zawartości  $Ca_t$ ,  $Ca_{HCl}$ ,  $Na_t$ ,  $Na_{HCl}$ ,  $Mg_{HCl}$  z zawartością  $CaCO_3$  i odczynem gleby była słabsza. Natomiast korelacja makroelementów z zawartością materii organicznej była najslabsza.
7. Największym potencjałem do akumulacji makroelementów charakteryzowały się gleby w krajobrazie super-akwalnym. Natomiast gleby występujące w krajobrazie eluwialnym / trans-eluwialnym wykazywały największe zdolności do ich uwalniania.
8. Wśród badanych mikroelementów  $Cu_t$ ,  $Cu_{HCl}$ ,  $Pb_t$ ,  $Zn_t$ ,  $Zn_{HCl}$  były silnie pozytywnie skorelowane z zawartością materii organicznej i frakcjami pyłu i łu, negatywnie natomiast z frakcją piasku. Zawartość  $CaCO_3$  była nieznacznie skorelowana z zawartością  $Cr_t$ . Pozostałe mikroelementy nie wykazywały istotnych korelacji z właściwościami gleb.
9. Zdolność do akumulacji i uwalniania mikroelementów była bardziej zróżnicowana niż w wypadku makroelementów. Badane mikroelementy najczęściej akumulowały się w glebach krajobrazu super-akwalnego. Natomiast gleby krajobrazów geochemicznych: eluwialnego / trans-eluwialnego, eluwialnego akumulacyjnego i trans-super-akwalnego wykazywały potencjał do uwalniania mikroelementów.

### **Możliwości wykorzystania wyników pracy**

Poznanie procesów zachodzących w glebach występujących w dolinach rzecznych jest istotne w związku z rolą, jaką pełnią one w krajobrazie. Badanie przestrzennej zmienności zawartości makro- i mikroelementów może dać odpowiedź na pytanie o charakter i przebieg procesów zachodzących w glebach krajobrazu młodoglacjalnego. Zastosowane metody statystyczne, między innymi nieparametryczna analiza wariancji z wykorzystaniem testów Kruskala-Wallisa i Dunna, analiza składowych głównych (PCA) oraz uogólnione modele addytywne (GAM), umożliwiają wskazanie miejsc wykazujących potencjał do akumulacji i migracji makro- i mikroelementów. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w racjonalnym gospodarowaniu glebami na obszarach młodoglacjalnych dolin rzecznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Mogą także pomóc w prawidłowym rozmieszczeniu użytków w krajobrazie oraz w ochronie zasobów glebowych.

