

Makro- i mikrożużle w aluwjach równiny zalewowej Kamionki koło Jędrów (Góry Świętokrzyskie) jako wskaźnik dawnej działalności metalurgicznej

Macro- and microslags in Kamionka River floodplain alluvia near Jędrów (Holy Cross Mountains) as an indicator of the former metallurgical activity

Paweł Przepióra ¹, Tomasz Kalicki ¹, Geoffrey Houbrechts ²

¹ Zakład Geomorfologii i Geoarcheologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Kielce, e-mail: pawelprzepiora1988@gmail.com

² Fluvial Geomorphology and Hydrology Research Center, University of Liège, Liège, Belgium

Zarys treści: Kamionka jest rzeką trzeciego rzędu i prawostronnym dopływem Kamiennej (Wyżyna Kielecka). W całej zlewni w ramach Staropolskiego Okręgu Przemysłowego rozwijał się przemysł metalurgiczny oraz młynarski. Młyn w Jędrówie (Suchedniów) jest jednym z niewielu obiektów na terenie Staropolskiego Okręgu Przemysłowego, który zachował się w dobrym stanie, włączając w to również pozostałości wciąż widocznej w rzeźbie infrastruktury hydrotechnicznej m.in. dawnej kuźnicy. Dotychczasowe badania w zlewni wykazały występowanie licznych śladów działalności metalurgicznej zachowanych w osadach równiny zalewowej Kamionki oraz dawnych stawów przemysłowych. Większość pozostałości po kuźnicy działającej w miejscu obecnego młyna reprezentuje żużel występujący m.in. w osadach jeziornych oraz na pobliskiej hałdzie. Wskaźnikiem średniowiecznego, a zwłaszcza nowożytnego hutnictwa na badanym stanowisku są również znajdowane w aluwjach węgielki drzewne datowane na ostatnie stulecia. Uzyskane wyniki potwierdzają liczne materiały historyczne opisujące dzieje tego miejsca. Oprócz makroskopowych fragmentów żużla odkryto również mikrosferulki występujące w aluwjach, które są produktem kucia żelaza w kuźnicy. Analiza z wykorzystaniem metody separacji magnetycznych sferulek żelaza (Magnetic Spherule Separation), dotychczas z powodzeniem stosowana była na rzekach ardeńskich. Po raz pierwszy użyto jej w badaniach rzek Gór Świętokrzyskich, w tym Kamionki w pobliżu Jędrów. Separacja i pomiar tych artefaktów pozwala określić m.in. tempo akumulacji osadów pozakorytowych. Makro- i mikrożużle tworzą wyraźną warstwę przemysłową, która świadczy o akumulacji tych osadów w okresie funkcjonowania kuźnicy lub krótko po jej wygaszeniu. Zestawienie tych wyników z materiałami historycznymi pozwala na ustalenie wieku aluwii oraz umożliwia rozpoznanie ewolucji równiny zalewowej w ostatnich stuleciach.

Słowa kluczowe: geomorfologia fluwialna, żużle, mikrosferule, Staropolski Okręg Przemysłowy, metalurgia, aluwia

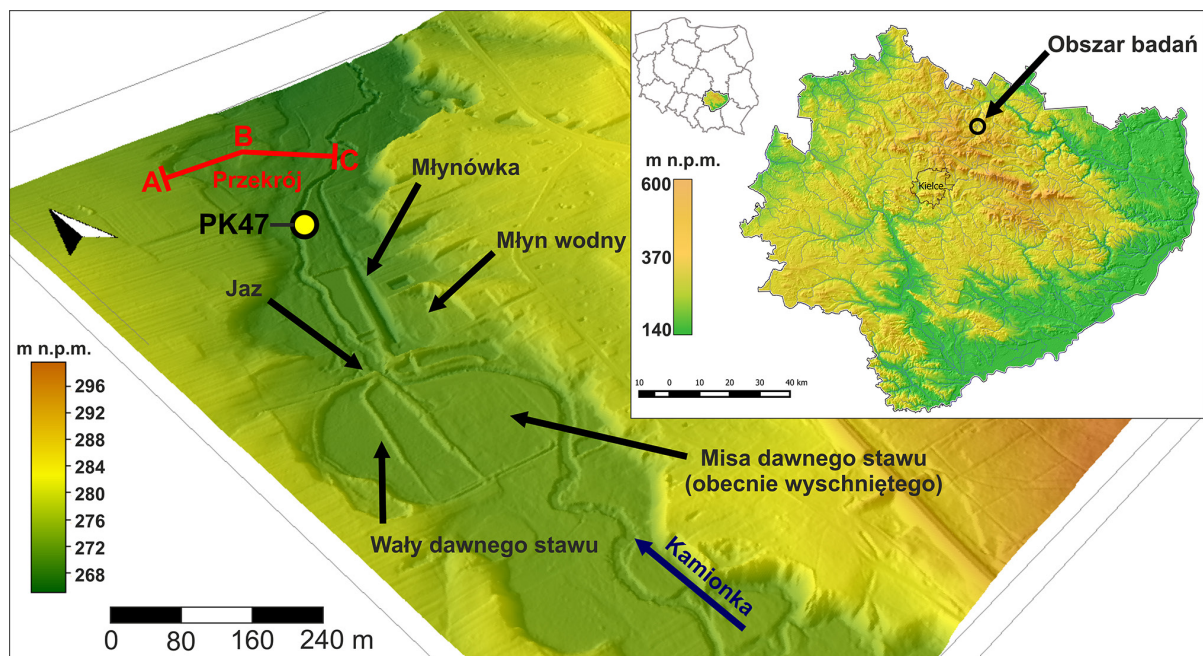
Abstract: Kamionka is a 3rd order river and right tributary of the Kamienna (Kielce Upland). The metallurgical and mill-industries developed in the entire catchment within the Old-Polish Industrial District area. The water mill in Jędrów (Suchedniów) is one of the few this kind of facilities in the Old-Polish Industrial District, which has been preserved in good condition, including the remains of the hydrotechnical infrastructure i.e., of former forge, still visible in the relief. Previous research in the catchment area has shown many metallurgical activity traces in the Kamionka floodplain and former industrial ponds sediments. Most of the remnants of the forge operating at the present water mill site are slag deposited i.e., in lacustrine sediments and on a nearby embankment. The indicator of the Medieval and especially modern metallurgy activity in the study area are charcoals found in the floodplain alluvia dating to the last centuries. The results are confirmed by many archival materials presenting the history of this place. Besides the macroslag fragments, a microspherules are also discovered in alluvia's, which are the product of iron smelting in the forge. The analysis using the Magnetic Spherule Separation method, has been so far successfully apply on the Ardennes rivers. For the first time, now it was used in the rivers of the Holy Cross Mountains region, including Kamionka River near Jędrów. The separation and measurement of these artefacts allows determining, i.e., the intensity of overbank sediments accumulation. Macro- and microslags create a distinct industrial layer, which proves the accumulation of these deposits during forge operation or shortly after its shutdown. The comparison of these results with historical materials allows determining alluvium age and recognition of the floodplain evolution in the last centuries.

Key words: fluvial geoarchaeology, slag deposits, microspherules, Old-Polish Industrial District, metallurgy, alluvium

Wprowadzenie

Zagadnienia dotyczące wpływu człowieka na środowisko geograficzne dolin rzecznych w formach i osadach było tematem prac prowadzonych przez wielu naukowców (m.in. Klatka 1958, Klimek 1988, 1996, 1999, 2003, Macklin i in. 1992, Mäckel, Zollinger 1995, Schirmer 1995, Starkel, Krapiec 1995, Herget 1998, Marchetti 2002, Kukulak 2004, Kalicki 2006, Houben i in. 2009, Notabert i in. 2011, 2013, Rutkiewicz i in. 2017, 2019, Aksamit i in. 2019, Kalicki i in. 2019a, b, 2020). Najbardziej podatne na zmiany spowodowane czynnikiem antropogenicznym są zazwyczaj niewielkie cieki (m.in. Klimek i in. 2003, Kalicki 2006). Często zmiany te nawiązywały do działalności przemysłowej takich jak hutnictwo, które na przestrzeni ostatnich stuleci intensywnie rozwijało się w wielu miejscach Europy, np. w Polsce (m.in. Kalicki i in. 2019b, 2020), czy w Belgii (m.in. Houbrechts, Petit 2003, 2004, 2006, Houbrechts i in. 2003, 2004, 2020, 2021, Houbrechts, Weber 2007, Notebaert i in. 2011). Przemysł hutniczy działał na terenie Polski, a zwłaszcza w regionie Gór Świętokrzyskich, już w czasach prehistorycznych (Bielenin 1992, Orzechowski 2007). Dopiero od średniowiecza aż do nowożytności intensywny rozwój działalności metalurgicznej (Radwan 1963, Zieliński 1965) spowodował wyraźne przekształcenie środowiska Staropolskiego Okręgu Przemysłowego (SOP) (Kalicki i in. 2020). Gdy górnictwo kruszcowe zaczęło pod-

upadać, doszło również do zmian w technologii wytopu żelaza, które doprowadziły w XIX w. do upadku hutnictwa w regionie SOP-u. Pomimo tych zmian wydobycie i przetwarzanie rudy żelaza odbywało się również w pierwszej połowie XX w. (np. okolice Stąporkowa), lecz na znacznie mniejszą skalę niż miało to miejsce wcześniej. W bezpośrednim sąsiedztwie kuźnic lub na ich miejscu budowano młyny wodne, co prowadziło do dalszych przemian wielu systemów rzecznych (m.in. Łoś 1978, Kaniecki 1999, Podgórski 2004, Krupa 2013, 2015, Kuształ i in. 2017a, b, Chrabaszcz i in. 2017, Mięsiak-Wójcik 2018, Kalicki i in. 2019a, 2020). Przykładem tego typu sytuacji jest Jędrów (województwo świętokrzyskie), gdzie w pobliżu obecnie odrestaurowanego młyna wodnego (Kalicki, Przepióra 2019, Przepióra i in. 2019, Kalicki i in. 2021a) zachowały się elementy dawnej infrastruktury hydrotechnicznej będące częścią niegdysiejszej kuźnicy (Przepióra 2017, 2021, Przepióra, Kalicki 2018, Kalicki i in. 2019c). Jej działalność dokumentują materiały historyczne (m.in. Jankowski 2017, Pajdo 2017, Zamela 2019, tam literatura) oraz archiwalne mapy z różnych okresów (m.in. Zannoni 1772, Chrzanowski 1859). Pokazują one liczne zmiany związane m.in. z regulacją koryta Kamionki i powstawaniem na rzece antropogenicznego systemu małej retencji (ASWRS – Anthropogenic Small Water Retention System) (Kalicki i in. 2019b, 2020). Brak jest jednak szczegółowych informacji, np. na temat dokładnej lokalizacji kuźnicy i daty jej zburze-



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań w woj. świętokrzyskim oraz szczegółowy NMT okolic Jędrów z lokalizacją przekroju A-B-C (czerwona linia), profilu PK47 oraz młyna (oprac. P. Przepióra, M. Frączek na podstawie danych pozyskanych z CODGiK, MGGP Aero, nr GI-FOTO.703.44.2014)

Fig. 1. Study area location in the Świętokrzyskie voivodeship and a detailed DEM near Jędrów with the A-B-C cross-section location (red line), PK47 profile and the water mill (by P. Przepióra, M. Frączek based on data obtained from CODGiK, MGGP Aero, no. GI-FOTO.703.44.2014)

