

**Piotr Szwarczewski**

**Ewa Smolska**

Uniwersytet Warszawski,

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

e-mail: pfszwarc@uw.edu.pl

## **CECHY GEOCHEMICZNE OSADÓW STOKOWYCH I FLUWIALNYCH NA PÓŁNOCNO-ZACHODNIM MAZOWSZU**

### **Geochemical features of slope and fluvial sediments from NW Mazovia**

**Abstract:** Fluvial and slope deposits were investigated in the NW part of Masovia region. Their deposition was conditioned by anthropopression. There were recognised lithological features and analysed in vertical profiles such characteristics as: grain size, organic matter and selected elements (eg. Zn, Pb, Cu, Cd, Ni, P). Selected samples with organic matter were dated using the radiocarbon method. Age of sediments and their sedimentological and geochemical characteristics let to distinguish the series of deposits correlated with such periods of human activity as: Wielbark and Przeworsk cultures, the Middle Ages, the modern and industrial periods with last 100 years heavily affected by human activity. A very characteristic feature of the study area is a general very small content of analysed elements – close or very near to values of geochemical background but it is varied in vertical profiles of both slope sediments and fluvial ones. In the area of Brudzeń Duży the highest concentrations of analysed metals were recorded in the sediments accumulated during the Middle Ages, especially early phases of this period, what corresponds to the economic activity of the Slavs in this area (the two strongholds in Brudzeń Duży and Parzeń). Thereafter it was an agricultural region. In the area of Borowiczki the maximum concentrations occur at the land surface and it is correlated with the human activity of the last 40 years - that is, since the creation and operation of petrochemical plant in Plock. The carried studies indicated that trace elements in sediments, even occurring in small concentrations may be helpful in separating the layers by the age of deposition and in determining the rate of sedimentation at footslopes or in valley bottoms (overbank during the floods).

**Słowa kluczowe:** osady stokowe, aluwia, pierwiastki śladowe, osadnictwo

**Key words:** colluvia, alluvia, trace elements, settlement

## WPROWADZENIE

Dotychczasowe badania geochemiczne gleb oraz osadów stokowych, fluwialnych i jeziornych wskazują na wzbogacenie w wiele pierwiastków i związków chemicznych szczególnie na obszarach uprzemysłowionych oraz w ich sąsiedztwie. Określenie koncentracji tych pierwiastków i związków ma na celu przede wszystkim ocenę stopnia zanieczyszczenia gruntów (Kabata-Pendias i in. 1995, Bojakowska, Sokołowska 1998). Coraz częściej analiza pierwiastków śladowych wykorzystywana jest w badaniach morfodynamiki środowiska oraz stopnia antropopresji (m. in. Kelly i in. 1996, Hudson, Edwards i in. 1998, Renberg i in. 2001, Graney, Eriksen 2004, Dearing i in. 2006).

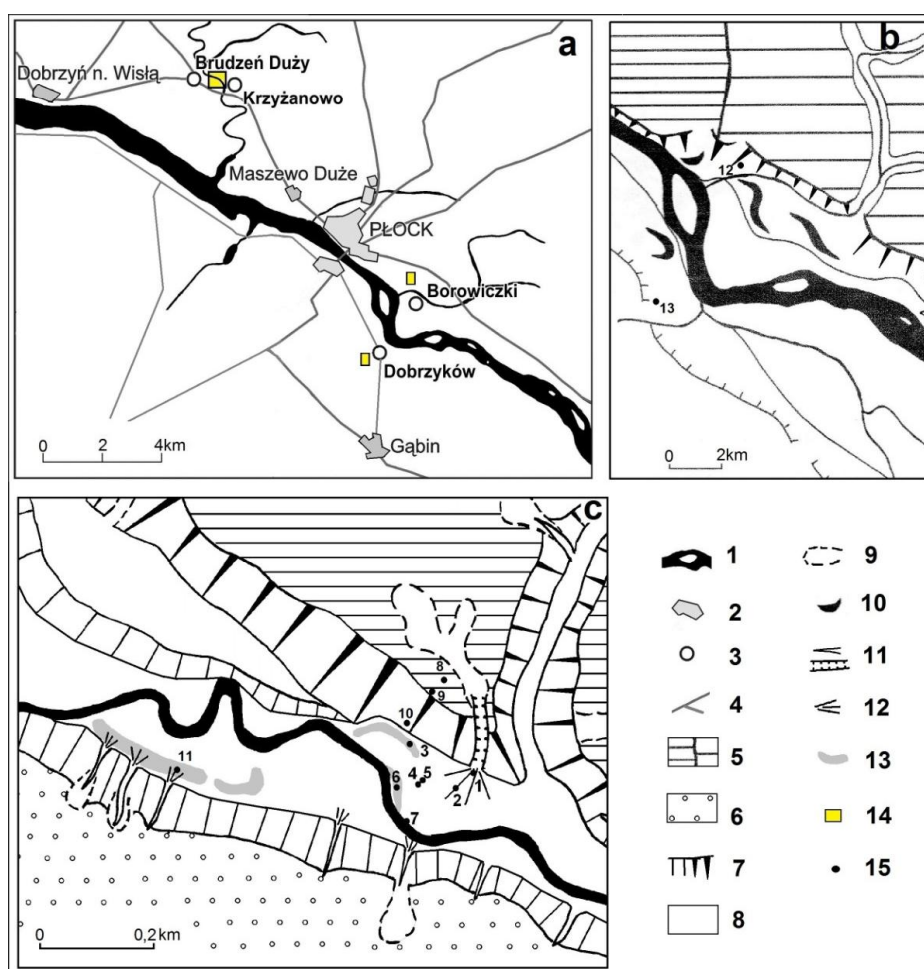
Poza obszarami uprzemysłowionymi także występują podwyższone koncentracje niektórych pierwiastków, co związane jest z aktywnością gospodarczą człowieka. Koncentracje metali wyższe od tła geochemicznego występują lokalnie, ich wzbogacenie zaznacza się w miejscach depozycji erodowanej gleby, a w dnach dolin rzecznych - depozycji pozakorytowej. Rozkład pionowy koncentracji metali ciężkich w osadach dobrze odzwierciedla zachodzące procesy denudacyjne, mogą one być istotnym wskaźnikiem tempa sedymentacji (Klimek 1985, 1992, Matschullat i in. 1997, Zgłobicki 2008, Zgłobicki i in. 2008). Zazwyczaj pierwsze podwyższone koncentracje w stosunku do tła geochemicznego są korelowane z epoką brązu i żelaza, sporadycznie wcześniej, natomiast pierwszy wyraźny wzrost koncentracji metali wiązany jest z okresem industrialnym (Klimek 1993, Helios-Rybicka 1996, Thronton 1996, Dearing i in. 2006, Zádorová i in. 2013). Zróznicowanie koncentracji metali w profilach pionowych osadów stokowych, fluwialnych czy jeziornych jest bardzo czytelne w przypadku obszarów, dla których można identyfikować występujące w pobliżu, na przestrzeni dziejów, źródła zanieczyszczeń. Pomocne są w tym dane archeologiczne i historyczne. Niestety nie zawsze można wskazać konkretne miejsca - obiekty odpowiadające za dostawę metali ciężkich do środowiska, ponieważ źródła zanieczyszczeń miały charakter rozproszony a dostawa następowała atmosferycznie zarówno z najbliższego otoczenia jak i w wyniku transportu z dalszej odległości.

W ostatnich latach w Polsce wiele uwagi poświęcono badaniom zanieczyszczenia metalami ciężkimi jako markera antropopresji i wskaźnika, na podstawie którego można określić wiek deponowanych osadów i wnioskować o przebiegu procesów fluwialnych i stokowych (m.in. Klimek 1996, 2002ab, Ciszewski 2001, 2002, Szwarczewski 2003, 2005, Zgłobicki, Rodzik 2007, Zgłobicki 2008, 2010). Jednak zagadnienie wymaga dalszych szczegółowych badań, przede wszystkim rozpoznania przestrzennego zróżnicowania koncentracji metali ciężkich i ich silniejszego powiązania z danymi archeologiczno-historycznymi o rozwoju gospodarczym danego regionu.