## **Literatura**

1. Bednarek W., Ktaczyk P., Dresler S. 2011. pH and the content of macroelements in soils after the flood in the central Vistula River valley. *Annales UMCS. Sec. E.*, 46(1): 16-24.
2. Bieniek A., 2013. Gleby sandrów wewnętrznych Polski północno-wschodniej. Wydawnictwo UWM, Olsztyn, 184: 115 ss.
3. Bieniek B., 1997. Właściwości i rozwój gleb deluwialnych Pojezierza Mazurskiego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura, Supplementum B*, 64: 80 ss.
4. Chodak T., Kaszubkiewicz J., Tasz w. 2005. Grain size distribution and content of macronutrients in soil material washed by surface erosion. *Acta Agroph.*, 5(3): 577-587.
5. Czarnowska K. 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Roczniki Gleboznawcze*, 47 (supl.): 43-50.
6. Fortescue J.A.C., (1980), *Environmental Geochemistry. A Holistic Approach*, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
7. Glińska-Lewczuk K., Skwierawski A., Kobus S., Krzyżaniak M. 2009. Distribution of selected heavy metals in bottom sediments of the Łyna River oxbows differed by hydrological connectivity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(6): 562-569.
8. IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014 – an international system for soil classification, first update 2015. *World Soil Resources Reports 106*. FAO, Rome: 181 ss.
9. Jonczak J., Kowalkowski A., 2013. Geneza, zróżnicowanie przestrzenne poligenetycznych gleb zlewni Jarosławki. W: Środowisko glebotwórcze i gleby dolin rzecznych. J. Jończak, W. Florek (Red.). Wyd. Naukowe Bogucki, Poznań: 41–56.
10. Kalisz B., Łachacz A. 2009. Content of nutrients, heavy metals and exchangeable cations in riverine organic soils. *Polish Journal of Soil Science*. 42(1): 43-52.
11. Kobus S., Glińska-Lewczuk K., Sidoruk M., Skwierawski A., Obolewski K., Timofte C. M., Sowiński P. 2016. Effect of hydrological connectivity on physico- chemical properties of bottom sediments of floodplain lakes – a case study of the Łyna river, northern Poland. *Environmental Engineering and Management Journal*, 15(6): 1237-1246.
12. Li X.F., Chen Z.B., Chen H.B., Chen Z.Q. 2011. Spatial distribution of soil nutrients and their response to land use in eroded area of South China. *Procedia Environmental Science*, 10: 14-19.
13. Obolewski K., Glińska-Lewczuk K., Kobus S. 2009. Effect of hydrobiological connectivity on the molluscan community structure in oxbow lakes of the Łyna River. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, 38(4): 75-88.
14. Orzechowski M., Smółczyński S. 2010. Content of Ca, Mg, Na, K, P, Fe, Mn, Zn, Cu in soils developed from the Holocene deposits in north-eastern Poland. *Journal of Elementology* 15(1): 149-159.
15. Piaścik H., Sowiński P., Lemkowska B. 2004. Uwarunkowania fizycznogeograficzne w rozwoju dolin rzecznych i zakumulowanych w nich utworów w krajobrazie Pojezierza Mazurskiego. [w:] *Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych*. T. Heese. W. Puchalski (red.), *Monografie Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska*, 103:83-90.
16. Systematyka gleb Polski. 2011. *Roczniki Gleboznawcze*, 62(3): 1–193 .
17. Rogóż A., Takam M. 2015. Contents of selected macroelements in soils, potatoes and fodder beets at variable soil reaction, *Soil Science Annual*, 66(1): 3-9.
18. Smółczyński S., Orzechowski M. 2010a. Distribution of elements in soils of moraine landscape in Masurian Lakeland. *Journal of Elementology* 15(1): 177-188.

19. Smólczyński S., Orzechowski M. 2010b. Content of some macro- and microelements in a soil toposequence in the landscape of ice-dammed lakes in Sepopol Lowland. *Ecol Chem Eng. S.*, 17(2-3): 217-231.
20. Smólczyński S., Orzechowski M., Lemkowska B., 2013. Sekwencje i właściwości gleb dolin rzecznych w krajobrazie młodoglacjalnym Polski północno-wschodniej. W: Środowisko glebotwórcze i gleby dolin rzecznych. J. Jończak, W. Florek (Red.). Wyd. Naukowe Bogucki, Poznań: 123–133.
21. Smólczyński S., Orzechowski M., Kalisz B. 2015. Distribution of elements in soil catenas developed in ice-dammed lake and morainic landscapes in NE Poland. *Journal of Elementology* 20(2): 417-434.
22. Smolska E., 2005. Znaczenie splukiwania w modelowaniu stoków młodoglacjalnych. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 141 ss.
23. Sowiński P., Orzechowski M., Smólczyński S. 2004a. Katenalna zmienność zawartości makroskładników w glebach obniżeń śródmorenowych w krajobrazie moreny dennej Pojezierza Mazurskiego. *Roczniki Gleboznawcze* 55(3):185-194.
24. Sowiński P., Smólczyński S., Orzechowski M. 2004b. Gleby obniżeń śródmorenowych jako bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym Pojezierza Mazurskiego. *Roczniki Gleboznawcze* 55(2): 365-372.
25. Sowiński P., Lemkowska B. 2010. Makroskładniki w glebach obniżeń pojeziernych na Pojezierzu Olsztyńskim. *Roczniki Gleboznawcze*, 61(2):87-94..
26. Sowiński P., 2014. Toposequence and properties of soils in the hilly landscape of Lier (Buskerud Region, south Norway), *Polish Journal of Soil Science*, 47(1): 51–58.
27. Sowiński P., Orzechowski M., Smólczyński S., Kalisz B., 2015. Particle-size distribution in soils in various ground moraine catenas in the Masurian Lakeland, *Polish Journal of Soil Science*, 48(2): 157–168.
28. Vácha R., Sářka M., Sářka O., Skála J., Čechmáňková J. 2013. The Fluvisol and sediment trace element contamination level as related to their geogenic and anthropogenic source. *Plant Soil Environ.*, 59(3): 136-142.
29. Walling D.E., Owens P.N., Carter J., Leeks G.J.L., Lewis S., Meharg A.A., Wright J. 2003. Storage of sediment-associated nutrients and contaminants in river channel and floodplain systems. *Applied Geochemistry*, 18: 195-220.
30. Wicik B., Ostaszewska K. 2012. Klasyfikacja krajobrazów geochemicznych. W: *Geochemia krajobrazu*, Pokojska U., Bednarek R. (Red.), Wydawnictwo UMK, Toruń.

