

AUTOREFERAT OSIĄGNIĘCIA HABILITACYJNEGO

I. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16 ust. 2 ustawy 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U., nr 65 poz.595, ze zm.)

A) Jako **osiągnięcie naukowe** przedstawiam wyniki badań opublikowane w **monografii naukowej** pod tytułem:

Regionalne i lokalne uwarunkowania późnovistuliańskiej depozycji eolicznej w środkowej części europejskiego pasa piaszczystego

B) Nota bibliograficzna monografii przedstawionej jako osiągnięcie naukowe:

Zieliński P., 2016. Regionalne i lokalne uwarunkowania późnovistuliańskiej depozycji eolicznej w środkowej części europejskiego pasa piaszczystego (Regional and local conditions of the Late Vistulian aeolian deposition in the central part of the European Sand Belt). Wydawnictwo UMCS, Lublin; 235 pp. ISBN 978-83-7784-893-7; recenzent prof. dr hab. Zdzisław Jary

C) Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Głównym tematem moich badań jest charakterystyka uwarunkowań depozycji osadów eolicznych na podstawie analizy sedimentologicznej osadów budujących głównie wydmy śródlądowe. Stanowi on kontynuację moich wieloletnich zainteresowań naukowych, podjętych jeszcze przed doktoratem. W rozprawie doktorskiej pt. „Rozwój procesów i form eolicznych w późnym vistulianie i holocenie w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej” pod opieką promotorską prof. Józefa Wojtanowicza przedstawiłem wyniki badań ukazujące zmienność charakteru i natężenia procesów eolicznych na niewielkim obszarze. Podjęta w doktoracie próba zastosowania analizy litofacjalnej do badań osadów eolicznych dała nowe możliwości interpretacyjne, w tym w szczególności rekonstruowanie warunków aerodynamicznych (Zieliński i Issmer 2008). Ten nurt badawczy wciąż podtrzymuję. Dalszymi badaniami objąłem nowe obszary na terenach Ukrainy Zachodniej, Roztocza, Kotliny Sandomierskiej, Polesia Lubelskiego, Południowego Podlasia, Niziny Mazowieckiej, Południowej Wielkopolski i Niziny Śląskiej wchodzących w skład środkowej części europejskiego pasa piaszczystego (EPP). Rozwinąłem również stosowaną przeze mnie podstawową metodę badawczą – analizę litofacjalną osadów eolicznych wraz z kodowaniem litofacjalnym.

Zarys problemu

Jednym z głównych problemów badawczych podejmowanych w badaniach śródlądowych form eolicznych jest określenie uwarunkowań późnoglacialnej akumulacji eolicznej. Zagadnienia te można podzielić na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią **warunki regionalne**, związane z globalnymi zmianami klimatycznymi. Wśród nich wyróżnia się **stosunki termiczno-wilgotnościowe**. Ich szybkie zmiany determinują wiek i ilość faz wydmotwórczych. Wydmy śródlądowe powstały w warunkach klimatu peryglacialnego, przy

stopniowym wzroście średniej rocznej temperatury i rocznej sumie opadów w późnym wistulianie. Okres ten wyrażony jest trzema, zróżnicowanymi pod względem natężenia procesów, fazami wzmożonej aktywności eolicznej, tj. w najstarszym, starszym i młodszym dryasie, dwukrotnie przerwany sukcesją roślinności leśnej w bøllingu i allerødzie (m.in. Kozarski 1962; Rotnicki 1970; Nowaczyk 1986; Böse 1991; Manikowska 1995; Kasse 2002; Kasse i in 2007). Na charakter tych warunków ma również wpływ położenie w stosunku do maksymalnego zasięgu ostatniego lądolodu (LGM) oraz klimatyczny gradient kontynentalny (Nowaczyk 1986, Böse 1991; Zieliński i in. 2015).

Obok zmian termiczno-wilgotnościowych często podejmowanym problemem badawczym są **warunki aerodynamiczne** obejmujące dwa parametry – **prędkość i kierunek wiatru**. Rekonstrukcja **prędkości wiatru** jest odnoszona głównie do prędkości inicjującej transport materiału i szacowana na 2,5-8 m/s (Pernarowski 1959; Nowaczyk 1986; Szczypek 1986). Przy tak podawanej jej wartości progowej do uruchomienia transportu uwypukla się znaczenie wiatru o dużej sile, jako sile sprawczej procesów wydymotwórczych. Przy czym tylko w pojedynczych przypadkach jest on dokumentowany (Nowaczyk 1986, 2006; Szczypek 1986). Wskazuje się również na zmienność prędkości w poszczególnych fazach wydymotwórczych (Krajewski 1977), a także przy akumulacji różnych typów genetycznych wydym (Izmailow 2001).

Odnosnie **kierunku wiatru** w literaturze panują dwa poglądy. W pierwszym uznaje się wiatr z szeroko pojmowanego sektora zachodniego (Kozarski 1962; Rotnicki 1970; Krajewski 1977; Nowaczyk 1986; Goździk 2007), w drugim jego zmienność w poszczególnych fazach wydymotwórczych: w najstarszym dryasie – W, NW lub N, w starszym – sektor NW-W i w młodszym – sektor SW-W (Urbaniak 1967; Wojtanowicz 1969; Dylikowa 1969; Böse 1991). Zróżnicowanie kierunku wiatru zauważane jest również w ujęciu regionalnym: od NW i W – w zachodniej Europie, przez W – w centralnej, po sektor SW-NW – we wschodniej (Nowaczyk 1986; Böse 1991; Isarin i in 1997).

Drugą grupą uwarunkowań są **warunki lokalne**. Studia na ten temat odnoszą się do trzech aspektów. **Źródło osadów, długość i kierunek transportu eolicznego** określenie są na podstawie relacji cech teksturalnych osadów wydym i ich podłoża. Generalnie wskazuje się na lokalną alimentację, jednak dopuszcza się również zasilanie z dalekiego transportu (Rotnicki 1970, Nowaczyk 1986; Szczypek 1986; Goździk 2007; Klatkowa 1996; Woronko i in. 2015).

Litologia skał podłoża wpływa na: (i) dostępność materiału dla procesów eolicznych w obszarach alimentacyjnych, w tym również poprzez warunkowanie rozwoju wieloletniej zmarzliny (Wojtanowicz 1969; McKenna-Neuman 2004; Seppälä 2004), (ii) różnicowanie typów genetycznych form akumulacyjnych (Wojtanowicz 1969; Urbaniak 1967; Rotnicki 1970; Lancaster 1995; Izmailow 2001), (iii) hamowanie transportu eolicznego (Kozarski 1962; Wojtanowicz 1969; Rotnicki 1970; Nowaczyk 1986).

Wpływ **rzeźby terenu** na przebieg procesów eolicznych wyraża się w: (i) wymuszaniu depozycji piasków eolicznych przez poprzecznie zorientowane formy do przeważającego kierunku transportu (Szczypek 1986; Klatkowa 1996), (ii) istnieniu powierzchni tranzytowych dla transportu piasku (Szczypek 1986; Buraczyński 1996; Klatkowa 1996), (iii) koncentracji i ukierunkowaniu strumienia piaszczystego (Szczypek 1986; Buraczyński 1996).

Przedstawione kluczowe zagadnienia związane ze studiami nad późnowistuliańską akumulacją eoliczną są podstawą do postawienia pytań nad wciąż dyskutowanymi lub dotychczas nie podejmowanymi problemami badawczymi:

- Jaka jest relacja głównej fazy wydymotwórczej do linii maksymalnego zasięgu ostatniego lądolodu (LGM) i klimatycznego gradientu kontynentalnego?

- Jakie uwarunkowania doprowadziły do zakończenia akumulacji lessów i rozpoczęcia akumulacji piaszczystej oraz kiedy nastąpiła inicjalna faza wydmytówcza?
- Co warunkowało zmniejszanie się prędkości wiatru wydmytówczego w coraz to młodszych fazach i jego zróżnicowanie podczas formowania różnych typów wydmy i jaka była najbardziej wydajna prędkość wiatru w procesach wydmytówczych?
- Jakie ośrodki baryczne kształtowały wiatr wydmytówczy i jakie było oddziaływanie zimowego wyżu termicznego we wschodniej Europie w późnym glacie?
- Co determinowało bliski lub daleki transport piasku eolicznego?
- Jaki był wpływ litologii podłoża i warunków geomorfologicznych (w tym m.in. ekspozycji i wielkości zlewni) na czas i tempo degradacji wieloletniej zmarzliny i uwalnianie materiału do transportu eolicznego?
- Czy istnieją litologiczne cechy diagnostyczne dla poszczególnych typów form eolicznych i czy na podstawie wykształcenia formy można określić jej uwarunkowania genetyczne?

