

Wpływ struktury krajobrazu na przebieg procesów erozyjnych na przykładzie aktywnego koryta Nysy Kłodzkiej

The influence of the landscape structure on the erosional processes, as exemplified by the active channel of Nysa Kłodzka River

Sylwia Horska-Schwarz¹, Agnieszka Latocha²

1. Zakład Geografii Fizycznej; 2. Zakład Geomorfologii; 1,2. Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław, e-mail: sylwia@horska-schwarz.pl; aga_latocha@yahoo.com

Abstract: The research was based on the analysis of the landscape structure and aimed at the verification of natural and anthropogenic factors, which influence the development of the active channel zone within time. The preliminary landscape analyses allowed to distinguish six main phases of the anthropogenic changes in the study area. Additionally, it was also proved, that the contemporary development of the landscape structure (with special emphasis on the erosional processes) is controlled by the diverse liability of its components to external impacts. The present course of the fluvial processes in the channel zone depends on many different factors, first of all on the spatial variation of the landscape units, lithology, type of bedrock, land use pattern and building structure. The laboratory analyses indicated, that the quantitative changes of the landscape structure were associated with the qualitative changes of each component, including soil characteristics. The soil layers, which were contaminated with heavy metals such as Cr, Cd, Pb, Zn, Cu, were found only in the upper zones, as deep as around 50 cm. In the lower layers no above-average contents of the heavy metals has been stated.

Key words: Nysa Kłodzka, landscape structure, erosion, accumulation, human impact

Słowa kluczowe: Nysa Kłodzka, struktura krajobrazu, erozja, akumulacja, antropopresja

Krajobraz traktowany w ujęciu termodynamicznym odzwierciedla zarówno charakter powiązań tworzących go komponentów, jak i dynamikę ich zmian w czasie (Lechnio, Richling 2005). W takim przypadku o tempie zmian krajobrazu decyduje obieg materii, energii oraz informacji w systemie przyrodniczym, który warunkuje ewolucję krajobrazu w czasie. Według powyższego, różnorodność krajobrazu w warunkach presji człowieka - budowa pionowa (struktura materialna), wzajemne relacje pomiędzy jednostkami przestrzennymi (struktura przestrzenna), związki oraz oddziaływania między komponentami i jednostkami przestrzennymi (struktura funkcjonalna) - to suma czynników naturalnych i antropogenicznych. Zatem przy analizie struktury krajobrazu w ujęciu jej podatności na zmiany należy bezwarunkowo uwzględnić krajobrazotwórczą rolę człowieka, która wydaje się wiodącym czynnikiem strukturotwórczym. Znaczna ilość opracowań dotycząca oceny presji człowieka na środowisko dotyczy analizy poziomu antropizacji krajobrazu, który traktowany jest jako współczesny etap w jego rozwoju

(Pietrzak, 1998). W przypadku takiego podejścia istotnym problemem może okazać się dobór właściwej metody badawczej. Według Balona (2007) najlepszą metodą wskazującą kierunek przemian krajobrazu (jako jedną z wielu przesłanek oceny jego stabilności) wydaje się metoda porównawcza, która bazuje na określeniu stanu środowiska w różnych momentach czasowych. W pracy przyjęto, że do odtworzenia etapów rozwoju krajobrazu w czasie, niezbędne - poza oceną stanu środowiska - jest uchwycenie zmian jakościowych, świadczących np. o rosnącym poziomie antropopresji. Podstawą badań była zatem analiza jakości osadów aluwialnych doliny Nysy Kłodzkiej (Bystrzyca Kłodzka-Kłodzko). Odtworzenie zapisu procesów sedymentacyjnych oraz analiza form erozyjnych pozwoliły na charakterystykę i weryfikację bodźców antropogenicznych.

Założenia badawcze

W przypadku oceny otwartych systemów krajobrazowych (np. dolin rzecznych), których rozwój determinowany jest zarówno środowiskowymi, jak i antropogenicznymi czynnikami sterującymi, należy założyć, że:

1. systemy takie dalekie są od równowagi termodynamicznej,
2. zmiana struktury krajobrazu w czasie i przestrzeni jest w tym przypadku procesem ciągłym o różnym przebiegu i natężeniu (Kostrzewski 2007),
3. wszelkie zmiany systemu warunkowane są odpornością poszczególnych elementów i prowadzą do częściowego lub całkowitego zniszczenia struktury lub powstania nowych jakościowo jednostek (Kostrzewski 2007),
4. znaczący wpływ na strukturę wewnętrzną mają procesy ekstremalne/katastrofalne prowadzące do zmian skokowych krajobrazu (German 2001, Kostrzewski 2007),
5. funkcjonowanie systemu (równowaga) warunkowane jest szeregiem czynników naturalnych i antropogenicznych decydujących o szybkości i kierunkach wymiany materii i energii z otoczeniem.