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych**

Moja pozostała działalność naukowo-badawcza jest zgodna z tematyką badawczą realizowaną w Katedrze Gleboznawstwa i Rekultywacji Gruntów i koncentruje się na następujących zagadnieniach:

1. Ewolucja gleb w krajobrazie młodoglacjalnym
2. Antropogeniczne przekształcenia gleb
3. Właściwości gleb organicznych
4. Wykorzystanie GIS w naukach przyrodniczych



## **Ad. 1. Ewolucja gleb w krajobrazie młodoglacjalnym**

Badania w zakresie ewolucji gleb obejmowały krajobraz młodoglacjalny (północno-wschodnia Polska, południowa Norwegia). Moje badania prowadziłem w krajobrazie wysoczyzn morenowych, równin zastoiskowych oraz dolin rzecznych. Zagadnienia związane z ewolucją gleb wykonywałem w ramach grantu promotorskiego „*Geneza i właściwości gleb obniżeń śródmorenowych w krajobrazie Pojezierza Mazurskiego*”, badań statutowych Katedry Gleboznawstwa i Rekultywacji Gruntów (wspólnie z dr. hab. Mirosławem Orzechowskim i dr. hab. Sławomirem Smólczyńskim) oraz tematu własnego „*Ewolucja pokrywy glebowej w krajobrazie młodoglacjalnym ze szczególnym uwzględnieniem gleb węglanowych i deluwialnych*” (kierownik dr Bożena Lemkowska), w którym byłem głównym wykonawcą.

Elementami składowymi krajobrazu młodoglacjalnego są różnej genezy formy wypukłe i wklęsłe. Procesy denudacji naturalnej i antropogenicznej modyfikują budowę morfologiczną, skład granulometryczny i właściwości gleb zlokalizowanych w różnych miejscach na stoku. Procesy te charakteryzują się różną dynamiką i są zależne od wielu czynników, np. rzeźby terenu, uziarnienia gleb, sposobu użytkowania oraz warunków atmosferycznych (**II.B.1, II.B.3**). W rezultacie tych procesów, na niewielkiej przestrzeni, powstały określone sekwencje gleb. Prowadzone badania umożliwiły ich rozpoznanie. Na wierzchołkach i w górnych częściach stoku występowały erodowane gleby brunatne, płowe i czarne ziemie (vertisole). W dolnej części stoku charakterystyczne są gleby deluwialne rozwinięte na podłożu mineralnym lub organicznym. Gleby te są ogniwem łączącym gleby mineralne i organiczne. W strefie kontaktu stoku i zagłębienia terenowego występowały gleby namurszowe, natomiast obniżeniach terenowych najczęściej gleby organiczne o różnym stopniu zamulenia. W wypadku obniżeń terenowych o małej powierzchni procesy denudacji antropogenicznej prowadziły do przykrycia gleb organicznych utworami deluwialnymi. Zatem ostatnim elementem sekwencji są gleby namurszowe. Ewolucja gleb obniżeń terenowych ma ścisły związek z działalnością człowieka (**II.B.5, II.B.6, II.B.21, II.C.4, II.C.6**).