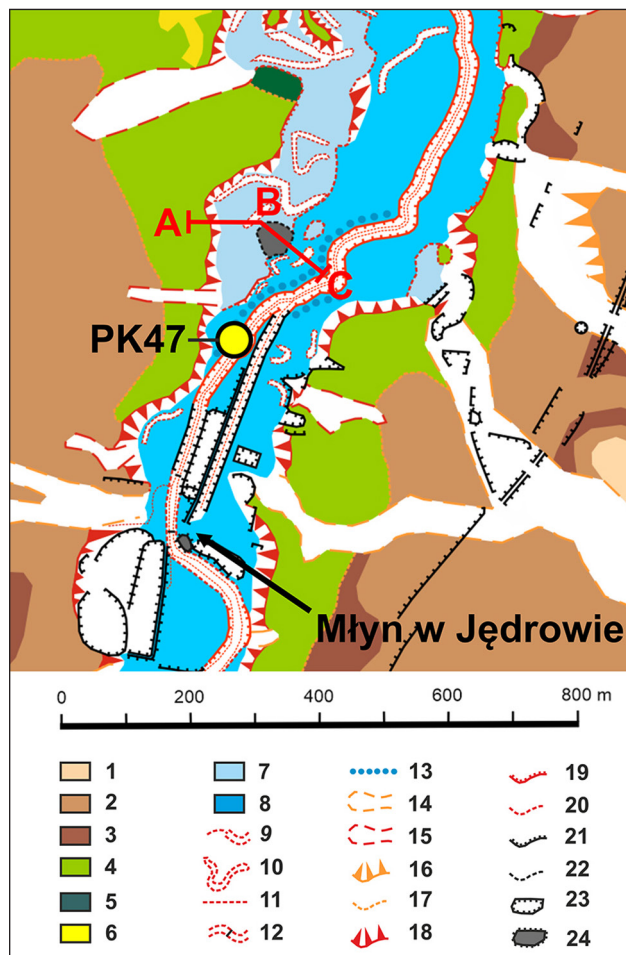
nia. Wiele wskazuje, że Kuźnica Andrissowa, która pracowała w obecnym Jędrowie, mogła zaprzestać działalności w drugiej połowie XIX w., kiedy to w jej miejscu wybudowano drewniany, a następnie na początku XX w. ceglany młyn (Piasta 2012, Medyński 2019, tam literatura).

Okolice Jędrowa były objęte badaniami geomorfologicznymi i geoarcheologicznymi prowadzonymi w poprzednich latach w zlewni Kamionki (Przepióra 2017, 2021). Przeprowadzono również analizy geofizyczne misy dawnego stawu w pobliżu młyna (Kalicki, Przepióra 2019, Przepióra i in. 2019) oraz wstępną analizę próbek osadów pod kątem występowania żuźli i mikrosterulek żelaza w aluwiach Kamionki (Kalicki, Przepióra 2019, Przepióra i in. 2019, 2022, Kalicki i in. 2021a, c). Wyniki uzyskane z separacji makro- i mikrożuźli z osadów pozakorytowych posłużyły do szczegółowej interpretacji tego stanowiska pod kątem wpływu działalności metalurgicznej na ewolucję doliny Kamionki w ostatnich stuleciach.

Obszar badań

Jędrów (obecnie południowa część Suchedniowa) znajduje się w północnej części województwa świętokrzyskiego (powiat Skarżysko-Kamienna, gmina Suchedniów) (ryc. 1) Badany obszar położony jest w środkowej części zlewni Kamionki. Jest to ok. 17-kilometrowy, ciek trzeciego rzędu będący prawostronnym dopływem Kamiennej. Kamionka przepływa przez takie jednostki fizycznogeograficzne jak: Góry Świętokrzyskie (342.34-5) i Płaskowyż Suchedniowski (342.31) będącymi częścią Wyżyny Kieleckiej (342.2) (Kondracki 1977, 2002, Solon i in. 2018, Richling i in. 2021).

Doliny północno-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, w tym Kamionki są ukierunkowane spękaniami ciosowymi (Kosmowska-Suffczyńska 2000). Spadek wynoszący 0,5‰ oraz występujące progi i odcinki przelomowe nadają Kamionce, zwłaszcza w jej górnym odcinku, charakter rzeki górskiej (Bąk i in. 2011, 2012). W środkowym odcinku rzeka swobodnie meandruje, rozcinając plejstocenijskie piaski wodnolodowcowe wypełniające dno Kotliny Suchedniowskiej (Filonowicz 1978a, b). Badany odcinek znajduje się u wylotu rzeki z przelomu między wzgórzami zbudowanymi z piaskowców triasowych. Rzeka w tym miejscu wpływa do Kotliny Suchedniowskiej, w której dno doliny się rozszerza. Z obu jej stron zachowana jest plejstocenijska, lokalnie zwydmiona terasa o wysokości ok. 5–6 m nad poziom rzeki (n.p.r.), którą budują piaski oraz żwirzy rzeki roztokowej, z wkładkami osadów stokowych (Kalicki i in. 2017). Jej krawędzie porozcinane są różnowiekowymi dolinkami erozyjnymi (ryc. 2). Dwa poziomo-



Ryc. 2. Wycinek mapy geomorfologicznej (Przepióra 2017, 2021, zmienione) okolic Jędrów z lokalizacją młyna, profilu PK47 i przekroju A-B-C

1 – wierzchowina (stok o nachyleniu poniżej 2°), 2 – stok o nachyleniu 2–6°, 3 – stok o nachyleniu powyżej 6°, 4 – wyższa terasa plejstocenijska, 5 – niższa terasa plejstocenijska, 6 – wydma, 7 – wyższa równina zalewowa, 8 – niższa równina zalewowa, 9 – koryto rzeczne, 10 – paleomeander holocenijski, 11 – kanał i rów melioracyjny, 12 – próg i jaz na rzece, 13 – wał przykorytowy, 14 – plejstocenijska dolina fluwialno-denuwacyjna, 15 – holocenijska dolina fluwialno-denuwacyjna, 16 – większa krawędź plejstocenijska, 17 – słabo widoczna krawędź plejstocenijska, 18 – większa krawędź holocenijska, 19 – krawędź holocenijska, 20 – słabo widoczna krawędź holocenijska, 21 – krawędź antropogeniczna, 22 – słabo widoczna krawędź antropogeniczna, 23 – antropogeniczne obniżenie, kopalnia, wyrobisko, sztuczny zbiornik wodny, 24 – antropogeniczne wzniesienie, hałda

Fig. 2. A geomorphological map (Przepióra 2017, 2021, changed) near Jędrów with location of the water mill, PK47 profile and A-B-C cross-section

1 – watershed area (slope below 2°), 2 – slope 2–6°, 3 – slope above 6°, 4 – Pleistocene higher terrace, 5 – Pleistocene lower terrace, 6 – dune, 7 – higher floodplain, 8 – lower floodplain, 9 – riverbed, 10 – Holocene abandoned channel, 11 – canal and drainage ditch, 12 – threshold and weir on the river, 13 – levee, 14 – Pleistocene fluvio-denudational valley, 15 – Holocene fluvio-denudational valley, 16 – Pleistocene higher edge, 17 – Pleistocene blurred edge, 18 – Holocene higher edge, 19 – Holocene lower edge, 20 – Holocene blurred edge, 21 – anthropogenic edge, 22 – anthropogenic blurred edge, 23 – anthropogenic depression, opencast mine, excavation, artificial water reservoir, 24 – heap and embankment

my równiny zalewowej, ok. 2,5 oraz 1,0–1,5 m n.p.r., budują aluwia rzeki meandrującej (Przepióra, Kalicki 2018). Pobliski młyn, wraz ze wciąż dobrze zachowaną infrastrukturą hydrotechniczną (młynówka, wały, stawy, śluza) (Suliga 1995), położony jest na wąskiej (ok. 200 m), niższej równinie zalewowej z występującymi tu licznymi, niewielkimi starorzeczami. Materiały historyczne (m.in. Jankowski 2017, Pajdo 2017, Zameła 2019 tam literatura) i kartograficzne (Zannoni 1772, Chrzanowski 1859) wskazują, że w miejscu obecnego młyna niegdyś znajdowała się Kuźnica Andrissowa (Pasek 1987), o której pierwsze wzmianki pochodzą z 1530 roku (Piasta 2012). Później, postawiono w tym miejscu drewniany (1859), a po jego spaleniu podczas powstania styczniowego (1863) wzniesiono obecny, ceglany młyn (uruchomiony w 1911 roku). Młyn ten wykorzystywał pozostawioną infrastrukturę hydrotechniczną dawnej kuźnicy (Piasta 2012, Medyński 2019, Przepióra i in. 2019).

Dotychczasowe badania okolic Jędrowa objęły kartowanie geomorfologiczne oraz studia nad budową i stratygrafią (datowania ^{14}C , TL i OSL) równiny zalewowej Kamionki (Przepióra 2017, 2021), w tym wstępną separację magnetycznych sferulek według metodyki stosowanej na rzekach świętokrzyskich od

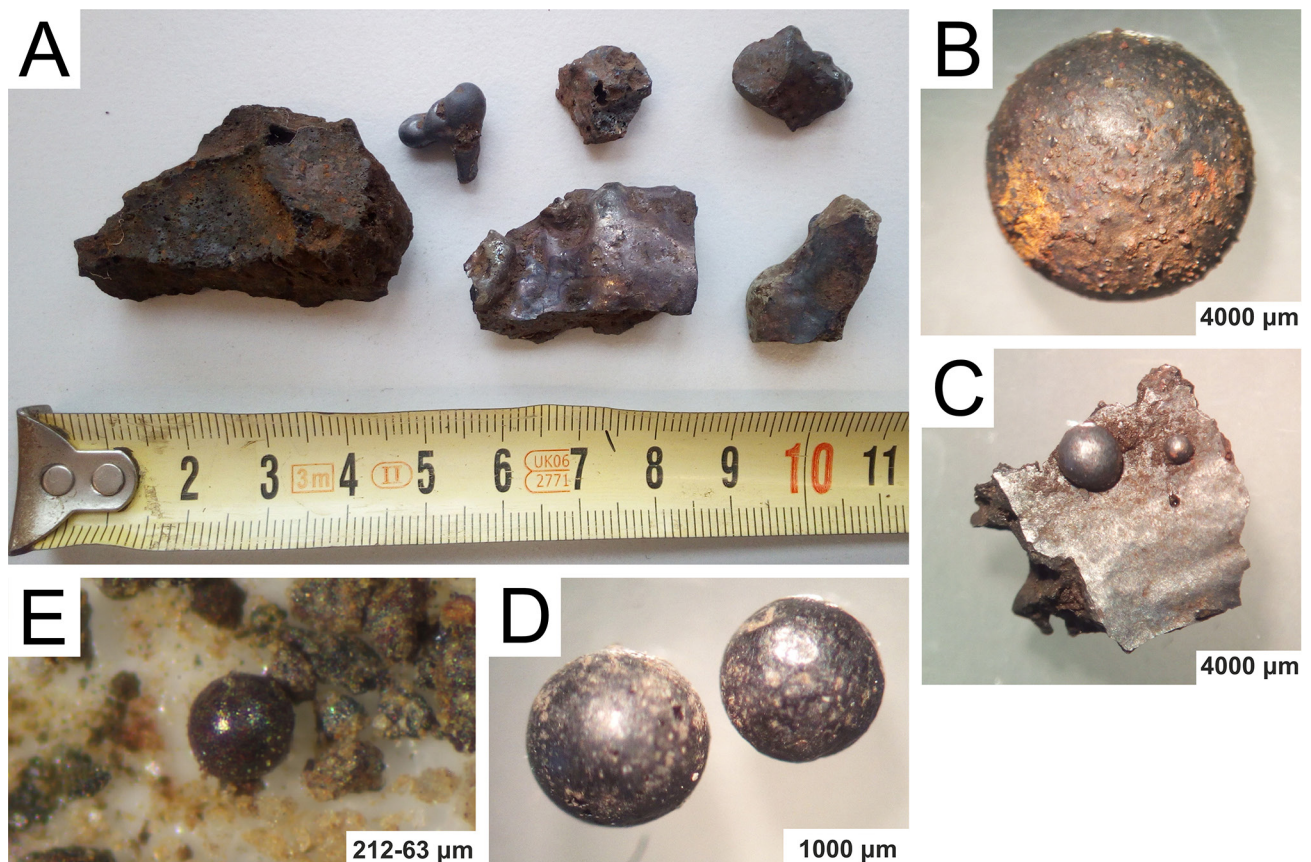
2019 roku (Kalicki, Przepióra 2019, Przepióra i in. 2019, 2022, Kalicki i in. 2021a).