Celem niniejszego opracowania jest ukazanie zróżnicowania koncentracji

wybranych metali ciężkich w profilach pionowych osadów stokowych i fluwialnych jako geochemicznych znaczników antropopresji na przykładzie wybranych obszarów północno-zachodniego Mazowsza. Ważne było sprawdzenie, czy dane archeologiczne i historyczne dotyczące zagospodarowania terenu mają związek z koncentracją metali ciężkich, szczególnie w przypadku regionów rolniczych, położonych poza obszarami uprzemysłowionymi.

Lokalizację miejsc badań przedstawiono na rycinie 1. Są to tereny na których wcześniej prowadzono interdyscyplinarne badania i zostały rozpoznane cechy teksturalno-geochemiczne osadów (Szwarczewski 2005, Smolska, Szwarczewski 2012).



**Ryc. 1.** Lokalizacja miejsc badań (a) i szkice geomorfologiczne okolic Płocka (b) i Brudzenia Dużego (c): 1 – rzeki i jeziora, 2 – miasta, 3 – miejscowości, 4 – główne drogi, 5 – wysoczyzna polodowcowa zlodowacenia wisły i warty, 6 – sandr, 7 – stoki, 8 – dna dolin rzecznych, 9 – suche doliny, 10 – wydmy, 11 – wąwozy i wąwozy drogowe, 12 – stożki, 13 – paleokoryta, 14 – miejsca badań, 15 – wiercenia

**Fig. 1.** Location of study sites and geomorphological sketches of Płock (b) and Brudzeń Duży (c) areas : 1 – rivers and lakes, 2 – cites, 3 – villages, 4 – main roads, 5 – moraine plateau of Wieschelian (a) and Wartanian (b) Glaciation, 6 – outwash plain, 7 – slopes, 8 – river valley bottom, 9 – dry valley, 10 – dunes, 11 – gullies (a) and road gullies (b), 12 – fans, 13 – palaeochannels, 14 – sites of investigations, 15 – boreholes

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Na potrzeby niniejszego opracowania zostały zestawione i porównane cechy osadów stokowych i fluwialnych. Cechy osadów rozpoznano wykonując sondy próbnikiem żłobkowym. Profile pionowe osadów opisano na podstawie cech makroskopowych, wyróżniając poszczególne serie. Zostały pobrane próbki z każdej widocznej makroskopowo serii, w przypadku osadów homogenicznych próbki pobierano co 5-10 cm. Wykonano analizy uziarnienia metodą sitową i areometryczną. Zawartość materii organicznej w osadach określono metodą strat po prażeniu. Zawartość węglanów określono metodą Scheiblera.

Niektóre serie zawierające materię organiczną zostały datowane metodą C-14, wiek innych określono na podstawie osadów korelatywnych. W wyznaczeniu analogicznych wiekowo serii pomocne były cechy sedymentologiczne osadów, szczegółowo rozpoznane w wybranych do badań profilach pionowych i opisane we wcześniejszych pracach (Szwarczewski 2005, Smolska, Szwarczewski 2012). Datowanie radiowęglowe oraz cechy sedymentologiczne były podstawą wydzielenia głównych serii osadowych i analizy cech geochemicznych tych serii. Następnie podjęto próbę korelacji osadów z danymi archeologicznymi i historycznymi, uwzględniając zmiany cech sedymentologicznych oraz geochemicznych.

Jako wskaźnikowe dla antropopresji wybrano Cd, Cu, Pb i Zn. W niektórych profilach uwzględniono również takie pierwiastki jak Cr, Ni i P. Stanowiły one dodatkowe wsparcie przy wyróżnianiu serii. Ekstrakcję pierwiastków śladowych wykonano w stężonym kwasie azotowym metodą mikrofalową, a oznaczenie ich zawartości metodą ICP MS.

## OBSZAR BADAŃ

Do analizy koncentracji metali ciężkich wybrano kilka obszarów z NW części Mazowsza o podobnej historii osadnictwa i zagospodarowania terenu. Są to: okolice Brudzenia Dużego i Krzyżanowa oraz Płocka (ryc. 1).

Badania w okolicach Brudzenia Dużego i Krzyżanowa objęły dolinę Skrwy. Dno doliny o szerokości około 200 m leży na wysokości ok. 72-72,5 m n.p.m. Cechą terasy zalewowej jest występowanie dawnych zakoli, obecnie suchych, całkowicie wypełnionych osadami. Zbocza doliny mają nachylenie ponad 12°, a miejscami ponad 20°. Po stronie północnej występuje wysoczyzna morenowa, po południowej ciągnie się wyższy poziom sandru Skrwy (Skompski, Słowański 1970). Wysoczyzna leży na wysokości 90-95 m n.p.m., sandr po przeciwnej stronie doliny na wysokości 90-93 m n.p.m. Zbocza doliny są urozmaicone rozcięciami różnych rozmiarów, najczęściej v-kształtnymi o głębokości od kilku do kilkunastu m. Niektóre są wąwozami drogowymi. U wylotów rozcięć występują

stożki. Analizowano cechy osadów wypełniających dawne starorzecza, stożek u wylotu wąwozu na dno doliny i budujących równię zalewową. Także uwzględniono osady pochodzące z erozji wodnej i ornej nagromadzone w terasie rolnej i w dolnej części zbocza doliny Skrwy.

Pozostałe 2 miejsca badań to stoki położone w dolinie Wisły na SE od Płocka (ryc. 1). W okolicy Borowiczek wybrano do badań stok wysoczyzny polodowcowej. Budują go piaski gliniaste. W okolicy Dobrzykowa wybrano do badań zbocze jednego z tarasów nadzalewowych, zbudowane z piasków różnoziarnistych i mułków (Skompski 1970, Szwarczewski 2005).

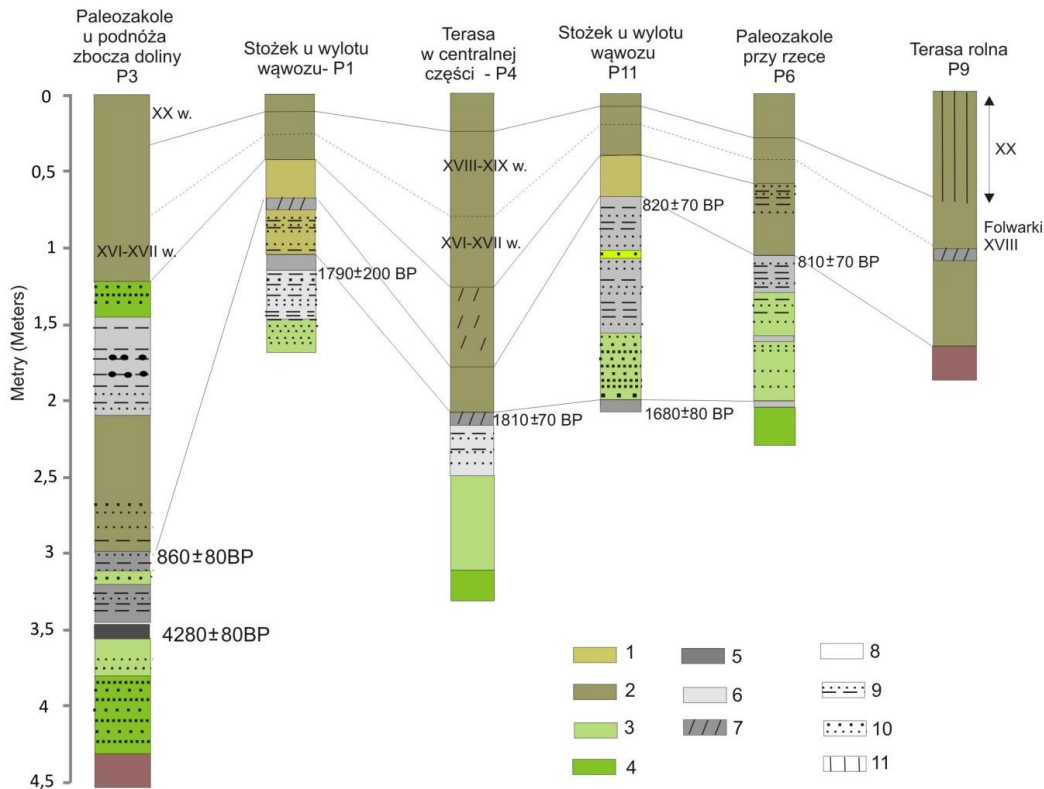
Współczesna rzeźba powierzchni badanych obszarów szczegółowych została ukształtowana w wyniku nałożenia się na naturalne procesy geomorfologiczne (glacjalne, fluwialne i stokowe w zróżnicowanych warunkach klimatycznych plejstocenu i starszego holocenu) bezpośrednich i pośrednich skutków gospodarczej działalności człowieka w pradziejach i czasach historycznych. Wylesienie i rolnicze użytkowanie tych terenów doprowadziło do przekształcenia stoków, które lokalnie zostały rozcięte formami wąwozowymi, do wypełnienia den dolin rzecznych i suchych osadami pochodzącymi z denudacji lokalnej oraz materiałem z dalszego transportu. Obserwacje terenowe, sondowania geologiczne oraz wyniki wykonanych analiz wskazują, że obszary te zostały znacznie przekształcone w okresie neoholocenu (Szwarczewski 2005, Smolska, Szwarczewski 2012).

