

## Zmiany użytkowania ziemi w dorzeczu Odry w świetle zdjęć satelitarnych i archiwalnych materiałów kartograficznych\*

*Assessment of land use changes in the Odra River catchment  
on the basis of satellite images and historical maps*

Elżbieta BIELECKA, Andrzej CIOŁKOSZ

The disastrous summer 1997 flood in the Odra River Valley has stimulated the interest of some institution and organisation in the flood protection problems of this transnational catchment. One of such organisation was an international team of scientists managed by the Space Application Institute of Joint Research Centre. The team has developed the Flood Risk Assessment Model for flood prediction in the Odra River. Information about land use in the catchment of the Odra River was one out of several data indispensable for running the model.

Institute of Geodesy and Cartography in Warsaw has been asked to undertake the elaboration of land use database in the Odra River catchment for the year 1975 on the basis of interpretation of Landsat MSS data. The results have been compared with those derived from database prepared with the use of Landsat TM data for 1992 within CORINE Project. As the changes in land use within this short period of time have been found not significant it was decided to go more deeply into the past and investigate the development of the region with the use of historical 19th century maps and documents.

The results of land use analysis done on the basis of Landsat MSS (1975), Landsat TM (1992) images and historical maps (19th century) are shown in Table 1. Between 19th century and the 1990-ies, the area of towns and villages has increased by 3 033 km<sup>2</sup> (2.07% of the study area) and the area of forests has increased by 3 107 km<sup>2</sup> (2.02% of the study area). This increase occurred at the expense of arable land, the area of which has decreased by 4 752 km<sup>2</sup>, meadows (decrease 1 090 km<sup>2</sup>) and marshes (decrease 139 km<sup>2</sup>).

Arable land and forests have been the predominant land use categories in the Odra River Basin throughout the study period. In the 19th century, arable land occupied 35 752 km<sup>2</sup> (56.94%) of the area; in the 1970-ies — 31 023 km<sup>2</sup> (49.42%)

and in the 1990-ies — 31 000 km<sup>2</sup> (49.39%). The difference between 1970-ies and 1990-ies is negligible, but the decrease of the area of arable land between 19th century and the end of 20th century is significant; a drop of 7.55%.

On the contrary, the area of forests has significantly increased. In 19th century forests occupied 17 662 km<sup>2</sup> (28.13%) while in 1970-ies 20 739 km<sup>2</sup> (33.04%) and in the 1990-ies 20 769 km<sup>2</sup> (33.09%). During the last 150 years, between 19th century and present day, the area of forests increased by 17%, i.e. over 3 100 km<sup>2</sup>.

Meadows are the third important element in the land cover. There was a decrease of this land use category between 19th century and 1970-ies: from 8.73% to 7.33% (5 483 ha to 4 601 ha) i.e. by 16%. Further decrease has been observed during the last 20 years; the area of meadows diminished to 4393 km<sup>2</sup> (7%), i.e. by 20% in comparison with 19th century, and by 5% in comparison with 1970-ies.

The area of towns and villages has been estimated at 4.37% in the 19th century, 8.81% in the 1970-ies and 9.20% in the 1990-ies. In terms of area this means the increase by 3 033 km<sup>2</sup>. The real increase of the area of towns and villages can be even larger. With respect to this land use category one has to point out the character of data used for interpretation. All the towns and villages existing in the 19th century have been marked on topographic maps of the period. The computed percentage of this category reflects the reality with high accuracy. In case of this particular land use category, satellite images do not guarantee such high accuracy of discrimination. Many residential areas in towns and sometimes entire villages are shielded from the satellite's sensors by trees or obscured by surrounding low vegetation.

\* W badaniach pominięto część zlewni Odry odwadnianej przez Wartę.

## Wstęp

Katastrofalna powódź jaka miała miejsce w dolinie Odry w lipcu 1997 r. przyczyniła się do podjęcia wielu prac zmierzających do określenia potencjalnego zagrożenia powodzią obszarów Przedgórze Sudeckiego i Dolnego Śląska. Różne instytucje krajowe, zagraniczne, a także zespoły międzynarodowe opracowują modele symulacyjne w celu określenia prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi, kierunków i tempa przemieszczania się fali powodziowej, określenia obszarów zalanych wodą, a także oceny szkód wyrządzonych przez tę falę. Wśród wielu danych niezbędnych do sprawnego działania modeli symulacyjnych niezbędne są również informacje dotyczące użytkowania ziemi na badanym obszarze.

Jednym z zespołów opracowujących model symulacyjny dorzecza Odry jest międzynarodowy zespół kierowany przez naukowców ze *Space Application Institute* (Międzynarodowego Centrum Badawczego Unii Europejskiej<sup>1</sup>) w Isprze (Włochy). Do bazy danych opracowywanego modelu wprowadzono informacje o użytkowaniu ziemi w dorzeczu Odry zaczerpnięte z bazy danych wykonanej w ramach ogólnoeuropejskiego projektu CORINE Land Cover przez Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie (Baranowski, Ciołkosz, 1997). Źródłem informacji zawartych w tej bazie były zdjęcia satelitarne wykonane w 1992 r. przez satelitę Landsat za pomocą skanera TM. Informacje te nie są więc aktualne i należało je skorygować, dokonując interpretacji nowych zdjęć satelitarnych. Jednak *Space Application Institute* nie dysponował nowymi zdjęciami i nie zdecydował się na ich zakup. Postanowił natomiast zakupić stosunkowo tanie zdjęcia archiwalne, które za pomocą skanera MSS wykonał satelita Landsat w 1975 r., a więc niemal na początku swojej misji. Jest oczywiste, że zdjęcia te znacznie odbiegają swoimi parametrami od zdjęć wykonywanych współcześnie, niemniej jednak i one zawierają sporą porcję informacji o użytkowaniu ziemi. Porównanie informacji uzyskanych na podstawie obu serii zdjęć dałoby podstawę do wnioskowania o dotychczasowym tempie i tendencjach zmian, jakie w sposobie użytkowania ziemi zachodziły na badanym obszarze. Umożliwiłoby to przeprowadzenie ekstrapolacji i dokonanie prognozy stanu zagospodarowania zlewni Odry w końcu XX w.

## Interpretacja archiwalnych zdjęć satelitarnych

Analiza archiwalnych zdjęć nie jest prosta i wymaga wykorzystania materiałów pomocniczych, jak na przykład zdjęć lotniczych lub map topograficznych opracowanych w czasie zbliżonym do terminu wykonania zdjęć satelitarnych. Ponieważ *Space Application Institute* nie dysponował takimi materiałami zwrócił się więc do Instytutu Geodezji i Kartografii z propozycją przeprowadze-

nia interpretacji wspomnianych zdjęć satelitarnych i opracowania mapy obrazującej użytkowanie ziemi w zlewni Odry w 1975 r., a także określenia zmian jakie zaszły w sposobie tego użytkowania na badanym terenie w ciągu niemal 18 lat dzielących okresy wykonania obu serii zdjęć.

Zdjęcia wykonywane skanerem MSS były rejestrowane tylko w czterech zakresach widma, z których żaden nie obejmował promieniowania w środkowej podczerwieni tak przydatnego w badaniach roślinności. Ich rozdzielczość przestrzenna wynosiła zaledwie 80 m, a więc była niemal 3-krotnie mniejsza niż zdjęć wykonywanych skanerem TM. Tak więc zdjęcia te *ex definitione* zawierały znacznie mniej informacji niż zdjęcia wykorzystane do opracowania bazy danych CORINE Land Cover.