W literaturze brak kompleksowych opracowań dotyczących obszarów dużych dolin rzecznych, które oceniałyby zarówno potencjalną, jak i rzeczywistą podatność systemu na dany czynnik zaburzający np. erozję - w zależności od właściwości struktury komponentowej, jej wieku oraz dynamiki współczesnych procesów fluwialnych. Większość prac poświęconych zmianom antropogenicznym w obrębie dolin rzecznych skupia się głównie na ocenie fizjonomii krajobrazu czy analizie zmian użytkowania w czasie, niektóre poddają ocenie charakter oraz ilości granic. Takie podejście dostarcza oczywiście wiele cennych informacji z zakresu obecnego stanu środowiska – jego „kondycji”, bioróżnorodności, ale nie daje jednoznacznej odpowiedzi na zasadnicze pytania: w jakim stopniu zmieniona została pierwotna struktura krajobrazu, jakie czynniki odegrały rolę nadrzędną w zmianie poszczególnych komponentów środowiska, jak elementy antropogeniczne wpłynęły na przepływ materii w systemie przyrodniczym i rozwój struktury (jak wyglądał pierwotnie obieg materii), jaka jest zatem odporność/podatność systemu - czyli zdolność do neutralizowania zaburzeń oraz w jakim kierunku może zachodzić dalszy rozwój/ewolucja struktury środowiska w warunkach presji człowieka? Pojawia się także pytanie: jak właściwie kształtować krajobrazy równi zalewowych, w dużym stopniu przekształcone przez człowieka, aby optymalnie wykorzystać potencjał środowiska, nie prowadząc jednocześnie do dalszej dewastacji krajobrazu - rozumianej jako całkowite i nieodwracalne naruszenie struktury w wyniku przekroczenia tolerancji układu (Malinowska et al. 2004)?

Wydaje się, że interesującym obiektem - do tego typu złożonych ocen krajobrazowych (dynamiki oraz podatności systemów krajobrazowych na zmiany) - o charakterze otwartym, gdzie zachodzi ciągła wymiana materii i energii z otoczeniem - są bez wątpienia wspomniane obszary dużych dolin rzecznych. W ich obrębie na skutek antropopresji doszło do zaburzenia naturalnego obiegu materii i energii.

Układy dolinne, zwłaszcza powierzchnie równi zalewowych, które zagospodarowane zostały pod różne rodzaje użytkowania oraz inwestycje (np. mieszkaniowe), podczas zjawisk sezonowych (nawalny opad czy topnienie śniegu, powódź) łatwo ulegają gwałtownym, często niekontrolowanym zmianom struktury, które mogą prowadzić do uformowania nowych lub odświeżenia jednostek będących w stanie kopalnym.

W związku z powyższym, określenie podatności jednostek przestrzennych na zmiany wydaje się zadaniem priorytetowym. Znaczenie analizy podatności wzrośnie, jeżeli dodatkowo do aspektu badań dotyczących przemian krajobrazu w czasie niezbędnych dla właściwej ochrony cennych ekosystemów hydrogenicznych dodamy także aspekt ochrony dóbr materialnych oraz kwestię ograniczenia strat wywołanych procesami ekstremalnymi – jak powódź.

Elementem kluczowym niniejszej pracy jest rozpoznanie mechanizmów oraz czynników środowiskowych, które warunkują zmiany struktury i decydują o przebiegu procesów rejestrowanych w obrębie aktywnych i martwych koryt rzecznych o danym stopniu przekształcenia.

Ocena zmienności struktury krajobrazu w warunkach presji człowieka pozwoli wskazać z jednej strony jednostki przestrzenne o dużej podatności na zmiany - łatwo ulegające degradacji oraz te, które zostały już silnie zdegradowane, z drugiej strony jednostki, które wykazują względnie wysoką odporność na bodźce zewnętrzne – czyli są względnie stabilne. Wyniki badań mogą być przydatne w ocenie terenów pod kątem np. potencjału zabudowy (w planowaniu zabudowy mieszkaniowej), zwłaszcza w strefie zasięgu wód powodziowych - w obrębie równi zalewowych.

Cel i metody pracy

Na potrzeby opracowania przeprowadzono szczegółowe badania struktury krajobrazu, rozumianej tu jako synteza struktury przewodnich elementów abiotycznych oraz sposobu użytkowania ziemi. Następnie w oparciu o komponenty przewodnie (litologię, rzeźbę, użytkowanie) wydzielono poszczególne jednostki krajobrazowe. W dalszym etapie badań podjęto próbę weryfikacji czynników naturo- i antropogennych warunkujących rozwój struktury tych jednostek ze szczególnym uwzględnieniem: struktury komponentowej oraz stopnia antropogenicznego przekształcenia obszaru badań. W efekcie uzyskano wstępny obraz dynamiki procesów modelujących strefę aktywnego koryta Nysy Kłodzkiej.

Prace przeprowadzono w okresie od marca do maja 2008 rok. Badania obejmowały:

- prace terenowe: kartowanie geomorfologiczne, kartowanie użytkowania terenu, badania fizyczno-chemicznych właściwości osadów (pobór próbek do analiz laboratoryjnych).
- prace laboratoryjne, które polegały na ocenie właściwości fizyczno-chemicznych osadów aluwialnych: zawartość: Ca, Na, K, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, Cd, Pb [mg/kg s.m] - oznaczono metodami: mineralizacja i FAAS (flame atomic absorption spectroscopy); pH w wyciągu wodnym - (oznaczono metodą gleboznawczą - potencjometryczną); zawartości substancji organicznej (metoda Tiurina), granulometrii (sitowa).

Obszar badań

Badaniami objęto fragment doliny Nysy Kłodzkiej położony w obrębie Kotliny Kłodzkiej. Na badanym odcinku o długości około 18 km pomiędzy Bystrzycą Kłodzką a Kłodzkiem rzeka wykazuje tendencję do meandrowania. Wąskie i kręte (od 10 do 30 m szerokości) koryto aktywne typu: *bed-load-channel* (Schumm 1977, za Zieliński 1998) wciną się w zróżnicowane granulometrycznie aluwia rzeczne (terasy zalewowej 2-3 m n.p. rzeki): piaski i żwiry oraz mulki. W wielu miejscach, na skutek erozji bocznej, odsłonięte zostały skały występujące w podłożu, są to głównie ilowce i mulowce margliste zawierające: *Inoceramus*

Labiatus, *Inoceramus Lamarcki*, *Inoceramus glarizae*, *Inoceramus schloenbachi*. Zróżnicowana litologia osadów aluwialnych budujących terasę zalewową jest jedynie jednym z czynników, które determinują przebieg współczesnych procesów fluwialnych.