Ważną częścią niniejszego zagadnienia było badanie, wspólnie z dr Bożeną Lemkowską, pokrywy glebowej i jej właściwości w zlewniach byłych jezior. Stwierdzono, że ewolucja tych gleb również związana jest z denudacją antropogeniczną. Sekwencja gleb występująca na gytioiskach zbudowanych z gytii węglanowej była następująca: pararzędziny – gleby deluwialne próchniczne – rędziny pojeziorne – rędziny pojeziorne inicjalne (**II.B.16**).

## **Ad. 2. Antropogeniczne przekształcenia gleb**

Człowiek jest istotnym czynnikiem modyfikującym właściwości gleb. Jego działania mogą mieć charakter bezpośredni i / lub pośredni. Badania antropogenicznych przeobrażeń właściwości gleb koncentrowały się na bezpośrednim i pośrednim wpływie działalności rolniczej oraz przemysłowej.

Materiał glebowy ulega translokacji w wyniku denudacji antropogenicznej i deponowany jest u podnóża stoku i w obniżeniach. Badania w krajobrazie wysoczyzn morenowych wykazały, że gleby deluwialne wyróżniały się większą zawartością frakcji o średnicy 0,005-0,002 mm w odniesieniu do gleb erodowanych. Natomiast namuły deluwialne gleb namurszowych charakteryzowały się wyższą zawartością frakcji pyłu i niższą zawartością frakcji piasku w odniesieniu do gleb deluwialnych. Różnice w zawartości frakcji ilastej omawianych gleb były niewielkie (**II B.15, II B.24**).

Badania właściwości fizyczno-wodnych gleb w katenach wykazały, że wraz z obniżaniem się terenu, w poziomach powierzchniowych zwiększała się porowatość ogólna, a zmniejszała się gęstość objętościowa. Zmieniały się również relacje wielkości porów glebowych. Wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej zwiększała się ilość mikroporów, natomiast ilość makroporów w poziomach powierzchniowych gleb deluwialnych i namurszowych była podobna. Gleby deluwialne w stosunku do gleb erodowanych wykazywały korzystniejszy rozkład porów glebowych, większą połowę pojemność wodną (pF 2,0) oraz większą zawartość wody ogólnie dostępnej dla roślin. W porównaniu z glebami namurszowymi zawartość wody odpowiadającej połowej i ogólnej pojemności wodnej była istotnie mniejsza. Natomiast retencja wody ogólnie (PRU) i łatwo dostępnej (ERU) nie różniła się istotnie (**II.B.11, II.B.15, II.B.25**). Stwierdzono także, że antropogeniczne przekształcenia właściwości wodnych mad rzecznych wpływają także na ewolucję siedlisk leśnych (**B.II.2**). Ponadto zaobserwowano, że zastosowanie osadu ściekowego i użytkowanie gleb miało wpływ na przepuszczalność wodną gleb na plantacjach wierzby (**II.B. 22**).

Zachodzące w krajobrazie procesy denudacji antropogenicznej mają istotny wpływ na obieg składników mineralnych. W glebach mineralnych największą zawartość całkowitych form wapnia, magnezu, żelaza, manganu, miedzi i cynku stwierdzono w czarnych ziemiach i glebach aluwialnych wytworzonych z utworów ilastych, a wapnia, magnezu i żelaza także w glebach brunatnych powstałych z glin zwałowych (**II.B.8, II.B.10**).