Dwadzieścia jeden obrazów wykonanych przez satelitę Landsat skanerem MSS od końca kwietnia do połowy lipca 1975 r., obejmujących obszar całej zlewni Odry, dostarczył *Space Application Institute* do Instytutu Geodezji i Kartografii. Tu poddano je obróbce numerycznej, doprowadzając do utworzenia 77 barwnych fotomap w odwzorowaniu Gaussa-Krügera i układzie współrzędnych płaskich „1942”. Fotomapy te zostały wykonane w skali 1:100 000 i w cięciu arkuszowym odpowiadającym mapom topograficznym w tej samej skali. Do utworzenia fotomap wybrano zdjęcia wykonane w trzech zakresach spektrum rejestrowanych przez skaner MSS, mianowicie w czwartym, piątym i siódmym odpowiadających kolejno promieniowaniu zielonemu, czerwonemu i bliskiej podczerwieni. Zdjęcia MSS zostały przepróbkowane krokiem 25 m przy zastosowaniu interpolacji metodą splotu sześciennego oraz podkreśleniu krawędzi odwzorowanych obiektów. Zabiegi te miały na celu poprawienie jakości zdjęć i ułatwienie procesu ich interpretacji. Ponadto histogramy zdjęć MSS starano się maksymalnie upodobnić do histogramów zdjęć TM, co powinno doprowadzić do zbliżenia kolorystyki zdjęć wykonanych skanerem MSS i TM. Mimo tych zabiegów barwne kompozycje utworzone ze zdjęć zarejestrowanych przez skaner MSS różniły się niekiedy dość znacznie od barwnych kompozycji utworzonych ze zdjęć wykonanych skanerem TM.

Analizowane zdjęcia satelitarne były wykonane w okresie wiosennym i w pełni lata, a więc w różnych okresach rozwoju roślinności. Już sam ten fakt wpłynął na zróżnicowanie ich kolorystyki. Zdjęcia wykonane w okresie wiosennym były znacznie łatwiejsze do analizy niż zdjęcia wykonane w drugiej połowie czerwca i w lipcu. Ponadto część zdjęć została wykonana w niesprzyjających warunkach atmosferycznych i znacznego zanieczyszczenia atmosfery szczególnie na obszarze Górnego Śląska. Te czynniki w dużym stopniu wpłynęły na czytelność zdjęć i możliwość wyróżniania takich form pokrycia terenu jakie przyjęto w technologii opracowania bazy danych CORINE Land Cover.

Wstępna analiza zdjęć wykazała, że nie będzie możliwe rozpoznanie na nich tych wszystkich form pokrycia terenu, jakie rozpoznano na zdjęciach TM w trakcie

<sup>1</sup> Joint Research Centre (JRC).

opracowywania wspomnianej już bazy danych. Niemożliwe okazało się wyróżnienie na zdjęciach MSS zabudowy zwartej (1.1.1)<sup>2</sup>, zabudowa luźna była rozpoznawana na zdjęciach przy jednoczesnym korzystaniu z map topograficznych i zdjęć TM. Tereny przemysłowe i handlowe (1.2.1) były w większości przypadków wyróżnialne z wyjątkiem GOP, gdyż zdjęcia tego obszaru były wyjątkowo złej jakości. Tereny komunikacyjne i związane z komunikacją drogową i kolejową (1.2.2) były praktycznie niedostrzegalne na zdjęciach, o czym zdecydowała mała przestrzenna zdolność rozdzielcza tych zdjęć. Porty (1.2.3) i lotniska (1.2.4) okazały się łatwe do rozpoznania, podobnie jak miejsca eksploatacji odkrywkowej (1.3.1), zwałowiska i hałdy (1.3.2) oraz budowy (1.3.4). Niemożliwe do rozpoznania na zdjęciach MSS okazały się natomiast miejskie tereny zieleni (1.4.1) oraz tereny sportowe i wypoczynkowe (1.4.2). Na badanym obszarze stosunkowo łatwo rozpoznano grunty orne (2.1.1), sady i plantacje (2.2.2) oraz łąki (2.3.1). Wydzielenie takich form użytkowania terenu jak złożone systemy upraw i działek (2.4.2) oraz tereny głównie zajęte przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej (2.4.3) było już dyskusyjne w trakcie opracowywania bazy danych CORINE Land Cover na podstawie zdjęć TM. W przypadku zdjęć MSS wyznaczenie tych form okazało się zupełnie niemożliwe, o czym zdecydowała przede wszystkim mała przestrzenna rozdzielczość analizowanych zdjęć.

Lasy są tą formą użytkowania ziemi, która była najlepiej widoczna na zdjęciach MSS. Jednak wbrew oczekiwaniom bardzo trudne było rozróżnienie lasów liściastych (3.1.1) od iglastych (3.1.2) oraz wydzielenie lasów mieszanych (3.1.3), prawie niemożliwe było natomiast wydzielenie muraw i pastwisk naturalnych (3.2.1), wrzosowisk i zakrzaczeń (3.2.2), lasów i roślinności krzewiastej w stanie zmian (3.2.4), wydm i piaszków (3.3.1), odsłoniętych skał (3.3.2), roślinności rozproszonej (3.3.3) oraz pogorzeliisk (3.3.4). Natomiast bagna śródlądowe (4.1.1), torfowiska (4.1.2) oraz cieki (5.1.1) i zbiorniki wodne (5.1.2) były stosunkowo łatwo zauważalne na analizowanych zdjęciach.

Trudności interpretacyjne, a szczególnie całkowity brak możliwości wyznaczenia niektórych kategorii użytkowania ziemi, spowodowały, że do badań retrospektywnych przyjęto nieco odmienną technologię. Podstawą do wydzielenia form użytkowania była w tym przypadku przede wszystkim wiedza interpretatora oraz mapy topograficzne i archiwalne plany miast, a dopiero w drugiej kolejności obraz satelitarny. Należy zaznaczyć, że aktualność większości map topograficznych w skalach 1:50 000 i 1:100 000 datuje się na przełom lat 70. i 80., co z punktu widzenia interpretatorów było niezwykle korzystne.

Wyniki interpretacji zdjęć MSS zostały zdigitalizowane i wprowadzone do bazy danych. Taka postać zapisu informacji pozwoliła na określenie powierzchni poszczególnych form użytkowania ziemi, a także przedstawienie

wyników analizy w postaci mapy w skali 1:500 000. Cyfrowa postać zapisu danych odnoszących się do użytkowania ziemi w zlewni Odry w 1975 r. umożliwiła dokonanie porównania z wynikami analizy zdjęć TM otrzymanych w toku opracowania bazy danych CORINE Land Cover. Porównując obie bazy określono różnice wielkości i rozmieszczenia poszczególnych form użytkowania ziemi jakie zaszły na badanym terenie w okresie między 1975 a 1992 r.

Porównanie map użytkowania ziemi w zlewni Odry wykonanych na podstawie obu serii zdjęć, a więc map obrazujących stan zagospodarowania terenu w latach 1975 i 1992 wykazało stosunkowo nieduże zmiany. Były one na tyle znikome, że nie mogły usprawiedliwić wystąpienia tak dużej fali powodziowej jaka miała miejsce w 1997 r. Pojawiały się bowiem opinie, że to zmiany sposobu użytkowania ziemi mogły wywołać tak szybkie rozprzestrzenianie się fali powodziowej. W tej sytuacji *Space Application Institute* zaproponował podjęcie próby wykorzystania archiwalnych materiałów kartograficznych do odtworzenia stanu zagospodarowania ziemi w zlewni Odry w XIX w. Ta część pracy została wykonana przez Instytut Geodezji i Kartografii wspólnie z Instytutem Geografii Uniwersytetu Wrocławskiego, gdzie dokonano interpretacji map topograficznych pochodzących w większości w drugiej połowie XIX w., natomiast utworzenie bazy danych i opracowanie mapy wykonano w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie.