Rozwój struktury krajobrazu w warunkach rosnącej presji człowieka

Ważnym elementem wpływającym na dynamikę struktury krajobrazu, ze szczególnym uwzględnieniem strefy aktywnego koryta Nysy Kłodzkiej, jest antropopresja. Najbardziej czytelny zapis działalności człowieka w krajobrazie badanej doliny zauważa się przede wszystkim w jego fizjonomii. Istotną rolę na przebiegu procesów korytowych miało niemal całkowite wylesienie terenów równi zalewowych. Naturalne zbiorowiska łąk i lasów łąkowych występujące tu do końca XIV wieku przekształcono na pola i łąki. Skład gatunkowy dzisiejszych zbiorowisk leśnych, występujących płatowo, głównie w obrębie wilgotnych zagłębień, w wielu miejscach wskazuje na sukcesję wtórną oraz intensywne melioracje – co widoczne jest zwłaszcza w obrębie starorzeczy. Pozostałością łąk wierzbowych-topolowo są pojedyncze okazy drzew wyznaczające linię koryta rzeki. W ich składzie często pojawia się olsza. Miejscami, w wyniku erozji bocznej rzeki, powstają tzw. wyspy olszowe (okolica Bystrzycy Kłodzkiej).

Okazuje się, że kolejne zmiany strukturotwórcze o genezie antropogenicznej wywołała regulacja koryta oraz zabudowa hydrotechniczna, która doprowadziła do zmiany zasięgu strefy inundacji. Pomimo, iż na badanym odcinku długość wałów przeciwpowodziowych wynosi zaledwie: 2,8 km - na lewym brzegu oraz ok. 1 km - na prawym brzegu, to w obrębie odciętych od bezpośredniego zalewu fragmentów równi stwierdzono znaczny stopień przekształcenia właściwości gleb – występują głównie mady brunatne oraz gleby murszowe (przewaga procesów autogenicznych). Duża liczba obiektów hydrotechnicznych: jazy, progi, przepusty oraz komunikacyjnych na rzece: mosty, wpłynęła na przestrzenną zmianę natężenia procesów erozyjno-akumulacyjnych. Świadczy o tym duża liczba skarpi i nisz erozyjnych znajdujących się w strefie aktywnego koryta. Podcięcia erozyjne obejmują ponad 50% długości całego badanego odcinka.

Na procesy korytowe duży wpływ ma także obudowa kamienna. Widoczna w morfologii koryta, stanowi około 7% długości całego badanego odcinka rzeki (1,3 km). Badania terenowe wykazały, że w wielu miejscach kamienne umocnienia pokryte są warstwą aluwii naniesionych przez rzekę (miąższość osadu wynosi od 30 do 50 cm).

Kolejny etap rozwoju struktury związany był ze wzrostem ilości liniowych obiektów wprowadzanych do doliny - pochodzenia antropogenicznego np. linii kolejowej - XIX w. Negatywnym skutkiem tych działań był wzrost liczby granic oraz dalsze rozdrobnienie krajobrazu. Rozwój zabudowy mieszkaniowej oraz obiektów przemysłowych – w wielu przypadkach niemal graniczących z aktywnym korytem – znacząco zmodyfikował obieg materii. Negatywne skutki były widoczne zwłaszcza po powodzi w 1997 roku, kiedy większość ze źle zlokalizowanych obiektów uległa zniszczeniu lub zatopieniu. Z tego okresu pochodzi także wiele nasypów, które znajdują się w strefie aktywnego koryta; ich celem było prawdopodobnie wzmacnianie brzegu. Materiał ten – głównie gruz - w wielu miejscach uległ rozmyciu i został ponownie włączony do transportu wodnego, co może wpłynąć na procesy np. erozji.

Działalność człowieka na badanym obszarze sięga jednak znacznie „głębiej” – chodzi przede wszystkim o zmianę jakościową środowiska. W przypadku dolin rzecznych mamy do czynienia ze swoistą kumulacją impulsów zachodzących w obrębie całej zlewni. W związku z tym, należy spodziewać się, że jako naturalne odbiorniki materii – doliny rzeczne będą świadectwem poszczególnych etapów rozwoju krajobrazu, także zachodzących w ich otoczeniu.

Specyfiką struktury badanego obszaru jest jej wieloczynnikowy rozwój, warunkowany zarówno procesami naturo- jak i antropogennymi. Poszczególne poziomy terasowe oraz zakola dawnych meandrów

stanowią interesujący przykład zróżnicowania przestrzennego: morfo-, pedo-, hydro-, lito- oraz fitotopów. Struktura krajobrazu – zwłaszcza w strefie aktywnego koryta – wykazuje dużą dynamikę zmian związaną z przebiegiem, charakterem i natężeniem procesów fluwialnych.