Całkowita zawartość makro- i mikroskładników była uzależniona od lokalizacji na stoku. W procesie denudacji składniki mineralne i organiczne gleb transportowane są wraz z klastycznym materiałem glebowym lub dochodzi do ich rozpuszczenia i przemieszczania w roztworze. Szczególnie mobilny jest wapń, który przechodząc w formy rozpuszczalne, akumuluje się w obniżeniach terenowych. Największą jego koncentrację stwierdzono w glebach torfowo-murszowych i rędzinach pojeziornych (**II.B.9, II.B.10, II.B.19, II.B.17**). W glebach badanych katen wraz z obniżaniem się terenu wzrastała zawartość węgla organicznego i azotu ogółem. W glebach tych wzrastała kationowa pojemność wymienna oraz suma zasadowych kationów wymiennych. Stosunki kationów Ca/Mg, Ca/K oraz (Ca+Mg)/(Na+K) korzystniej układały się w usytuowanych w górnej części stoku glebach brunatnych. W glebach deluwialnych i zlokalizowanych w obniżeniach glebach organicznych, stosunek kationów dwuwartościowych do jednowartościowych ulegał rozszerzeniu. Udział kationów w kompleksie sorpcyjnym gleb w obniżeniach terenowych był pochodną zawartości kationów w glebach erodowanych. (**II.B.4, II.B.7, II.B.14**).

Na podstawie analizy rozmieszczenia pierwiastków wykazano, że gleby form wkłęsłych są miejscem akumulacji większości makro- i mikroelementów. Mogą one zatem pełnić funkcję barier biogeochemicznych (**II.B.9, II.B.10, II.B.13, II.B.18**). Ograniczenie negatywnych skutków niewłaściwego nawożenia mineralnego można minimalizować stosując techniki charakterystyczne dla rolnictwa precyzyjnego (**II.A.3**).

Badano także wpływ solanki na gleby po czterech latach od awarii rurociągu przesyłowego. Uzyskane wyniki pokazały, że po czterech latach od awarii poziomy próchniczne badanych gleb (0-20 cm) uległy znacznemu odsoleniu. Natomiast zasolenie poziomów podpowierzchniowych było wyższe (wartości  $EC_e$  maksymalnie do  $17,9 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) i wykazywało podobną zmienność przestrzenną.

Z powodu niekorzystnych warunków przyrodniczych, a szczególnie mając na uwadze zaleganie utworów słabo przepuszczalnych w podłożu oraz okresowej stagnacji wody w niewielkich obniżeniach terenu, zaproponowano dwa warianty rekultywacji/zagospodarowania terenu. Pierwszy z nich dotyczy całkowitej wymiany gruntu do głębokości zalegania rurociągu i następnie odtworzenia pokrywy glebowej. Drugi zaś związany jest z przekształceniem badanego obszaru w użytek ekologiczny (**II.C.5**).

### **Ad. 3. Właściwości gleb organicznych**

Badania właściwości gleb organicznych na obszarze północno-wschodniej Polski są wpisane w tradycję naukową Katedry Gleboznawstwa i Rekultywacji Gruntów. Zapoczątkowane zostały przez prof. Hjalmara Uggłę i kontynuowane między innymi przez prof. Henryka Piaścika, prof. Janusza Gotkiewicza, prof. Bolesława Bieńka, prof. Andrzeja Łachacza, dr. hab. Sławomira Smólczyńskiego. Zagadnienia, którymi się zajmowałem dotyczą: charakterystyki utworów akumulowanych w dolinach rzecznych, właściwości gleb organicznych delty wiślanej, wpływu właściwości gleb organicznych na rozmieszczenie biegaczowatych, właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych starorzeczy oraz właściwości hydrofobowych gleb o różnej zawartości materii organicznej.

Uwarunkowania fizycznogeograficzne pozwoliły na wydzielenie w dolinie Łyny trzech basenów: pojeziorowego, zastoiskowego i namułowego **(II.C.1)**. W basenie pojeziorowym wykształciły się mokradła reprezentowane przez torfowiska i gytio-wiska, natomiast w basenie namułowym i zastoiskowym występowały głównie torfowiska modyfikowane przez procesy aluwialne i deluwialne.

Cechą charakterystyczną gleb organicznych delty wiślanej jest ich zamulenie, które wpływa na właściwości fizyczno-wodne i skład chemiczny. W utworach torfowych stwierdzono, statystycznie udowodniony, wpływ zamulenia na wzrost gęstości objętościowej i spadek porowatości ogólnej. Największym zagęszczeniem i najmniejszą porowatością charakteryzowały się torfy olesowe. Torfy turzycowiskowe i szuwarowe wykazywały większą zawartość wody ogólnie i łatwo dostępnej dla roślin oraz wody odpowiadającej połowej pojemności wodnej (pF 2,0). Zaobserwowano statystycznie istotną zależność zmniejszania się objętości mezoporów wraz ze wzrostem stopnia rozkładu i stopnia zamulenia torfów. Wzrost stopnia rozkładu powodował natomiast zwiększenie ilości mikroporów **(II.C.2)**.