Cel, metody i przedmiot opracowania

Celem nadrzędnym opracowania jest określenie uwarunkowań późnovistuliańskiej depozycji eolicznej. Osiągnięcie celu nadrzędnego możliwe było dzięki realizacji celów częściowych, tj.:

- Zrekonstruowaniu środowisk sedymentacyjnych zapisanych w sukcesji fluwialno-eolicznej, tj. określenie źródła, drogi i miejsca depozycji osadów, stylu i dynamiki procesów depozycyjnych, a w tym prędkości i kierunku wiatru, na podstawie kryteriów sedymentologicznych.
- Odtworzeniu zamian warunków termiczno-wilgotnościowych na podstawie charakterystyki struktur kriogenicznych i poziomów gleb kopalnych.
- Określeniu wieku badanych procesów.
- Oszacowaniu skali transportu i depozycji eolicznej w poszczególnych późnovistuliańskich fazach wzmożenia procesów eolicznych.
- Wskazaniu czynników i mechanizmów różnicowania wykształcenia litologicznego osadów eolicznych oraz typów form.
- Określeniu litologicznych cech diagnostycznych dla poszczególnych typów wydmy.
- Analizie wpływu czynników regionalnych (warunków termiczno-wilgotnościowych i aerodynamicznych) oraz lokalnych (litologii skał podłoża, źródła materiału i rzeźby terenu) i implikacji paleogeograficznych w czasie późnego vistulianu i w przestrzeni, w konkretnym etapie ewolucyjnym rozwoju form.

Postawione cele wymagały systematycznej, jednolicie opracowanej procedury badawczej, zastosowanej dla wszystkich badanych stanowisk. W jej skład wchodziły:

1) Badania terenowe, które obejmowały: kartowanie geomorfologiczne form eolicznych, rejestrację struktury i tekstury osadów, pomiary strukturalnych elementów kierunkowych, rejestrację struktur kriogenicznych i poziomów gleb kopalnych, a także pobór próbek do analiz laboratoryjnych i datowań.

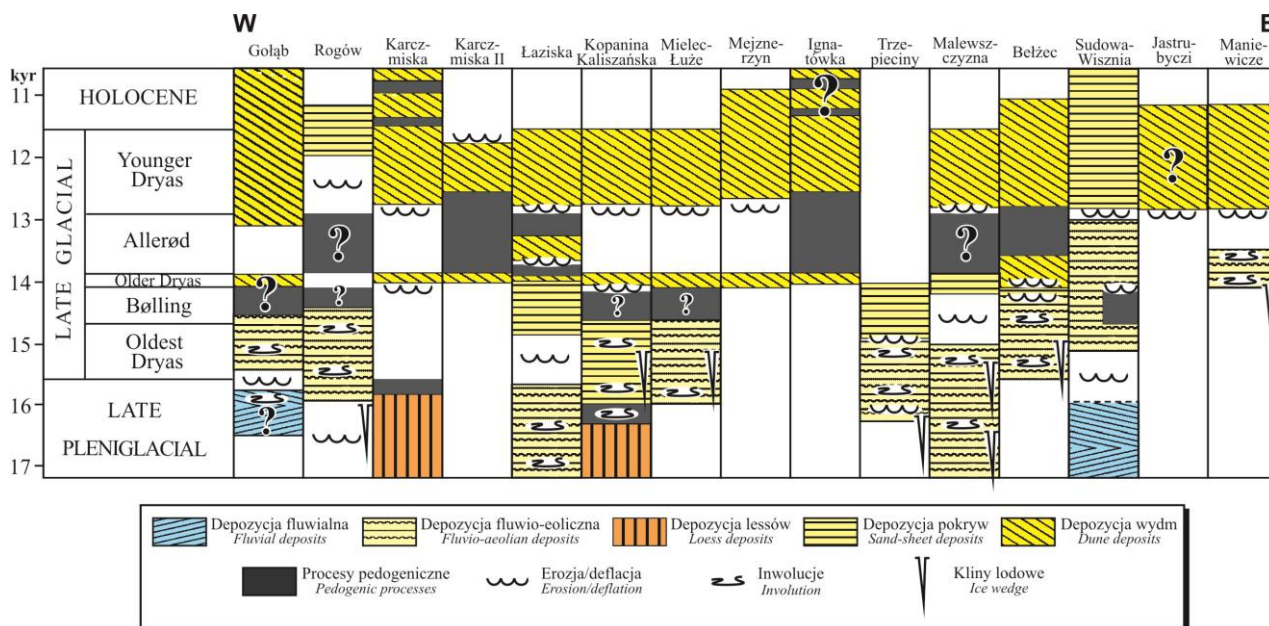
2) Analizy laboratoryjne i opracowania kameralne. Na podstawie zebranego w terenie materiału określono środowiska depozycyjne wg autorskiej koncepcji zastosowania analizy litofacjalnej do badań osadów eolicznych (Zieliński i Issmer 2008) oraz analiz – granulometrycznej (metodą sitową) i morfoskopowej wg modyfikacji Mycielskiej-Dowgiałło i Woronko (1998). Chronologię zdarzeń ustalono na podstawie datowań TL w laboratorium gdańskim, TL i OSL w laboratorium lubelskim i ^{14}C w laboratorium w Poznaniu, Gliwicach i Kijowie. Natomiast materiały z kartowania geomorfologicznego uzupełnione zostały o analizy kartometryczne.

Podstawą opracowania były studia stropowej części (i) fluwialno-eolicznej i (ii) eolicznej – lessowo-piaszczystej sukcesji osadowej, która buduje formy eoliczne ze schyłku ostatniego zlodowacenia. Sukcesje te zostały rozpoznane w 46 stanowiskach. Zlokalizowanych obrębie form eolicznych położonych w środkowej części europejskiego pasa piaszczystego, tj. na obszarze wschodniej części Polski i Ukrainy Zachodniej. Spośród tych stanowisk wytypowano 15 kluczowych – które posłużyły do szczegółowego udokumentowania dyskutowanych zagadnień. Zostały one dobierane tak, by obejmowały podstawowe typy wydymów śródlądowych i pokrywy eoliczne usytuowane w różnej sytuacji:

- 1) hipsometrycznej – w przedziale od 130 do 280 m n.p.m.;
- 2) geologicznej – na podłożu, które tworzą: skały górnokredowe i miocenne oraz czwartorzędowe gliny lodowcowe, piaski i żwiry fluwioglacjalne, piaski rzeczne, lessy i osady lessopodobne, piaski i pyły deluwialne;
- 3) geomorfologicznej – na zrównaniach wierzchowinowych i ich stokach, podstokowych zrównaniach denudacyjnych, terasach nadzalewowych, dnach i stokach suchych dolin erozyjno-denudacyjnych, w dolinkach nieckowatych, na wierzchowinach i stokach płatów lessowych oraz stożkach.

Uzyskane wyniki badań

Studium sedymentologiczne osadów w obrębie fluwialno-eolicznej i eolicznej – lessowo-piaszczystej sukcesji osadowej we wschodniej Polsce i zachodniej Ukrainie wykazało, iż późny vistulian reprezentowany jest przez dwa kompleksy litofacjalne, w których dominujący udział ma depozycja eoliczna. Są to kompleks fluwio-eoliczny i eoliczny (ryc. 1).



Ryc. 1. Zestawienie środowisk depozycyjnych w badanych stanowiskach. Podział stratygraficzny na podstawie Vandenberghe i in. (2013)

Zróznicowanie facjalne kompleksów osadowych budujących formy eoliczne pozwoliło wyróżnić trzy facje osadowe:

- 1) Facja pokryw fluwio-eolicznych. Są to osady dwudzielne, deponowane w różniących się warunkach środowiskowych: (i) rytm pylasto-piaszczysty – piasków o warstwowaniu poziomym i pyłów o laminacji falistej oraz (ii) piaski o warstwowaniu translacyjnym, ze strukturami *cut-and fill* lub przewarstwiane piaskami o strukturze rynnowej i/lub riplemarkowej. Osady deponowane były zazwyczaj w obrębie pokryw nadbudowujących terasy rzeczne, stożki aluwialne lub wypełniając suche doliny.

2) Facja pokryw eolicznych. W obrębie tej facji stwierdzono również wyraźną dwudzielność: (i) rytmity pylasto-piaszczysty, który tworzą piaski o warstwowaniu poziomym lub translacyjnym i pyły o laminacji poziomej lub strukturze masywnej oraz (ii) piaski, przeważnie o warstwowaniu translacyjnym, rzadziej przekątnym tabularnym małej i średniej skali oraz o przekątnym warstwowaniu małokątowym. Obie subfacje deponowane były w obrębie pokryw nadbudowujących najczęściej pokrywy fluwio-eoliczne, jak również osady deluwialne, gliny lodowcowe, lessy, skały węglanowe. Tworzą one samodzielne formy lub dolne ogniwa profilów osadowych w wydmach.

3) Facja wydymowa. W zależności od typu genetycznego formy, są to:

- Piaski o przekątnym warstwowaniu dużokątowym, typowym dla ruchomych wydym poprzecznych, łukowych lub czoł wydym parabolicznych. Wykształcenie dominującej i udział akcesorycznych litofacji znacząco się różni w obrębie poszczególnych typów wydym – w formach poprzecznych w stosunku do łukowych i parabolicznych zmniejsza się rozciągłość pozioma foresetów, zaś rośnie udział piasków drobnoziarnistych i pylastych o delikatnej laminacji lub strukturze masywnej, które przewarstwiają foresety. W spągu foresety zazębiają się z litofacjami riplemarków wstępujących, związanych z prądem wstecznym.
- Piaski o warstwowaniu translacyjnym, przekątnym warstwowaniu tabularnym w części dowietrznej i dużokątowym warstwowaniu nachylonym w części zawietrznej – charakteryzują stacjonarne wydmy łukowe i paraboliczne.
- Piaski o przekątnym warstwowaniu tabularnym, z możliwością występowania w spągu wcześniej wymienionych subfacji – tworzą wydmy podłużne.