### **Interpretacja użytkowania ziemi na podstawie archiwalnych map topograficznych**

Najstarszym, dostępnym dla całej zlewni Odry, materiałem kartograficznym były niemieckie mapy topograficzne z lat 1830–1895:

1. Karte des Deutschen Reiches, 1:100 000, Königlich-Preussische Landes-Aufnahme, Berlin, 1885–1914; Topographischen Bureau der Königl. Sachs. Geometres, Dresden, 1890; Bureau des Königl. — Sachsische Generalstabens, Dresden, 1904.

2. Spezialkarte 1:75 000, 1877–1886 K. u. K. Militär-geographischen Institut, Wien.

3. Topographische Karte von Preussischen Staate mit einschluss der Anhaltischen und Thüringischen Länder im Masstab 1:100 000; 1823–1832. Preuss. Generalstab, Berlin.

Wykorzystanie wymienionych map jako materiałów źródłowych do opracowania bazy danych użytkowania ziemi w zlewni Odry w drugiej połowie XIX w. wiązało się pokonaniem nowych trudności metodycznych i technicznych. Aczkolwiek wszystkie trzy serie map przedstawiały szczegóły sytuacyjne w konwencji bardzo zbliżonej do dzisiejszych map topograficznych, niemożliwe było wyznaczenie kategorii użytkowania ziemi zgodnie z trzecim poziomem metodyki CORINE Land Cover. Generalizacja oraz prezentacja treści za pomocą znaków umownych nie pozwoliła na rozróżnienie zwartości zabudowy, wydzielenia obszarów o mieszanym sposobie użytkowania (2.4.2 i 2.4.3), poprowadzenia granicy pomiędzy

<sup>2</sup> Numeracja odpowiada systemowi kodowania zastosowanemu w bazie danych CORINE Land Cover.

lasami iglastymi, liściastymi i mieszаныmi, odróżnienia łąk antropogenicznych od naturalnych. Niektóre formy użytkowania takie jak: miejskie tereny zielone, tereny wypoczynkowe i sportowe, tereny komunikacyjne, porty i lotniska oraz roślinność rozproszona, nie występowały w XIX w. w takiej skali, aby mogły być przedstawione na mapie topograficznej. Ostatecznie zdecydowano, że baza danych z XIX w. będzie przedstawiać zagregowane, w większości do pierwszego poziomu, wydzielania CORINE Land Cover. W efekcie tego na mapie użytkowania ziemi w zlewni Odry w II połowie XIX w. widoczne są: tereny zabudowane, grunty rolne, łąki i pastwiska, lasy, bagna oraz wody.

Mapy dziewiętnastowieczne ze względu na różną skalę poszczególnych serii, różne odwzorowania oraz zniekształcenia związane z deformacją papieru nie stanowiły dobrego materiału do przygotowania bazy danych. Duże trudności sprawiła integracja informacji o użytkowaniu ziemi w XIX w. z warstwami tematycznymi z lat 1975 i 1992 i otrzymanie wiarygodnych danych dotyczących zmian sposobu użytkowania ziemi.

### **Użytkowanie ziemi w dorzeczu Odry w drugiej połowie XIX w.**

Szczegółowa baza danych użytkowania ziemi opracowana na podstawie archiwalnych materiałów kartograficznych i wykonana na jej podstawie mapa *Zlewnia Odry, użytkowanie ziemi w drugiej połowie XIX w.* (ryc. 1) wskazuje, że już wtedy (około 1850 r.) zlewnia Odry była w większości obszarem rolniczym. Grunty rolne zajmowały 57% ogólnej powierzchni i dominowały w północnej oraz w południowej części zlewni. Środkową część zlewni zajmowały natomiast duże kompleksy leśne. Lasy te, łącznie z lasami góorskimi, kompleksami leśnymi Równiny Opolskiej oraz lasami łągowymi w dolinach rzek zajmowały ponad 28% powierzchni terenu. Pozostałe 15% obszaru zlewni stanowiły łąki, tereny zabudowane, wody i bagna. Łąki znajdujące się głównie w dolinach rzek oraz łąki śródgórskie zajmowały łącznie 9% powierzchni zlewni.

Analizując wspomnianą mapę można zauważyć, że zalesienie dorzecza Odry jest bardzo nierównomierne. Znajdują się tu zarówno bory należące do największych w Polsce jak i tereny niemal całkowicie bezleśne. Najbardziej wylesione są obszary południowej części Niziny Śląskiej między Sudetami a Odrą (Równina Wrocławska, Równina Opolska, Płaskowyż Głubczycki), na których wytworzyły się dobre i bardzo dobre gleby. Wiele obszarów bezleśnych występuje także w północnej części zlewni Odry na Nizinie Szczecińskiej, gdzie obszary dobrych gleb zostały dawno zajęte przez rolnictwo

Zachodnia część Niziny Śląskiej — dorzecze Bobru i Kwisy — to obszar zajęty przez wielkie bory sosnowe, noszące nazwę Borów Dolnośląskich. Bory te rozciągają się od Pogórza Izerskiego aż do miejscowości Szprotawa, Żagań i Żary. Na północ od tego kompleksu leśnego, w okolicach Zielonej Góry, są również duże obszary leśne. Jeszcze dalej na północ, już po prawej stronie

Odry, znajduje się wielki kompleks leśny zwany Puszcza Rzepińską. Silnie zalesione obszary rozpościerają się również na północ od Głogowa i Nowej Soli. Ogólnie można stwierdzić, że poczynając od Bolesławca na południu, przez Zieloną Górę, Gorzów Wielkopolski aż do Niziny Szczecińskiej na północy, rozciąga się strefa największej lesistości w skali całej Polski.

W południowo-wschodniej części zlewni Odry, w pobliżu Opola, rozciągają się również wielkie kompleksy leśne, mianowicie: Lasy Stobrawskie, Wielkie Bory Małej Panwi oraz Bory Niemodlińskie, także na południe od Kanału Gliwickiego występują stosunkowo duże kompleksy leśne. Lasy te zajmują najmniej żyzne obszary gleb wytworzonych na piaskach i żwirach wodnolodowcowych, częściowo na piaszczystych glinach moren dennych zlodowacenia środkowopolskiego. W odróżnieniu od lasów iglastych występujących w zachodniej części omawianego obszaru, we wschodniej jego części występują także lasy mieszane oraz liściaste. Lasy górskie występują tylko w paśmie Sudetów oraz w Beskidzie Śląskim. W Sudetach gatunkiem panującym jest świerk. Tylko w nielicznych miejscach występują lasy mieszane. W Beskidzie Śląskim obok lasów iglastych znajduje się także sporo lasów mieszanych.

Osadnictwo na obszarze zlewni Odry jest tworzone w większości przez wioski, małe miasteczka i zaledwie dwa ośrodki wielkomiejskie (Wrocław i Szczecin). Pokrywa ono mniej więcej równomierną siecią cały obszar. Tereny zabudowane zajmowały niecałe 4% powierzchni zlewni.