Cele i metody badań

Celem badań było rozpoznanie zróżnicowania i wieku osadów budujących dno doliny Kamionki w pobliżu Jędrowa oraz określenie wpływu działalności metalurgicznej na intensywność ich depozycji w poszczególnych jej częściach. Zrekonstruowano przemiany równiny zalewowej badanego odcinka rzeki w ostatnich stuleciach.

Wykonano 10 odwiertów o głębokości od 20 do 140 cm przy użyciu wiertnicy ręcznej Eijkelkamp. Zlokalizowano je na obu poziomach równiny zalewowej i terasie plejstoceniowej na zachodnim brzegu Kamionki ok. 400 metrów na północ od młyna w pobliżu ujścia starej młynówki do koryta rzeki. Pobrano łącznie 53 próbki do analiz laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne przeprowadzono w Laboratorium Geomorfologiczno-Hydrologicznym Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach oraz w Laboratorium Hydrografii i Geomorfologii Fluwialnej



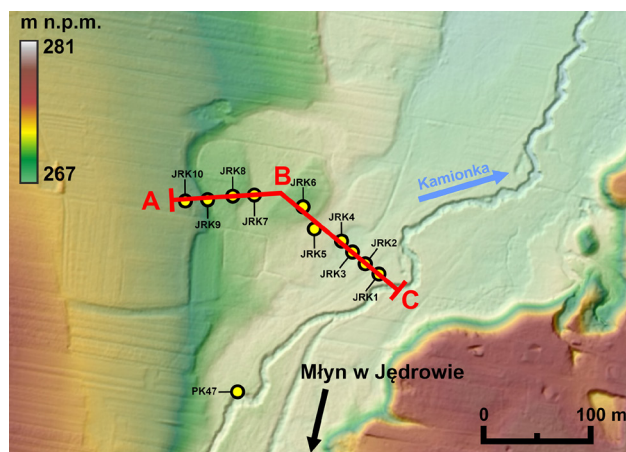
Ryc. 3. Wybrane makrożużle (>0,5 mm, A), mikrożużle (<0,5 mm, B, C oraz D) oraz mikrosferulki żelaza (212-63 μm , E) odseparowane z osadów równiny zalewowej Kamionki w pobliżu Jędrowa (fot. P. Przepióra 2019, 2020)

Fig. 3. Selected macroslags (>0,5 mm, A), microslags (<0,5 mm, B, C and D) and iron microspherules (212-63 μm , E) separated from the Kamionka floodplain sediments near Jędrów (photo by P. Przepióra 2019, 2020)

Uniwersytetu w Liège. Próbkę zostały wysuszone i poddane szczegółowym analizom uziarnienia. Materiał gruboklastyczny został przesiany na zestawie sit testowych (DIN ISO 3310/1) o przedziale wielkości 2800-63 μm przy użyciu wytrząsarek laboratoryjnych firmy Retsch-Rahmen oraz Morek-Multiserw. Próbkę o drobniejszej frakcji (poniżej 1 mm) zostały poddane dyfrakcji laserowej przy użyciu analizatora wielkości cząstek Mastersizer 3000. Oddzielenie i liczenie makro- i mikrożuźli występujących w osadach pozakorytowych dokonano z użyciem zestawu sit o przedziale 8000-212 μm (Liège) i 8000-200 μm (Kielce), lupy oraz pęsety. Wyniki podano w procentowym udziale ilościowym fragmentów żuźla względem naturalnego materiału mineralnego (okruszków skalnych i żwiru) w określonym przedziale wielkości w każdej z analizowanych próbek. Wydzielenie ferromagnetycznych, mikrosferulek przeprowadzono zmodyfikowaną metodą separacji magnetycznych sferulek żelaza (*Magnetic Spherule Separation*) (Richeudeau 1977, Houbrechts i in. 2020). Pomiarów wykonywanych w laboratorium w Liège prowadzone były na sitach o przedziale 212-63 μm , a materiał był przesiewany z użyciem wody. Pomiarów wykonywanych w laboratorium w Kielcach prowadzone były przy użyciu sit o porównywalnym przedziale 200-63 μm , natomiast materiał był przesiewany na sucho. W obu przypadkach uzyskany materiał pomiarowy był poddawany oddzieleniu elementów ferromagnetycznych przy pomocy chwytaka magnetycznego. Spreparowane próbki zostały przeanalizowane pod mikroskopem, gdzie policzono charakterystyczne żelazne sferulki (zendra?), będące produktem ubocznym kucia żelaza (Dungworth, Wilkes 2007). Wyniki podano w uśrednionej liczbie mikrosferulek żelaza na 1 gram analizowanego materiału (*microspherules per gram – ms/g*), a wartości zaokrąglono do jednej cyfry po przecinku. Próbkę z profilu JRK7-JRK10 zostały zbadane w laboratorium w Kielcach, pozostałe zaś w Liège. Dwie próbki, ze względu na wysoką zawartość materii organicznej, poddano analizie strat prażenia.

Prace kameralne polegały na przetworzeniu uzyskanych wyników uziarnienia i separacji makro- i mikrożuźli w formie graficznej (profile, przekroje, wykonanie fotografii i pomiarów żuźli). Wyniki z przesiewania próbek zostały wprowadzone do programu „GRANULOM” w celu wygenerowania profili i uzyskania parametrów teksturalnych Folka-Warda (1957).

Wzdłuż 10 odwiertów geologicznych poprowadzono ok. 300-metrową linię profilową A-B-C (W-E-SE) ciągnącą się od terasy plejstoceńskiej aż po lewy brzeg koryta (ryc. 4). Uzyskane wyniki przedstawiono na tematycznych przekrojach badanego stanowiska. Umieszczenie linii profilowej zostało podyktowane sąsiedztwem młyna w Jędrowie gdzie, według przekazów historycznych, znajdowała się kuźnica.



Ryc. 4. Rozmieszczeniem profili i przekroju A-B-C na cyfrowym modelu wysokościowym (www.geoportal.gov.pl)

Fig. 4. Location of profiles and A-B-C cross-section on digital elevation model (www.geoportal.gov.pl)

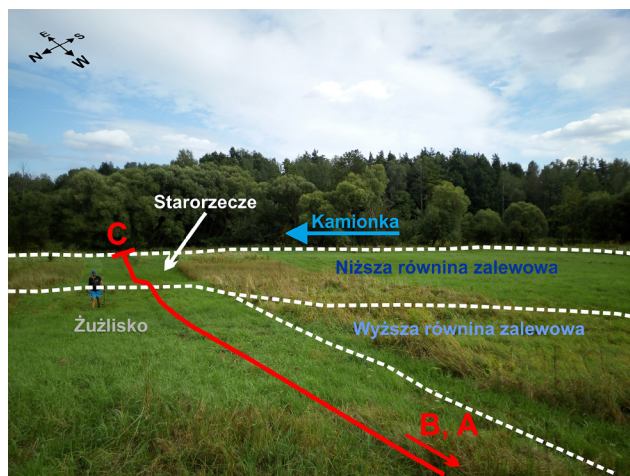
Przekrój został położony poniżej ujścia młynówki na urozmaiconej, zachodniej części równiny zalewowej. Zakrzewiona, wschodnia część równiny zalewowej, stanowiąca prywatne posesje uniemożliwiła przeprowadzenie tam badań.

Mapy hipsometryczne zostały opracowane na podstawie danych z CODGiK i Geoportal.gov.pl. Przeprowadzono również kwerendę materiałów archiwalnych m.in. historycznych (m.in. Radwan 1963, Zieliński 1965, Piasta 2012, Medyński 2019, Zameła 2019) i kartograficznych (Zannoni 1772, Chrzanowski 1859).

Wyniki

W badanej części doliny Kamionki zachowana jest wyraźna terasa plejstoceńska, która jest nieco wyższa, z bardziej stromymi krawędziami po wschodniej stronie rzeki (ok. 5,0–6,0 m n.p.r.). Na obu poziomach równiny zalewowej występują liczne, różnej wielkości starorzecza (ryc. 4, 5) z wyraźnymi odsypami meandrowymi (Zieliński 2014). W dnie doliny zachowane są elementy infrastruktury hydrotechnicznej młyna (m.in. nasypy, wały i młynówka) (ryc. 1, 2).

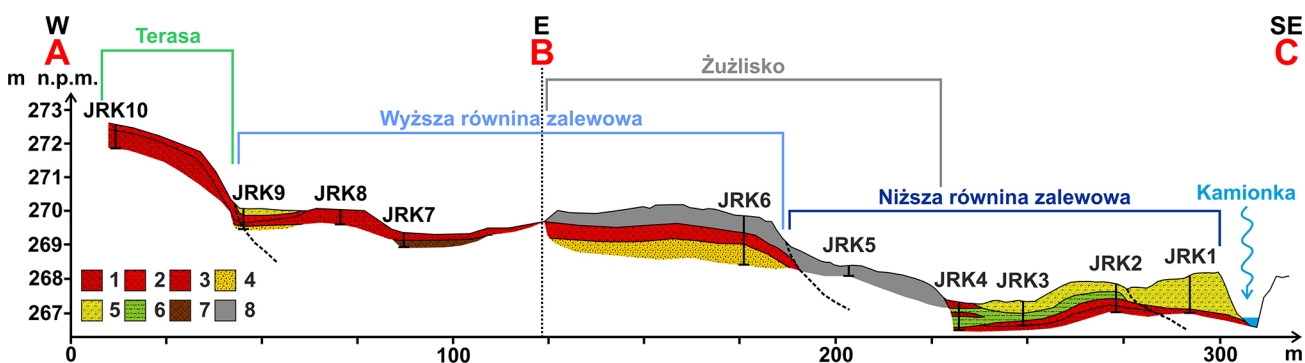
Budowę geologiczną przedstawiono na przekroju wykonanym na podstawie płytkich wierceń (do 1,4 m) i wyników analiz uziarnienia (ryc. 6). Terasa plejstoceńska (ok. 5,0–6,0 m n.p.r.) jest zbudowana z piasków średnioziarnistych ze żwirami (JRK10). Udział frakcji gruboklastycznej nie przekracza 40%, a średnia średnica ziaren waha się od 0,2 do 1,8 phi. Wysortowanie aluwów jest umiarkowane lub słabe ($\sigma_1 = 0,7-1,5$). Na wyższej równinie zalewowej (ok. 2,5 m n.p.r.) występują dwa starorzecza. Pierwszy paleomeander (JRK9) położony jest pod krawędzią terasy i wypełniony przez piaski zailone z pojedyn-