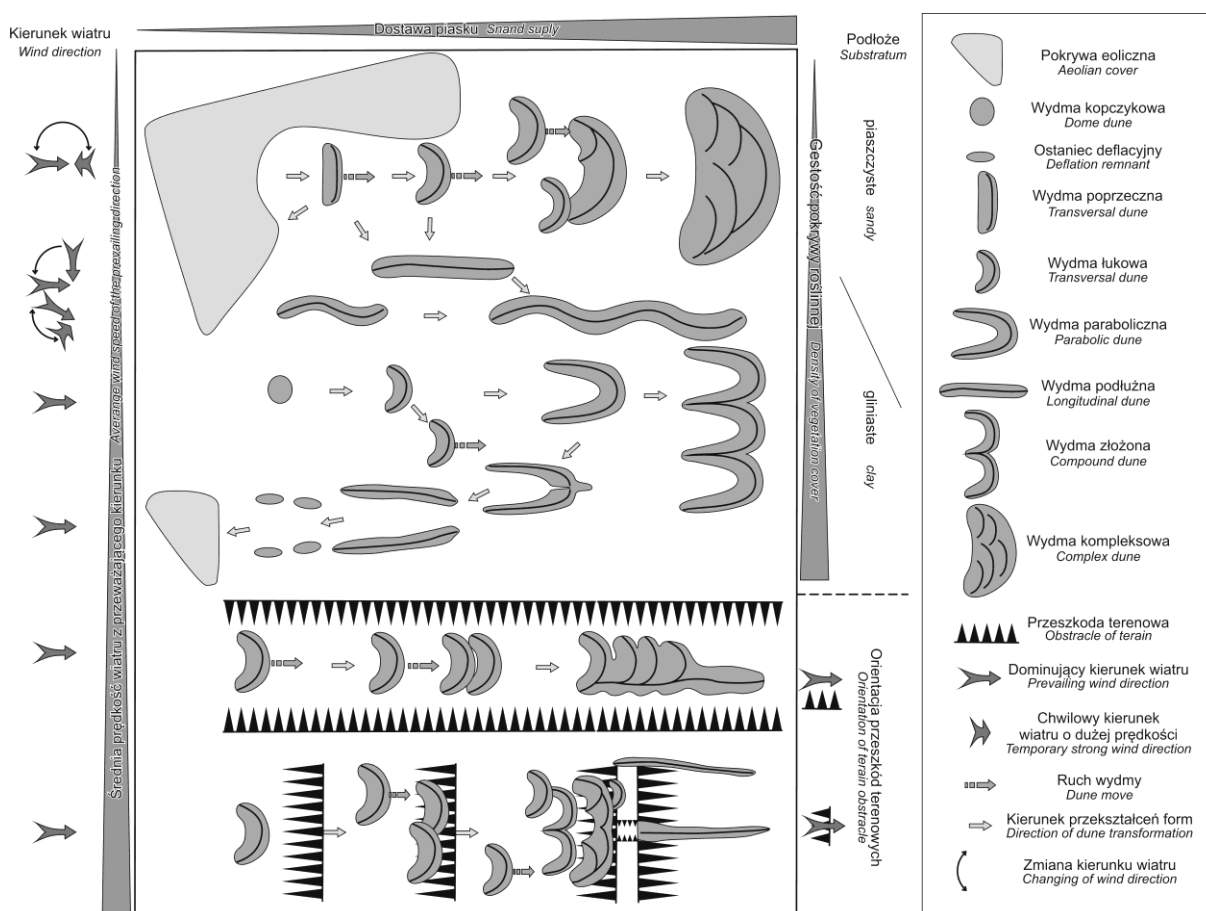
Wymienione cechy litofacjalne mogą być diagnostyczne dla poszczególnych typów genetycznych wydym.

Głównym czynnikiem warunkującym cechy litologiczne badanych osadów były zmiany warunków regionalnych w czasie. Szczególne znaczenie wydają się mieć zmiany termiczno-wilgotnościowe, które wpływały na występowanie i charakter zmarzliny oraz wielkość opadu śniegu (lub deszczu) i długość zalegania pokrywy śnieżnej. Czynniki te z jednej strony kontrolowały deflację, a z drugiej warunkowały styl depozycji. Zmarzlina sprzyjała depozycji piaszczysto-pylastej, zaś pokrywa śnieżna – możliwość i wielkość występowania przepływów (w okresie jej tajania), redeponujących materiał eoliczny. Przepływy te były również w istotny sposób warunkowane wielkością drenażu, na co główny wpływ miała zmarzlina – permanentna lub sezonowa.

Degradacja zmarzliny umożliwiła dużą dostawę materiału piaszczystego, co skutkowało wzrostem jednorodności deponowanego materiału, powstaniem wydym i eolicznych pokryw piaszczystych. W tym przypadku różnicowanie litologiczne piasków eolicznych uzależnione było od warunków aerodynamicznych, w tym w szczególności od prędkości wiatru. Materiał piaszczysty deponowany był przy prędkości wiatru od 4 do 18 m/s. Stopniowo wzrastająca prędkość w podanym zakresie umożliwia w idealnych warunkach powstanie następującej sukcesji litofacji: $Src \rightarrow Src(T) \rightarrow Sp \rightarrow Sl \rightarrow Sh \rightarrow SGl$. Zachowanie podanej pełnej sukcesji było niemożliwe z uwagi na fakt, iż powyżej prędkości 18 m/s występowała wyłącznie deflacja. Jej zapisem w profilu osadowym są powierzchnie deflacyjne lub litofacje Se, a przy długotrwałym występowaniu tego procesu – poziomy zeolizowanego bruku.

Pokrywa śnieżna sprzyjała również akumulacji na jej powierzchni. Odzwierciedla się to w zapisie litologicznym, w postaci niweo-eolicznych piasków i pyłów o strukturze masywnej lub rytmity piasków poziomo warstwowanych i pyłów o strukturze masywnej lub poziomej laminacji, pociętych siecią uskoków lub w postaci zrotowanych pakietów osadowych. Są to przewarstwienia w obrębie pokryw i zawietrznych struktur wydym.

Najpowszechniejszymi formami w obrębie EPP są pokrywy eoliczne i wydmy paraboliczne/łukowe w postaci pierwotnej lub form elementarnych budujących wydmy złożone, bądź kompleksowe. Różnicowanie tych dwóch najbardziej powszechnych form determinowane było zarówno czynnikami (i) regionalnymi – głównie warunkami termiczno-wilgotnościowymi, wynikającej z tych warunków gęstością pokrywy roślinnej i prędkością wiatru oraz (ii) lokalnymi – dostępnością materiału w obszarach alimentacyjnych, litologią osadów w strefie akumulacji i występowaniem przeszkód terenowych. Pokrywy powstawały w surowych warunkach, ze zmarzliną permanentną lub sezonową, bez udziału roślinności i bez przeszkód terenowych na drodze materiału lub przy ograniczonej jego dostawie, w wyniku rozwiewania ruchomych wydym. Natomiast wydmy paraboliczne i łukowe – przy dużej dostawie materiału piaszczystego i udziale roślinności (ryc. 2).



Ryc. 2. Klasyfikacja genetyczna śródlądowych form eolicznych w odniesieniu do uwarunkowań. Pozostałe objaśnienia w tekście

Udział w budowie pól wydmy różnych typów wydym związany był ze zróżnicowanymi czynnikami lokalnymi – litologią podłoża i rzeźbą terenu i dodatkowo z warunkami aerodynamicznymi, w tym w szczególności kierunkiem wiatru (ryc. 2):

- Na powstanie wydym poprzecznych znaczący wpływ miały miększe i zdrenowane pokrywy piaszczyste bez pokrywy roślinnej i średniej prędkości wiatr z jednego dominującego kierunku, z możliwością okresowej jego zmiany o 180°.
- Wydym łukowym i parabolicznym sprzyjało pylaste lub gliniaste, słabo zdrenowane podłoża i istnienie pokrywy roślinnej oraz wiatr z jednego kierunku o średniej i dużej prędkości.
- Formy podłużne warunkowane były zasadniczo dwoma zespołami czynników. W pierwszym przypadku powstanie tych form związane było z rozwiewaniem czoła

wydm parabolicznych, na skutek spadku dostawy materiału piaszczystego, wzrostu gęstości pokrywy roślinnej i/lub wzrostu prędkości jednokierunkowego wiatru. W drugim – powstały one przy dużej dostawie materiału i zmiennego, dwukierunkowego wiatru z wąskiego sektora 90-130°; wiatr z dominującego kierunku miał średnią prędkość, zaś z drugiego miał mniejszą frekwencję i dużą prędkość. W tym przypadku mogły one powstać z przekształcenia formy poprzecznej s.l.