## WYNIKI BADAŃ

### *Korelacja osadów*

W przypadku NW Mazowsza cechą charakterystyczną badanych osadów w profilach pionowych był wyraźny zapis zmiany typu sedymentacji zarówno w aluwiach jak i osadach stokowych: deluwiach i proluwiach. Pierwszą zmianę polegającą na akumulacji w dnie doliny znacznie większej ilości osadów drobnoziarnistych rozpoznano na terasie zalewowej. Mada drobno piaszczysta zawierająca w stropie więcej materii organicznej (do 15%), została przykryta materiałem pylasto-ilastym. Frakcje pylaste stanowiły 40% masy osadu, udział iłu wynosił 10%. Łączny udział tych dwóch frakcji w osadzie sięgał ponad 50%. Wiek tej zmiany sedymentacji został określony radiowęglowo na 1810 BP±70 BP (ryc. 2, profil 4). Prawie jednocześnie z opisanym procesem rozpoczęło się formowanie stożków u wylotu jednego z wąwozów (1790±200BP) (ryc. 2 profil 1). Podobną zmianę typu akumulowanego osadu zarejestrowano w odciętych dawnych korytach Skrwy, obecnie całkowicie wypełnionych. Gromadzone tam osady organiczne zostały przykryte mineralnymi lub mineralno-organicznymi. W jednym z badanych paleozakoli (ryc. 2, profil 11) datowano materiał organiczny w sągu mineralno-organicznej serii otrzymując wiek 1680±80 BP.

Kolejny wyraźny impuls sedymentacyjny to przewaga we wszystkich badanych profilach, niezależnie od ich lokalizacji (dno doliny, stożki u wyloty wąwozu, paleokoryta) osadów typu deluwiów - próchnicznych piasków pylastych wyróżniających się homogenicznością. Zostały one datowane w wypełnieniach dawnych zakoli Skrwy na  $860\pm 80$ ,  $820\pm 70$  i  $810\pm 70$  BP. Uzyskane wyniki datowań radiowęglowych oraz cechy sedymentologiczne były podstawą wydzielenia następujących głównych serii osadowych skorelowanych z danymi archeologicznymi i historycznymi: (1) starszych od 1700-1800 BP, (2) akumulowanych po II w. n. e., które powiązano z działalnością ludności kultury przeworskiej i wielbarskiej, (3) akumulowanych od wczesnego średniowiecza do XIV/XV w., związanych z aktywnością gospodarczą Słowian, (4) od XVI do XIX w. tj. w okresie nowożytnym i początku okresu industrialnego oraz (5) akumulowanych w ciągu ostatnich 100 lat, obejmujących na badanym terenie czas intensywnego



**Ryc. 2.** Profile pionowe badanych osadów: 1 - proluwia, 2 – deluwia, 3 – aluwia pozakorytowe, 4 – aluwia korytowe, 5 – torf i namuły torfiaste, namuły organiczno-mineralne, 6 – namuły mineralno-organiczne, 7 – poziom próchniczny, 8 – masywne piaski różnoziarniste, 9 – piaski drobne, mułki i łyły, 10 – piaski z domieszką żwiru, 11 – diamikton rolny; lokalizacja profili na ryc. 1

**Fig. 2.** Vertical profiles of study sediments: 1 – colluvia from gullyng, 2 – colluvia from soil erosion, 3 – over channel alluvia, 4 – channel alluvia, 5 – peat and organic mud (also with admixture of mineral sediments), 6 – mineral- organic mud, 7 – humic horizon, 8 – massive varied grained sands, 9 – fine sediments, 10 – sand with admixture of gravel, 11- agricultural diamicton; location of profiles on fig. 1

rozwoju rolnictwa i jego mechanizację. Zestawienie analizowanych profili pionowych osadów z okolic Brudzenia Dużego i Krzyżanowa pokazano na ryc. 2. Profile pionowe osadów wskazują, że od okresu średniowiecza akumulowane osady stają się znacznie bardziej homogeniczne. Przy wydzieleniu poszczególnych serii istotne znaczenie miały cechy tekstualne osadu jak np. udział pyłu i łu oraz występowanie domieszek piasków grubych i drobnego żwiru. Uwzględniono również zawartość materii organicznej i zróżnicowanie zawartości metali ciężkich.

Stwierdzone ujednoczenie osadów pod względem tekstualnym dobrze koresponduje z istotnym powiększeniem się areału upraw na badanym terenie oraz z zachodzącymi zmianami w technice uprawy roli, które przypadają na przełom XII/XIII wieku (Podwińska 1962). Parametrem pomocnym w identyfikacji kolejnej serii budującej stożki u wylotu wąwozów jak i deluwii jest większy udział materii organicznej (XV/XVI-XVII w.). W przypadku wypełnień paleozakoli jest to seria namulów mineralno-organicznych z przewarstwieniami piasków, a nawet piasków ze żwirem. Piaski są przemyte i cechami odpowiadają osadom korytowym (transport w saltacji) (Smolska, Szwarzewski 2012).

Powyżej zalegające osady zawierają mniej domieszek materii organicznej - ich ważnymi cechami jest masywna struktura, najsłabsze wysortowanie i najwyższa dodatnia skośność. Są to piaski różnoziarniste, zazwyczaj z niewielkimi domieszkami drobnego żwiru (1-2%) i znacznymi domieszkami frakcji drobnej (udział pyłu i łu sięga kilka do kilkunastu %).

### ***Tło geochemiczne***

Tło geochemiczne osadów jest wynikiem zróżnicowania petrograficznego i mineralogicznego osadów występujących na badanym obszarze. Problemem wyznaczania tła geochemicznego zajmowała się w swoich pracach A. Gałuszka (2007a, b). Generalnie środkowa Polska i Mazowsze cechują się niskimi wartościami tła geochemicznego, co wynika z bardzo dużego udziału kwarcu a także skaleni, łyszczyków i mniejszego minerałów ilastych wchodzących w skład utworów czwartorzędowych. Minerale te cechuje nieznaczna naturalna zawartość pierwiastków śladowych takich np. kadm, ołów cynk czy miedź a uznawanych powszechnie za wskaźniki antropopresji i gospodarczej działalności człowieka w pradziejowej i historycznej przeszłości. Średnie wartości tła geochemicznego osadów fluwialnych oraz gleb występujących na obszarze Nizy Polski zamieszczono w tabeli 1.

Na badanym obszarze wartości tła geochemicznego kształtują się poniżej ustalonych dla osadów rzecznych i dla gleb na obszarze niżowym w Polsce, co pokazują dane zamieszczone na dole tabeli 1. W tabeli 2 zestawiono minimalne i maksymalne wartości zmierzonych koncentracji wybranych pierwiastków śladowych. Potwierdzają one występowanie niewielkich koncentracji badanych metali nawet w przypadku wartości maksymalnych, co jest typowe dla obszarów nie-

uprzemysłowionych. Podobne wartości są charakterystyczne dla obszaru Wyżyny Lubelskiej (Zgłobicki, Rodzik 2007, Zgłobicki 2008, Zgłobicki i in. 2008). Natomiast na środkowym Mazowszu w takich dnach dolin jak Pilica w okolicach Warki, Utrata czy Pisia stężenia metali ciężkich są wyższe (Szwarczewski 2003, Szwarzewski, Korabiewski 2003).