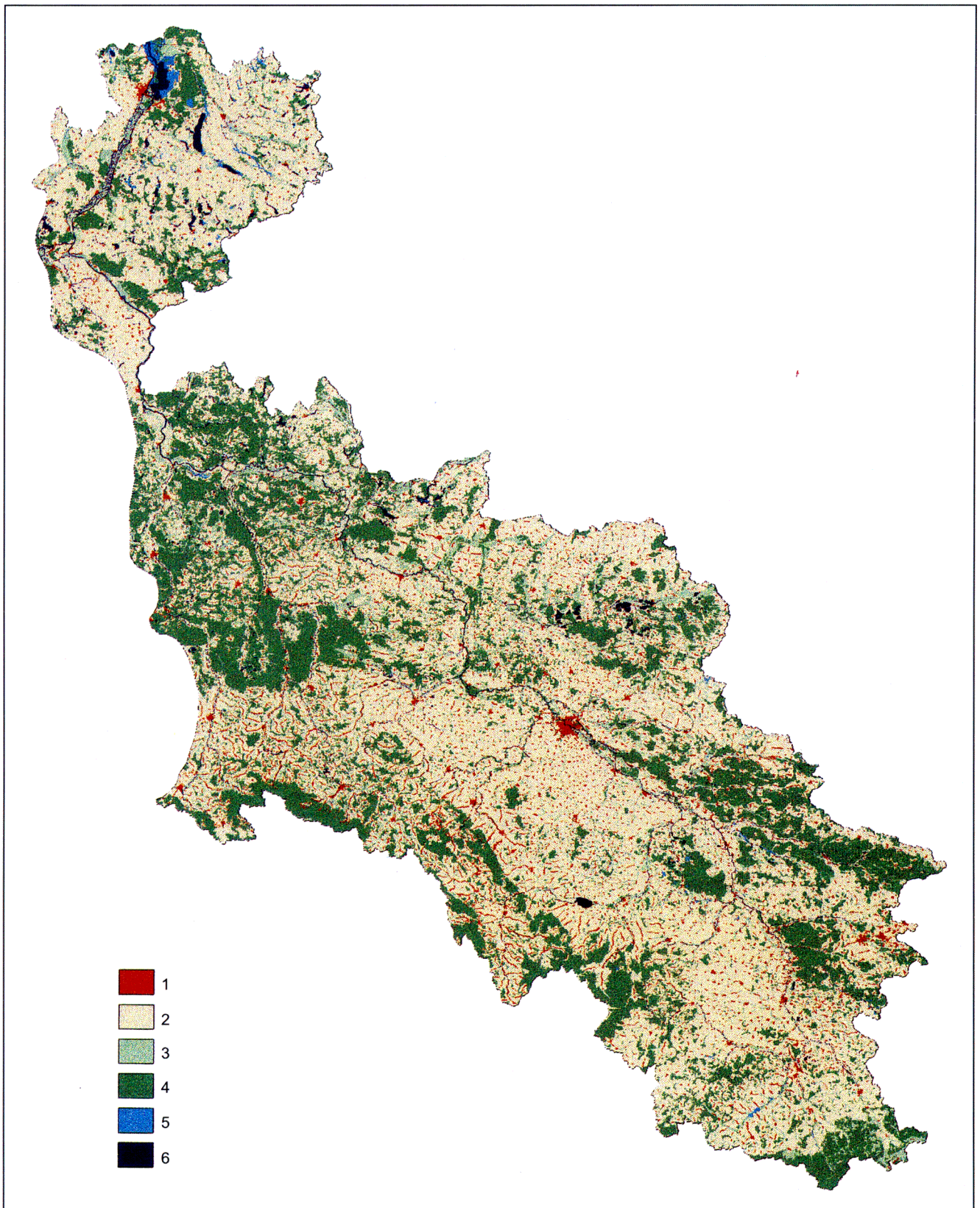
Sieć wodną tego terenu stanowi Odra wraz z kilkoma mniejszymi dopływami głównie w górnym biegu. Charakterystyczną cechą sieci wodnej omawianego terenu jest prawie całkowity brak dopływów lewobrzeżnych, począwszy od ujścia Nysy Łużyckiej.

Krajobraz dorzecza Odry ukształtowany został przez działalność lodowca, który co najmniej dwukrotnie nasunął się na ten teren. Południowa część obszaru zlewni była zajęta tylko przez zlodowacenie najstarsze, dlatego w krajobrazie nie ma śladów działalności lodowca. Jedynie najmłodsze zlodowacenie, które obejmowało północną część zlewni pozostawiło ślady w krajobrazie w postaci licznych jezior, co wpłynęło na nadanie temu obszarowi nazwy Pojezierza Myśluborskiego. Wiele jezior znajdowało się również w płaskiej i zabagnionej kotlinie Baryczy. Warunki terenowe, bardzo małe spadki i bardzo gęsta sieć cieków umożliwiały utworzenie tu całego systemu stawów (Czerwiński i in., 1999).

Mimo że charakteryzowany teren jest obszarem polodowcowym, brak jest na nim większych bagien. W połowie XIX w. obszary bagienne zajmowały niecałe 0,5% powierzchni terenu i były położone przede wszystkim w dolinie Odry i jej większych dopływów.

### **Użytkowanie ziemi w dorzeczu Odry w latach 70.**

Analiza użytkowania ziemi na podstawie informacji pozyskanych ze zdjęć satelitarnych wykonanych w 1975 r. wskazuje, że zarówno sposób użytkowania ziemi jak



Ryc. 1. Zlewnia Odry. Użytkowanie ziemi w II połowie XIX w. (1:2 000 000): 1 — obszary zabudowane, 2 — grunty orne, 3 — łąki i pastwiska, 4 — lasy, 5 — bagna, 6 — wody

Fig. 1. Odra River catchment. Land use in 19th century (1:2 000 000): 1 — built-up areas, 2 — arable lands, 3 — meadows, pastures, 4 — forests, 5 — marshes, 6 — waters

i rozmieszczenie przestrzenne sześciu podstawowych użytków (lasy, grunty orne, łąki, tereny zabudowane, wody, bagna) nie uległo zmianie (ryc. 2). Potwierdza to tezę, że użytkowanie ziemi na tym terenie, rozpatrywane w skali regionalnej, ukształtowane w okresie średniowiecza jest procesem wyjątkowo stabilnym. Wzrastająca liczba mieszkańców i postępująca po II wojnie światowej industrializacja spowodowały duże zmiany sposobu użytkowania terenu ale w większości miały one charakter tylko lokalny.

Porównując użytkowanie ziemi w XIX w. i w połowie lat siedemdziesiątych XX w. można zauważyć, że największe zmiany w ciągu tego okresu nastąpiły w lasach. Powierzchnia lasów zwiększyła się w tym czasie o ponad 3 tys. km<sup>2</sup>, co stanowi 4,9% powierzchni zlewni. Do zwiększenia lesistości przyczyniła się przede wszystkim polityka rolna państwa, której celem było wyeliminowanie gleb marginalnych z produkcji rolniczej. Efektem takiej polityki było zalesianie najślabszych, nieprzydatnych rolniczo gleb.

Wzrostowi powierzchni lasów towarzyszył jednak proces ich deterioracji. Pogorszenie stanu zdrowotnego lasów wiąże się po pierwsze z przeznaczeniem dużych obszarów leśnych na poligony wojskowe dla stacjonujących tu od 1945 r. wojsk radzieckich, po drugie zaś z silnym zanieczyszczeniem powietrza i kwaśnymi deszczami. Napływające z kierunku południowo-zachodniego masy powietrza zanieczyszczone dwutlenkiem siarki i tlenkami azotu wywołały w lasach Sudetów Zachodnich klęskę ekologiczną i prawie całkowite zniszczenie ekosystemów leśnych w Górach Izerskich. Obszar ten stanowi część „czarnego trójkąta”, obszaru o największym stężeniu zanieczyszczeń powietrza w Europie. Pogorszeniu na skutek nadmiernej emisji dwutlenku siarki z nowo powstałych hut miedzi, uległy lasy w Pradolinie Głogowskiej.

Zniszczenie dużych powierzchni lasów spowodowało konieczność przebudowy drzewostanów. Efektem tej działalności była zmiana składu gatunkowego lasów, w wielu przypadkach w miejsce drzew iglastych posadzono liściaste.