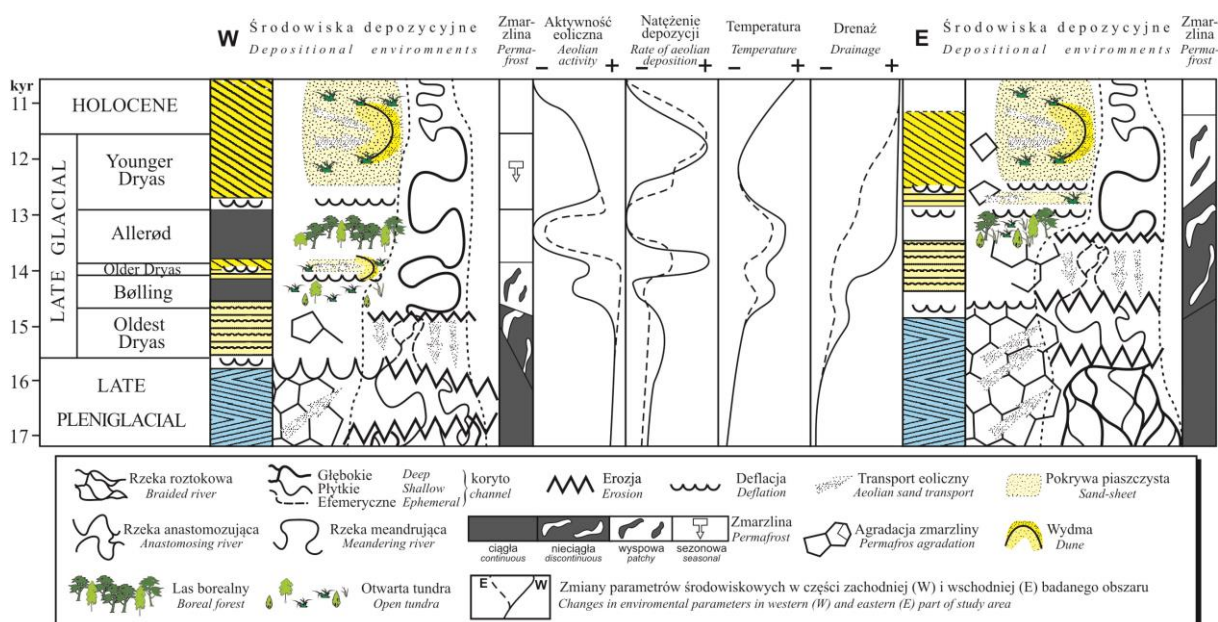
- Natomiast wydmy złożone determinowane były przez wzrastającą dostawę materiału piaszczystego. Gęstość szaty roślinnej i ukierunkowanie form terenu wpływały na charakter wydmy złożonych (grzędy podłużne, poprzeczne lub kompleksowe wydmy paraboliczne), jak i tworzących ją form elementarnych (poprzeczne, łukowe lub paraboliczne).

Warunkowana zmianami termiczno-wilgotnościowymi późnovistuliańska sedimentacja eoliczna składała się z trzech faz, różniących się charakterem procesów i typem form; wyraźne różnice czytelne są również w ujęciu regionalnym (ryc. 3). W części zachodniej badanego obszaru:

1) w fazie wstępnej, datowanej na najstarszy dryas, dominowały procesy transportu nad akumulacją, a transport eoliczny przerywany był przez okresowe przepływy; ich następstwem był rozwój pokryw fluwio-eolicznych; natomiast na wysoczyznach, w szczególności lessowych, zdecydowanie dominował transport eoliczny, co skutkowało depozycją pokryw piaszczysto-pylastych;

2) w fazie zasadniczej, w starszym dryasie, największe znaczenie miała eoliczna akumulacja osadów, początkowo w postaci pokryw piaszczysto-pylastych i piaszczystych, następnie niewielkich wydmy ruchomych, a w końcu dużych stacjonarnych wydmy parabolicznych, złożonych i kompleksowych;

3) w fazie dojrzałości – przekształcania wydmy, z młodszego dryasu, dominowały: (i) procesy deflacji, wyrażone redukcją czoła wydmy parabolicznych, reorientacją form i w konsekwencji powstaniem wydmy podłużnych, przemieszczeniem się niewielkich wydmy poprzecznych i łukowych oraz (ii) redepozycji materiału w obrębie wydmy złożonych i kompleksowych, prowadzące do ich homogenizacji.



Ryc. 3. Zestawienie modeli środowiskowych zachodniej i wschodniej części terenu badań. Pozostałe objaśnienia na ryc. 1 i w tekście

We wschodniej części badanego obszaru:

1) faza wstępna przypadała na najstarszy i starszy dryas; początkowo transportowane eolicznie osady deponowane były głównie w dolinach rzek roztokowych i wchodziły w skład aluwii, później materiał był deponowany w formie pokryw fluwio-eolicznych; nie można wykluczyć, iż procesy te rozgrywały się również w bøllingu;

2) faza zasadnicza przypadała na młodszy dryas; akumulowane były początkowo pokrywy eoliczne, a następnie wydmy; w wyniku sukcesji szaty roślinnej skutkującej ograniczeniem dostępności materiału do transportu następowało lokalne rozwiewanie form; w korzystniejszych dla procesów eolicznych warunkach powstawały formy złożone; faza przekształcania form mogła być kontynuowana we wczesnym holocenie.

Warunki aerodynamiczne również wykazywały wiekowe i przestrzenne zróżnicowanie. Późnovistulianska akumulacja osadów eolicznych odbywała się przy średniej prędkości wiatru, przy czym w najstarszym i w starszym dryasie częściej notowana była duża prędkość, niż w młodszy. Jednocześnie większa prędkość przypadała na okres zimowy w stosunku do letniego. Odnośnie zmian przestrzennych – w kierunku zachodnim nieznacznie zaznaczała się tendencja wzrostowa.

Zmiany kierunku wiatru wydmotwórczego odbywały się także w rytmie długookresowym i sezonowym oraz w wymiarze przestrzennym. W najstarszym dryasie dominował początkowo wiatr z NE, a następnie z NW. W starszym dryasie notowany był początkowo wiatr z NW, a następnie z W; przy dominacji wiatru zachodniego zaznacza się również okresowa jego zmiana, połączona ze wzrostem prędkości – w części północnej na kierunek NW, zaś w południowej na SE; we wschodniej części badanego obszaru rośnie udział wiatru z sektora wschodniego. Młodszy dryas charakteryzował się cyklicznie (sezonowo) zmieniającym się kierunkiem wiatru z powtarzających się sektorów, tj. z NW-WNW – wiatr o średniej prędkości i dłużej utrzymujący się oraz z SW-WSW – krótkotrwały o dużej prędkości; w części wschodniej średniej prędkości wiatr miał przeważnie kierunek od W po SW, zaś silny od S po E.

Przestrzenne zmiany warunków związane są głównie z kontynentalnym gradientem klimatycznym. Gradient ten przejawia się w późniejszej degradacji wieloletniej zmarzliny w części wschodniej badanego obszaru (ryc. 3). Sytuację tą dokumentuje młodszy wiek struktur kriogenicznych w stosunku do analogów w zachodniej części oraz interwał depozycji pokryw fluwio-eolicznych, które są indykatorem początku degradacji zmarzliny. Depozycja tych pokryw w części wschodniej rozpoczęła się pod koniec starszego dryasu lub w bøllingu, a skończyła przed allerødem. Ponadto wskaźnikiem surowych warunków są eoliczne pokrywy piaszczysto-pylaste, które w części wschodniej mają wiek młodszego dryasu, czyli ich akumulacja również nastąpiła później.

Wskaźnikiem kontynentalizmu może również być oddziaływanie wschodnioeuropejskiego wyżu termicznego, który wpływał na powstanie wiatru z sektora wschodniego. Udział wiatru z tego sektora rośnie w kierunku wschodnim badanego obszaru. Ponadto cyrkulacja wschodnia wpływa na spadek wilgotności klimatu, a to pośrednio indukuje rozwój procesów eolicznych. Zapis intensywności tych procesów wyraża stopień eolizacji osadów w tym w szczególności zawartość ziaren okrągłych matowych (najdłużej przebywających w środowisku eolicznym), a wartość ta rośnie we wschodnich stanowiskach terenu badań.

Do najważniejszych osiągnięć przedstawionych w pracy zaliczam:

- Zaadaptowanie analizy litofacjalnej do badań osadów eolicznych.
- Ustalenie odmian facjalnych osadów eolicznych oraz rewizja litostratygrafii późnego vistulianu i porównania jej z zachodnioeuropejską (klasyczną) litostratygrafią tego okresu.
- Określenie litofacjalnych cech diagnostycznych dla form eolicznych.
- Opracowanie modeli depozycyjno-środowiskowych dla poszczególnych form eolicznych.

- Wskazanie znaczenia regionalnych i lokalnych uwarunkowań późnovistuliańskiej depozycji eolicznej i rozwoju form.

Znaczenie aplikacyjne

W ostatnich latach obserwowany jest wzrost zainteresowania strefą peryglacjalną w odniesieniu do współczesnej degradacji wieloletniej zmarzliny i jej prognozowania. Niezwykle pomocne w poznaniu uwarunkowań, tempa i mechanizmów jej degradacji jest rozpoznanie strefy peryglacjalnej ostatniego zlodowacenia. Kluczową rolę w tej kwestii odgrywają gwałtowne zmiany klimatyczne podczas późnego glacjału. W tym kontekście moja praca może wpisywać się w nurt dyskusji dotyczącej rekonstrukcji paleośrodowiskowych, w tym paleoklimatycznych.