Zbudowana z odsypów facji pozakorytowych oraz dawnych korytowych utrwalonych i wypełnionych młodszym osadem organiczno-mineralnym lub mineralnym, terasa zalewowa - stanowi swoisty zapis zmian procesów zachodzących w dolinie. Ich świadectwem są zróżnicowane warunki sedymentacji oraz zmienny charakter osadów nanoszonych przez rzekę, podczas poszczególnych epizodów wezbraniowych. Jak wspomniano, zmiana właściwości osadów związana była przede wszystkim z wylesieniem obszarów zlewni, a także intensywną uprawą, zwłaszcza ziemniaków. W efekcie do doliny dostarczany był w dużych ilościach (o czym świadczą miąższe poziomy mad) drobny materiał pochodzący z erodowanych powierzchniowych poziomów glebowych. Czy można zatem traktować warstwowane osady aluwialne jako specyficzny zapis ewolucji krajobrazu w warunkach rosnącej antropopresji? Faktem jest, że dzięki zastosowaniu współczesnych metod badawczych z dużą dokładnością możemy ocenić wiek oraz szczegółowo podać skład chemiczny osadów, czy ocenić ich zmienność granulometryczną z laserową precyzją, a tym samym próbować powiązać je z danym etapem urbanizacji obszaru.

Istotę badań stanowi jednak prawidłowe wskazanie miejsc, które będą reprezentatywne dla poszczególnych odcinków doliny. Wydaje się, że w przypadku aktywnego koryta będą to przede wszystkim strefy zakoli meandrów, które są dobrym przykładem zapisu procesów fluwialnych. W obrębie równi zalewowych, położonych w strefie inundacji, do takich miejsc zaliczymy bezwzględnie baseny powodziowe, w obrębie których miąższość osadów aluwialnych jest największa (w badanym przypadku dochodzi do 3 m), a ciągłość akumulacji względnie niezaburzona. Dużo informacji dostarczają także dawne koryta rzeki – w tym wypadku czytelniejszy obraz uzyskamy z jednostek całkowicie wypełnionych osadem lub odciętych od aktywnego koryta. Zmiana składu gatunkowego - sukcesji roślinnej będzie stanowić zapis zmiany warunków siedliskowych w czasie.

Współczesne procesy korytowe, zwłaszcza w strefie aktywnego koryta (podcięcia erozyjne), pozwalają z dużą precyzją odtworzyć warunki formowania się dawnych struktur występujących w obrębie terasy zalewowej (Ryc.1). Obecnie te, nazwijmy je „dawne struktury”, odsłaniają się na skutek erozji bocznej w obrębie zakoli meandrów. Są to formy utrwalone, wypełnione i pokryte młodszym osadem aluwialnym. Aczkolwiek inwentaryzacja i korelacja poszczególnych poziomów, zwłaszcza w obrębie terasy zalewowej, nie jest zadaniem prostym. Na potrzeby niniejszej pracy zastosowano oprócz kartowania odsłonięć występujących w obrębie aktywnego koryta, także metody sondowania, wkopów oraz szczegółowych badań laboratoryjnych mających wskazać właściwości fizyczno-chemiczne osadów wypełniających dane jednostki.

W tym miejscu należy podkreślić znaczenie pionowego oraz przestrzennego zróżnicowania struktury krajobrazu. Można powiedzieć, że odgrywa ono zasadniczą rolę w przebiegu współczesnych procesów fluwialnych, zachodzących w strefie bezpośredniego przepływu wód powodziowych i aluwialnych. Jednak na skutek rosnącej transformacji antropogenicznej pełna próba odtworzenia warunków sedymentacji osadów, które doprowadziły do powstania dzisiejszego krajobrazu doliny, nie jest w pełni możliwa. Zatem ograniczenie się do kartowania rzeźby terenu, czy użytkowania terenu daje niepełny zapis faktycznego stanu krajobrazu a z pewnością nie oddaje jego podatności na zmiany.



Ryc. 1. Fragment kopalnego kanału przelewowego będącego wynikiem erozji w strefie koryta aktywnego (fot. Horska-Schwarz 2008)

Fig. 1. The fragment of the fossil overflow channel which is a result of erosion in the zone of the active river channel (photo: Horska Schwarz 2008)

Okazuje się, że współczesny „wygląd krajobrazu” – jego fizjonomia, może znacząco odbiegać od struktury przestrzenno-funkcjonalnej krajobrazu sprzed kilkuset, kilku tysięcy czy milionów lat. Dlatego aż tak istotne jest rozpoznanie geologii obszaru: w makroskali cennych informacji o wieku oraz ewolucji jednostek w czasie dostarczają np. mapy geologiczne oraz wiercenia geologiczne, w mikroskali nieodzowne są badania terenowe, na podstawie których możemy z dużym prawdopodobieństwem odtworzyć poszczególne fazy rozwoju danej jednostki przestrzennej.

W przypadku badanego odcinka, do interesujących struktur krajobrazowych zaliczono kopalne kanały przelewowe. Na podstawie kartowania naturalnych odsłonień uchwyciono zmienność procesów sedymentacyjnych. Na głębokości około 2 m p.p. gruntu stwierdzono osady akumulacji głębokomorskiej, nad nimi zalegają grubofrakcyjne osady facji korytovej, o kierunkowo ułożonym materiale, wskazującym na północny kierunek odpływu wód. Powyżej występują typowe aluwia rzeczne. Piaski i żwiry rzeczne przewarstwione są mułkami. W ich obrębie stwierdzono występowanie wspomnianych kopalnych kanałów przelewowych, wypełnionych drobnofrakcyjnym osadem facji powodziowej.