**Tabela 1.** Wartości tła geochemicznego wybranych pierwiastków w osadach aluwialnych oraz glebach Polski wg wybranych autorów i na badanym obszarze  
**Table 1.** Geochemical background of selected elements in alluvial sediments and soils of Poland and study area

Trace elements	Cd	Cu	Co	Cr	Ni	Pb	Zn
Osady aluwialne rzek Alluvia ( Lis, Pasieczna 1995)	0,5	6	2	5	5	11	64
Wierzchnia (0-20 cm) warstwa gleb użytków rolnych Topsoil on the arable land (Kabata-Pendias i in. 1993)	0,3-1,0	15-40			10-50	30-70	50-100
Gleby - Soils (Pasieczna 2003)	0,5	4		3-10	6	8-21	50
Osady stokowe, fluwialne i glacialne na NW Mazowszu Colluvia, alluvia and glacial sediments from NW Mazovia	0,1	2-4	1-2	1-4	2-4	2-6	7-20

**Tabela 2.** Minimalne i maksymalne koncentracje (mg/kg) wybranych pierwiastków śladowych w badanych osadach NW Mazowsza

**Table 2.** Minimal and maximal concentration of chosen trace elements in the study sediments from NW Mazovia

Osad - sediment	Cd	Cu	Co	Cr	Ni	Pb	Zn	P
Wypełnienie paleozakola (Infilling of palaeochannel)	0,03 0,17	4,8 13,3	2 5,7	3,1 10,4	5,6 12,7	5,2 12	16,8 44,4	-
Terasa zalewowa - aluwia (Flood terrace – alluvia)	0,01 0,13	1,4 7	0,9 5,2	1,5 8,1	1,5 18,8	2,2 10,7	5,3 42,9	100 1460
Stożek u wylotu wąwozu (Fan at gully mouth)	0,12 0,14	6,1 11,8	3,5 5,8	7,5 11,5	8,3 15,4	7,05 9,2	21,4 35,1	-
Deluwia rolne (Agricultural colluvia) - Brudzeń	0,05 0,16	0,2 3,1	0,9 2,5	1,2 2,9	0,3 3,9	3,6 11,9	9,8 18,5	103 493
Deluwia rolne (Agricultural colluvia) – Dobrzyków i Borowiczki	0,2 1,5	0,2 15	-	-	-	5 90	10 105	-



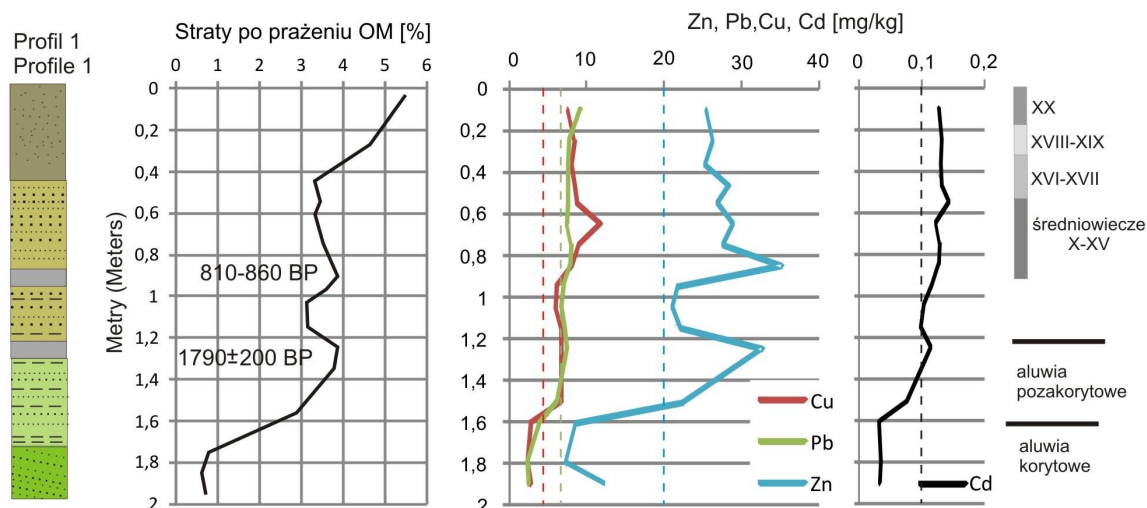
### Osady stokowe

Stoki podlegające erozji stanowią obszary zubożone w metale ciężkie pochodzenia antropogenicznego. Wraz z erodowaną glebą następuje transport i akumulacja metali ciężkich w dolnych partiach stoków oraz w stosunkowo wąskiej strefie podstokowej. Na obszarze Mazowsza osady stokowe są słabo rozpoznane zarówno pod względem miąższości jak i tempa depozycji. Także słabo rozpoznane są zawartości metali ciężkich w deluwiach (u podstawy i w dolnej części stoków) czy proluwiach (w stożkach u wylotów wąwozów).

Jednym z obszarów wybranych do porównania koncentracji metali w profilach pionowych osadów stokowych są okolice Brudzenia Dużego i Krzyżanowa (ryc. 1). Osady stokowe zarówno pochodzące z erozji gleby (deluwia) jak i erozji wąwozowej (proluwia) mogły ulegać wzbogaceniu w metale ciężkie głównie ze źródeł rozproszonych: dostawy atmosferycznej oraz w wyniku nawożenia na obszarze zlewni.

Cechą charakterystyczną tego terenu są niewielkie zawartości metali, mieszczące się poniżej lub w zakresie ogólnego tła geochemicznego wyznaczonego dla gleb w Polsce (Kabata-Pendias i in. 1995) jak i osadów rzecznych (Bojakowska, Sokołowska 1998) (tab. 1 i 2).

Maksymalną koncentrację Zn - 35 mg/kg zanotowano w osadach stożka u wylotu wąwozu na głębokości 80-90 cm (ryc. 3). Jest to spąg górnej serii budującej stożek (o cechach deluwiów), która zawiera próchniczne piaski różnoziar-



**Ryc. 3.** Stożek u wylotu wąwozu drogowego w okolicy Krzyżanowa: zawartość materii organicznej (OM) i wybranych metali ciężkich na tle wieku osadów; wartości tła geochemicznego zaznaczono linią przerywaną; objaśnienia litologii na ryc. 2, lokalizacja profilu na ryc. 1

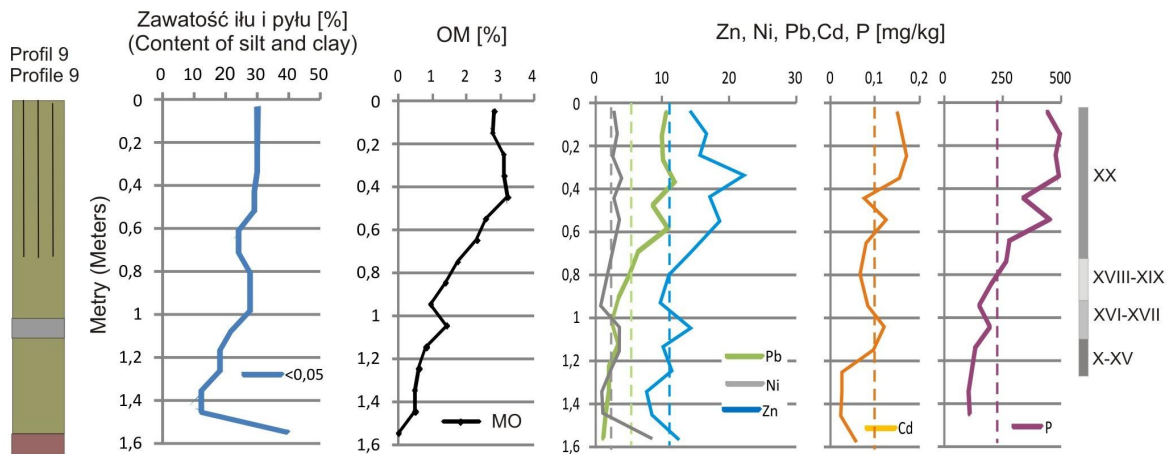
**Fig. 3.** Fan sediments at the mouth of road gully near Krzyżanowo: content of organic matter (OM) and chosen element traces on the background of the age of sediments; values of geochemical background are marked of broken line; for explanation of lithology see on figure 2, for location of profile see on fig. 1

niste z pyłami. Poza wzbogaceniem w Zn, poziom położony na głębokości od 60 cm do 90 cm cechuje podwyższona koncentracja pozostałych analizowanych metali ciężkich Pb (8,02 mg/kg), Cu (11,76 mg/kg) i Ni (14,18 mg/kg), Cd (0,13 mg/kg). Przy powierzchni gruntu (0-20 cm głębokości) obserwuje się mniejsze koncentracje Zn, Cu i Cd. Tylko ołowiu najwięcej występuje przy powierzchni – do 15 cm głębokości (9,18 mg/kg) – co należy interpretować jako skutek rozwoju transportu samochodowego. Osady budujące stożek, akumulowane były od 1790±200BP, ich spągowa część jest uboższa w analizowane metale (ryc. 3). Starszych osadów pochodzących z erozji wąwozowej nie rozpoznano.