Istotne zmiany sposobu zagospodarowania zlewni Odry na przestrzeni 100 lat wywołał dynamiczny rozwój przemysłu związany z eksploatacją i przetwarzaniem złóż surowców mineralnych, przede wszystkim węgla kamiennego i brunatnego oraz miedzi. Rozwój przemysłu na tym obszarze zaznaczył się w wielu miejscach, w prawie każdym większym mieście powstały duże zakłady przemysłowe. Po II wojnie światowej obszar eksploatacji węgla kamiennego w Zagłębiu Górnośląskim rozszerzył się wyraźnie w kierunku południowym, obejmując bogate złoża węgla w rejonie Rybnika, Żorów i Jastrzębia-Zdroju. Podobnie gwałtowny rozwój górnictwa węgla kamiennego miał miejsce w Zagłębiu Ostrawskim, a na Dolnym Śląsku w Zagłębiu Wałbrzyskim. Na zmianę użytkowania ziemi wpłynął również rozwój przemysłu wydobywczego węgla brunatnego. Po II wojnie światowej kopalnie odkrywkowe węgla brunatnego zajęły znaczne obszary. W południowo-zachodniej Polsce,

koło Bogatyni, zlokalizowano ogromną odkrywkową kopalnię węgla brunatnego. Obok kopalni powstało zwałowisko nadkładu, czyli mas ziemnych przykrywających dawniej złożę węgla brunatnego.

Industrializacja i związany z nią wzrost urbanizacji Górnego Śląska i Ostrawsko-Karwińskiego Zagłębia Przemysłowego to czynniki w największym stopniu decydujące o zmianie sposobu użytkowania ziemi w południowej części zlewni Odry. Z ogólnej powierzchni ponad 3 tys. km<sup>2</sup>, na której zaszły zmiany w sposobie użytkowania, większość miała miejsce na dwóch wspomnianych obszarach.

Po stronie niemieckiej powierzchniowa eksploatacja węgla brunatnego miała wielokrotnie większy zasięg, ponieważ w okresie istnienia NRD był to podstawowy surowiec energetyczny tego państwa. Wielki zakład energetyczny Hirschfelde był zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie polskiej elektrowni Turów. Kolejne obszary eksploatacji węgla brunatnego rozciągały się na północ od Zgorzelca, w rejonie miejscowości Niesky i dalej na północ aż do Cottbus.

Trzecim rodzajem przemysłu, kształtującym krajobraz środkowego biegu Odry było i jest wydobywanie miedzi (okolice Lubina). Na mapie użytkowania ziemi obrazującej stan zagospodarowania tego fragmentu zlewni Odry w 1975 r. widoczne są przede wszystkim zbiorniki poflotacyjne oraz inne elementy infrastruktury przemysłu wydobywczego i przetwórstwa miedzi.

Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy, a także kopalnia węgla brunatnego i elektrownia „Turów” oraz zakład energetyczny Hirschfelde po stronie niemieckiej należą do inwestycji powstałych po II wojnie światowej, które wraz z inwestycjami towarzyszącymi wyraźnie zmieniły strukturę rozmieszczania ośrodków przemysłowych w południowej części dorzecza Odry. Do pracy w przemyśle napływało dużo ludzi, efektem czego była rozbudowa miast i powstawanie nowych ośrodków miejskich w pobliżu dużych zakładów przemysłowych (Lubin, Polkowice). Wzrost liczby mieszkańców spowodował wzrost budownictwa mieszkaniowego nie tylko na obszarach uprzemysłowionych, ale na terenie prawie całej zlewni. Sieć osadnicza uległa więc zagęszczeniu, co odbyło się przeważnie kosztem gruntów rolnych (Czerwiński i in., 1999).

Ubytek terenów rolnych na przestrzeni 100 lat dotyczył przede wszystkim gruntów ornych i łąk i wyniósł on ponad 5 500 km<sup>2</sup>. Powierzchnia gruntów ornych zmniejszyła się w sposób znaczący — ubyło 4 700 km<sup>2</sup>, natomiast ubytek łąk szacuje się na około 800 km<sup>2</sup>. Zmniejszyła się również powierzchnia bagien, z 280 km<sup>2</sup> do 130 km<sup>2</sup>. W latach 70. bagna zachowały się jedynie w dolnej części doliny Odry, pozostałe obszary bagienne, szczególnie występujące na pojezierzu, zostały osuszone.

### **Użytkowanie ziemi w dorzeczu Odry w 1992 r.**

Między rokiem 1975 a 1992, w którym to wykonano zdjęcia skanerem TM z pokładu satelity Landsat, zmia-

ny sposobu użytkowania zlewni Odry są w zasadzie znikome (ryc. 3). Obserwuje się je głównie na terenach osadniczych, gdzie rozwój miast powoduje powiększanie terenów zabudowanych i zagęszczanie zabudowy już istniejącej. Dotyczy to głównie Wrocławia, Szczecina, Legnicy, Liberca, Frankfurtu i innych większych miast.

Ważnym czynnikiem wzrostu urbanizacji była zmiana podziału administracyjnego w Polsce (1975 r.). Powołano nowe regionalne ośrodki administracyjne (stolice województw), które ze względu na swoje funkcje rozwijały się bardzo dynamicznie. Efektem tego było znaczne zwiększenie powierzchni zabudowanej.

Na początku lat 90., w związku z przemianami politycznymi w Europie Wschodniej, nastąpiła restrukturyzacja przemysłu. Wpłynęło to na zamykanie wielu zakładów przemysłowych w byłej NRD, a szczególnie kopalń węgla brunatnego (Gerlitz, Forst). Zamykane były również nierentowne zakłady przemysłowe w Polsce i Czechach. Część obszarów przemysłowych zastała zrehabilitowana (dawne hałdy) i zalesiona.

Zmiany w lasach nie dotyczą ich powierzchni, lecz sposobu użytkowania. Są one przede wszystkim wynikiem przebudowy struktury drzewostanów. Lasy sudeckie, na skutek polityki ekologicznej Polski, Czech i Niemiec, zostały w dużej części odnowione. Całe połacie zniszczonych lasów na poligonach wojskowych zostały zrehabilitowane, odnowione zostały również obszary wielkich pogorzelsk.

Od połowy lat 70. obserwuje się dalszy powolny ubytek gruntów ornych. Przyjmował on największe rozmiary na terenach górskich (ok. 2%) i dotyczył przede wszystkim gospodarstw indywidualnych. Opuszczone

Grunty rolne zaznaczone na mapie użytkowania ziemi, zgodnie z metodologią i nomenklaturą CORINE Land Cover, obejmują również obszar rozproszonego osadnictwa wraz z przyzagrodowymi ogrodami, sadami i polami oraz rolnictwo z udziałem czynników naturalnych. Ogólna powierzchnia tych obszarów nie uległa zmianie w ostatnim okresie.

### Zmiany użytkowania ziemi w dorzeczu Odry w ciągu ostatnich 150 lat

Jak już wspomniano, na podstawie archiwalnych map topograficznych wyróżniono 6 form użytkowania ziemi, mianowicie: obszary zabudowane, grunty orne, łąki i pastwiska, lasy, bagna i zbiorniki wodne. Aby porównać te wyniki z wynikami uzyskanymi w toku interpretacji zdjęć satelitarnych wykonanych w 1975 r. przez satelitę Landsat skanerem MSS, trzeba było dokonać agregacji tych ostatnich także do identycznych sześciu głównych form. Warto wspomnieć, że badany teren był pokryty 96 arkuszami map topograficznych wykonanych w różnych skalach i różnym odwzorowaniu. Dlatego trzeba było dokonać geometryzacji wyników analizy do projekcji zastosowanej przy geometryzacji zdjęć satelitarnych. Warto podkreślić, że wyniki obliczeń powierzchni zlewni Odry na podstawie trzech różnych źródeł danych (map, zdjęć MSS i zdjęć TM) różniły się zaledwie o 0,08%.

Wyniki obliczeń powierzchni zajętej przez sześć głównych form użytkowania ziemi w poszczególnych okresach są podane w tabeli 1 i na rycinie 4. Analizując tabelę można zauważyć, że w okresie między połową XIX w. a rokiem 1992 powierzchnia zajęta przez tereny zabudowane (mias-

Tabela 1.