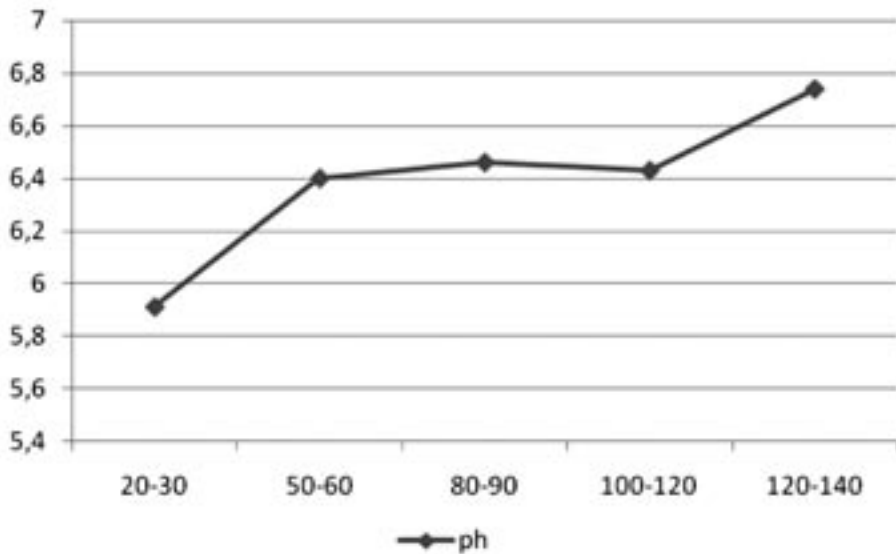
Struktura pionowa badanego odcinka doliny stanowi znakomity przykład rozwoju krajobrazu w czasie. Odsłonięte przez erozję boczną Nysy Kłodzkiej lite skały osadowe – iłowce i mułowce z fauną kopalną, zalegające bezpośrednio pod strukturami akumulacji fluwioglacjalnej i współczesnej sedymentacji rzecznej, stanowią w tym przypadku dolną granicę krajobrazu dolinnego.

Osady akumulacji rzecznej wskazują na dużą dynamikę warunków sedymentacyjnych. Początkowo na tym obszarze funkcjonowała rzeka, transportująca głównie grubofrakcyjny materiał - zdeponowany

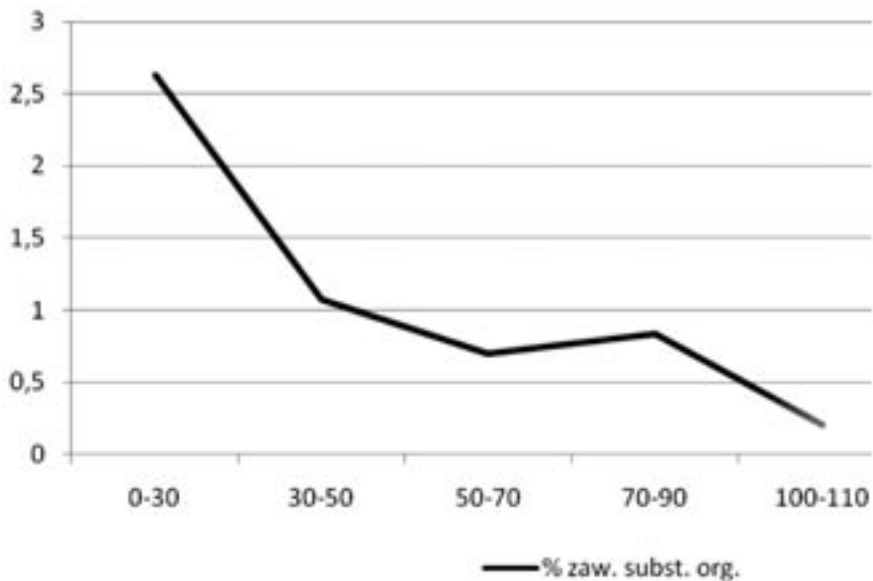
bezpośrednio na łupkach (osady akumulacji morskiej), który występuje na głębokości 0.80-1.20 m p.p.gruntu. Powyżej zaznacza się wyraźna zmiana charakteru zdeponowanych osadów – co wskazuje, że warunki depozycji uległy zmianie. Prawdopodobnym powodem mogła być działalność człowieka np. wylesienie górskich odcinków zlewni i gwałtowny wzrost dostaw do koryta drobnych frakcji, pochodzących z erozji i degradacji stoków. Osady tego poziomu nazywane są często mąką rolniczą. W badanym przypadku tworzą poziom o miąższości od 1 m w strefie korytowej do około 3 m w obrębie rozlewisk – basenów sedymentacyjnych. W osadach aluwialnych stwierdzono występowanie węgla drzewnych – pojawiają się na głębokości od 40 cm do około 1.0 cm.

Wraz z głębokością, w obrębie poszczególnych poziomów, znacząco zmieniają się właściwości fizyczno-chemiczne osadów. W przypadku pH stwierdzono wzrost wartości wraz z głębokością – od około 5.9 w warstwach powierzchniowych do 6.7 poniżej głębokości 1.20 m (Ryc.2). Wraz z głębokością spada natomiast % zawartość substancji organicznej (Ryc.3).