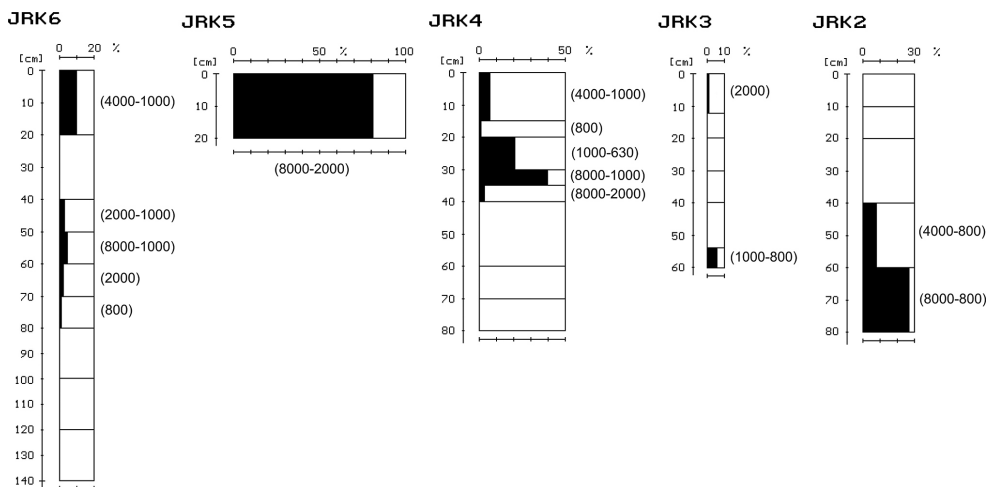
Ryc. 5. Widok na dolinę Kamionki w Jędrówie w kierunku wschodnim z wydzieleniem poszczególnych form i odcinka przekroju A-B-C (fot. P. Przepióra 2019)

Fig. 5. View of the Kamionka Valley to the east on the floodplain area with the forms location and part of the A-B-C cross-section (photo by P. Przepióra 2019)

czymi żwirami i piaski z pojedynczymi żwirami do głębokości ok. 80 cm. Średnia średnica ziaren wynosi od 1,2 do 2,2 phi, a wysortowanie jest umiarkowane lub słabe ($\sigma_1 = 0,7-1,8$). Kolejne starorzecze (JRK7) wypełniają piaski zailone z pojedynczymi żwirami (do 20 cm głębokości). Przykrywają one torfy słabo rozłożone, zailone (60–80% materii organicznej) występujące w dnie paleokoryta. Odsypy meandrowe obu starorzeczy są nieco wyższe (JRK6 i JRK8) i zbudowane są głównie z piasków średnioziarnistych ($Mz = 1,7-1,9$ phi) o wysortowaniu umiarkowanym lub słabym ($\sigma_1 = 0,7-1,3$). Najmłodsze włożenie niższej równiny zalewowej (ok. 1,0–1,5 m n.p.r.) budują przeważnie osady zailone (10–70% ilów), takie jak łył zapiaszczone, piaski zailone i piaski zailone z pojedynczymi żwirami. Im dalej od rzeki, tym osady są drobniejsze a poniżej nich warstwy z domieszką żwirów (ok. 40–90 cm) występują coraz płycej (JRK1-JRK3). W brzeżnej rynnie (JRK4) występują wkładki gruboklastyczne (na głębokości ok. 15, 40 oraz 70 cm) świadczące o okresowych przepływach



Ryc. 6. Przekrój A-B-C w pobliżu Jędrów. Litologia: 1 – piaski ze żwirami, 2 – piaski z pojedynczymi żwirami, 3 – piaski zailone ze żwirami, 4 – piaski średnioziarniste, 5 – piaski zailone, 6 – łył zapiaszczone, 7 – torfy słabo rozłożone, 8 – nasyp
 Fig. 6. A section across A-B-C near Jędrów. Lithology: 1 – sands with gravels, 2 – sands with single gravels, 3 – silty sands with gravels, 4 – medium sands, 5 – silty sands, 6 – sandy silts, 7 – poorly decomposed peats, 8 – embankment



Ryc. 7. Profile przedstawiające procentową zawartość makrożużla w osadach oraz przedziały wielkości podane w µm (wartości w nawiasie)

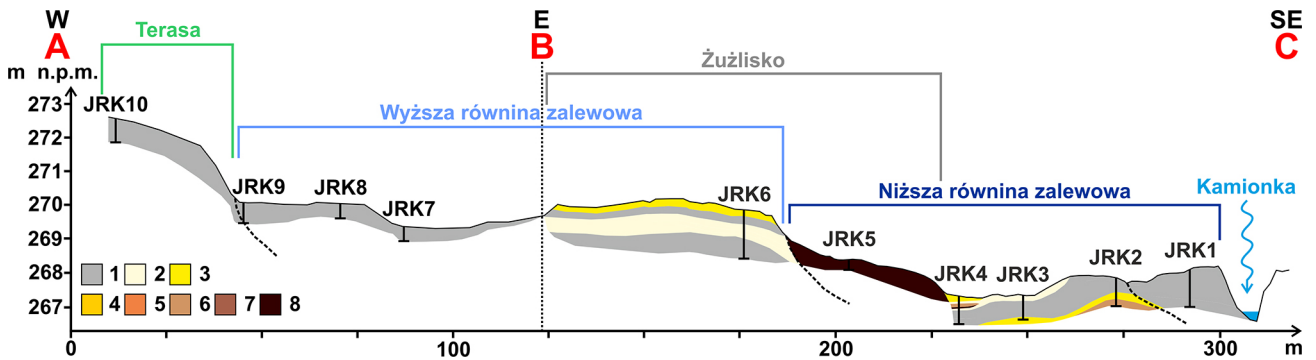
Fig. 7. Profiles showing the percentage of macroglag concentration in sediments and size ranges in µm (values in parentheses)

powodziowych. Średnia średnica ziaren występujących tutaj aluwiów wynosi 0,5–4,8 phi, natomiast wysortowanie jest umiarkowane lub bardzo słabe ($\sigma_1 = 1,1-2,2$). W osadach niższej równiny zalewowej znajdujących się najdalej od rzeki (JRK5) występują liczne żwiry (>30%), przeważnie żuźle. Średnia średnica ziaren znajdujących się tutaj osadów wynosi ok. 0,2 phi, a wysortowanie jest słabe ($\sigma_1 = 1,8$).

W osadach obu poziomów równiny zalewowej wykryto liczne makrożuźle w przedziale wielkości 8000 do 630 μm (ryc. 3A, B, C, D). Występują one w dolnej części aluwiów niższej równiny zalewowej (JRK2 i JRK3), natomiast ich największą zawartość (ok. 80%) odnotowano w górnych warstwach niższej równiny zalewowej (JRK5) bliżej odsypu meandrowego (ryc. 7, 8). Duża zawartość gruboklastycznego materiału uniemożliwiła wykonanie głębszego wiercenia w tym miejscu (20 cm głębokości). W przypadku części wyższej i najdalej wysuniętego na zachód

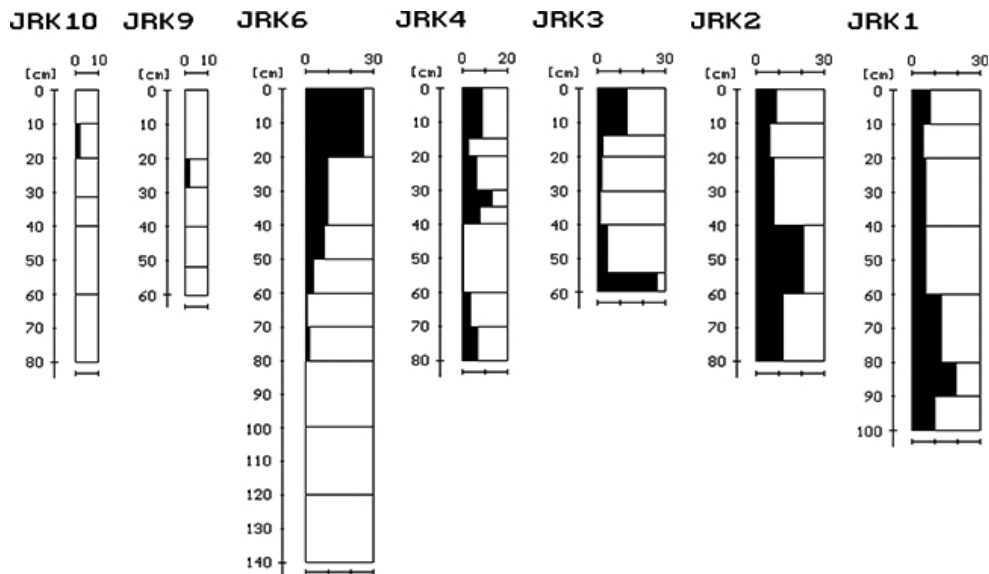
fragmentu niższej równiny zalewowej zawartość żuźla jest wyraźnie mniejsza (od 10 do 40%). Nie wykryto go natomiast w aluwiach zakumulowanych najbliższej koryta rzeki (JRK1) (ryc. 8).

W osadach obu poziomów równiny zalewowej, szczególnie na odsypie (JRK6) oraz całej niższej równinie zalewowej (JRK1-JRK4), wykryto też duże ilości mikrosferulek żelaza (ryc. 3E). Ich śladowe ilości stwierdzono natomiast w starorzeczach (JRK9) wyższego poziomu i w górnej części aluwiów terasy (JRK10) (ryc. 9, 10). Na wyższej równinie zalewowej liczba sferulek spada wraz z głębokością (od ok. 28 do kilku sztuk na gram próbki) (ryc. 9), natomiast na niższej (JRK1-JRK4) koncentrują się one głównie na głębokości ok. 40–90 cm (ryc. 10). Ich liczba w osadach powierzchniowych wyższego poziomu równiny zalewowej (JRK6) i poziomu koncentracji w aluwiach niższej równiny zalewowej jest porównywalna (tab. 1).

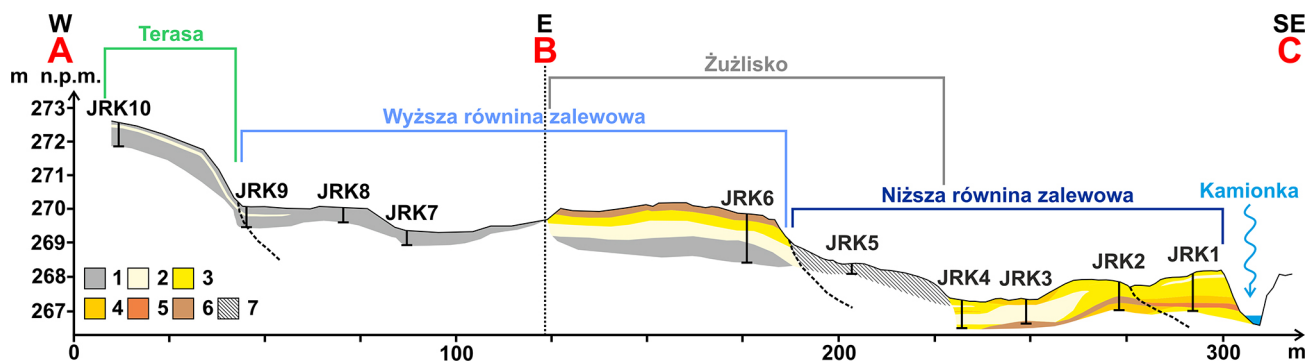


Ryc. 8. Przekrój A-B-C w pobliżu Jędrowa. Koncentracja żuźli w %: 1 – brak żuźla, 2 – 1–5, 3 – 6–10, 4 – 11–15, 5 – 16–20, 6 – 21–25, 7 – 26–30, 8 – >30

Fig. 8. A section across A-B-C near Jędrów. Slag concentration in %: 1 – no slags, 2 – 1–5, 3 – 6–10, 4 – 11–15, 5 – 16–20, 6 – 21–25, 7 – 26–30, 8 – >30



