

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII i PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
im. Stanisława Leszczyckiego

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA nr 25

ELŻBIETA BARBARA KOZUBEK

**ZMIANY UŻYTKOWANIA ZIEMI
W REGIONIE TARNOBRZESKIM
POD WPŁYWEM UPRZEMYSŁOWIENIA
W LATACH 1937 – 1992
W ŚWIETLE INTERPRETACJI MAP
I OBRAZÓW SATELITARNYCH**



WARSZAWA 2002

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

Komitet Redakcyjny:

Krzysztof Błażejczyk (redaktor)
Bronisław Górz
Andrzej Kowalczyk
Teresa Kozłowska-Szczęsna
Roman Soja
Alojzy Woś
Barbara Jaworska (sekretarz)

Wydawca:
IG i PZ PAN

Adres redakcji:
00-818 Warszawa, ul. Twarda 51/55
tel.(48-22) 69 78 851
fax (48-22) 620 62 21

PL - ISSN 0012-5032
ISBN 83-87954-23-3

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII i PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
im. Stanisława Leszczyckiego

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA nr 25

ELŻBIETA BARBARA KOZUBEK

**ZMIANY UŻYTKOWANIA ZIEMI
W REGIONIE TARNOBRZESKIM
POD WPŁYWEM UPRZEMYSŁOWIENIA
W LATACH 1937 – 1992
W ŚWIETLE INTERPRETACJI MAP
I OBRAZÓW SATELITARNYCH**



WARSZAWA 2002

Publikacja jest skrótem rozprawy doktorskiej, której recenzentami byli:

Prof. dr hab. Andrzej Gawryszewski
Prof. dr hab. Kazimierz Trafas

Abstract. Comprehensive analysis of land use changes at the Tarnobrzeg voivodship in the years 1937 – 1992 has been performed within the project on the basis of maps and satellite images. The results of analysis have been converted from analogue to digital form. Statistical analyses of data contained in the database revealed spatial extent of different land use categories at particular dates.

Crosstabulation has shown the main trends of changes of land use, as well as areas, where changes were negligible and most dramatic, respectively. The development of industry, dating back to the 1930-ies was the main factor causing land use changes. Sulphur mines and industrial infrastructure have replaced agricultural land, forests and even settlements.

The analysis also revealed areas, where equilibrium between nature and human activities has been seriously endangered (Staszow, Machow, Jeziorko, Stalowa Wola, Polaniec). The results of detailed analysis of the most endangered areas were presented on the maps.

Key words: land use, land cover, retrospective approach, dynamics of changes, GIS, Landsat MSS, TM.

Spis treści

Wstęp	5
1. Problematyka użytkowania ziemi w badaniach geograficznych	7
Podstawowe pojęcia z zakresu użytkowania ziemi	9
Znaczenie i istota badania zmian użytkowania ziemi	10
2. Historia kartowania użytkowania ziemi	15
Kartowanie użytkowania ziemi za pomocą teledetekcji	18
3. Region tarnobrzeski jako obszar badań	20
Charakterystyka fizyczno-geograficzna badanego terenu	20
Ograniczenia i stymulatory rozwoju regionu tarnobrzeskiego	22
4. Materiały wykorzystane w pracy	29
5. Metodyka pracy	33
Istota „nakładkowej metody” analizy przestrzennych danych wieloczasowych	38
6. Wizualizacja danych – opracowanie map użytkowania ziemi	45
7. Analiza użytkowania ziemi w rejonie Tarnobrzega w latach 1937, 1977, 1992	46
8. Zmiany użytkowania ziemi w regionie tarnobrzeskim w okresie 1937 – 1992	58
Zastosowanie współczynnika zgodności <i>kappa</i> do określenia zmian użytkowania ziemi	73
Wnioski	79
Literatura	81
<i>Land use changes in the Tarnobrzeg region as a result of industrialization in the years 1937–1992 on the basis of interpretation of maps and satellite images – summary</i>	89

1. Introduction

2. Theoretical background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Bibliography

10. Index

Wstęp

Powierzchnia Ziemi zmienia się pod wpływem sił natury i działań człowieka. W długiej i zawilej ewolucji rasy ludzkiej osiągnięto stadium, w którym wskutek przyspieszenia rozwoju nauki i techniki człowiek stał się zdolny do przekształcania swego środowiska w różnorodny sposób i na skalę nie mającą dotychczas precedensu. Obydwa aspekty środowiska człowieka, naturalne i stworzone jego ręką, mają istotne znaczenie dla jego dobrobytu i dla możliwości korzystania z podstawowych praw ludzkich – nawet z prawa do samego życia.