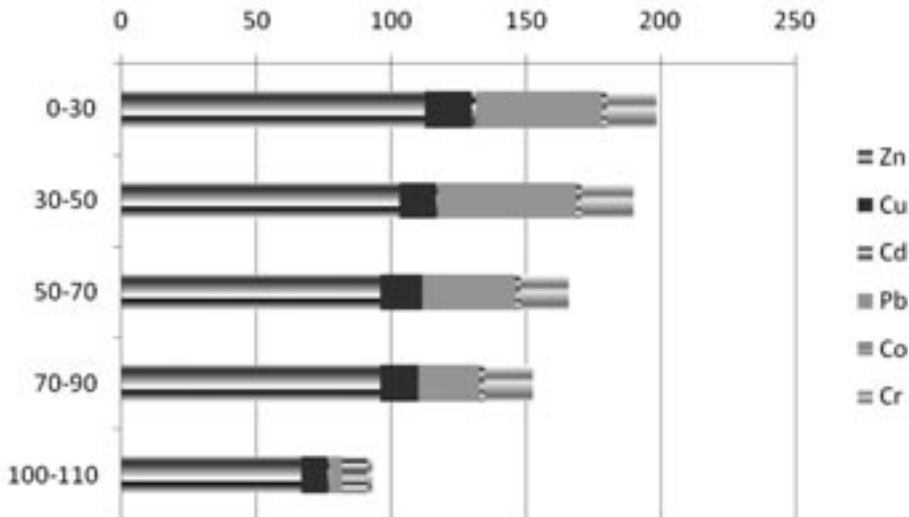
Badania laboratoryjne wykazały także wzrost zanieczyszczenia w powierzchniowych poziomach. Sięga ono średnio do głębokości około 40 cm. W warstwach zalegających poniżej nie stwierdzono ponadnormatywnych zawartości metali ciężkich, co może świadczyć, iż depozycja tych osadów zachodziła przy względnie małym zanieczyszczeniu wód rzecznych (zakładając stosunkowo małą mobilność osadów w pionie) (Ryc.4).



Ryc. 2. Zmienność pH w osadach aluwialnych
Fig. 2. Variability of pH in the alluvial deposits



Ryc. 3. Zmienność (%) substancji organicznej w osadach aluwialnych [w ppm/kg]
 Ryc. 3. Variability (%) of organic matter in the alluvial deposits [in ppm/kg]



Ryc. 4. Zmienność metali ciężkich w osadach aluwialnych [w ppm/kg]
 Fig. 4. Variability of heavy metals in the alluvial deposits [in ppm/kg]

Charakterystyka form erozyjno-akumulacyjnych występujących w strefie aktywnego koryta

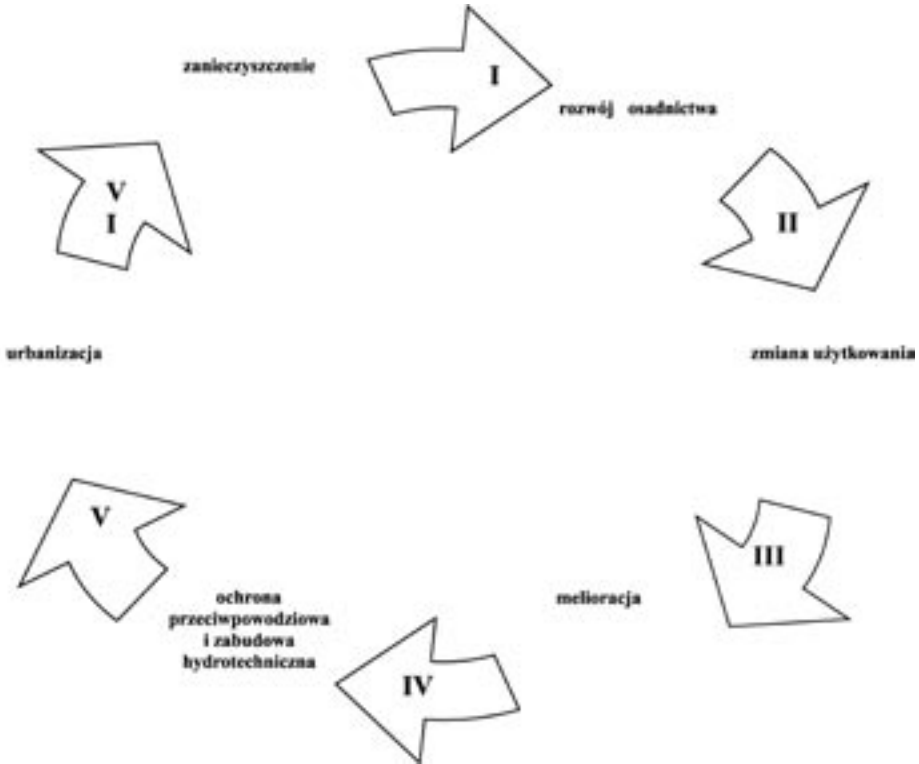
W obrębie aktywnego koryta Nysy Kłodzkiej wyróżniono następujące jednostki przestrzenne, tworzące specyficzne, względnie jednorodny układy strukturalno-funkcjonalne (rozumiane jako najmniejsze krajobrazy elementarne, tworzące jednorodną całość, powstające w odmiennych środowiskach sedymentacji rzecznej, charakteryzujące się danym typem osadów - układem litofacji):