Rozpoznanie uwarunkowań regionalnych i lokalnych późnovistuliańskiej depozycji eolicznej pozwala zweryfikować wiedzę o warunkach środowiska tego okresu uzyskaną w wyniku badań innych środowisk depozycyjnych lub/i przy zastosowaniu odmiennych metod i procedur badawczych. Moje wyniki pozwoliły na scharakteryzowanie wskaźników określonych cech środowiska w postaci eolicznych facji osadowych (w tym głównie osadów fluwio-eolicznych) oraz określonych typów wydym (np. śródlądowych wydym podłużnych).

Odtworzone przeze mnie późnovistuliańskie zmiany warunków aerodynamicznych w środkowej części europejskiego pasa piaszczystego uzupełniają bazy danych, które umożliwiają weryfikację modeli cyrkulacji atmosferycznej (ECHAM-3 i ECHAM-4) stosowanych dla tego okresu. A udokumentowanie cyklicznych zmian prędkości i kierunku wiatru pozwala na określenie znaczenia blokujących ośrodków barycznych (np. wschodnioeuropejskiego wyżu termicznego), dotychczas słabo rozpoznanych i nie uwzględnianych w tych modelach.

Zgromadzenie takiego materiału możliwe było dzięki opracowaniu i weryfikacji jednolitej procedury badawczej zastosowanej do wszystkich stanowisk, w tym w szczególności adaptacji analizy litofacjalnej do badań środowiska eolicznego. Pozwala to na bardziej szczegółowe rozpoznanie zmian środowiska zapisanego w profilach osadów eolicznych.

Cytowana literatura

- Böse, M., 1991. A palaeoclimatic interpretation of frost-wedge casts and Aeolian sand deposits in the lowlands between Rhine and Vistula in the Upper Pleniglacial and Late Glacial. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Supplementband*, 90; 15-28.
- Buraczyński J., 1996. Wpływ rzeźby na rozwój wydym na Roztoczu. (w:) *Współczesne oraz kopalne zjawiska i formy eoliczne, wybrane zagadnienia*. Sosnowiec; 28-38.
- Dylikowa A., 1969. Problematyka wydym śródlądowych w świetle badań strukturalnych. (w:) Galon R. (red.) *Procesy i formy wydymowe w Polsce*, IG PAN, 75; 39-74
- Goździk, J., 2007. The Vistulian aeolian succession in central Poland. *Sedimentary Geology*, 193; 211-220.
- Isarin, R.F.B., Renssen, H. and Koster, E.A. 1997. Surface wind climate during the Younger Dryas in Europe as inferred from Aeolian records and model simulations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134; 127-48.
- Izmailow B., 2001. Typy wydym śródlądowych w świetle badań struktury i tekstury ich osadów (na przykładzie dorzecza górnej Wisły). Wyd. UJ, Kraków; 282pp.
- Kasse C., 2002. Sandy aeolian deposits and environments and their relation to climate during the Last Glacial Maximum and Lateglacial in northwest and Central Europe. *Progress in Physical Geography*, 26; 507-532.
- Kasse C., Vandenberghe D., De Corte F., Van Den Haute P., 2007. Late Weichselian fluvi-aeolian sands and coversands of the type locality Grubbenvorst (southern Netherlands): sedimentary environments, climate record and age. *Journal of Quaternary Science*, 22; 695-708.

- Neuman C., 2004. Effect of temperature and humidity upon the transport of sedimentary particles by wind. *Sedimentology* 51; 1-17
- Klatkova H., 1996. Uwagi o relacji między seriami eolicznymi a ich podłożem w środkowej Polsce. (w:) *Współczesne oraz kopalne zjawiska i formy eoliczne, wybrane zagadnienia*. Sosnowiec; 65-75.
- Kozarski S., 1962. Wydmy w Pradolinie Noteci koło Czarnkowa. *Badania fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 9, Poznań; 37-60.
- Krajewski K., 1977. Późnoplejstocénskie i holocénskie procesy wydmywórcze w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej w widłach Warty i Neru. *Acta Geographica Lodziensia*, 39; 87pp.
- Lancaster N., 1995. *Geomorphology of desert dunes*. Routledge, London-New York; 290pp.
- Manikowska B., 1995. Aeolian activity differentiation in the area of Poland during the period 20-8 ka BP. *Biuletyn Peryglacjalny*, 34; 125-165.
- McKenna-Neuman C., 2004. Effect of temperature and humidity upon the transport of sedimentary particles by wind. *Sedimentology* 51; 1-17
- Nowaczyk B., 1986. Wiek wydym, ich cechy granulometryczne i strukturalne a schemat cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w późnym wistulianie i holocenie. *Seria Geografia*, 28, Wyd. Naukowe UAM, Poznań; 245pp.
- Pernarowski L., 1959. O procesie sortowania piasków eolicznych na przykładzie wydym okolic Rzędzowa. *Czasopismo Geograficzne*, 30; 33-60.
- Rotnicki K., 1970. Główne problemy wydym śródlądowych w Polsce w świetle badań wydym w Węglewicach. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej, PTPN*, 11, 2: 146pp.
- Seppälä M., 2004. *Wind as a geomorphic agent in cold climates*. Cambridge University Press; 358pp.
- Urbaniak U., 1967. Wydmy Kotliny Płockiej. *Prace Geograficzne IG PAN*, 61; 79pp.
- Vandenberghe D.A.G., Derese C., Kasse C., Van den Haute P., 2013. Late Weichselian (fluvio-)aeolian sediments and Holocene drift-sands of the classic type locality in Twente (E Netherlands): a high-resolution dating study using optically stimulated luminescence. *Quaternary Science Reviews*, 68; 96-113
- Wojtanowicz J., 1969. Typy genetyczne wydym Niziny Sandomierskiej. *Annales UMCS, B*, 24; 1-45.
- Woronko B., Zieliński P., Sokołowski R.J., 2015. Climate evolution during the Pleniglacial and Late Glacial as recorded in quartz grain morphoscopy of fluvial to aeolian successions of the European Sand Belt. *Geologos*, 21; 89-103.
- Zieliński P. i Issmer K., 2008. Propozycja kodu genetycznego osadów środowiska eolicznego. *Przegląd Geologiczny*, 51, 1; 67-72.
- Zieliński, P., Sokołowski, R.J., Woronko, B., Jankowski, M., Fedorowicz, S., Zaleski, I., Molodkov, A., Weckwerth, P., 2015. The depositional conditions of the fluvioaeolian succession during the last climate minimum based on the examples from Poland and NW Ukraine. *Quaternary International*, 386; 30-41.

II. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Pozostałe osiągnięcia badawcze są związane z paleogeografią i stratyografią czwartorzędu. Dominuje moje podstawowe zainteresowanie – mechanizm sedymentacji osadów eolicznych. W ramach studiów nad tym zagadnieniem doskonałem metodę analizy litofacjalnej osadów eolicznych, dyskutowałem zagadnienie klasyfikacji form oraz wykonywałem rekonstrukcje aerodynamiczne na przełomie plejstocenu i holocenu. Ponadto moja praca naukowa obejmowała studia sedymentologiczne nad fluwialno-eoliczną sukcesją osadową oraz zapisem wieloletniej zmarzliny w osadach. Przyniosły one opracowania rekonstrukcji warunków środowiska, w tym w szczególności zmiany warunków klimatycznych w cyklach glacialno-interglacialnych. Pozwoliły również na wdrażanie nowych procedur badawczych oraz wykorzystywanie ich w opracowaniach multidyscyplinarnych. Wyniki publikowałem samodzielnie lub jako współautor w czasopiśmie i monografiach naukowych lub w doniesieniach konferencyjnych, a także w postaci referatów i posterów na konferencjach (szczegółowy spis w załączniku nr 3).

1. Mechanizm sedymentacji osadów eolicznych

a) Klasyfikacja form eolicznych

Podjęta w początkowym okresie mojej pracy naukowo-badawczej problematyka uwarunkowań depozycji osadów eolicznych na podstawie analizy sedymentologicznej, skłoniła mnie do podjęcia dyskusji nad klasyfikacją form eolicznych. Wśród kryteriów ich podziału dominuje kształt, relacja do przeważającego kierunku wiatru i stan dynamiczny. Dokonany na tej podstawie podział ogranicza się jedynie do form aktywnych, a jedynie pierwsze kryterium również do form utrwalonych. Natomiast klasyfikacja strukturalna odnosi się głównie do form utrwalonych, z wyraźnie czytelnym kształtem pierwotnej formy.

Przyjęte przeze mnie kryterium struktury osadów budujących formy pozwoliło na odniesienie podziału nie tylko do form utrwalonych, lecz również do kopalnych, których obecny kształt jest zatarty. Na tej podstawie podzieliłem wydmy na formy (i) monochroniczne, czyli takie, które powstają w jednej fazie wydymotwórczej i (ii) diachroniczne, mogące powstawać w dwu lub więcej fazach. Formy w tych dwu grupach podzieliłem dodatkowo na stacjonarne i ruchome. Podział ten pokazuje również możliwość zmian w dynamice rozwoju poszczególnych form.

Zaproponowany podział pomija kryterium kształtu formy. Efektem tego wydmy podłużne, w moim podziale, znalazły się w różnych grupach. Zróżnicowanie strukturalne śródlądowych form podłużnych skłoniło mnie do bardziej szczegółowej dyskusji nad ich genezą. Zestawienie ich budowy i konfrontacja z literaturą problemu umożliwiła wskazanie pięciu typów ich rozwoju. Takie rozpoznanie sprawiło, że formy te mogą być doskonałym indykatorem w rekonstruowaniu późnoglacialnych warunków środowiska. Zagadnienie to wykorzystałem i rozwinąłem w osiągnięciu habilitacyjnym.