Gleby organiczne delty wiślanej charakteryzują się dużym trofizmem. Zawartość makro- i mikroelementów była uwarunkowana różnorodnością utworów glebowych, stopniem ich zamulenia i przeobrażenia przez procesy glebowe. Z wyjątkiem Ca całkowite formy pierwiastków (K, Mg, Na, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb, Ni, Co) kumulowały się w wierzchnich poziomach gleb. Ich ilość zwiększała się wraz ze stopniem zamulenia utworów organicznych. Analiza wariancji wykazała, że na zawartość oznaczonych makro- i mikroelementów (z wyjątkiem Ca, Na i Mn) w utworach torfowych, statystycznie istotny okazał się wpływ stopnia zamulenia. Nie stwierdzono natomiast statystycznie udowodnionych zależności

między zawartością pierwiastków a rodzajem genetycznym torfu i stopniem rozkładu **(II.C.3)**.

Utwory organiczne, które objęto badaniami hydrofobowości, reprezentowane były przez mursze torfowe i torfy o różnym stopniu zamulenia. Analiza testem WDPT wykazała, że mursze torfowe silnie zamulone zakwalifikowano do kategorii słabo i silnie hydrofobowych. Mursze słabo zamulone oraz torfy niezamulone, średnio i silnie rozłożone zaliczono do kategorii utworów bardzo silnie hydrofobowych oraz ekstremalnie hydrofobowych. Natomiast badanie testem AP wykazało, że wzrost stopnia zamulenia utworów organicznych powoduje zmniejszanie się ich hydrofobowości **(II.B.20)**.

Interesującym zagadnieniem była ocena zgrupowania epigeicznych biegaczowatych (*Col.*, *Carabidae*) zasiedlających gleby organiczne o różnym stopniu rozwoju. Badania prowadzono na użytkowanym łąkowo torfowisku Stary Dwór koło Olsztyna. Stwierdzono, że typ gleby był czynnikiem istotnie wpływającym na liczbę odłowionych osobników, nie wpływał jednak na ich bogactwo gatunkowe. Malejący gradient odczynu oraz wzrastająca zawartość węgla organicznego wiązały się ze spadkiem liczebności chrząszczy mało wrażliwych na zmiany warunków wilgotnościowych i zastępowanie ich osobnikami wilgociolubnymi. Wraz z obniżaniem się odczynu i wzrostem zawartości materii organicznej wrastała liczba miksofagów, kosztem osobników drapieżnych **(II.A.1)**.

Wyniki badań dotyczące właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych starorzeczy wykazały, że są one rodzajem barier biogeochemicznych i pełnią ważną rolę w oczyszczaniu wód płynących **(II A.2)**.

#### **Ad. 4. Wykorzystanie GIS w naukach przyrodniczych**

Możliwość wykorzystania systemów informacji przestrzennej (SIP / GIS) w gleboznawstwie (oraz szerzej w naukach przyrodniczych) jest zagadnieniem, które zajmuje ważne miejsce w mojej działalności dydaktycznej i naukowej. Wyniki swoich badań prezentowałem na pięciu konferencjach naukowych, w tym dwóch z cyklu GIS day **(załącznik 6)**. Moje dotychczasowe badania koncentrowały się głównie na wykorzystaniu cyfrowych map glebowo-rolniczych i przestrzennych baz danych glebowych oraz zdjęć lotniczych. W badaniach zajmowałem się optymalizacją struktury użytkowania i aktualizacją przebiegu granicy rolno-leśnej, aktualizacją i przestrzennym rozmieszczeniem jednostek systematyki gleb. Cyfrowe mapy glebowo-rolnicze i przestrzenne bazy danych glebowych stanowią bardzo istotne źródło informacji kartograficznej o terenach użytkowanych rolniczo