- odsypy zewnętrzne – powstają w obrębie aktywnego koryta po zewnętrznej stronie meandru, są na ogół formami nietrwałymi, ponieważ przy wyższych stanach wód w rzece łatwo ulegają erozji,
- odsypy boczne/ podłużne i meandrowe; powstają w wyniku akumulacji materiału dennego transportowanego przez rzekę po wewnętrznych stronach meandru, wykazują charakterystyczny przekrój poprzeczny, łatwo ulegają erozji,
- odsypy śródkorytowe (łachy korytowe), powstają w środkowych częściach koryta aktywnego, depozycja materiału transportowanego przez rzekę warunkowana jest morfologią dna, zachodzi w miejscach gwałtownego spadku lub zmiany prędkości przepływu,
- przykorytowe mikrodelty przelewowe, powstają podczas wyższych stanów wód. Wody rzeczne formują nowe lub odświeżają dawne kanały przelewowe, którymi wody mogą w sprzyjających warunkach wkroczyć na terasę zalewową. Często jednak takie formy spotykamy także np. w obrębie odsypów bocznych/meandrowych. W ostatniej fazie przepływu, kiedy prędkość wody stopniowo maleje, dochodzi do depozycji materiału niesionego przez rzekę. W wylotu kanałów przelewowych tworzą się wówczas wyraźne stożki, zbudowane na ogół z drobniejszego materiału o typowym kształcie mikrodelty,
- kanały międzyodsypowe/przelewowe; powstają w warunkach wzrostu przepływu rzeki w korycie aktywnym, na skutek erozji rzecznej dochodzi do rozcinania odsypów bocznych/podłużnych/śródkorytowych; formy te powstają także podczas wysokich stanów wód, kiedy wody rzeczne przelewają się na terasę zalewową wyższą (w obrębie terasy często spotykamy te formy w stanie kopalnym – wypełnione osadem mineralnym podczas kolejnych wezbrań),
- podcięcia erozyjne terasy zalewowej wyższej, typowe są dla zewnętrznych odcinków meandrów, choć w wyniku zmiany charakteru osadów transportowanych przez rzekę lub zmiany wielkości przepływu mogą towarzyszyć wewnętrznym odcinkom zakoli.

Wnioski

Podsumowując można powiedzieć, że rozwój krajobrazu badanego odcinka doliny Nysy Kłodzkiej początkowo był związany z przebiegiem procesów naturalnych, których zapis odnajdujemy w podłożu geologicznym, w postaci skał tj.: gnejsy i amfibolity, wapienie krystaliczne (starszy kompleks metamorficzny - metamorfik kłodzki); mylonity, ryolity, diabazy, łupki zieleńcowe i chlorytowe, fyllity, (sedymentacja geosynklinarna, działalność wulkaniczna); łupki ilaste, ilasto-mułowcowe (sedymentacja głębokowodna); zieleńce, wapienie (transgresja morska); piaskowce szarogłazowe, mułowce, łupki ilaste (sedymentacja fliszowa w basenie bardzkim), mylonity granitoidowe, granity, granodiorty, hornfelsy, gnejsy (fałdowanie, intruzje granitowe, metamorfizm kontaktowy); piaskowce, łupki ilaste (sedymentacja molasowa, dyslokacja); brak ciągłości osadów – sedymentacja oraz wietrzenie w warunkach klimatu ciepłego, erozja i planacja; żwiry, piaski i ropy (sedymentacja rzeczna); gliny zwałowe, żwiry rzeczne (sedymentacja glacialna i fluwioglacialna); gliny zwałowe, piaski i żwiry teras kemowych, piaski i żwiry teras rzecznych (deglacja, erozja - rozcięcie zasypania żwirowego przez Nysę, tworzenie teras); piaski i żwiry rzeczne (akumulacja rzeczna); gliny lessopodobne (sedymentacja eoliczna); gliny deluwialne (wietrzenie i ruchy masowe - spływanie); piaski i żwiry rzeczne, mady (sedymentacja rzeczna w klimacie umiarkowanym)

– (Emerle-Tubielewicz 1981). Na procesy naturalne nałożyły się interakcje i czynniki związane z pośrednią i bezpośrednią działalnością człowieka zachodzące w dolinie i zlewni (urbanizacja, zmiana powierzchni leśnej ect.). Obecnie bodziec antropogenny można przyjąć za dominujący czynnik strukturotwórczy oraz modyfikujący strukturę komponentową doliny. Na podstawie wstępnych badań krajobrazowych wyróżniono sześć głównych etapów antropizacji krajobrazu badanego fragmentu doliny - Ryc.5.



Ryc. 5. Schemat rozwoju krajobrazu doliny Nysy Kłodzkiej uwzględniający czynników o genezie antropogenicznej: I – Rozdrobnienie krajobrazu; II – Zmiana składu gatunkowego zbiorowisk; wzrost erozji powierzchniowych poziomów glebowych, zwłaszcza użytkowanych rolniczo; wzrost ilości dostaw drobnej frakcji do transportu rzeczno, nadbudowa mad; III – zmiana poziomu wód gruntowych, zmiana wilgotności gleb, zmiana właściwości fizycznych gleb; IV – zmiana charakteru procesów glebowych, zaburzenie obiegu materii, wzrost erozji bocznej; V - wzrost liczby granic o genezie antropogenicznej, zaburzenie obiegu materii, poprzez wprowadzenie do systemu sztucznych obiektów oraz materii z zewnątrz – zmiana przestrzenna procesów erozyjno-akumulacyjnych; VI – wzrost dostawy substancji toksycznych pochodzących z różnych źródeł (azot, fosfor, metale ciężkie)

Fig. 5. Schematic development of the landscape of Nysa Kłodzka valley considering factors of anthropogenic origin:

I - Fragmentation of the landscape; II - Changes of the composition of plant species; increased levels of surface soil erosion, especially those, which are used for agriculture; the increase of the supply of fine-grain material to the river transport, vertical accretion of alluvial soils; III - changes of the groundwater level, changes of the soil moisture, changes of physical properties of soil; IV - changes of the nature of soil formation processes, disorder of matter circulation, increase of lateral erosion V - the increase of the number of boundaries of anthropogenic origin, disorder of matter circulation due to the introduction of artificial objects and external materials to the natural system - changes of the spatial distribution of erosion and accumulation; VI - increase of the supply of toxic substances from different sources (nitrogen, phosphorus, heavy metals)