Publikacje z tego zakresu:

- Zieliński P., 2003: Formation conditions of inland longitudinal dunes as derived from the investigations in the western part of the Lublin Upland. *Landform Analysis*, 4; 67-73.
- Zieliński P., 2004: Modele rozwoju wydym w Zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. (w:) Wojtanowicz J. (red.) *Formy i osady eoliczne*, SGP, Poznań; 77-84.

b) Późnovistuliańskie warunki aerodynamiczne

Podjęta przeze mnie problematyka dotycząca wydym śródlądowych oraz rozwój nowych procedur badawczych pozwoliły na dyskusję nad warunkami aerodynamicznymi na przełomie plejstocenu i holocenu. W literaturze problemu zagadnienie to poruszane było w kontekście odtworzenia prędkości i kierunku wiatru wydymotwórczego.

Moje badania skupiły się głównie na szczegółowej rekonstrukcji zmian kierunku wiatru wydymotwórczego w czasie akumulacji wydym. Dokumentowany zapis w profilu osadowym odnosi się do zmian (i) chwilowych – w związku z pogłębianiem się i wypełnianiem niżu, (ii) sezonowych – związanych z formowaniem się ośrodków barycznych typowych dla danej pory roku oraz (iii) fazowych – będących następstwem globalnej przebudowy cyrkulacji atmosferycznej na przełomie vistulianu i holocenu. Określenie rangi poszczególnych zmian kierunku możliwe jest przy jego porównaniach w obrębie stanowisk położonych w jednym lub sąsiadujących ze sobą regionach.

Drugi parametr wiatru – prędkość jest zdecydowanie trudniejszy do określenia. W literaturze zazwyczaj podawana jest minimalna prędkość, która może doprowadzić do transportu określonej wielkości frakcji osadów budujących badane wydmy. Natomiast zastosowana przeze mnie analiza litofacjalna daje możliwość do szczegółowej analizy faktycznej prędkości wiatru, na podstawie cech litologicznych różnych form depozycyjnych, adekwatnych do określonej prędkości wiatru. W swoich opracowaniach skupiłem się nad litologicznym zapisem tych zmian, co daje możliwość oszacowania udziału i pozwala

dyskutować nad znaczeniem wiatru o różnej prędkości (głównie o średniej i dużej) w piaszczystej depozycji eolicznej.

Publikacje z tego zakresu:

- Zieliński P., 2006: Porównanie warunków depozycji późnovistuliańskich piasków eolicznych w Kotlinie Chodelskiej i na Wysoczyźnie Lubartowskiej. (w:) Nowaczyk B. (red.) Morfologiczne i sedimentologiczne skutki działalności wiatru, SGP, Poznań; 85-95.
- Zieliński P., Fedorowicz S., Zaleski I., 2008. Conditions and age of aeolian sand deposition in the Volhynian Polesie (Ukraine). *Geologija*, 50, 3; 188-200.
- Zieliński P., Semeniuk I., 2008: Strukturalny zapis procesów akumulacyjno-deflacyjnych w wydmy wałowej we wschodniej części Kotliny Sandomierskiej (Ukraina). *Annales UMCS, B*, vol. 63; 166-174.
- Zieliński P., 2009: Udział silnego wiatru w kształtowaniu późnovistuliańskich form eolicznych na przykładzie wschodniej Polski i zachodniej Ukrainy. (w:) Dulias R., Pełka-Gościński J., Rahmanowa O. (red.) Ekosystemy piaszczyste i człowiek. *Prace Wydz. Nauk o Ziemi UŚ nr 58*, Sosnowiec; 177-185.

c) Rozwój wydym nadmorskich jako zapis zmian warunków klimatycznych w holocen

Wśród moich zainteresowań badawczych znajdują się również wydmy nadmorskie. W literaturze problem ten poruszany jest przy okazji genezy barier mierzejowych. Zauważono cykliczny przyrost kolejnych ciągów wydym przednich w ich obrębie. Okresy wzmożonej akumulacji dokumentowane są trzema strefami wydym: brązowych, żółtych i białych. Rosnąca baza datowań radiowęglowych i luminescencyjnych wskazuje na bardziej złożony mechanizm kształtowania mierzei – większą ilość epizodów eolicznych. Wzrost natężenia procesów eolicznych jest korelowane ze zmianami poziomu Morza Bałtyckiego, będącego następstwem fluktuacji klimatycznych młodszego holocenu.

Podjęte badania w środkowej części Mierzei Wiślanej pozwoliły udokumentować cztery fazy wzmożonej działalności wiatru, zapisanego kolejnymi ciągami wydym nadmorskich. Przyczynami uruchomienia procesów akumulacji są: (i) obniżanie poziomu morza, połączone ze wzrostem frekwencji wiatru sztormowego, co można łączyć ze wstępnymi fazami ochłodzeń typu małych epok lodowcowych oraz (ii) podnoszenie się poziomu morza, łączonego zazwyczaj z ciepłym okresem holocenu. W drugim przypadku można to tłumaczyć wzrostem antropopresji.

Publikacje z tego zakresu:

- Fedorowicz S., Zieliński P., Wysiecka G., Hołub B., 2012. Phases of aeolian accumulation on the Vistula Spit (Southern Baltic Sea) in the light of TL dating and analysis of digital elevation model. *Geological Quarterly*, 56, 2:345-352.

2. Zapis zmian środowisk sedimentacyjnych w cyklu glacialno-interglacialnym

Analiza sedimentologiczna odgrywa bardzo ważną rolę w interpretacjach paleośrodowiskowych czwartorzędu. Daje bowiem możliwość dokumentacji zmian klimatycznych w cyklach glacialno-interglacialnych. Badania w tym zakresie obejmowały różne środowiska depozycyjne (eoliczne, fluwialne, fluwio-eoliczne i fluwio-glacialne) w różnych zakresach czasowych.

a) Procesy depozycyjne w vistuliańskiej strefie peryglacialnej

Dziedzina peryglacialna jest indykatorem fluktuacji klimatycznych w zimnych okresach plejstocenu, których najbardziej spektakularnym zapisem są awanse i recesje

ładolodu, znakomicie czytelne w strefie terminoglacjalnej. W dystalnej części strefy peryglacjalnej najlepiej opisane są w sekwencjach lessowo-glebowych, tj. w obrębie pasa lessowego. Natomiast w pasie piaszczystym dominowała sedymентация fluwialna i eoliczna. Gwałtowna poprawa warunków klimatycznych u schyłku ostatniego zlodowacenia przyniosła wyraźne przekształcenie środowisk sedymencyjnych w tym pasie. Ich zapisem jest sukcesja fluwialno-eoliczna.

W czasie pessimum klimatycznego doliny rzeczne funkcjonowały w warunkach występowania ciągłej zmarzliny. Kształtowane były przez piaszczytodenne rzeki roztokowe, z typowym dla nich układem subśrodowisk – (i) głębokiego koryta, z migrującymi trójwymiarowymi megariplemarkami oraz (ii) płycizn śródkortytowych, w postaci progradujących odsypów poprzecznych. Stopniowa degradacja zmarzliny przyczyniła się do zmniejszenia znaczenia depozycji fluwialnej w postaci epizodycznych zalewów warstwowych (w obrębie równi zalewowej) na korzyść depozycji eolicznej. Dalsze zmiany warunków środowiska doprowadziły do rytmicznej, naprzemiennej depozycji fluwialnej i eolicznej, powodującej często redepozycję materiału. Proces ten doprowadził do powstania pokryw fluwio-eolicznych. Ostatnim etapem tych zmian była stosunkowo krótkotrwała akumulacja eoliczna piaszczystych form – wydmy i pokrywy.

Rozpoznane i opisane podczas badań tej sukcesji osady fluwio-eoliczne dają możliwość charakterystyki zmian w dziedzinie peryglacjalnej, a w szczególności uchwycenia początku degradacji permafrostu, nawet bez czytelnych struktur kriogenicznych. Bardziej szczegółowy opis i możliwości interpretacyjne tych osadów, w odniesieniu do późnego vistulianu, zostały przedstawione w osiągnięciu habilitacyjnym.