Użytkowanie ziemi w zlewni Odry w II połowie XIX w., oraz w latach 1975 i 1992  
Land cover in Odra River basin in 19th century, 1975 and 1992

		Tereny zabudowane <i>Built-up areas</i>	Grunty orne <i>Arable lands</i>	Łąki i pastwiska <i>Meadows, pasture</i>	Lasy <i>Forests</i>	Bagna <i>Marshes</i>	Zbiorniki wodne <i>Reservoirs of waters</i>	Razem <i>Total</i>
XIX w.	Powierzchnia km <sup>2</sup>	2741	35 752	5483	17 662	282	865	62 784
	%	4,37	56,94	8,73	28,13	0,45	1,38	100,00
1975	Powierzchnia km <sup>2</sup>	5532	31 023	4601	20 739	132	742	62 769
	%	8,81	49,42	7,33	33,04	0,21	1,18	100,00
1992	Powierzchnia km <sup>2</sup>	5774	31 000	4393	20 769	143	689	62 769
	%	9,20	49,39	7,00	33,09	0,23	1,10	100,00

grunty orne zamieniane były na łąki i pastwiska lub wkraczał na nie las. W środkowej i północnej części zlewni, na nizinach, spadek powierzchni gruntów ornych był mniejszy.

Zmniejszeniu uległa również powierzchnia łąk. Maksymalny ubytek miał miejsce w rejonie Kostrzyna oraz w Kotlinie Jeleniogórskiej. Ubytek ten był równoważony przez przyrost łąk (ok. 3%) na terenie Pogórza Izerskiego, Gór Kamiennych oraz Gór Stołowych (Czerwiński i in., 1999).

ta, wsie) zwiększyła się o 3033 km<sup>2</sup> (2,07% ogólnej powierzchni zlewni), natomiast powierzchnia lasów — o 3107 km<sup>2</sup> (2,02%). Wzrost powierzchni terenów zabudowanych i lasów odbył się kosztem gruntów ornych, których powierzchnia w tym okresie zmniejszyła się o 4752 km<sup>2</sup>, łąk (zmniejszenie powierzchni o 1090 km<sup>2</sup>) i bagien (zmniejszenie powierzchni o 139 km<sup>2</sup>).

Jak wynika z tabeli dominującą formą użytkowania ziemi w okresie między drugą połową XIX w. a rokiem 1992 były grunty orne. Ich powierzchnia w badanym



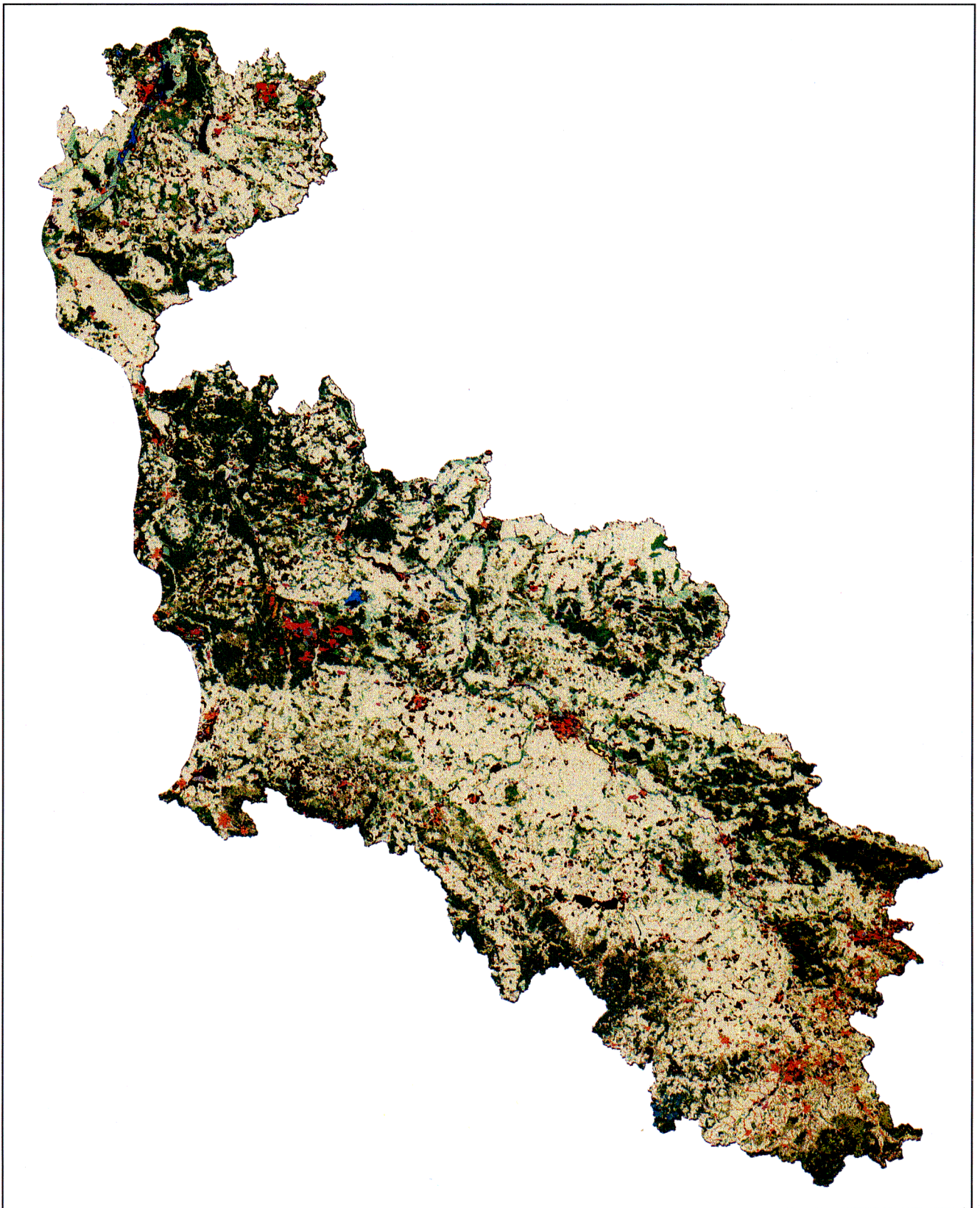
Ryc. 2. Zlewnia Odry. Użytkowanie ziemi w 1975 r.

Fig. 2. Odra River catchment. Land use, 1975

okresie zmniejszyła się o 13,3%, co stanowi 7,55% ogólnej powierzchni badanego terenu. Drugą formą użytkowania ziemi pod względem zajmowanej powierzchni były lasy. W przeciwieństwie do gruntów ornych

powierzchnia lasów na badanym terenie w ciągu ostatnich 150 lat zwiększyła się o 17,6%. Podczas gdy w połowie XIX w. lasy zajmowały 17 662 km<sup>2</sup>, to pod koniec XX w. zajmowały już 20 769 km<sup>2</sup>, co stanowi 33,09%