Ryc. 9. Profile przedstawiające liczbę mikrosferulek żelaza na 1 gram materiału (wyniki uśrednione) w osadach
Fig. 9. Profiles showing the number of iron microspherules per gram of material (average results) in sediments



Ryc. 10. Przekrój A-B-C w pobliżu Jędrów. Liczba magnetycznych sferulek/1 gram materiału: 1 – 0, 2 – 1–5, 3 – 6–10, 4 – 11–15, 5 – 16–20, 6 – >20, 7 – żuźlisko

Fig. 10. A section across A-B-C near Jędrów. Number of magnetic spherules/1 gram of material: 1 – 0, 2 – 1–5, 3 – 6–10, 4 – 11–15, 5 – 16–20, 6 – >20, 7 – slag heap

Tabela 1. Liczba mikrosferulek żelaza na 1 gram materiału [ms/g] w osadach poszczególnych profili. Wyniki z pomiarów w laboratorium UJK i ULiège (× oznacza brak wykonanego pomiaru) wraz z wartościami uśrednionymi

Table 1. Number of iron microspherules per gram of material [ms/g] in sediments of each profile. Results from measurements in the laboratories of UJK and ULiège (× means lack of measurement) with averaged values

Lp. próbki	głębokość [cm]	Liczba mikrosferulek żelaza na 1 gram próbki [ms/g]		
		Wyniki z laboratorium UJK	Wyniki z laboratorium ULiège	Wyniki uśrednione
JRK 1				
1	0–10	7,0	8,7	7,9
2	10–20	4,0	5,7	4,8
3	20–40	3,0	9,2	6,1
4	40–60	5,0	7,0	6,0
5	60–80	9,0	17,1	13,0
6	80–90	11,0	29,0	20,0
7	90–100	12,0	7,5	9,7
JRK 2				
1	0–10	13,0	4,9	8,9
2	10–20	7,0	4,8	5,9
3	20–40	10,0	5,8	7,9
4	40–60	35,0	6,6	20,8
5	60–80	25,0	0,0	12,5
JRK 3				
1	0–13	25,0	1,0	13,0
2	13–20	3,0	2,0	2,5
3	20–30	3,0	1,0	2,0
4	30–40	2,0	1,0	1,5
5	40–54	6,0	2,0	4,0
6	54–60	45,0	8,1	26,5
JRK 4				
1	0–15	15,0	3,0	9,0
2	15–20	2,0	4,0	3,0
3	20–30	8,0	5,0	6,5
4	30–35	10,0	17,1	13,5
5	35–40	10,0	6,0	8,0
6	40–60	0,0	1,0	0,5
7	60–70	7,0	0,0	3,5
8	70–80	9,0	6,0	7,5
JRK 5				
1	0–20	0,0	0,0	0,0

Lp. próbki	głębokość [cm]	Liczba mikrosferulek żelaza na 1 gram próbki [ms/g]		
		Wyniki z laboratorium UJK	Wyniki z laboratorium ULiège	Wyniki uśrednione
JRK 6				
1	0–20	35,0	16,0	25,5
2	20–40	15,0	5,0	10,0
3	40–50	15,0	2,0	8,5
4	50–60	5,0	1,0	3,0
5	60–70	0,0	1,0	0,5
6	70–80	1,0	2,0	1,5
JRK 7				
1	0–10	0,0	×	0,0
2	10–20	0,0	×	0,0
3	20–31	0,0	×	0,0
4	31–40	0,0	×	0,0
JRK 8				
1	0–20	0,0	×	0,0
2	20–30	0,0	×	0,0
JRK 9				
1	0–20	0,0	×	0,0
2	20–28	1,0	×	1,0
3	28–40	0,0	×	0,0
4	40–52	0,0	×	0,0
5	52–60	0,0	×	0,0
JRK 10				
1	0–10	0,0	×	0,0
2	10–20	2,0	×	2,0
3	20–31	0,0	×	0,0
4	31–40	0,0	×	0,0
5	40–60	0,0	×	0,0
6	60–80	0,0	×	0,0

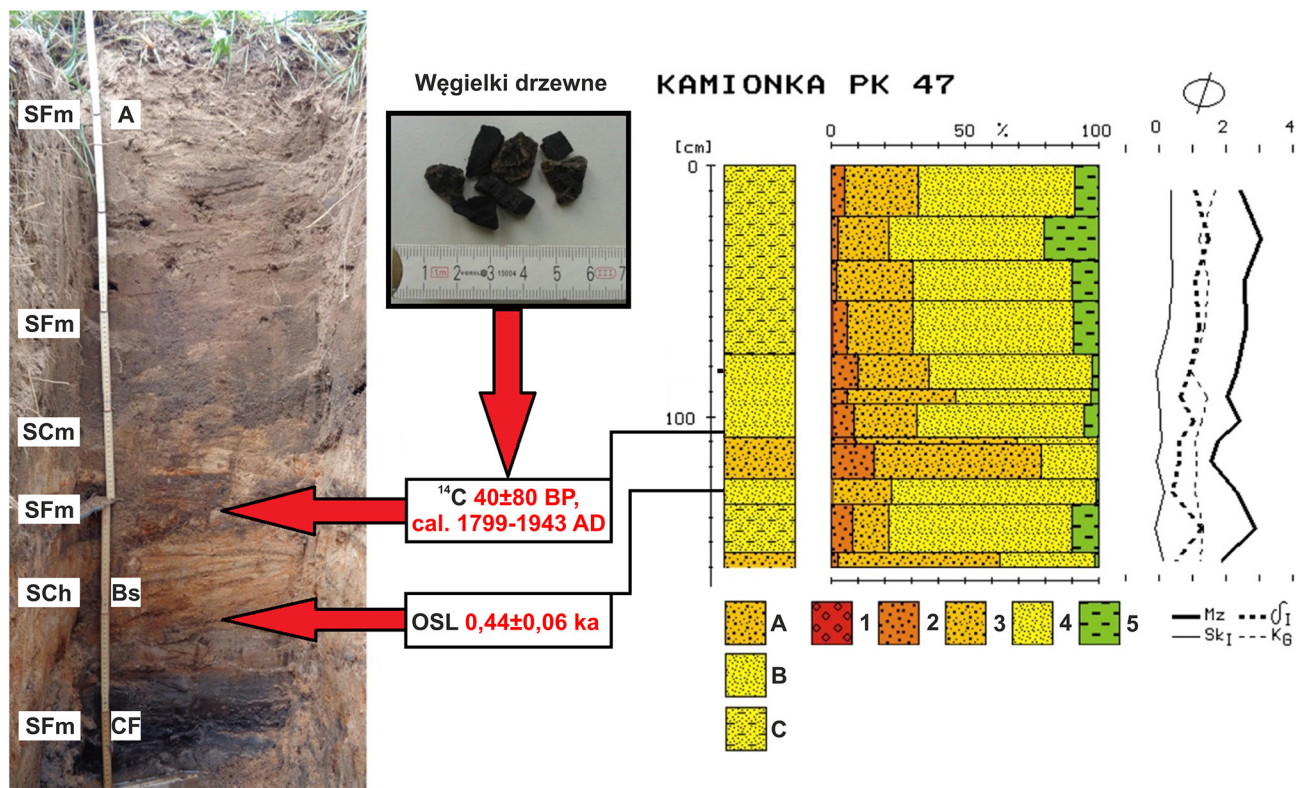
Dyskusja

W przekroju zapisane są różne etapy sedymentacji osadów budujących fragment doliny Kamionki koło Jędrowa (ryc. 6). W najwyższych warstwach osadów terasy (JRK10) wykryto pojedyncze sferulki żelaza prawdopodobnie przyniesione przez procesy eoliczne w okresie funkcjonowania kuźnicy. Później, po zakończeniu produkcji, były one wtórnie splukiwane z obszaru użytkowanego rolniczo.

Terasa plejstocenska podcięta jest przez podmokłe starorzecza. Jedno z nich, położone ok. 300 m na północ od przekroju badawczego jest wypełnione torfami słabo rozłożonymi i datowane na 4616–4336 cal. BC. W kolejnym, wypełnionym słabo rozłożonym torfem zailonym (ryc. 6), w odkrywcę stwierdzono, kilkucentymetrowe fragmenty nowożytnej ceramiki i fragmenty żuźła (Przepióra 2017, 2021), natomiast nie stwierdzono tego w rdzeniu (JRK7). Może to wskazywać na to, że są one bardzo nieliczne i dla tego nie zostały uwzględnione w przekroju (ryc. 7, 8).

Na wyższej równinie zalewowej (JRK9-JRK6) duża koncentracja sferulek żelaza została stwierdzona

w powierzchniowych aluwiach jedynie na wyniesionej części odsypów meandrowych (JRK6). Akumulacja tych mikrożuźli była związana z okresem działalności pobliskiej kuźnicy. Podobne warstwy z żuźłami i mikrosferulkami żelaza stwierdzano w średniowiecznych aluwiach rzek walońskich w Ardenach (Houbrechts i in. 2003). W głębsze warstwy tego profilu sferulki żelaza mogły zostać przemieszczone w wyniku bioturbacji (m.in. Notebaert i in. 2011, Houbrechts i in. 2020). Brak mikrosferulek w starorzeczach (JRK9 i JRK7) wskazuje na to, że było to aktywne koryto w okresie funkcjonowania kuźnicy, co potwierdzać mogą również dane z map historycznych (Przepióra, Kalicki 2018, Przepióra i in. 2019). Pojedyncze sferulki stwierdzone w jednym z nich (JRK9) zostały tam zmyte z nadległej terasy po odcięciu tego koryta. Krawędź wyższej równiny zalewowej oraz przylegający do niej fragment dna doliny został przykryty nasypem żuźłowym, w którym koncentracja żuźli przekracza 80% objętości próbki (JRK5). Nie wielka hałda (żuźlisko) była tutaj sypana w okresie działalności kuźnicy Andrissowa w XIX w. (ryc. 6, 7, 8). Może to również wskazywać na to, że zlokalizo-



Ryc. 11. Profil PK 47 przy korycie rzeki nieopodal Jędrowa, granulometria i datowania OSL i ^{14}C . Litologia: A – piaski średnie, B – piaski drobne, C – piaski zaglinione; Frakcje: 1 – żwir (<-1 phi), 2 – piaski grube (-1-1 phi), 3 – piaski średnie (1-2 phi), 4 – piaski drobne (2-4 phi), 5 – pyły i iły (>4 phi); Parametry Folka-Warda: Mz – średnia średnica, σ_1 – odchylenie standardowe, Sk_1 – skośność, K_6 – kurtoza; Kody litofacjalne: SFm – piaski mułowe/ilaste, struktura masywna, SCm – piaski drobno-gruboziarniste, węgle drzewne, struktura masywna, SCh – piaski drobno-gruboziarniste, węgle drzewne, laminacja pozioma; Kody litogenetyczne: CF – paleokoryto; Poziomy glebowe: A – poziom próchniczny, Bs – poziom iluwialno-żelazisty (Przepióra 2021)

Fig. 11. PK 47 profile near the riverbed near Jędrowa, granulometry, OSL and ^{14}C dating. Lithology: A – medium sand; B – fine sand, C – silty sands; Fractions: 1 – gravels (<-1 phi), 2 – coarse sands (-1-1 phi), 3 – medium sands (1-2 phi), 4 – fine sands (2-4 phi), 5 – silts and clays (>4 phi); Folk-Ward's distribution parameters: Mz – mean size, σ_1 – standard deviation, Sk_1 – skewness, K_6 – kurtosis; Lithofacial codes: SFm – silt/clay sands, massive structure, SCm – fine-coarse sands, charcoals, massive structure, SCh – fine-coarse sands, charcoals, horizontal lamination; Lithogenetic codes: CF – channel fill; Soil horizons: A – humus horizon, Bs – illuvial-iron horizon (Przepióra 2021)

wana była tutaj sama kuźnica lub część jej infrastruktury, czyli kilkaset metrów na północ od młyna w Jędrowie. Pozwala to na modyfikację dotychczasowych poglądów na temat jej położenia (Piasta 2012).