Jeśli zróżnicowanie zawartości wybranych metali ciężkich zostanie porównane z danymi archeologicznymi dla okolic Brudzenia Dużego, to wzbogacenie w metale ciężkie dobrze koreluje z danymi archeologicznymi. Wyraźnie zaznacza się poziom, który odpowiada powstaniu i rozwojowi dwóch grodzisk położonych w bliskim sąsiedztwie tj. w Brudzeniu Dużym i Parzeniu. Później, aż do czasów współczesnych koncentracje są niższe. Po okresie intensywnego rozwoju w średniowieczu, zarówno rolnictwa jak i rzemiosła, na badanym terenie nie rozwijał się przemysł. Był to obszar rolniczy, szczególnie intensywnie użytkowany w XVIII-XIX w., kiedy wylesienie było największe.

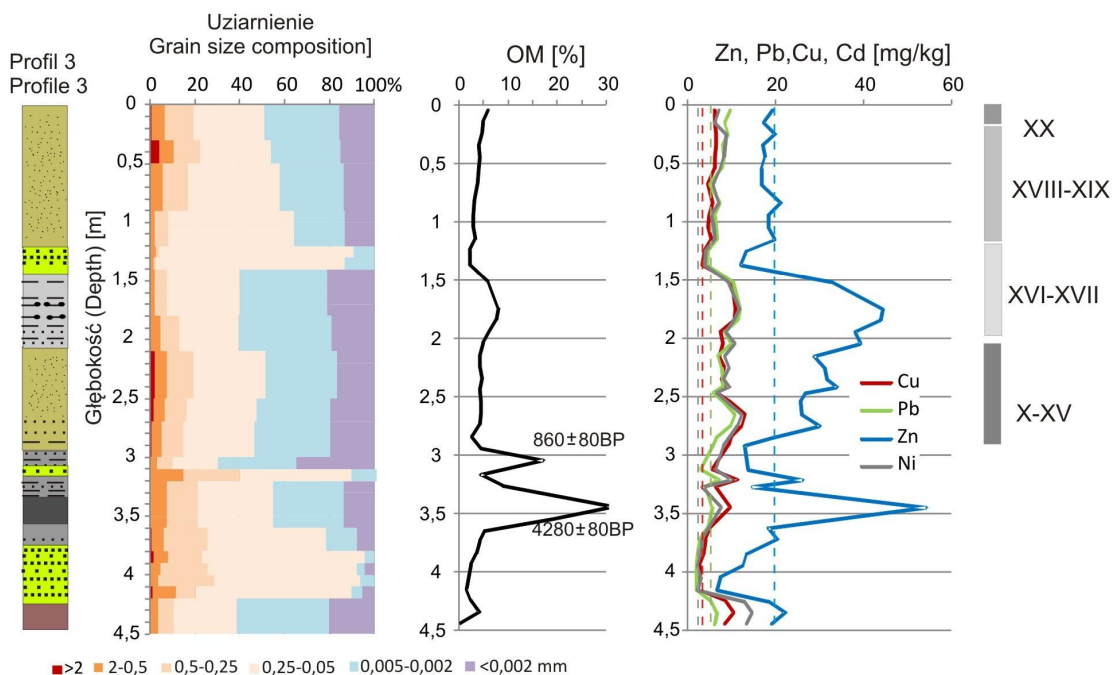
Diamikton rolny budujący terasę rolną zawiera o 1/3 mniej Zn niż osady stożka, śladowe ilości Ni, Cr, natomiast nieco więcej Cd i Pb. Najwyższe koncentracje występują na głębokości 30-40 cm, w tzw. podeszwie płuźnej o największym zagęszczeniu w profilu pionowym terasy rolnej. Następnie wraz z głębokością notowano niższe koncentracje wszystkich analizowanych metali. W poziomie występującym na głębokości 100-110 cm, wzbogaconym w materię organiczną (poziom próchniczny) i głębiej, poniżej „pogrzebanego” poziomu próchnicznego zaznacza się wzbogacenie w wszystkie analizowane metale mimo mniejszej zawartości materii organicznej i grubszej frakcji deluwiów. W starszych osadach deluwalnych (poniżej 130 cm głębokości) jak i w występującej pod nimi glinie zwałowej koncentracje metali są najmniejsze (ryc. 4). Wraz z początkiem formowania się diamiktonu – homogenizacji deluwiów również wyraźnie zwiększa się zawartość fosforu – dwukrotnie. Silnie homogeniczny osad, który wskazuje na jego mechaniczne mieszanie i przemieszczanie w dół stoku jest korelowany z postępującą mechanizacją w rolnictwie. Według M. Sinkiewicza (1993, 1998) można go łączyć z okresem ostatnich 100, a szczególnie z zastosowaniem pługa wieloskibowego.

Deluwia występują także w paleozakolu, położonym przy zboczu doliny. Przykrywają one namuły organiczne wypełniające paleozakole. Strop namułów, położony na głębokości 3 m, datowany został metodą radiowęglową na 860±80 BP. W badanym profilu najwyższe koncentracje Zn, Pb, Cu i Ni występują w osadach o dużej zawartości materii organicznej – torfach i namułach (ryc. 5) i wynoszą 38-55 mg/kg dla Zn, dla pozostałych metali są podobne i kształtują się w granicach 9-13 mg/kg. Poza osadami organicznymi wyraźnie większe koncen-



**Ryc. 4.** Terasa rolna w okolicy Krzyżanowa: zawartość pyłu i iltu, materii organicznej (OM) i wybranych pierwiastków śladowych na tle przypuszczalnego wieku osadów; objaśnienia jak na ryc. 3

**Fig. 4.** Agricultural terrace near Krzyżanowo: content of silt and clay, organic matter (OM) and chosen element traces on the background of the age of sediments; for explanation see on fig. 1



**Ryc. 5.** Osady wypełniające paleozakole w okolicy Krzyżanowa: uziarnienie, zawartość materii organicznej (OM) i wybranych pierwiastków śladowych na tle przypuszczalnego wieku osadów; objaśnienia na ryc. 3

**Fig. 5.** Sediments filling of palaeochannel near Krzyżanowo: grain size composition, content of organic matter (OM), chosen element traces on the background of the probability age of sediments; for explanation see on fig. 3

tracje zanotowano w osadach akumulowanych w średniowieczu, określonych jako deluwia. Zawierają one 25-35 mg/kg Zn i od 8 do 10 mg/kg takich metali jak Pb, Cu, Ni. Młodsze deluwia zalegające do głębokości 130 cm charakteryzują się nieco mniejszymi zawartościami powyższych metali ciężkich (ryc. 5).