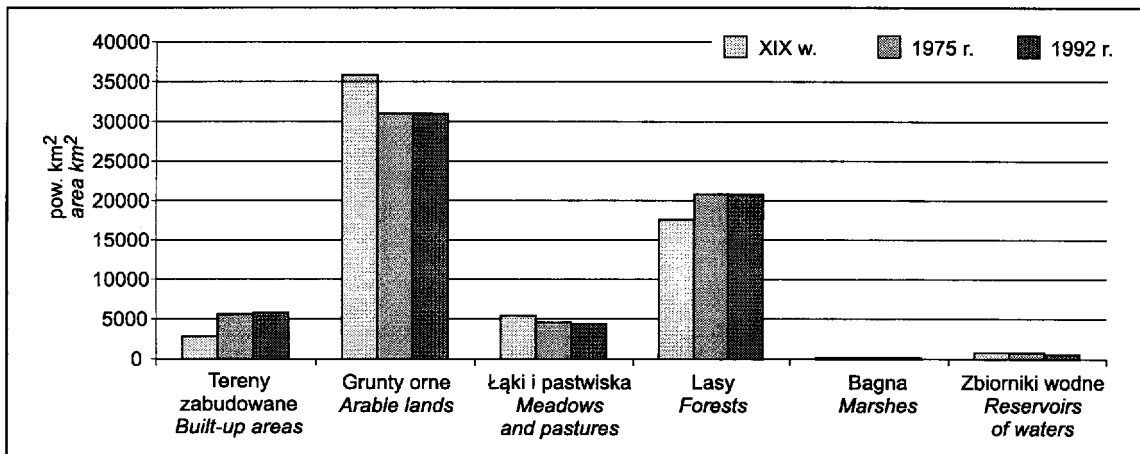


Ryc. 3. Zlewnia Odry. Użytkowanie ziemi w okresie 1975–1992

Fig. 3. Odra River catchment. Land use, 1975–1992

ogólnej powierzchni zlewni Odry. Trzecią formą użytkowania ziemi były łąki. Analizując tabelę 1 można zaobserwować, że między połową XIX w. a rokiem 1975 powierzchnia łąk zmniejszyła się z 5483 km<sup>2</sup> (8,73%) do

4601 km<sup>2</sup> (7,33%), to jest o 16%. Dalsze kurczenie się powierzchni łąk można zaobserwować w ciągu 17 lat dzielących okresy wykonania obu serii zdjęć satelitarnych. W tym czasie powierzchnia łąk zmniejszyła się



Ryc. 4. Zlewnia Odry. Użytkowanie ziemi w drugiej połowie XIX w., w 1975 i 1992 r.

Fig. 4. Odra River catchment. Land use changes in 19th century, 1975 and 1992

o 208 km<sup>2</sup>. W ciągu całego badanego okresu powierzchnia łąk zmalała o prawie 20%.

Powierzchnia zajęta przez zabudowania miast i wsi w II połowie XIX w. wynosiła 2741 km<sup>2</sup>, co stanowiło 4,27% badanego obszaru. W 1975 r. tereny zabudowane zajmowały 8,81% obszaru zlewni, a w 1992 r. już 9,20%. Zatem w ciągu 150 lat nastąpił wzrost obszarów zabudowanych o 3033 km<sup>2</sup>. Tu trzeba zaznaczyć, że wzrost ten może być nawet większy, gdyż trzeba wziąć pod uwagę charakter analizowanych danych. O ile na mapach topograficznych były zaznaczone wszystkie miasta, wsie i osiedla jakie istniały w II połowie XIX w., o tyle na zdjęciach satelitarnych wyróżnienie tej formy użytkowania ziemi z 100% dokładnością okazało się niemożliwe. Wiele wsi, a także niewielkich osiedli nie zostało dostrzeżonych na zdjęciach z powodu zasłonięcia ich przez roślinność.

W badanym okresie zmniejszyła się powierzchnia bagien oraz zbiorników wodnych. Powierzchnia bagien od połowy XIX w. do 1975 r. zmalała z 282 km<sup>2</sup> do 132 km<sup>2</sup>, a więc o 150 km<sup>2</sup>, co stanowi 0,23% ogólnej powierzchni zlewni. W kolejnym okresie, a więc między 1975 a 1992 r., można zauważyć niewielki przyrost powierzchni bagien. Wynika on z faktu, że część zdjęć satelitarnych w 1992 r. została wykonana w okresie wysokiego poziomu wód, co sprawiło, że wiele łąk w dolinie Odry zostało podtopionych i na zdjęciach satelitarnych zostały one zaliczone do obszarów bagiennych. Zbiorniki wodne występujące na badanym terenie wykazują również tendencję zanikającą. Ich powierzchnia w ciągu 150 lat zmniejszyła się z 865 km<sup>2</sup> do 689 km<sup>2</sup>, a więc o 176 km<sup>2</sup>, co stanowi nieco ponad 0,28% ogólnej powierzchni zlewni.

Zmiany użytkowania ziemi na przestrzeni 150 lat dobrze ilustrują dwa przykłady; jeden z okolic Szczecina, drugi z Lubińskiego-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (ryc. 5).

Szczecin w omawianym okresie zwiększył swoją powierzchnię ponad dwukrotnie, w okolicach miasta powstały duże zakłady przemysłowe (Police), rozbudowano port rzeczny wraz z towarzyszącą mu infrastrukturą, rozwinięto sieć komunikacyjną. W XX w. osuszono tereny bagiennie okalające jezioro Dąbie i zamieniono je na łąki. Stosunkowo najmniejszym zmianom uległy lasy. Na przedstawionych fragmentach map widać naturalną sukcesję lasów łęgowych na terenach podmokłych w dolinie Odry.

W okolicach Lubina w XIX w. przeważały lasy, grunty rolne oraz osadnictwo rozproszone. Odkrycie złóż miedzi i utworzenie Lubińskiego-Głogowskiego Okręgu Miedziowego zmieniło charakter tego terenu z rolniczo-łęsnego na przemysłowy. Rozbudowały się miasta, szczególnie Lubin, a w krajobrazie pojawiły się liczne zbiorniki poflotacyjne towarzyszące kopalniom miedzi.

## Wnioski

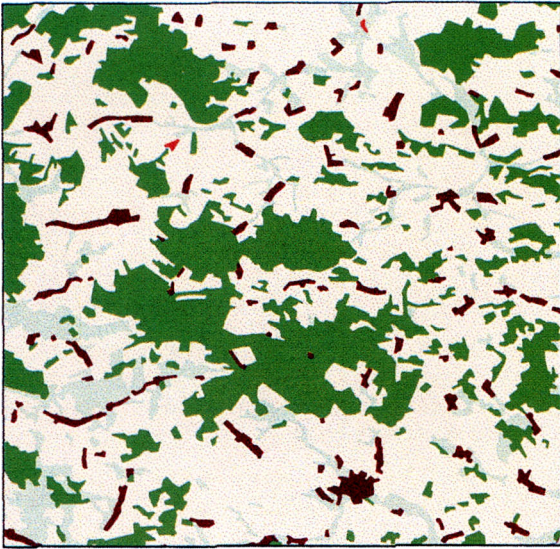
Materiały wykorzystane w toku niniejszych badań nie były w pełni porównywalne i nie pozwalają na szczegółową analizę zmian użytkowania ziemi w całym dorzeczu Odry. Jednak na ich podstawie można określić główne tendencje zmian w zagospodarowaniu tego terenu na przestrzeni ostatnich 150 lat. Zmiany te można scharakteryzować w następujący sposób: w ciągu badanego okresu w zlewni Odry zmniejszyła się powierzchnia gruntów ornych o 4752 km<sup>2</sup>, zaś powierzchnia łąk

→

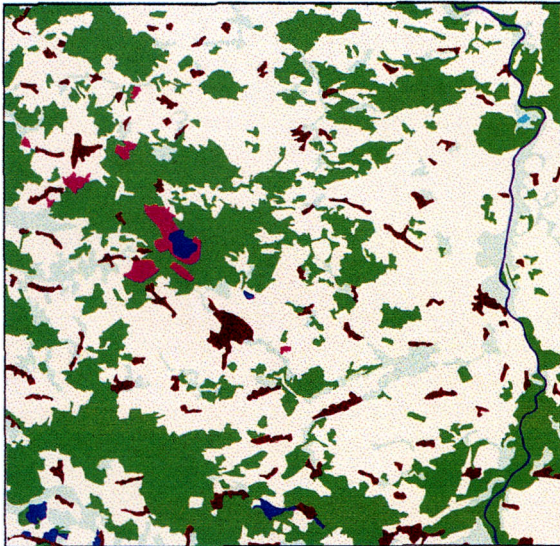
Ryc. 5. Użytkowanie ziemi w zlewni Odry w drugiej połowie XIX w., 1975 r. i 1992 r.  
1 — obszary zabudowane, 2 — grunty orne, 3 — tereny przemysłowe, 4 — lasy, 5 — łąki i pastwiska, 6 — bagna, 7 — wody