Publikacje z tego zakresu:

- **Zieliński P.**, Fedorowicz S., Zaleski I., 2009: Sedimentary succession in Berezhno in the Volhynia Polesie (Ukraine) as an example of depositional environment changes in the periglacial zone at the turn of the Vistulian and the Holocene. *Geologija*, 51, 3-4; 97-108.
- **Zieliński P.**, Sokołowski R., Fedorowicz S., Jankowski M., 2011: Stratigraphic position of fluvial and aeolian deposits in the Żabinko site (W Poland) based on TL dating. *Geochronometria*, 38, 1; 64-71.
- **Zieliński P.**, Sokołowski R.J., Woronko B., Jankowski M., Fedorowicz S., Zaleski I., Molodkov A., Weckwerth P., 2015. The depositional conditions of the fluvio-aeolian succession during the last climate minimum based on the examples from Poland and NW Ukraine, *Quaternary International* 386, 30-41.
- **Zieliński P.**, Sokolowski R.J., Woronko B., Fedorowicz, S., Jankowski M., Standzikowski K., 2016. Sandy deposition in a small dry valley in periglacial zone of the Last Glacial Maximum - a case study from the Józefów site, SE Poland. *Quaternary International*, 399; 58-71.
- **Zieliński P.**, Sokolowski R.J., Fedorowicz, S., Woronko B., Hołub B., Jankowski M., Kuc M., Tracz M., 2016. Deposition conditions on alluvial fan at the turn of Weichselian and Holocene – case study: Żmigród Basin (SW Poland). *Geologos*, 22; 105-120.

b) Rekonstrukcje przekształcania koryta rzeczno-glacjalno-interglacjalnym

Zmiany rozwinięcia koryta rzeczno-glacjalnego są następstwem zmian klimatycznych. Wynikają one z transformacji reżimu rzek, kontrolowanych przez wahania termiczne. Przejście z ostatniego zimnego do ciepłego okresu zapisane jest w rzeźbie terenu w postaci poziomów terasowych i śladów wykształcenia koryta. Natomiast aluwia starszych okresów są zazwyczaj w postaci kopalnej. Wydaje się kwestią zasadniczą zdefiniowanie osadów rzecznych charakterystycznych dla ciepłego okresu w konfrontacji z osadami okresów zimnych i wskazanie diagnostycznych cech litologicznych.

W prezentowanym dorobku naukowym problem ten dyskutowany był w dwóch horyzontach czasowych. Pierwszy odnosił się do ocieplenia podczas ostatniego zlodowacenia, zaś drugi do 12 i 11 stadium izotopowo-tlenowego. W zimnym klimacie (w glacialach) rozwijały się pro- lub ekstraglacialne, agradujące rzeki roztokowe. Charakteryzowały się typowym dla tego klimatu reżimem – glacialnym lub niwalnym. Były to rzeki o małej krętości, z szerokimi korytami ograniczonymi zboczami doliny, z licznymi kanałami oraz wysokoenergetycznymi wezbraniami ablacyjnymi w rzekach proglacialnych lub związanymi z wiosennym wytapianiem pokrywy śnieżnej w rzekach ekstraglacialnych. W zapisie litologicznym różnice między tymi rzekami widoczne są głównie w cechach morfoskopowych ziaren kwarcu; w rzekach ekstraglacialnych dominują ziarna o matowej powierzchni.

Stopniowa poprawa warunków klimatycznych doprowadziła do deglacjacji, co skutkowało obniżaniem bazy erozyjnej. Efektem była transformacja systemów fluwialnych. Był to krótkotrwały epizod, w którym degradacja aluwiiów przeważała nad agradacją. Wzór koryta ewoluował w kierunku bardziej krętego; w obszarach proglacialnych – w koryto błędzące, zaś ekstraglacialnych w system anastomozujący. W obu przypadkach były to rzeki o reżimie niwalnym.

Okres interglacialny charakteryzuje się deszczowo-niwalnym reżimem, skutkującym małymi wahaniami stanu w bardzo krótkiej rzece. W obrębie doliny dochodziło do lateralnej migracji koryta w wyniku erozji bocznej i akumulacji wyłącznie w obrębie odsypów meandrowych. Dochodziło również do awulsji, a odcięte, nieczynne koryta stawały się obszarem drobnoklasystycznej, a następnie organicznej depozycji.

Publikacje z tego zakresu:

- **Zieliński P.**, Fedorowicz S., Zaleski I., 2009: Sedimentary succession in Berezhno in the Volhynia Polesie (Ukraine) as an example of depositional environment changes in the periglacial zone at the turn of the Vistulian and the Holocene. *Geologija*, 51, 3-4; 97-108.
- **Zieliński P.**, Sokołowski R.J., Woronko B., Jankowski M., Fedorowicz S., Zaleski I., Molodkov A., Weckwerth P., 2015. The depositional conditions of the fluvio-aeolian succession during the last climate minimum based on the examples from Poland and NW Ukraine, *Quaternary International* 386, 30-41.
- Pidek I.A., Zieliński T., Terpiłowski S., Czubla P., Hrynowiecka A., Kusiak J., Godlewska A., **Zieliński P.**, Małek M., 2014. Unique Features of Interglacial Deposits (MIS 11, eastern Poland): Comparison of Palaeobotanical and Geological Data. [in:] Rocha R., Pais J., Kullberg J.C., Finney S. (Eds) *STRATI 2013. First International Congress on Stratigraphy At the Cutting Edge of Stratigraphy*. Springer Geology, Switzerland 2014,; 569-572.
- Zieliński T., Terpiłowski S., **Zieliński P.**, Pidek I.A., Godlewska A., Czubla P., 2016. What was the interglacial river like? Sedimentological investigation of Holsteinian fluvial deposits in eastern Poland. *Geological Quarterly*, 60; 149-166.

c) Agradacja i degradacja wieloletniej zmarzliny

Rytmiczny charakter zmian klimatu w czwartorzędzie, prowadził do długotrwałych ochłodzeń, które wieńczone były stosunkowo szybką agradacją czap lodowych. Zapis procesów glacialnych daje możliwość rekonstrukcji jedynie stosunkowo krótkiego epizodu. Zdecydowanie dłuższy okres ochłodzenia zapisany jest w osadach jeziornych, rzecznych, czy eolicznych. Ponadto w obrębie zdeponowanych w zimnym klimacie osadów (lodowcowych eolicznych i rzecznych) swój zapis zostawiła również wieloletnia zmarzlina w postaci różnych struktur kriogenicznych.

Badania profili geologicznych na obszarze Polski i zachodniej części Ukrainy przyniosły bogaty zbiór danych dotyczących funkcjonowania permafrostu. Spektrum

udokumentowanych form i stowarzyszonych z nimi osadów pozwoliło na określenie jego charakteru, a tym samym na określenie parametrów klimatycznych, tj. średnią roczną temperaturę i sumę roczną opadów. W ten sposób zostało stwierdzonych 6 faz aggradacji zmarzliny, które zostały odniesione do globalnych zmian klimatu zapisanych w rdzeniach lodowych.

W okresach przed ostatnim zlodowaceniem rozpoznano dwie fazy aggradacji, zaś cztery kolejne w vistulianie. Pierwsze ślady datowane są na wczesny vistulian, w postaci zmarzliny nieciągłej. Aggradacja permafrostu o zasięgu ciągłym miała miejsce we wczesnym, połowie środkowego i późnym plenivistulianie. Największe jego rozprzestrzenienie przypada na okres późnego plenivistulianu, a jego degradacja była niesynchroniczna. W zależności od warunków geomorfologicznych i litologicznych odbywało się to pod koniec plenivistulianu lub na początku późnego vistulianu.

Publikacje z tego zakresu:

- **Zieliński P.**, Sokołowski R. J., Fedorowicz S., Zaleski I., 2014: Periglacial structures within fluvio-aeolian successions of the end of the Last Glaciation – examples from SE Poland and NW Ukraine. *Boreas*, 43, 3; 712-721.
- Sokołowski R. J., **Zieliński P.**, Wysota W., Fedorowicz S., Przegiętka K., Molodkov A., 2016. The late Pleistocene episodes of permafrost aggradation in the Wielkopolska region, Poland – palaeoclimatological and palaeogeographical implications. (w:) Günther F., Morgenstern A., (red.) XI. International Conference On Permafrost Exploring Permafrost in a Future Earth, Book of Abstracts, Potsdam, Germany; 347-348.

3. Metody badań osadów czwartorzędowych

Stosowane w badaniach czwartorzędu metody badawcze niekiedy nie pozwalają na pełne rozwiązanie postawionego problemu badawczego. Natomiast zastosowanie nowych procedur lub technik badawczych wymaga ich weryfikacji przy użyciu wcześniej stosowanych metod. Prowadzone przeze mnie badania własne lub udział w różnych projektach wymagały zastosowania nowych metod i/lub ich konfrontacji, najczęściej w przy ustaleniu chronologii zdarzeń lub charakteru i natężenia badanych procesów geomorfologicznych.

W zakresie studiów nad zjawiskami eolicznymi, w ramach adaptacji analizy litofacjalnej do ich badań, opracowałem kod genetyczny umożliwiający w prosty sposób zapisywanie genezy osadów. Za podstawowe kryterium przyjęte zostały uwarunkowania aerodynamiczne różnych form depozycyjnych. Ich kolejność ustalona została w odniesieniu do narastającej prędkości wiatru przy określonej wilgotności gruntu. Opracowana metoda pozwoliła również na weryfikację chronologii zdarzeń podczas akumulacji materiału w obrębie wydmy ustalonej innymi metodami. Dzięki temu możliwe było przyjęcie bardziej szczegółowego scenariusza zdarzeń niż pozwala na to rozdzielczość datowań.

Zastosowanie zróżnicowanej metodyki badawczej, tj. analiz (i) sedymentologicznych w tym litofacjalnej, (ii) palinologicznej, (iii) eratyków przewodnich i (iv) datowań luminescencyjnych pozwoliło również na określenie pozycji stratygraficznej różnych genetycznie osadów w profilach geologicznych południowego Podlasia. W ten sposób udokumentowane zostały cykle glacialno-interglacialne środkowego plejstocenu.

Wprowadzony na rynek, przez firmę Malvern, cyfrowy analizator wielkości i kształtu cząstek Morphologi G3 pozwala na obiektywną analizę kształtu – metodę uznawaną za bardzo pomocną w ramach sedymentologicznych analiz teksturalnych. Zaproponowane przez firmę procedury nie dają jednak możliwości bezpośredniego wykorzystania zainstalowanego oprogramowania do tego celu. Charakter sprzętu pozwala jedynie

na dwuwymiarową analizę kształtu cząstek, która jest najbardziej kompatybilna z powszechnie stosowaną metodą Krumbeina.