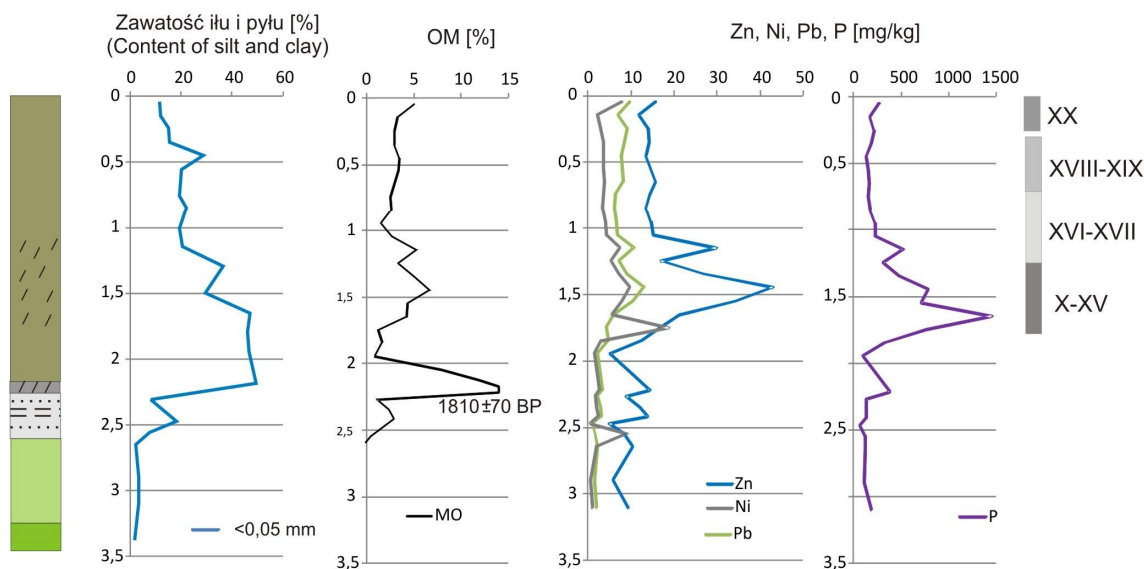
Przypowierzchniowa warstwa do 25-30 cm głębokości jest wzbogacona w Cd i Pb, ich zawartość wynosi odpowiednio 0,15-0,17 i 8-10 mg/kg, a przy powierzchni terenu, do 10 cm głębokości, gleba zawiera najwięcej Cd w całym analizowanym profilu pionowym – 0,35 mg/kg. Obecność tych pierwiastków w podwyższonych koncentracjach w przypowierzchniowej warstwie można korelować z rozwojem komunikacji (w znaczeniu lokalnym i regionalnym) Najmniej pierwiastków śladowych zawierają przemyle piaski i mułki występujące zarówno jako cienkie wkładki wśród deluwii czy namulów organicznych jak i w najniższej części paleozakola, na głębokości 3,8-4,3 m (ryc. 5).

Osady stokowe były analizowane także w Borowiczkach i Dobrzykowie (ryc. 1b). Stok w Borowiczkach ma złożony, schodowy profil podłużny i jest zlokalizowany w strefie krawędziowej wysoczyzny polodowcowej. W Dobrzykowie jest to zbocze tarasu nadzalewowego w dolinie Wisły. Deluwia u podstawy obu stoków mają niewielką miąższość 50-60 cm (ryc. 2). Koncentracje badanych metali są tu wyraźnie większe w porównaniu do omówionych z okolic Krzyżanowa. W Borowiczkach najwyższe zawartości występują przy powierzchni terenu i są zbliżone do wartości progowych gleb zanieczyszczonych lub nawet nieco je przekraczają (Kabata-Pendias i in. 1995), jak w przypadku Pb i Cd. Podobne koncentracje występują w poziomie ornym w Dobrzykowie, nieco wyższe zanotowano na głębokości 30-40 cm. W porównaniu do podłoża piasków fluwioglałcyjnych i piaszczysto-pylastej gliny zwałowej koncentracje występujące w deluwiiach są odpowiednio 2,5-3 krotnie i 2 krotnie większe. Podobna zmienność cech geochemicznych osadów w dwóch różnych stanowiskach, wskazują, że istotne znaczenie w przypadku akumulacji metali ciężkich miało nowe źródło dostawy czyli powstanie i rozwój Mazowieckich Zakładów Rafineryjnych i Petrochemicznych w Płocku (Szwarczewski 2005).

### *Aluwia*

Zanieczyszczenia jakie dostawały się do rzeki wraz z zawiesiną mogły być transportowane na znaczne odległości. Były one deponowane na wszelkiego typu odsypach w obrębie koryta oraz podczas przepływów ponad pełnokorytowych na dnie doliny – na terasie zalewowej. W okolicy Brudzenia Dużego i Krzyżanowa maksymalne koncentracje w aluwiiach podobnie jak i w osadach stokowych przypadają ogólnie na okres średniowiecza i wynoszą dla Zn ok. 43 mg/kg w późnym średniowieczu, 13,2 mg/kg dla Pb, 8,1 mg/kg dla Cr i 0,13 mg/kg dla Cd. Najwięcej niklu występuje w osadach akumulowanych w okresie wczesnego średniowiecza – około 18,8 mg/kg. Zarówno starsze akumulowane przed średniowieczem jak i młodsze aluwia pozakorytowe cechują się znacznie

mniejszymi koncentracjami tych metali (ryc. 6). Poziom organiczny występujący w dnie doliny został datowany radiowęglowo, jego wiek wyniósł  $1810 \pm 70$  BP (127-260 AD; sigma 68%). Podobną zmiennością w profilu pionowym osadów równi zalewowej cechuje się również zawartość fosforu. Współczesne aluwia pozakorytowe cechują się niewielkim wzbogaceniem w analizowane pierwiastki śladowe.



**Ryc. 6.** Równia zalewowa: udział pyłu i łu, materii organicznej OM oraz wybranych pierwiastków śladowych na tle przypuszczalnego wieku osadów; objaśnienia na ryc. 3

**Fig. 6.** Skrwa valley bottom near Krzyżanowo: content of fine sediments and organic matter (OM), and chosen element traces on the background of the probability age of sediments; for explanation see on fig. 3

## DYSKUSJA

Charakteryzowane zmienności koncentracji wybranych metali ciężkich (Zn, Pb, Cr, Cd, Ni) mieszczą się w zakresie wartości, jakie odpowiadają glebom niezanieczyszczonym (Kabata-Pendias i in. 1995). Obszar NW Mazowsza należy i należał w przeszłości do słabo uprzemysłowionych rejonów kraju. Poza naturalnymi, hipergenicznymi źródłami pochodzenia metali ciężkich były to przede wszystkim nawozy sztuczne i środki ochrony roślin stosowane w rolnictwie a także źródła rozproszone emitujące produkty spalania z gospodarstw wiejskich i ciepłowni z małych miejscowości. Na wschód od obszaru badań znajduje się miasto Płock, w którym funkcjonują zakłady ciepłownicze i duży zakład rafineryjno-petrochemiczny. Ich oddziaływanie na badany teren ze względu na przeważający zachodni kierunek wiatru jest ograniczone. Wpływ tych zakładów widać jedynie w Borowiczkach i Dobrzykowie (ryc. 1, tab. 2), gdzie koncentracje takich pierwiastków jak Zn i Pb i Cd są najwyższe. Gleba w

Borowiczkach na dolnym wklęsłym fragmencie stoku jest wzbogacona w powyższe metale do głębokości 35 cm. Koncentracja tych pierwiastków przekracza wartości podane przez A. Kabatę-Pendias i in. (1995) jako graniczne dla lekkich gleb niezanieczyszczonych. W Borowiczkach w przypadku Zn jest to przekroczenie klasy „O” o 1/3, a lokalnie w miejscach niewielkich nieckowatych obniżen 2-krotnie. W przypadku ołowiu koncentracje przekraczające wartość progową dla gleb nie zanieczyszczonych notowano zarówno w Dobrzykowie jak i Borowiczkach ponad 3-krotnie; podobnie jest w przypadku kadmu, a w Borowiczkach także Cu (tab. 2).