W brzeżnej rynnie tzw. Nathrinne (Schirmer 1983) niższej równiny zalewowej w górnej części profilu (JRK4) występują wkładki osadów gruboklastycznych z licznymi makrożuźłami. Są to ślady dużych wezbrań, w czasie których wody powodziowe podmywały położoną na krawędzi wyższego poziomu hałdę żuźła (żuźlisko), a żuźle były włączane i akumulowane w przewarstwieniach aluwii korytowych (ryc. 8).

Aluwia budujące niższą równinę zalewową są bardzo młode. Poniżej dawnego zbiornika w Jędrowie w profilu PK47 na granicy aluwii korytowych ($0,44\pm 0,06$ ka) i pozakorytowych stwierdzono wkładki węgielków drzewnych datowanych radiowęglowo na 1799–1943 cal. AD (ryc. 11) (Przepió-

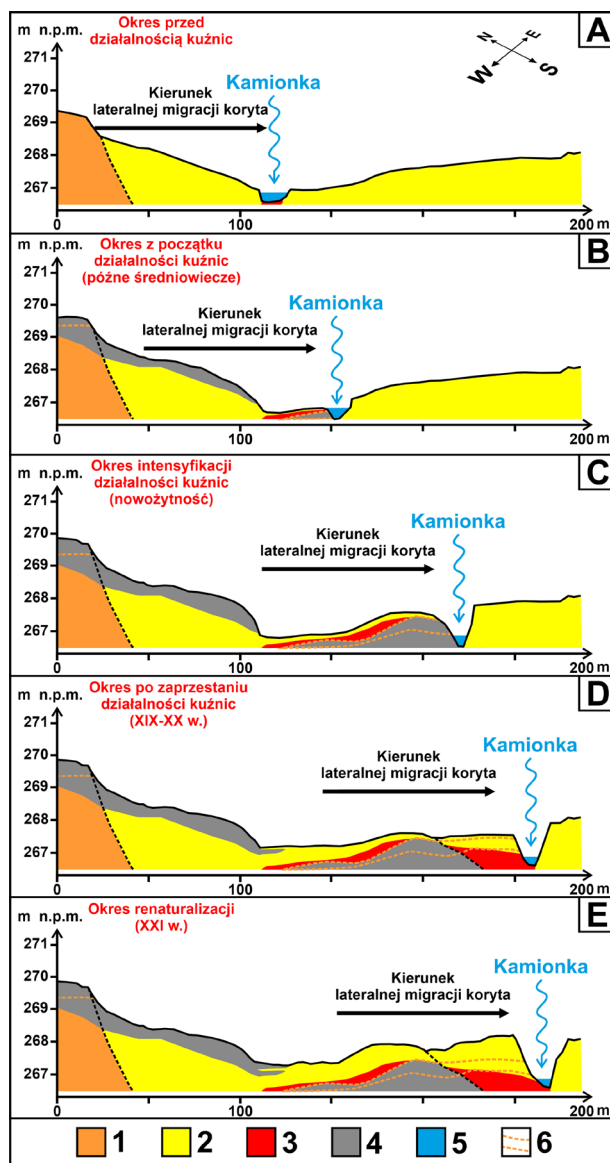
ra 2017, 2021). Duże ilości żuźła wykryto również w osadach jeziornych dawnego stawu przemysłowego w Jędrowie (Kalicki, Przepióra 2019, Przepióra i in. 2019, Kalicki i in. 2021a). Kilkaset metrów poniżej dawnego zbiornika w obrębie niższej równiny zalewowej można wyróżnić dwa włożenia. W starszym żuźel najczęściej występuje w piaszczysto-żwirowych osadach korytowych przykrytych drobnofrakcyjnymi pozakorytowymi (JRK4-JRK2), natomiast w młodszym (JRK1), przy współczesnym korycie, brak jest żuźli. Sferulki żelaza stwierdzono w obu segmentach i ich koncentracja występuje na granicy osadów korytowych i pozakorytowych. Żuźel był deponowany w aluwiiach w okresie działalności kuźnicy lub krótko po jej wygaszeniu, czemu mogło sprzyjać pojawianie się powodzi błyskawicznych (Suligowski 2013, Kalicki i in. 2019d, e) przy przerywaniu zapory lub wału zbiornika, podobnie jak miało to miejsce w dolinie Czarnej Koneckiej (Nowak 2017, Kuształ i in. 2017a,

b, Fularczyk i in. 2020, Kalicki i in. 2020), Czarnej Nidy (Krupa 2013, 2015) czy Kamiennej (Kłusakiewicz 2019, Kalicki i in. 2020), kiedy następował zanik systemu małej retencji (ASWRS) (Przepióra, Kalicki 2018, Kalicki i in. 2019c, 2020).

Puste w środku mikrosferulki powstają jako produkt uboczny procesu obróbki żelaza podczas uderzania młota o rozgrzany metal (Dungworth, Wilkes 2007) (ryc. 3E). Są one transportowane eolicznie nawet do 10 km od źródła ich powstania (Houbrechts i in. 2020). Mogą one być również wielokrotnie redeponowane przez procesy fluwialne i włączane w znacznie młodsze osady, co potwierdzają wyniki z innych rzek świętokrzyskich (m.in. Kalicki i in. 2021b, Przepióra i in. 2021).

Uzyskane wyniki potwierdzają wysoką intensywność akumulacji aluwiów w krótkim czasie. Poziom o zwiększonej zawartości sferulek żelaza w aluwiach (ryc. 10) może odpowiadać warstwie węgielków drzewnych z profilu PK47 (ryc. 11). Nadległe, młodsze osady o miąższości 0,6–1,0 m, z mniejszą ilością redeponowanych sferulek żelaza, były akumulowane już po zamknięciu kuźnicy.

Aluwia korytowe niższej równiny zalewowej, często z licznymi żużlami, mogą wskazywać na intensywną, lateralną migrację rzeki w kierunku wschodnim. Żużel był transportowany jako wleczyny i dlatego zalega on w osadach korytowych, w tym w bruku korytowym (ryc. 12A, B). Dalsza akumulacja żużli w aluwiach miała miejsce w okresie intensywnej działalności metalurgicznej i postępującej lateralnej migracji Kamionki (ryc. 12C). Depozycja żużli w wałach przykorytowych mogła mieć miejsce w warunkach występowania intensywnych powodzi nadbudowujących równinę zalewową, a materiał najcięższy był zrzucany w pierwszym rzędzie na wał przykorytowy. Wzrost wielkości powodzi nastąpił w okresie nowożytnym po zniszczeniu antropogenicznego systemu małej retencji (ASWRS) (Kalicki i in. 2019d, e, 2020). Aluwia korytowe były przykrywane pozakorytowymi osadami piaszczysto-pylastymi, w których akumulowane były mikrosferulki żelaza (ryc. 12D). Wyraźne poziomy koncentracji sferulek występują w górnej części jednego z odsypów meandrowych na wyższej równinie zalewowej, a także w aluwiach pozakorytowych niższej równiny zalewowej na głębokości 40–90 cm. Oba te poziomy powstały w trakcie działalności kuźnicy lub krótko po jej zamknięciu (ryc. 12B, C, D). Pogłębienie koryta nastąpiło w wyniku odciążenia rzeki wskutek zalesienia obszaru po upadku hutnictwa i spłynięcia wód stawów, podobnie jak miało to miejsce na Czarnej Koneckiej (Kalicki i in. 2019d, e.). W osadach najmłodszego włożenia niższej równiny zalewowej nie występują makrożużle. Żużel z rozmywanej hałdy akumulowany był jako wkładki deluwiów w aluwiach niższej równiny zalewowej (ryc. 12D, E).



Ryc. 12. Schematyczna rekonstrukcja ewolucji równiny zalewowej Kamionki w pobliżu Jędrowa w poszczególnych etapach: A – etap przed działalnością kuźnic na rzece, B – etap rozpoczęcia działalności metalurgicznej, C – nasilenie działalności metalurgicznej na rzece, D – etap zaprzestania działalności kuźnic i postępująca renaturalizacja doliny, E – stan obecny

1 – aluwia wyższej równiny zalewowej (piaski średnioziarniste), 2 – aluwia niższej równiny zalewowej (piaski drobnoziarniste, zailone), 3 – aluwia korytowe (piaski ze żwirami), 4 – żużel (piaski ze żwirami), 5 – rzeka, 6 – osady ze zwiększoną zawartością mikrosferulek żelaza

Fig. 12. Schematic reconstruction of the Kamionka floodplain evolution stages near Jędrow: A - the stage before the operation of forges on the river, B - the stage of commencement of metallurgical activity, C - intensification of the metallurgical activity on the river, D - the stage of extinguish of the forge's activity and progressive renaturation of the valley, E - current state

1 - upper floodplain alluvium (medium sands), 2 - alluvia of the lower floodplain (silty fine sands), 3 - channel alluvia (sands with gravels), 4 - slag (sands with gravels), 5 - river, 6 - deposits with an increased content of iron microspherules

Dalsze zmiany w układzie koryta i w osadach mogły być spowodowane częstszymi w ostatnich stuleciach powodziąmi błyskawicznymi na rzece (Kalicki i in. 2019d, e). Po upadku metalurgii w dolinie Kamionki, czynniki naturalne zaczęły przeważać nad antropogenicznym. Zmiany te odzwierciedla brak żużli w najmłodszych osadach (ryc. 12E), w których redeponowane są już tylko nieliczne mikrosferulki żelaza. O działalności historycznej kuźnicy w Jędrowie świadczy znajdujące się na równinie zalewowej żużlisko. Pozostałości dawnej kuźnicy zostały w większości zatarte przez proces renaturalizacji równiny zalewowej, co doprowadziło do zdenudowania hałdy (żużliska), która jest współcześnie niewidoczna w morfologii (ryc. 4, 12E).

Wnioski

Ewolucja równiny zalewowej Kamionki koło Jędrowa w ostatnich stuleciach uwarunkowana była w głównej mierze przez działalność przemysłową, a zwłaszcza hutniczą. Najintensywniejsze zmiany zachodziły od późnego średniowiecza aż do czasów nowożytnych. Ślady historycznej działalności metalurgicznej oraz młynarskiej są czytelne w rzeźbie i w osadach. Uchwycone zmiany w aluwiach obu poziomów równiny zalewowej ukazują zróżnicowanie w intensywności i typie dostarczanego do rzeki materiału antropogenicznego (makro- i mikrożużle). Wskazują one również tempo i kierunek lateralnej migracji koryta w ostatnich stuleciach. Poziom o zwiększonej zawartości mikrosferulek żelaza w aluwiach może reprezentować okres działalności kuźnicy Andrissowa. Poziomy te są bardzo podobne do opisywanych na rzekach ardeńskich, np. Lienne. Sferulki żelaza występujące w mniejszych ilościach w aluwiach mogą być redeponowane w czasie późniejszej aktywności rzeki po wygaszeniu kuźnicy lub przemieszczone w profilu wskutek bioturbacji.

Uzyskane wyniki po weryfikacji ze wzmiankami historycznymi potwierdzają możliwą lokalizację kuźnicy Andrissowa w pobliżu obecnego młyna w Jędrowie oraz części jego dawnej infrastruktury kilkaset metrów na północ od niego, gdzie odkryto niewielką hałdę żużla. Badania również potwierdzają, że zaprzestanie działalności kuźnicy zbiegło się w czasie z budową młyna w XIX w.