Fig. 5. Land use in Odra River basin in 19th century, 1975 and 1992  
1 — built-up area, 2 — arable lands, 3 — industrial areas, 4 — forests, 5 — meadows, pasture, 6 — marshes, 7 — waters

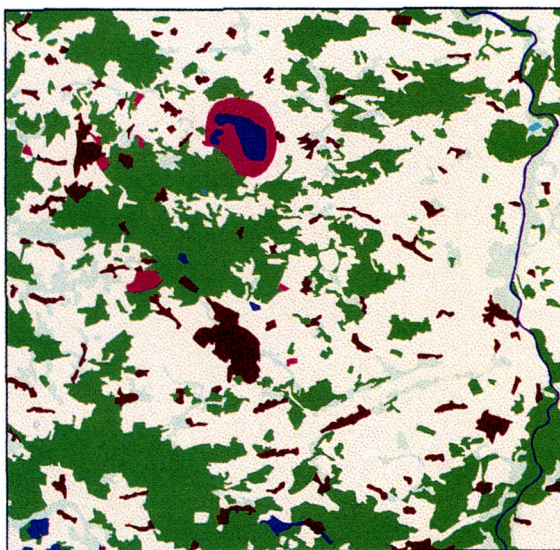
Okolice Lubina  
Lubin Area



II połowa XIX w  
2nd half of 19th c.

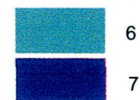
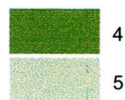
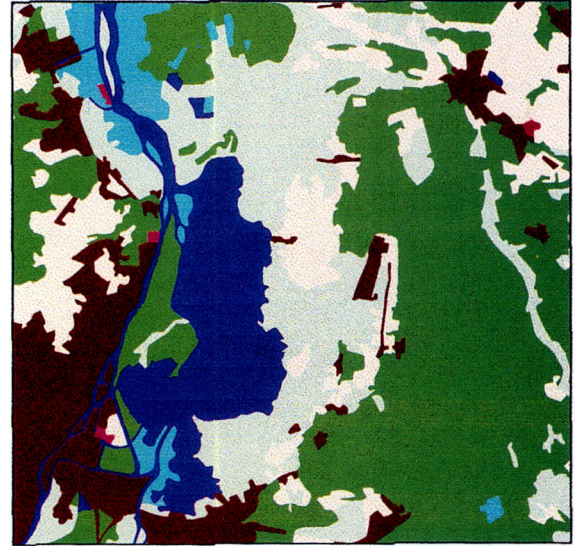
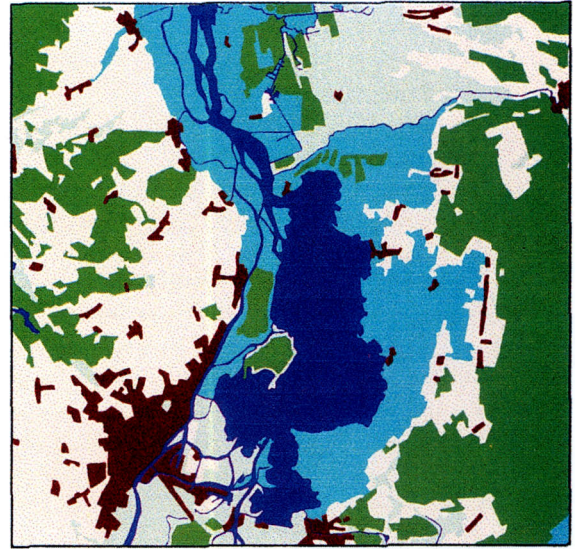


1975



1992

Okolice Szczecina  
Szczecin Area



o 1090 km<sup>2</sup>, wzrosła natomiast powierzchnia lasów o 3107 km<sup>2</sup> i terenów zabudowanych o 3033 km<sup>2</sup>. Zmiany sposobu użytkowania ziemi w zlewni Odry między połową XIX w. a niemal końcem XX w. wystąpiły na obszarze około 6000 km<sup>2</sup>, co stanowi mniej niż 10% ogólnej powierzchni zlewni.

W ciągu badanego okresu wyraźnie zwiększyła się powierzchnia lasów (około 17,6%) mimo klęsk ekologicznych, nawiedzających niektóre rejony zlewni Odry. Niemniej jednak wyraźnemu pogorszeniu uległ stan zdrowotny lasów. Wprowadzenie monokultur świerkowych obniżyło odporność lasów na zanieczyszczenia powietrza, a ponadto w lasach tych zmalało podszycie, co spowodowało znacznie zmniejszoną chłonność lasów na wody opadowe. Największe zmiany odnoszą się do głównej rzeki badanego obszaru — Odry. Przebieg rzeki został w dużym stopniu wyprostowany i skanalizowany.



Dr inż. Elżbieta Bielecka pracuje w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie. Absolwentka Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej ze specjalizacją w zakresie fotogrametrii, tytuł doktora nauk przyrodniczych uzyskała w 1990 r. na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. W latach 1978–1992 pracowała w Pracowni Fotointerpretacji WGiSR UW, od 1994 r. jest zatrudniona w IGiK, gdzie pełni funkcję kierownika Zakładu Systemów Informacji Przestrzennej i Katastru. Specjalista z zakresu teledetekcji i systemów informacji przestrzennej, autorka licznych artykułów, referatów oraz map tematycznych z wykorzystaniem kartografii komputerowej, publikowanych w *Fotointerpretacji w Geografii*, *Miscellanea Geographica*, *Pracach IGiK*, *Polskim Przeglądzie Kartograficznym*, *Archiwum Fotogrametrii*, *Kartografii i Teledetekcji* oraz materiałach konferencyjnych.

Instytut Geodezji i Kartografii, ul. Jasna 2/4,  
00-950 Warszawa.

co spowodowało jej skrócenie o około 16%. Spowodowało to znaczne skrócenie czasu przepływu wody w Odrze od źródeł do ujścia. Duże masy wód nie mogą teraz już tak łatwo pomieścić się nie tylko w korycie, ale nawet w dolinie rzeki. Analiza map użytkowania ziemi wykazała także, że w ciągu ostatniego okresu zostały zabudowane naturalne poldery w dolinie rzeki i nawet nie tak znaczne podniesienie poziomu wody w rzece powoduje groźne skutki, bardzo kosztowne do usunięcia.

### Literatura

- Baranowski M., Ciołkosz A., 1997: Opracowanie bazy danych „Pokrycie terenu Polski”. *Prace IGiK*, t. XLIV z. 95.  
Czerwiński J., Miszewska B., Pawlak W., 1999: *Dzieje Wrocławia i Odry* [w:] G. Roman, J. Waszkiewicz, M. Miłkowski (red.), *Wrocław a Odra*. Urząd Miejski Wrocławia — Biuro Rozwoju Miasta, Wrocław.



Prof. dr hab. Andrzej Ciołkosz pracuje w Instytucie Geodezji i Kartografii. Jest kierownikiem Ośrodka Teledetekcji i Informacji Przestrzennej OPOLIS. Jest również zatrudniony na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego w Zakładzie Teledetekcji Środowiska. Główne zainteresowania naukowo-badawcze to: wykorzystanie teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego; zastosowanie obrazów satelitarnych w badaniu uszkodzeń lasów iglastych, a także w szacowaniu plonów głównych roślin uprawnych oraz kartowaniu użytkowania ziemi na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych. Opublikował ponad 100 oryginalnych prac naukowych. Jest również autorem i współautorem licznych podręczników akademickich z zakresu teledetekcji i fotointerpretacji.

e-mail: ciolkosz@igik.edu.pl