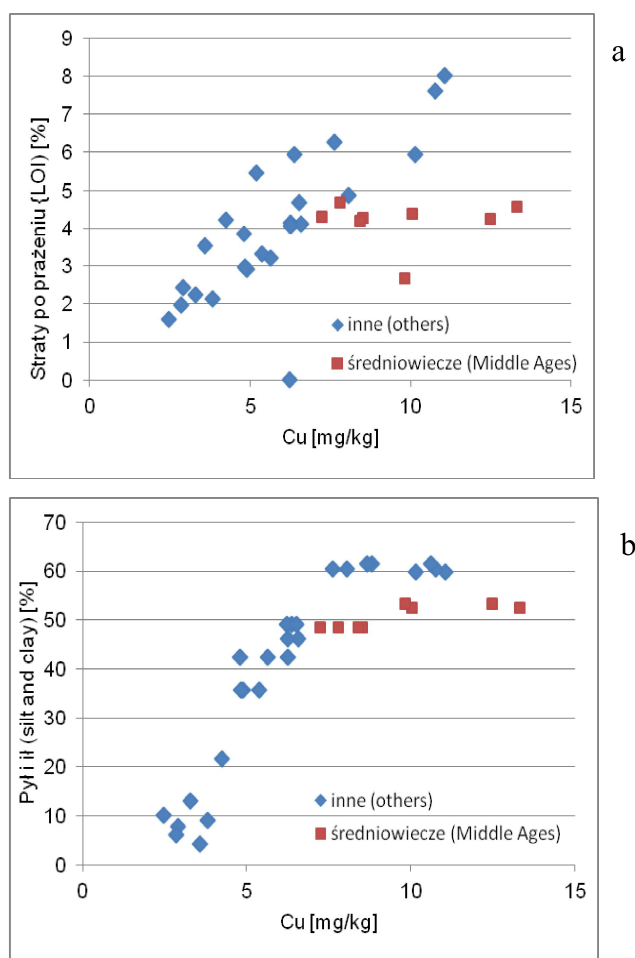
W głębiej położonych osadach deluwialnych, jak piaski pylaste (Dobrzyków) czy gliniaste (Borowiczki), gromadzonych w wyniku spłukiwania koncentracje są wielokrotnie niższe od wartości granicznych, jakie zostały określone dla gleb lekkich (tab. 1). Przekroczenie tych wartości progowych w przypadku przypowierzchniowej warstwy deluwialnej o miąższości 30-35 cm pozwala powiązać ją z początkiem oddziaływania zakładu rafineryjno-petrochemicznego w Płocku, to jest z okresem ostatnich 40 lat. Wysokie zawartości wybranych pierwiastków śladowych w przypowierzchniowej, próchnicznej warstwie należy wiązać ze stałą dostawą metali z obszaru zakładu przemysłowego i systematycznej uprawy stoku.

W okolicy Brudzenia Dużego i Krzyżanowa zawartość badanych metali w osadach stokowych i fluwialnych jest mniejsza od wyznaczonych wartości dla gleb niezanieczyszczonych – co wynika z lokalizacji tych stanowisk poza bliską strefą oddziaływania ośrodków przemysłowych. Uwzględniając podłoże lub starsze osady niż 1810 BP, to zmierzone koncentracje metali ciężkich w tych osadach są znacznie mniejsze. Jest to widoczne w spągu wszystkich analizowanych profili na rycinach 3-6. W przypadku Zn wartości te kształtują się od 5-6 mg/kg w piaszczysto-mułkowych aluwjach do 20 mg/kg w glinie zwałowej ilastej. Podobnie zależności występują w przypadku pozostałych analizowanych metali ciężkich.

We wszystkich badanych osadach stokowych jak i fluwialnych zaznaczyło się zróżnicowanie zarówno w profilach pionowych jak i przestrzenne, jednak jest ono stosunkowo słabe w porównaniu do notowanego na obszarach uprzemysłowionych. Na geochemiczny zapis działalności człowieka w osadach na obszarze w dominującej części uprawianym rolniczo zwrócono już uwagę przy okazji badań prowadzonych na terenie Wyżyny Lubelskiej (Zgłobicki 2005, 2008, Zgłobicki, Rodzik 2007).

Na badanym obszarze ogólnie najniższe wartości koncentracji zanotowano w przemytych piaskach fluwialnych. Wraz z drobnieniem frakcji potwierdzono zwiększanie się zawartości metali. Osad wzbogacony w materię organiczną również cechuje się wyraźnie podwyższonymi koncentracjami metali. Jest to znane zjawisko i wielokrotnie na takie zależności zwracano uwagę (m.in. Bojarska 1995, Kabata-Pendias, Pendias 1999, Terelaki i in. 1999, 2000, Pasiecz-

na 2003). O zawartości metali ciężkich w osadach decydują takie cechy osadu jak zawartość drobnych frakcji ilasto-pyłastych, udział materii organicznej, odczyn, warunki oksydacyjno-redukcyjne czy obecność tlenków i wodorotlenków żelaza i manganu (Kabata-Pendias, Pendias 1999). Wymienione czynniki sprzyjają zatrzymywaniu pierwiastków śladowych w osadzie. W przypadku niewielkich zanieczyszczeń może zachodzić obawa, że wzbogacenie w metale jest pozorne i wynika przede wszystkim z dużego udziału drobniejszej frakcji czy większej zawartości materii organicznej, które charakteryzują się dużą zdolnością zatrzymywania metali. Jest to szczególnie prawdopodobne, gdy zmiany koncentracji metali ciężkich oraz fosforu są stopniowe i wyraźnie nawiązują do pojawiania się drobniejszego ziarna i wzbogacenia w materię organiczną. Dla badanych próbek z północno-zachodniego Mazowsza przeanalizowano relację pomiędzy koncentracją wybranych pierwiastków śladowych a zawartością procentową materii organicznej i drobnej frakcji w badanych osadach. W większości przypadków zaznacza się wprost proporcjonalna zależność (ryc. 7).



**Ryc. 7.** Zależność między koncentracją miedzi w osadach paleozakola (profil 1) a zawartością materii organicznej (a) i udziałem drobnej frakcji (b)

**Fig. 7.** Relation between the concentrations of copper in palaeochannel sediments (profile 1) and organic matter content (a) and the share of fine fractions (b)

Od tego schematu odbiegają osady akumulowane w okresie średniowiecza – reprezentują je punkty położone na prawo od ogólnego trendu, co dobrze widać na przykładzie Cu (ryc. 7). Odwrotne zjawisko można zaobserwować w przypadku przemytych piasków i mułków, które nie posiadają takiej zdolności i są zubożone w pierwiastki śladowe, niezależnie od okresu w jakim były deponowane.

Podstawą wyznaczenia poszczególnych serii były cechy sedimentologiczne badanych osadów (ryc. 2). Zawartość pierwiastków śladowych była pomocna w wyznaczeniu korelatywnych wiekowo serii i ustaleniu ich prawdopodobnego wieku, szczególnie w przypadku osadów o strukturze masywnej cechujących się znaczną homogenicznością. Rozdzielenie tych teksturalnie homogenicznych warstw na geochemicznie zróżnicowane poziomy pozwala na powiązanie ich genezy z zachodzącymi zmianami gospodarczymi w sąsiedztwie badanego stanowiska, w całej zlewni lub w obrębie rozleglejszej jednostki fizycznogeograficznej.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone na terenie północno-zachodniego Mazowsza badania geologiczno-geomorfologiczne oraz analiza cech teksturalnych i geochemicznych osadów pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

- neoholoceneskie osady stokowe i fluwialne charakteryzuje zróżnicowanie nawiązujące do etapów rozwoju osadnictwa i zagospodarowania terenu, natomiast zmiany klimatyczne miały znaczenie drugorzędne,
- w cechach teksturalnych osadów w dolinie Skrwy wyraźnie zapisał się początek wylesień na badanym terenie dużym udziałem frakcji drobnoziarnistej w aluwiach pozakorytowych (od  $1810 \pm 70$  PB wzrost udziału pyłu i iłu do ponad 50 %) i akumulacją stożków proluwialnych ( $1790 \pm 200$  BP), a od wczesnego średniowiecza postępującą homogenicznością utworów stokowych i fluwialnych,
- osady charakteryzowały się niskimi koncentracjami pierwiastków śladowych, typowych dla obszarów niezanieczyszczonych,
- zróżnicowanie koncentracji metali w profilach pionowych badanych osadów nawiązuje do wyróżnionych ze względu na cechy sedimentologiczne serii, przy czym relatywnie najwyższe zawartości metali otrzymano dla serii korelowanych ze średniowieczem, wyższe wartości niektórych metali ciężkich (Pb i Co) występują również w górnej przypowierzchniowej serii (ostatnie 100 lat),
- geochemiczne cechy osadów pozwalają na rozdzielenie osadów makroskopowo i teksturalnie homogenicznych na warstwy odpowiadające zmieniającym się w przeszłości warunkom gospodarczym,
- uwzględniając zróżnicowanie w profilach pionowych koncentracji metali ciężkich mogą one być traktowane jako wskaźnik antropopresji zachodzącej w przeszłości na obszarach rolniczych o zróżnicowanej litologii (polodowcowych).