Wyniki uzyskane z opisywanego stanowiska przy użyciu metody separacji makro-, mikrożużli, oraz mikrosferulek żelaza występujących w aluwiach, są jednymi z pierwszych uzyskanych na rzekach Polski, a zwłaszcza obszaru Staropolskiego Okręgu Przemysłowego. W przypadku rzek walońskich (Ardeny), gdzie podobnie jak w regionie świętokrzyskim działało wiele średniowiecznych kuźnic, uzyskane meto-

dą MSS wyniki są do siebie bardzo podobne. Pozwala to na weryfikację pochodzenia, wieku oraz intensywności akumulacji aluwiów, niezależnie od budowy geologicznej regionu oraz technologii wytopu i przekuwania żelaza na niewielkich górskich rzekach.

Podziękowania

Serdeczne podziękowania kierujemy do Marcina Frączka, Ellynn Bertemes, Michała oraz Pauliny Aksamit za pomoc w pracach terenowych i laboratoryjnych. Dziękujemy również recenzentom za cenne uwagi.

Wkład autorów

Paweł Przepióra: koncepcja badań, opracowanie metodyki, prace terenowe, analizy laboratoryjne, interpretacja wyników, wizualizacja, edycja tekstu, Tomasz Kalicki: koncepcja badań, interpretacja wyników, edycja tekstu, Geoffrey Houbrechts: opracowanie metodyki, analizy laboratoryjne.

Literatura

- Aksamit M., Kusztal P., Kalicki T., Grzeszczyk P., Przepióra P., 2019. Silting of the Sielpia water reservoir in the 20th and 21st c. (central Poland). *Geobalcanica Proceedings Book 2019, Physical Geography*: 101–105.
- Bąk Ł., Dąbkowski Sz. L., Górski J., 2011. Metoda prognozowania zamulenia zbiornika wodnego na podstawie pomiaru pojemności. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 11(4):19–29.
- Bąk Ł., Górski J., Szelaż B., 2012. Wpływ kaskady zbiorników małej retencji Suchedniów i Rejów na redukcję fali wezbraniowej na rzece Kamionka. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumietus* 11(1):13–22
- Bielenin K., 1992. Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich, Wydanie drugie, poszerzone i poprawione. Kieleckie Towarzystwo Naukowe.
- Chrabąszcz M., Kalicki T., Przepióra P., Frączek M., 2017. Zmiany koryta dolnej i środkowej Wiernej Rzeki od XVIII wieku. *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica* 16: 5–13. DOI: [10.18778/1427-9711.16.01](https://doi.org/10.18778/1427-9711.16.01).
- Chrzanowski W., 1859. Karta dawnej Polski z przyległymi okolicami krajów sąsiednich według nowszych materiałów na 1:300000. Imp[ri]mer]ie de Louis Antoine. Paris.
- Dungworth D., Wilkes R., 2007. An investigation of hammerscale: technology report. Research Department Report 26.
- Filonowicz P., 1978a. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Skarżysko-Kamienna. Wyd. Geol., Warszawa.
- Filonowicz P., 1978b. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Skarżysko-Kamienna. Wyd. Geol., Warszawa.
- Folk R.L., Ward W.C., 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3–26. DOI: [10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D](https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D).
- Fularczyk K., Kusztal P., Kalicki T., 2020. Changes of the former pond at Furmanów (Old-Polish Industrial District, Central Poland) cartographic and sedimentological data. *Acta Geobalcanica* 6(4): 203–210. DOI: [10.18509/AGB.2020.21](https://doi.org/10.18509/AGB.2020.21).
- Herget J., 1998. Anthropogenic influence on the development of the Holocene terraces of the river Lippe, Germany. W: G.Beni-

- to, V.R.Baker, K.J.Gregory (red.), *Palaeohydrology and environmental change*. Wiley, Chichester: 167–179.
- Houben P, Wunderlich J., Schrott L., 2009. Climate and long-term human impact on sediment fluxes in watershed systems. *Geomorphology* 108(1-2): 1–7. DOI: [10.1016/j.geomorph.2008.08.018](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.018).
- Houbrechts G., Peeters A., Petit F., Kalicki T., Przepióra P., 2021. The evolution of the Aisne floodplain (Ardenne, Belgium) during the last centuries studied with the microslag dating method. *Acta Geobalcanica* 7(3): 117–122. DOI: [10.18509/AGB.2021.16](https://doi.org/10.18509/AGB.2021.16).
- Houbrechts G., Petit F., 2003. Utilisation des scories métallurgiques en dynamique fluviale: détermination de la compétence effective des rivières et estimation des vitesses de progression de leur charge de fond / Utilisation de scories métallurgiques pour l'étude de la dynamique fluviale: détermination de la compétence effective des rivières et estimation du temps de transit des sédiments. In: *Géomorphologie: relief, processus, environnement*. Janvier-mars vol. 9(1): 3–12.
- Houbrechts G., Petit F., 2004. Evolution des techniques sidérurgiques pré-industrielles et aperçu des critères de localisation de la métallurgie en « Terre de Durbuy ». *Terre de Durbuy* 89: 3–29.
- Houbrechts G., Petit F., 2006. Utilisation des microscories métallurgiques comme traceur de la sédimentation dans les plaines alluviales des rivières ardennaises. Numéro spécial des Presses Universitaires Blaise Pascal, dans la collection *Nature et sociétés*: 95–98.
- Houbrechts G., Petit F., Kalicki T., 2003. Metallurgical slags of the last centuries as a tracer in archaeological and palaeogeographical studies in Arden (Belgium). Final Programme and Abstracts of 9th Annual Meeting of European Association of Archaeologists, 10th–14th September 2003, St. Petersburg: 17–18.
- Houbrechts G., Petit F., Kalicki T., 2004. Rozwój metalurgii a sedymentacja fluwialna z ostatnich stuleci w ardeńskich dopływach Mozy (Belgia). W: Z.Michalczyk (red.), *Badania geograficzne w poznawaniu środowiska*, Lublin: 192–194.
- Houbrechts G., Petit F., Notebaert B., Kalicki T., Denis A.C., 2020. Microslag as a stratigraphic tracer to quantify floodplain processes (Lienne catchment, Belgium). *Geomorphology* 360. DOI: [10.1016/j.geomorph.2020.107166](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107166).
- Houbrechts G., Weber J.P., 2007. La sidérurgie proto-industrielle dans le bassin de la Lienne, De la Meuse à l'Ardenne. *Entre Ardenne et Meuse ASBL* 39: 34–63.
- Jankowski M., 2017. Kuźnice nad Kamionką i Żarnówką. Suchedniowski akcent w rozwoju Staropolskiego Zagłębia Przemysłowego. W: M.Medyński (red.), *Zeszyty Suchedniowskie – Historia* 2/2018: 11–28.
- Kalicki T., 2006. Zapis zmian klimatu oraz działalności człowieka i ich rola w holoceniowej ewolucji dolin środkowoeuropejskich. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* 204, Warszawa.
- Kalicki T., Chrabąszcz M., Frączek M., Fularczyk K., Kłusakiewicz E., Kuształ P., Małęga E., Przepióra P., 2019a. Zapis zmian antropogenicznych w formach i osadach dolin świętokrzyskich. W: I.Zeber-Dzikowska, J.Chmielewski, (red.), *Środowisko – współczesne dylematy/Environment – contemporary dilemmas*, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 247–280.
- Kalicki T., Frączek M., Przepióra P., Kuształ P., Kłusakiewicz E., Małęga E., 2019b. Late Quaternary geomorphology and geoarchaeology in the rivers of the Holy Cross Mountains region, Central Europe. *Quaternary Research* 91(2): 584–599. DOI: [10.1017/qua.2018.55](https://doi.org/10.1017/qua.2018.55).
- Kalicki T., Przepióra P. (przy współpracy z Chwałkiem S. i Frączkiem M.), 2019. Lokalizacja oraz zasięg historycznego układu hydrotechnicznego z młynem wodnym w Jędrowie (obecnie: ul. Koszykowa 18b w Suchedniowie) – ekspertyza geoarcheologiczna. *Wojewódzki Konserwator Zabytków w Kielcach*.
- Kalicki T., Przepióra P., Aksamit M., Frączek M., Kłusakiewicz E., Grzeszczyk P., 2019c. Forming and disappearance of small retention system in the postindustrial area – case study from the central section of the Kamionka river valley (Central Poland) since the 18th century. *Acta Geobalcanica* 5(1): 29–34. DOI: [10.18509/AGB.2019.04](https://doi.org/10.18509/AGB.2019.04).
- Kalicki T., Przepióra P., Chwałek S., Aksamit M., Grzeszczyk P., Houbrechts G., 2021a. The Jędrów historic hydrotechnical system – a geoarchaeological and restoration studies (Holy Cross Mountains, Poland). *Acta Geobalcanica* 7(3), 123–129. DOI: [10.18509/AGB.2021.17](https://doi.org/10.18509/AGB.2021.17).
- Kalicki T., Przepióra P., Frączek M., Fularczyk K., Żurek K., Pabian G., Podrzycki Ł., 2021b. Natural and anthropogenic environment changes in Świślina valley – Case study from Doły Biskupie site (Poland). W: U.Ratajczak-Skrzatek, O.Kovalchuk, K.Stefaniak (red.) *Proceedings of INQUA SEQS 2021 Conference, Quaternary Stratigraphy – palaeoenvironment and humans in Eurasia*, Wrocław: 44–45.
- Kalicki T., Przepióra P., Fularczyk K., Houbrechts G., 2021c. Macro- and microscopic slags as a marker of the metallurgical activity in the Holy Cross Mountains, Poland. *FLAG 2021 Abstract Book*. Moskwa, Rosja: 39–42.
- Kalicki T., Przepióra P., Kuształ P., 2019d. Antropogeniczne powodzie błyskawiczne na dwóch wybranych rzekach Świętokrzyskich w XX w. – Przyczyny i skutki. *Prace i Studia Geograficzne* 64(1): 21–36.
- Kalicki T., Przepióra P., Kuształ P., 2019e. Origin and effects of anthropogenic flash floods on rivers of Holy Cross Mts. region (Poland) in 20th c. *Acta Geobalcanica* 5(2): 85–92. DOI: [10.18509/AGB.2019.10](https://doi.org/10.18509/AGB.2019.10).
- Kalicki T., Przepióra P., Kuształ P., Chrabąszcz M., Fularczyk K., Kłusakiewicz E., Frączek M., 2020. Historical and present-day human impact on fluvial systems in the Old-Polish Industrial District (Poland), *Geomorphology* 367: 1–16. DOI: [10.1016/j.geomorph.2020.107062](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107062).
- Kalicki T., Przepióra P., Podrzycki Ł., 2017. Osady i wiek wyższej terasy Kamionki na odcinku Suchedniów-Rejów. *Acta Geographica Lodziensia* 106: 53–64. DOI: [10.26485/AGL/2017/106/5](https://doi.org/10.26485/AGL/2017/106/5).
- Kaniecki A., 1999. Młyny wodne w dawnym Poznaniu i ich wpływ na przeobrażenie stosunków wodnych. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia*. 29: 337–346.
- Klatka T., 1958. Muły antropogeniczne doliny Świśliny i ich dynamiczna interpretacja. *Łódzkie Tow. Naukowe, Wydz. III* 54: 165–187.
- Klimek K., 1988. An early anthropogenic alluviation in the Subcarpathian Oświęcim Basin, Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences* 36(2): 159–169.
- Klimek K., 1996. Aluwia Rudy jako wskaźnik 1000-letniej degradacji Płaskowyżu Rybnickiego. W: A.Kostrzewski (red.) *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych tom II, UAM, Poznań*: 155–166.
- Klimek K., 1999. A 1000-year alluvial sequence as an indicator of catchment/floodplain interaction: the Ruda valley, Sub-Carpathians, Poland. W: A.G.Brown, T.A.Quine (red.), *Fluvial processes and environmental change*. Wiley, Chichester: 329–343.
- Klimek K., 2003. Sediment transfer and storage linked to Neolithic and Early Medieval soil erosion in the Upper Odra Basin, southern Poland. W: A.J.Howard, M.G.Macklin, D.G.Passmore (red.), *Alluvial Archaeology in Europe*. Swets & Zeitlinger, Lisse: 251–259.
- Klimek K., Malik I., Owczarek P., Zygmunt E., 2003. Climatic and human impact on episodic alluviation in small mountain valleys. *The Sudetes. Geographia Polonica* 76(2): 55–64.
- Kłusakiewicz E., 2019. Zróżnicowanie fałdalne i geochemiczne aluwiów równiny zalewowej górnej Kamiennej (Wyżyna Kielecka). *Praca doktorska*, UJK, Kielce.
- Kondracki J., 1977. *Regiony fizycznogeograficzne Polski*. Wyd. UW, Warszawa.
- Kondracki J., 2002. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Kosmowska-Suffczyńska D., 2000. Wpływ drobnych struktur tektoniki dysjunktywnej na kierunkowość rzeźby w północno-wschodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, *Geologia i geomorfologia Gór Świętokrzyskich – kontrowersje i nowe spojrzenia*. *Prace Instytutu Geografii Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Kielce*: 171–208.