Badania wykazały, że rozwój struktury krajobrazu badanego odcinka doliny Nysy Kłodzkiej (ze szczególnym uwzględnieniem procesów erozyjnych) wynika z podatności krajobrazu na zmiany, która jest sumą nakładających się na siebie czynników natury-, jak i antropogennych. Dzisiejszy przebieg procesów fluwialnych zależy między innymi od:

- przestrzennego zróżnicowania jednostek krajobrazowych;
- przestrzennego zróżnicowania współczesnych jednostek krajobrazowych znajdujących się w stanie kopalnym, głównie kanałów przelewowych, które łatwo ulegają odpreparowaniu, np. podczas powodzi;
- geologii (aluwia podścielone litą skałą) oraz litologii samych osadów aluwialnych (piaszczyste, pylaste), która w badanym przypadku warunkuje różną podatność na erozję;
- sposobu użytkowania jednostek krajobrazowych – na skutek wylesienia równi zalewowych doszło do spadku różnorodności gatunkowej oraz wzrostu procesów erozji, zwłaszcza gleb użytkowanych rolniczo; duży wpływ na zmianę przestrzennego rozmieszczenia procesów erozyjno-akumulacyjnych miało niewątpliwie wylesienie strefy aktywnego koryta (utrata stabilności brzegów);
- stopnia zabudowy mieszkaniowej zwartej i rozproszonej w obrębie równi zalewowych oraz regulacji koryta - nasilenie procesów erozyjnych w obrębie aktywnego koryta widoczne jest zwłaszcza na kontakcie odcinków naturalnych z np. obudową kamienną; nisze erozyjne spotykamy także w obrębie jazów, śluz czy mostów;
- zabudowy przeciwpowodziowej powodującej intensyfikację procesów erozyjnych na skutek sztucznego ograniczenia strefy zalewu.

Zmianom ilościowym struktury krajobrazu w czasie towarzyszyły zmiany jakościowe. Badania fizykochemiczne osadów aluwialnych umożliwiły wstępną weryfikację zasięgu poszczególnych impulsów dotyczącą osadów współczesnych (holoceńskich). Zmiany jakości wód (zanieczyszczenie wód) zapisały się w nich w postaci zanieczyszczonej metalami ciężkimi: Cr, Cd, Pb, Zn, Cu warstwy osadów aluwialnych, o miąższości dochodzącej do 40-50 cm. Poniżej – zwłaszcza w strefach, gdzie ciągłość akumulacji osadów była względnie zachowana, np. w obrębie basenów powodziowych – stwierdzono występowanie poziomów, które nie zawierały ponadnormatywnych zawartości metali ciężkich, a w obrębie których stwierdzano występowanie węgla drzewnych. Ich duża ilość może wskazywać na procesy takie jak: intensywne wypalanie kompleksów leśnych. Celem kolejnych badań będzie datowanie zebranego materiału organicznego, co pozwoli na dokładne umiejscowienie w czasie i zweryfikowanie poszczególnych procesów kształtujących krajobraz.

Literatura

- Balon J., 2007, Stabilność środowiska przyrodniczego Karpat Zachodnich powyżej górnej granicy lasu, IGGP UJ, Kraków, ss. 11-28
- Bartkiewicz K., 1977, Dzieje Ziemi Kłodzkiej w wiekach średnich, Monografie Śląskie Ossolineum, XXVIII, ss. 199.
- Emerle-Tubielewicz H., 1981, Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów, Wyd. Geologiczne, Warszawa s.84
- Fabiszewski J., 1992: Rośliny Sudetów – atlas, Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, ss. 160.
- German K., 2001, Tendencje rozwoju popowodziowych form w Karpatach w latach 1997-2000, [w:] red. German K., Balon J., Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie, Problemy Ekologii Krajobrazu t. X, IGGP UJ, Kraków, ss. 577-583
- Kostrzewski A., 2007, Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym, [w:] red. Kostrzewski A, Szpikowski J., Funkcjonowanie geokosytemów zlewni rzecznych IPG, UAM, Poznań, ss.14-18

- Latocha A., 2007, Przemiany środowiska przyrodniczego w Sudetach Wschodnich w warunkach antropopresji, *Studia Geograficzne* 80, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, ss. 220
- Machajski J., Tiukała A., Chraćol B., Kozdra A., 2003: Ocena aktualnego stanu zabudowy i zagrożenia powodziowego dolin rzecznych w Kotlinie Kłodzkiej, cz. IV A.1 Rzeka Nysa Kłodzka, Wrocławska Agencja Rozwoju Regionalnego, Wrocław, ss. 104
- Malinowska et.al, 2004, Geoeekologia i ochrona krajobrazu leksykon, WGSR UW, Warszawa, ss.1-128
- Pietrzak M., 1998, Syntezy krajobrazowe, Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań, ss.11-17, 77-81
- Richling A., Lechnio J., 2005, Z problematyki funkcjonowania krajobrazów nizinnych, WGSR UW, Warszawa, ss.1-271
- Staffa M. (red.), 1994: Słownik geografii turystycznej Sudetów – Kotlinia Kłodzka i Rów Górnej Nysy, t. 15, Wyd. I-Bis, Wrocław, ss. 525
- Zieliński 1998, Litofacyjna identyfikacja osadów rzecznych, [w:] red. Mycielska-Dowgiałło E., Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna, ss.195-253
- Żurawek R., 1999: Zmiany erozyjne w dolinach rzek Sudetów Kłodzkich wywołane powodzią w lipcu 1997 r. oraz w lipcu 1998 r., *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 45, 43-61.