w całym kraju i w świetle przepisów prawa uznane są za cyfrowe opracowanie tematyczne. Mapy glebowo-rolnicze, ze względu na swą bogatą treść, wykorzystywane są między innymi w rolnictwie, ochronie środowiska, architekturze krajobrazu, ekologii, planowaniu przestrzennym, budownictwie. Wykorzystanie technologii GIS w analizie cyfrowych map glebowo-rolniczych może polegać na analizie poszczególnych jej atrybutów i/lub wykorzystaniu prostych i złożonych zapytań (kwerend) do przestrzennej bazy danych glebowych. Pogramy SIP / GIS umożliwiają tworzenie na podstawie map glebowo-rolniczych różnorodnych map tematycznych obrazujących przestrzenne rozmieszczenie: sposobu użytkowania, jednostek systematyki gleb, uziarnienia, podatności gleb na erozję wodą i wietrzną, kategorii podatności gleb na suszę i innych. Rozpoczynając analizę i interpretację atrybutów cyfrowej mapy glebowo-rolniczej należy pamiętać o ich aktualizacji. Potrzeba ta najczęściej dotyczy sposobu użytkowania oraz przemian gleb organicznych (**II.B.12, II.B.23, II.D.30, II.D.31**).

Moja dotychczasowa praca naukowo-badawcza została udokumentowana 39 oryginalnymi, autorskimi lub współautorskimi publikacjami. Wśród nich czterokrotnie byłem jedynym autorem, natomiast 20-krotnie – pierwszym lub drugim. Sześć prac opublikowano w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Cztery publikacje notowane są na Web of Science. Sumaryczny współczynnik wpływu Impact Factor z **roku wydania IF= 5,028**. Sumaryczna liczba punktów przyznawana przez MNiSW z **roku wydania wynosi 327**. Natomiast według obecnej punktacji MNiSW jest równa 451. Liczba cytowań według bazy Web of Science Core Collection wynosi 4 (bez autocytowań 4), indeks Hirsha  $h=1$  (stan na 4 września 2016 r.). Większość prac ma charakter zespołowy, co wynika ze specyfiki pracy naukowej gleboznawcy. Strukturę osiągnięć naukowych przedstawiam w tabeli 1, natomiast szczegółowy ich wykaz w załączniku 5.

**Tabela 1. Wykaz całościowego dorobku naukowego wraz z zestawieniem punktacji**

<b>Wyszczególnienie</b>	<b>Liczba prac</b>	<b>Liczba punktów*</b>	<b>IF**</b>
Annales UMCS Agricultura	2	12	
Bibliotheca Fragmenta Agronomia	1	2	
Biuletyn Naukowy UWM w Olsztynie	2	4	
Environmental Engineering and Management Journal	2	30	2,016
Journal of Elementology	3	39	1,362
Mitteilungen DGB	1	5	
Polish Journal of Soil Science	5	52	
Precision Agriculture	1	40	1,650
Roczniki Gleboznawcze	6	36	
Soil Science Annual	2	19	
Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie	1	6	
Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie	1	3	
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	5	30	
Monografie w języku polskim	1	20	
Rozdziały w monografii w języku angielskim	3	15	
Rozdziały w monografii w języku polskim	3	12	
<b>Razem</b>	<b>39</b>	<b>325</b>	
Materiały konferencyjne	41	2	
Czasopisma popularno-naukowe	3		
<b>Razem</b>	<b>83</b>	<b>327</b>	<b>5,028</b>
<b>Referaty wygłoszone na konferencjach</b>	w języku polskim – 7 w języku angielskim - 2		
<b>Postery prezentowane na konferencjach</b>	w języku polskim – 11 w języku angielskim - 21		

\* liczba punktów za publikacje zgodnie z rokiem opublikowania wg Wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

\*\* wskaźnik IF zgodnie z rokiem wydania publikacji

Byłem recenzentem trzech prac w czasopismach: Journal of Elementology (2013, 2016) i Bulletin of Geography, Physical Geography Series (2016).