- Krupa J., 2013. Naturalne i antropogeniczne procesy kształtujące dno doliny Czarnej Nidy w późnym wistulianie i holocenie. *Folia Quaternaria* 81: 5–156.
- Krupa J., 2015. Natural and anthropogenic channel pattern changes in the mid-mountain valley during the Late Glacial and Holocene, Polish Uplands. *Quaternary International* 370: 55–65. DOI: [10.1016/j.quaint.2014.12.045](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.12.045).
- Kukulak J., 2004. Zapis skutków osadnictwa i gospodarki rolnej w osadach rzeki górskiej na przykładzie aluwów dorzecza górnego Sanu w Bieszczadach Wysokich. Wyd. Nauk. AP. Kraków.
- Kusztal P., Kalicki T., Chrabąszcz M., Frączek M., Kłusakiewicz E., Przepióra P., Zaborska D., 2017a. Powstanie i zanik małej retencji w ostatnich stuleciach na przykładzie wybranych dolin w Świętokrzyskiem. *Ogólnopolska Konferencja Nauka Okiem Młodego Naukowca, Promovendi*, Łódź: 21.
- Kusztal P., Kalicki T., Chrabąszcz M., Frączek M., Kłusakiewicz E., Przepióra P., Zaborska D., 2017b. Nowożytnie zakłady hutnicze i młyny a rozwinięcie koryta Czarnej Koneckiej powyżej zalewu w Sielpi (region świętokrzyski). W: D.Brykała, M.Prarat, P.Lamparski (red.), *Materiały Konferencyjne Interdyscyplinarnego Seminarium Naukowego, Młyny wodne w dorzeczu dolnej Wisły od początku XVIII do początku XXI wieku*, UMK, Toruń: 46.
- Łoś M.J., 1978. Likwidacja młynów wodnych i jej skutki. *Gospodarka Wodna* 38(12): 361–364.
- Mäckel, R., Zollinger, G., 1995. Holocene river and slope dynamics in the Black Forest and Upper Rhine Lowlands under the impact of man. W: J.Hagedorn (red.), *Late Quaternary and present-day fluvial processes in Central Europe*, *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband* 100: 89–100.
- Macklin M.G., Passmore D.G., Rumsby B.T., 1992. Climatic and cultural signals in Holocene alluvial sequences: the Tyne basin, northern England. W: S.Needhan, M.G.Macklin (red.), *Alluvial archaeology in Britain*, *Oxbow Monograph* 27: 123–139.
- Marchetti M., 2002. Environmental changes in the central Po Plain (northern Italy) due to fluvial modifications and anthropogenic activities. *Geomorphology* 44(3–4): 361–373. DOI: [10.1016/S0169-555X\(01\)00183-0](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00183-0).
- Medyński M., 2019. Od III rozbioru Polski do końca pierwszej wojny światowej. W: M.Medyński, K.Zemela (red.), *Suchedniów – Monografia historyczna miasta i gminy*, Wyd. Gmina Suchedniów: 85–211.
- Mięsiak-Wójcik M., 2018. Analysis of water retention changes in selected lake-wetland catchments of West Polesie based on historical documents. *Limnological Review* 18(2): 59–75. DOI: [10.2478/limre-2018-0007](https://doi.org/10.2478/limre-2018-0007).
- Notebaert B., Houbrechts G., Verstraeten G., Broothaerts N, Haecx J., Reynnders M., Govers G., Petit F., Poesen J., 2011. Fluvial architecture of Belgian river systems in contrasting environments: Implications for reconstructing the sedimentation history. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw* 90(1): 31–50. DOI: [10.1017/S0016774600000652](https://doi.org/10.1017/S0016774600000652).
- Notebaert B., Verstraeten G., Houbrechts G., Petit F., 2013. Holocene floodplain deposition and scale effects in a typical European upland catchment: A case study from the Amblève catchment, Ardennes (Belgium). *The Holocene* 23(8): 1184–1197. DOI: [10.1177/0959683613483626](https://doi.org/10.1177/0959683613483626).
- Nowak M., 2017. Budowa geologiczna i rzeźba doliny Czarnej Koneckiej w rejonie Wąsosa Starej Wsi. *Praca magisterska*, UJK, Kielce.
- Orzechowski Sz., 2007. Zaplecze osadnicze i podstawy surowcowe starożytnego hutnictwa świętokrzyskiego. *Kieleckie Towarzystwo Naukowe*, Kielce.
- Pajdo A., 2017. Lustracja klucza suchedniowskiego z 1789 roku. W: M. Medyński (red.), *Zeszyty Suchedniowskie – Historia* 2/2018: 105–204.
- Pasek M., 1987. Od Suchyni – do Suchedniowa. W: Z. Szczerba (red.), *Zeszyty Suchedniowskie – wrzesień 1987*: 7–14.
- Piasta S., 2012. *Leksykon Suchedniowa*. Towarzystwo Przyjaciół Suchedniowa, Kielce.
- Podgórski Z., 2004. Wpływ budowy i funkcjonowania młynów wodnych na rzeźbę terenu i wody powierzchniowe Pojezierza Chełmińskiego i przyległych części dolin Wisły i Drwęcy. UMK, Toruń: 203.
- Przepióra P., 2017. Naturalne i historyczne zmiany zlewni Kamionki (Płaskowyż Suchedniowski) w subatlantyku. *Praca doktorska*, UJK, Kielce.
- Przepióra P., 2021. Subatlantyckie przemiany zlewni Kamionki na Wyżynie Kieleckiej. W: T.Kalicki (red.), *Monografie: Geografia i Geoarcheologia Tom I, Ośrodek Badań Europy Środkowo-Wschodniej*, Kielce–Białystok.
- Przepióra P., Kalicki T., 2018. Zmiany koryta Kamionki (Płaskowyż Suchedniowski) na odcinku Ostojów – Rejów od XVIII wieku w oparciu o archiwalne materiały kartograficzne. *Acta Universitatis Lodziana, Folia Geographica Physica* 17: 25–32. DOI: [10.18778/1427-9711.17.03](https://doi.org/10.18778/1427-9711.17.03).
- Przepióra P., Kalicki T., Aksamit M., Aksamit P., Fularczyk K., Kusztal P., Houbrechts G., 2021. An macro- and microslags delta deposition of postindustrial water reservoir in Sielpia (Holy Cross Mts., Poland). *FLAG 2021 Abstract Book*, Moscow, Russia: 57–59.
- Przepióra P., Kalicki T., Chwałek S., Houbrechts G., 2019. Historyczny układ hydrotechniczny w Jędrowie (województwo świętokrzyskie) zachowany w formach i osadach – studium geoarcheologiczno-konserwatorskie. *Acta Universitatis Lodziana, Folia Geographica Physica* 18: 5–16. DOI: [10.18778/1427-9711.18.02](https://doi.org/10.18778/1427-9711.18.02).
- Przepióra P., Kalicki T., Houbrechts G., 2022. The historical metallurgical activity recorded in alluvium of small river valley: Case study from Kamionka River (Holy Cross Mts., Central Poland). W: T.Kalicki (red.), *The environment as an archive of past human activities*, *Ośrodek Badań Europy Środkowo-Wschodniej*, Kielce–Białystok: 69–72.
- Radwan M.W., 1963. *Rudy, kuźnice i huty żelaza w Polsce*. Warszawa.
- Richardeau C., 1977. Distribution des sphères magnétiques provenant de la sidérurgie liégeoise. *Annales de la Société Géologique de Belgique* 13: 155–165.
- Richling A., Solon J., Macias A., Balon J., Borzyszkowski J., Kistowski M., (red.), 2021. *Regionalna Geografia Fizyczna Polski*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 608.
- Rutkiewicz P., Malik I., Wistuba M., Sady A., 2017. Charcoal kilns as a source of data on past iron industry (an example from the Czarna River valley, Central Poland). *Environmental & Socio-Economic Studies* 5(3):12–22, DOI: [10.1515/envi-ron-2017-0012](https://doi.org/10.1515/envi-ron-2017-0012).
- Rutkiewicz P., Malik, I., Wistuba M., Osika A., 2019. High concentrations of charcoal hearth remains as legacy of historical ferrous metallurgy in southern Poland. *Quaternary International* 512: 133–143. DOI: [10.1016/j.quaint.2019.04.015](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.04.015).
- Schirmer W., 1983. Die Talentwicklung an Main und Regnitz seit dem Hochwürm, *Geologisches Jahrbuch, Reihe A*, 71: 11–43.
- Schirmer W., 1995. Valley bottoms in the Late Quaternary. W: J. Hagedorn (red.), *Late Quaternary and present-day fluvial processes in Central Europe*, *Zeitschrift f. Geomorphologie, Supplement*.-Bd. 100: 27–51.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018. Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica* 91(2): 143–170. DOI: [10.7163/GPol.0115](https://doi.org/10.7163/GPol.0115).
- Starkel L., Krąpiec M., 1995. Profile of the alluvia with „black oaks” in Kędzierz on the Wiśłoka river. W: L. Starkel (red.), *Evolution of the Vistula River valley during the last 15 000 years, part V*, *Geographical Studies, Special Issue* 8: 101–110.
- Suliga J., 1995. Historyczne budowle wodno-energetyczne dorzecza Kamiennej i ocena możliwości budowy nowych elektrowni wodnych. *Studia i Materiały, Studium historyczne przyrodniczo-kulturowe doliny rzeki Kamiennej*, *Krajobrazy* 8(20), Warszawa.

- Suligowski R., 2013. Maksymalny wiarygodny opad na Wyżynie Kieleckiej, Wyd. UJK, Kielce: 230.
- Zannoni R., 1772. Carte de la Pologne divisée par provinces et palatinats et subdivisée par district construite d'après d'arpentages, d'observations et de mesures prises sur les lieux. Paris.
- Zemeła K., 2019. W okresie staropolskim (XVI–XVIII wiek). W: M.Medyński, K.Zemeła (red.), Suchedniów – Monografia historyczna miasta i gminy, Wyd. Gmina Suchedniów: 39–83.
- Zieliński J., 1965. Staropolskie Zagłębie Przemysłowe. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Ossolineum: 339.
- Zieliński T., 2014. Sedymentologia osadów rzek i jezior. UAM, Poznań: 594.