W ramach weryfikacji możliwości oferowanego urządzenia wykonany został eksperyment polegający na doborze wg skali Krumbeina 900 ziaren kwarcu o różnym stopniu zaokrąglenia, po 100 w każdym przedziale (od 0,1 do 0,9). Następnie każda grupa została zeskanowana przez mokroskop G3. Otrzymane wskaźniki zaokrąglenia, na podstawie procedur Malverna Morphologi G3, zawierały się w przedziale od 0,7 do 0,9. Podane przedziały miały korelację liniową z przedziałami wg metody Krumbeina, z wyjątkiem przedziałów 0,1-0,3. Zaproponowano więc najbardziej właściwe/zbliżone parametry kształtu umożliwiające stosowanie aparatury w badaniach sedymentologicznych, umożliwiających porównywanie otrzymanych wyników z wcześniej stosowanymi metodami.

Publikacje z tego zakresu:

- **Zieliński P.**, Issmer K., 2008. Propozycja kodu genetycznego osadów środowiska eolicznego. *Przegląd Geologiczny*, 56,1; 67-72.
- Fedorowicz S., **Zieliński P.** 2009. Chronology of aeolian events recorded in the Karczmiska dune (Lublin Upland) in the light of lithofacial analysis, ^{14}C and TL dating. *Geochronometria*, 33; 9-17.
- Terpiłowski S., Zieliński T., Kusiak J., Pidek I.A., Czubla P., Hrynowiecka A., Godlewska A., **Zieliński P.**, Małek M., 2014. How to resolve Pleistocene stratigraphic problems by different methods? A case study from eastern Poland. *Geological Quarterly*, 58, 2; 235–250.
- Sochan A., **Zieliński P.**, Bieganski A., 2015. Selection of shape parameters that differentiate sand grains, based on the automatic analysis of two-dimensional images. *Sedimentary Geology*, 327, 14-20.

4. Charakterystyka środowiska związanego z pradziejowym osadnictwem

Badania prowadzące do rekonstrukcji środowiskowych, w tym ewolucji rzeźby terenu i warunków klimatycznych, wydają się niezbędne w opracowaniach archeologicznych, szczególnie w obszarze charakterystyki uwarunkowań osadnictwa dawnych kultur.

W swoich pracach badawczych miałem okazję współpracować z zespołem naukowym badającym zimowe obozowisko późnopaleolitycznych łowców (kultura późnomagdaleńska) w Wilczycach. W oparciu o rozbudowaną procedurę badawczą łączącą metody (i) terenowe (geofizyczne, sedymentologiczne, geomorfologiczne, gleboznawcze) z (ii) laboratoryjnymi (analizy fizykochemiczne, mikromorfologiczne, palinologiczne, izotopowe oraz datowania luminescencyjne i radiowęglowe) i (iii) kameralnymi (w tym opracowania statystyczne i kartometryczne przy zastosowaniu GIS) dokonano rekonstrukcji środowiska przyrodniczego w czasie funkcjonowania obozowiska oraz z okresu poprzedzającego i następującego.

Lokalizacja obozowiska w badanym stanowisku była nieprzypadkowa. Był to izolowany cypel lessowy dający szeroki wgląd w równoleżnikowy, basenowy odcinek doliny Opatówki, wraz z przyległymi do niej zboczami oraz ograniczającymi go przewężeniami; w sumie ponad 7 km² powierzchni pod obserwacją ówczesnych myśliwych. W obrębie tego wzniesienia udokumentowano struktury poligonalne, związane z klinami lodowymi. Węzły tych struktur wykorzystywane były przez człowieka do budowy szałasów. Żywa, rozczłonkowana rzeźba terenu skutkowałą mozaiką krajobrazową. W zależności od warunków mikroklimatycznych w bliskim sąsiedztwie obozowiska występowały płaty roślinności tundrowej, stepowej, lasotundry, a nawet rzadkiego lasu. Temperatura najcieplejszego miesiąca wynosiła 14,8-16°C, zaś najzimniejszego od -22 do 6°C.

Publikacje z tego zakresu:

- Bałaga K., Hołub B., Kusiak J., Łanczont M., Mroczek P., **Zieliński P.**, Komar M., 2008. Próba rekonstrukcji rzeźby terenu i środowiska z okresu funkcjonowania późnomagdaleńskiego obozowiska w Wilczycach (Wyżyna Sandomierska). *Landform Analysis*, 9; 269–271.
- Komar M., Łanczont M., Valde-Nowak P., Bałaga K., Hołub B., Kusiak J., Mroczek P., **Zieliński P.**, 2009. Palaeoenvironmental background and age of the Late Palaeolithic settlement in SE Poland (a case study from the Sandomierz Upland and Carpathians). *The Open Geography Journal*, vol. 3.
- Łanczont M., Mroczek P., **Zieliński P.**, Hołub B., Kusiak J., Bałaga K., Komar M., Łacka B., Żogała B., Mendecki M., 2014. Regional Paleogeographic Analysis of Site Wilczyce 10 in the Opatówka Valley and the Stratigraphic Context of the Ice Wedge Cast. (w:) Schild R. (ed.) *A late Magdalenian Winter Hunting camp in Southern Poland*. Institute of Archaeology and Ethnology of the Polish Academy of Sciences; 31-80.

5. Formy eoliczne w geoturystyce

Moje badania form eolicznych stały się również elementem projektu Geoparków „Małopolski Przełom Wisły” oraz „Kamienny Las na Rotoczu”. W ramach tych projektów opracowałem w sumie 11 stanowisk zlokalizowanych w wydmach (szczegółowy wykaz w załączniku nr 3). W ich opisie znalazły się (i) geologiczno-morfologiczna charakterystyka położenia, (ii) szczegóły profilu litologicznego i (iii) wiek osadów. Podana została również interpretacja środowiskowa oraz charakter geostanowiska.

Opisywane stanowiska w zestawieniu z pozostałymi stanowiskami geomorfologicznymi projektowanego geoparku „Małopolski Przełom Wisły” pozwoliły dokonać ich oceny pod kątem geoturystycznego potencjału obszaru. Ich ocena wykonana została pod kątem wartości: (i) naukowych, (ii) edukacyjnych, (iii) funkcjonalnych (iv) turystycznych i (v) ochrony środowiska. Kryteria posłużyły do grupowania stanowisk na podstawie analizy skupień.

Wykazano, że najcenniejsze obiekty znajdują się w południowej i północnej części proponowanego geoparku, przede wszystkim z uwagi na wartości naukowe. Obiekty te są słabo znane pod kątem turystyki i należy podjąć działania promocyjne. Formy eoliczne osiągnęły najniższy wynik w całościowej ocenie.

Publikacje z tego zakresu:

- Warowna J., Zgłobicki W., Gajek G., Telecka M., Kołodyńska-Gawrysiak R., **Zieliński P.**, 2014: Geomorphosite assessment in the proposed geopark Vistula River Gap (E Poland). *Quaestiones Geographicae* XX, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, pp. 169–176.

III. Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego i dydaktyczno-organizacyjnego

Przed doktoratem:

- publikacje w czasopismach z listy B MNiSW..... 3
- doniesienia konferencyjne 5
- kierowanie projektami badawczymi 1
- wygłoszone referaty/prezentowane postery na konferencjach 5
- udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych 1
- w tym funkcja sekretarza konferencji 1

Po doktoracie:

- publikacje w czasopismach z bazy JCR 10

• publikacje w czasopismach z listy B MNiSW	16
• publikacje w wydawnictwach zbiorowych o charakterze monografii	16
• doniesienia konferencyjne	38
- w tym na konferencjach międzynarodowych	14
• sumaryczny IF wg listy JCR zgodnie z rokiem publikacji	13,412
• liczba cytowań wg bazy Web of Science z dnia 24.11.2016	24
• indeks Hirscha wg bazy Web of Science z dnia 24.11.2016	3
• kierowanie projektami badawczymi	4
• wykonawca w projektach badawczych	3
• wygłoszone referaty/prezentowane postery na konferencjach	45
- prezentowane osobiście	18
- prezentowane osobiście na konferencjach międzynarodowych	2
- udział w przygotowaniu wystąpienia wygłoszonego przez współautora	27
- w tym na konferencjach międzynarodowych	15
- w tym bez uczestnictwa na konferencji	16
• udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych	7
- w tym funkcja sekretarza konferencji	3
• nagrody i wyróżnienia	3
• członkostwo w towarzystwach naukowych	2
• osiągnięcia dydaktyczne w zakresie popularyzacji nauki	5
• opieka naukowa nad studentami w tym:	
- liczba wypromowanych licencjatów	41
- liczba wypromowanych magistrów	1
- opieka naukowa ćwiczeń terenowych/praktyk zawodowych	2
• udział w zespołach eksperckich i konkursowych	2
• recenzje publikacji w czasopismach w tym:	
- z listy w bazie JCR	3
- w innych czasopismach	3
• inne osiągnięcia - wystawy fotograficzne	5

Pełny wykaz osiągnięć znajduje się załączniku nr 3.

Paweł Zieliński