Zasoby środowiska przyrodniczego Ziemi stanowią podstawę życia, umożliwiając korzystanie z gleb, wody, energii oraz prowadzenie wszelkiej działalności gospodarczej. Prawidłowe wykorzystanie terenu z punktu widzenia ludzkich potrzeb i możliwości środowiska oraz pomyślaną perspektywicznie opłacalnością stosowania danych form użytkowania, a w konsekwencji ochrona środowiska życia człowieka przed skutkami jego własnej działalności, stanowi podstawowy problem nauk geograficznych, przyrodniczych i społecznych (Kostrowicki 1970; Kozłowski 1994).

Środowisko naturalne jest podsystemem o mniejszej dynamice niż podsystem społeczno-kulturowy i przeobrażenia następują w nim powoli. Natomiast podsystem społeczno-kulturowy jest bardziej dynamiczny i zróżnicowany, a jego złożoność rośnie szybciej dzięki takim procesom jak ruchy demograficzne, zmiany organizacji politycznych, rozwój nowych technik oraz technologii przetwarzania. Ta większa dynamika i związane z nią naruszanie struktury prowadzi do zachwiania istniejącej równowagi, a w następstwie reakcji łańcuchowej powstają nieprzewidziane zakłócenia. Rodzajem działalności najsilniej wpływającym na zakłócenia równowagi między poszczególnymi elementami obu podsystemów jest przemysł (Lijewski 1974). Burzliwy rozwój cywilizacji przemysłowej powoduje daleko idące przekształcenia środowiska, do całkowitej dewastacji włącznie.

Związki przemysłu ze środowiskiem przyrodniczym mają charakter dwustronny. Środowisko wpływa na rozwój i lokalizację pewnych gałęzi przemysłu, zwłaszcza tych uzależnionych od surowców mineralnych. Przemysł z kolei oddziałuje na środowisko, szczególnie przez przejmowanie ziemi od innych użytkowników, eksploatację surowców mineralnych, odprowadzanie ścieków, emisję pyłów i gazów, wytwarzanie odpadów.

Zajmowanie terenów przez infrastrukturę przemysłową i infrastrukturę jej towarzyszącą (nowe tereny osiedleńcze) jest nieuniknionym skutkiem rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego kraju. Pozostaje jednak pytanie, czy przekazywanie tak dużej powierzchni ziemi użytkowanej rolniczo, często o dużej naturalnej żyzności, na cele przemysłowe było uzasadnione. W wielu przypadkach (zwłaszcza w PRL do początku lat siedemdziesiątych) dysponowano ziemią zbyt rozrzutnie, a wynikało to z jej niskiej ceny, jak i ówczesnej polityki państwa, gdy często pod zabudowę przeznaczano najbardziej wartościowe grunty. W 1971 r. podjęto próby zahamowania procesu przekazywania użytków rolnych w użytkowanie nierolnicze. W wyniku uchwalonej przez Sejm ustawy (z 26 października 1971 r. Dz. U. Nr

27, poz. 249) o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz o rekultywacji gruntów, zróżnicowano cenę ziemi w zależności od jej urodzajności. Jednocześnie wyznaczono „regiony intensywnego rozwoju rolnictwa”, na których zmiana użytkowania ziemi z rolniczego na inne miała być ograniczona. Przedsięwzięcia te jednak okazały się mało skuteczne, bowiem po 1971 r. w dalszym ciągu przemysł przejmował duże powierzchnie biotyczne (Grocholska 1972).

Intensyfikacja rozwoju przemysłu, która miała miejsce w latach 1970 – 1980, zaznaczyła się wzmoczoną degradacją środowiska. W wielu rejonach, obok rozwiniętych procesów przekształceń pojawiły się nowe obiekty przemysłowe, w tym głównie branży energetycznej, hutniczej i kopalnictwa odkrywkowego. Skutki ich oddziaływania nałożyły się na istniejące tło zanieczyszczeń środowiska, co powodowało niekiedy katastrofalny charakter przeobrażeń. Problem ten jest szczególnie istotny w przypadkach budowy nowych obiektów przemysłowych. Powstają wówczas zasadnicze pytania, jak powstanie nowego obiektu wpływa na inne podmioty użytkowania ziemi i na warunki naturalne oraz czy istnieją możliwości odwrócenia procesów degradacji. Istnieje zatem potrzeba określania jakościowego i ilościowego zmian jakie zachodzą w środowisku, co sprawia, że informacje o sposobach użytkowania ziemi i pokryciu terenu mają coraz większe znaczenie (Wolman 1980; Parry 1982; Kostrowicki 1982; Turner, red. 1995).