## Literatura

- Bojakowska I., 1994, Wpływ czynnika antropogenicznego na procesy geochemiczne w powierzchniowych warstwach litosfery, Instrukcje i metody badań geologicznych z. 53, PIG, Warszawa, 1-199.
- Bojakowska I., 1995, Wpływ codprowadzania ścieków na akumulację metali ciężkich w osadach wybranych rzek Polski, Instrukcje i metody badań geologicznych z. 55, PIG, Warszawa, 1-78.
- Bojakowska I., Sokołowska G., 1998, Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych, *Przegląd Geologiczny* 46, 49-54.
- Ciszewski D., 2001, Możliwości i problemy zastosowań metali ciężkich do datowania osadów aluwialnych na przykładzie środkowej Odry, *Czasopismo Geograficzne* 72, 35-69.
- Ciszewski D., 2002, Zapis działalności przemysłowej w osadach fluwialnych, [w:] P. Szwarzewski, E. Smolska (red.) Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym, t.1, WGSR UW Warszawa, WSA Łomża, 23-28.
- Ciszewski D., Malik I., 2003, Zapis XX-wiecznej historii zanieczyszczenia Małej Panwi metalami ciężkimi w jej osadach, *Przegląd Geologiczny* 52, 142-147.
- Dearing J.A., Battarbee R.W., Dikan R., Larocque I., Oldfield F., 2006, Human environment interactions: learning from the past, *Regional Environmental Change* 6, 1-16.
- Gałaszka A., 2007a, A review of geochemical background concepts and an example using data from Poland, *Environmental Geology*, 52, 861-870.
- Gałaszka A., 2007b, Different approaches in using and understanding the term "geochemical background" - practical implications for environmental studies. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16, 3, 389-395.
- Graney J.R., Eriksen T.M., 2004, Metals in pond sediments as archives of anthropogenic activities: a study in response to health concerns, *Applied Geochemistry* 19, 1177-1188.
- Helios-Rybicka E., 1996, Impact of mining and metallurgical industries on the environment in Poland, *Applied Geochemistry* 11, 3-9.
- Hudson-Edwards K., Macklin M.G., Curtis C.D., Vaughan D.J., 1998, Chemical remobilization of contaminant metals within floodplain sediments in an incising river system: implications for dating and chemiostratigraphy, *Earth Surface Processes and Landforms* 23, 671-684.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999, Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wyd. II, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1-398.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch C., 1995, Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb, *Biblioteka monitoringu Środowiska*, Warszawa, 1-35.
- Kelly J., Thornton I., Simpson P.R., 1996, Urban Geochemistry: A study of the influence of anthropogenic activity in the heavy metal content of soil in traditionally industrial and non-industrial areas of Britain, *Applied Geochemistry* 11, 363-370.
- Klimek K., 1993, Środowisko sedymentacji osadów pozakorytowych w dolinach Przemyszy i Wisły Śląskiej, [w:] K. Klimek (red.), Antropogenne aluwia Przemyszy i Wisły Śląskiej, Sosnowiec, *Georama* 1, 3-15.
- Klimek K., 1996, Aluwia Rudy jako wskaźnik 1000-letniej degradacji płaskowyżu Rybnickiego, [w:] A. Kostrzewski (red.), Geneza, litologia i stratygrafii utworów czwartorzędowych, t.2, UAM, 155-166.
- Klimek K., 2002a, Zapis pradziejowej i historycznej erozji gleb w deluwacjach i aluwacjach górnośląskiej części dorzecza Odry, [w:] P. Szwarzewski, E. Smolska (red.) Zapis

- działalności człowieka w środowisku przyrodniczym, t.1, WGSR UW Warszawa, WSA Łomża, 57-63.
- Klimek K., 2002b, Human induced overbank sedimentation in the for eland of the Eastern Sudety Mountains, *Earth Surface Processes and Landforms* 27, 391-402.
- Klimek K., Zawilińska L., 1985, Trace elemnts in alluvia of the Upper Vistula as indicators of palaeohydrology, *Earth Surface Processes and Landforms* 10, 273-280.
- Macklin M.G., Klimek K., 1992, Dispersal, storade and transformation of metal – contaminated alluvium in the upper Vistula basin, southwest Poland, *Applied Geography* 12, 7-30.
- Matschullat J., Ellminger F., Agdemir N., Cramers S., Ließmann, Niehoff N., 1997, Overbank sediment profiles- evidence of early mining and smelting activities in the Harz mountains, Germany, *Applied Geochemistry* 12, 105-114.
- Pasieczna A., 2003, Atlas zanieczyszczeń gleb miejskich w Polsce, PIG, Warszawa.
- Podwińska Z., 1962, *Technika uprawy roli w Polsce średniowiecznej*, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków, 388 s.
- Renberg I., Bindler R., Bränvall M.-L., 2001, Using the historical lead deposition record as chronological marcer in sediment deposits in Europe, *Holocene* 11, 511-516
- Sinkiewicz M., 1993, Rola denudacji antropogenicznej w przeobrażeniu stoków i gleb w środkowej części Polski północnej, [w:] A. Kostrzewski (red.) Geokosystem obszarów nizinnych, *Kom. Nauk. PAN „Człowiek i środowisko” Zesz. Nauk. 6*, Wrocław-Warszawa-Kraków, 153-158.
- Sinkiewicz M., 1998, W. Niewiarowski (red.), *Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski północnej*. Wyd. UMK, Toruń, 103 s.
- Skompski S., 1970, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, Arkusz Gąbin 1:50 000, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Skompski S., Słowański W., 1970, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, Arkusz Płock 1:50 000, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
- Smolska E., Szwarczewski P., 2012, Funkcjonowanie krajobrazu w świetle badań sedymentologiczno-geochemicznych na przykładzie wybranych obszarów NW Mazowsza, [w:] A. Richling, J. Lechnio (red.), *Model funkcjonalny systemu krajobrazowego*, WGSR UW, Warszawa, 117-148.
- Szwarczewski P., 2003, Wybrane geochemiczne i tekstualne cechy osadów w dolinie Utraty jako efekt działalności człowieka – współczesnej i w przeszłości, *Prace i Studia Geogr.* 33, 83-92.
- Szwarczewski P., Korabiewski B., 2003, Wybrane geochemiczne cechy osadów wypełniających starorzecza w dolinie dolnej Pilicy w okolicach Warki, *Prace i Studia Geogr.* 33, 71-82.
- Szwarczewski P., 2005, Geochemiczny i paleogeograficzny zapis dynamiki procesów rzeźbotwórczych w holocenie na przykładzie okolic Płocka, [w:] A. Richling, J. Lechnio (red.), *Z problematyki funkcjonowania krajobrazów nizinnych*, WGSR UW, Warszawa, 77-88.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Pondel H., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz., 1999, Monitoring chemizmu gleb ornych Polski. Program badań i wyniki wstępne. IOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1-70.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Pietruch Cz., 2000, Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski, IOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1-69.
- Thronton I., 1996, Impacts of mining on the environment; some local, regional and global issues, *Applied Geochemistry* 11, 355-361.

- Záadorová T., Penížek V., Šefrna L., Chuman T., 2013, Identification of Neolithic to Modern erosion–sedimentation phases using geochemical approach in a loess covered sub-catchment of South Moravia, Czech Republic, *Geoderma*, vol. 195-196.
- Zgłobicki W., 2005, Geochemiczne cechy osadów stokowych – zapis działalności człowieka?, [w:] A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz (red.), *Współczesna ewolucja rzeźby Polski. VII Zjazd Geomorfologów Polskich*, Kraków, 19-22 września 2005, SGP, IGI GP UJ, IGIPZ PAN Kraków, 537-542.
- Zgłobicki W., 2008, Geochemiczny zapis działalności człowieka w osadach stokowych i rzecznych, UMCS, Lublin, 240 s.
- Zgłobicki W., 2010, Metody geochemiczne i radiochemiczne w badaniach dynamiki procesów stokowych, *Prace i Studia Geogr.* 45, 105-124.
- Zgłobicki W., Koziel M., Lata L., Plak A., Reszka M., 2008, próba wykorzystania wskaźników geochemicznych do oceny natężenia współczesnej sedymentacji deluwialnej i aluwialnej, *ANN. UMCS, ser. B.*, LXII, 87-103.
- Zgłobicki W., Rodzik J., 2007, Heavy metals in the slope deposits of loess areas of the Lublin Upland (E Poland), *Catena* 71, 84-95.