Jednym z rejonów silnie przekształconych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych jest region¹ tarnobrzeski. Niniejsza praca jest poświęcona studium tego obszaru, który niemal całkowicie zmienił swój charakter na skutek rozwoju przemysłu, w szczególności przemysłu wydobywczego.

Współczesne metody analizy przestrzennej stanowiące integralną część technologii GIS, wykorzystującej różnorodne źródła danych o terenie, takie jak: materiały kartograficzne, źródła historyczne, monografie regionalne, dane statystyczne, a przede wszystkim zdjęcia lotnicze i satelitarne, umożliwiają zaspokojenie potrzeb odnośnie pozyskiwania informacji o formach pokrycia terenu i sposobach jego użytkowania w trybie niemalże ciągłym.

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie analizy zmian użytkowania ziemi w latach 1937 – 1992 w rejonie tarnobrzeskim na podstawie danych uzyskanych w wyniku interpretacji map i obrazów satelitarnych. Analizy tej dokonano poprzez zastosowanie „metody nakładkowej”, co pozwoliło na badanie transformacji danych form użytkowania ziemi w inne formy, przy wykorzystaniu macierzy przejść, a także na określenie wielkości zmian użytkowania ziemi wyrażonej wartością współczynnika zgodności *kappa*. Analiza ta stała się możliwa po utworzeniu numerycznej bazy danych dotyczącej użytkowania ziemi w rejonie tarnobrzeskim w latach 1937, 1977 i 1992, co pozwoliło także na opracowanie map użytkowania ziemi według jednolitej konwencji odpowiednio dla lat: 1937, 1977, 1992 oraz mapy wynikowej obrazującej zmiany użytkowania ziemi w okresie 1937 – 1992.

¹ Termin region będzie używany w dalszej części pracy zamiennie z terminem rejon. Obszar badań zajmuje blisko 2 i 1/2 arkusza mapy 1 : 100 000 w układzie „42”. Autorka uważa, że o terenie tym można mówić jako o regionie, ponieważ spełnia on kryteria delimitacji regionu.

1. Problematyka użytkowania ziemi w badaniach geograficznych

Problematykę użytkowania ziemi – ze względu na jej obszerność – można rozpatrywać z różnych punktów widzenia. Należy jednak stwierdzić, że przez wiele lat użytkowanie ziemi było traktowane w sposób tradycyjny i celem ostatecznym badań było opracowywanie map obrazujących sposób użytkowania ziemi. Biorąc pod uwagę potrzeby studiów nad zagadnieniem użytkowania ziemi możemy wyróżnić kilka dróg badawczych:

- kartowanie użytkowania ziemi, tworzenie instrukcji do opracowania map pokrycia/użytkowania ziemi; opracowywanie tradycyjnych map użytkowania ziemi, wykonywanie map na podstawie materiałów statystycznych, a przede wszystkim na podstawie kartowania terenowego, map topograficznych oraz zdjęć lotniczych i satelitarnych, co stanowi przedmiot badań geografii ekonomicznej i teledetekcji,
- badania rolniczego użytkowania ziemi, badanie struktury użytkowania ziemi na podstawie materiałów statystycznych, przy czym wyniki odnoszą się przede wszystkim do granic jednostek administracyjnych (przedmiot badań geografii ekonomicznej, a w szczególności geografia rolnictwa),
- badania użytkowania ziemi regionów,
- próby metodyczne nowych ujęć w tym metodami teledetekcji,
- badania współzależności między użytkowaniem ziemi a innymi procesami, np. geomorfologicznymi, hydrologicznymi, demograficznymi oraz zależności użytkowania ziemi i typu krajobrazu,
- badania zmian użytkowania ziemi, opracowywanie map ewolucji użytkowania ziemi – zmian użytkowania ziemi na podstawie materiałów historycznych, map archiwalnych, kolejnych edycji map topograficznych.

Z uwagi na charakter niniejszej pracy oraz wykorzystane w niej metody, zagadnienie kartowania użytkowania ziemi opisano szerzej w kolejnym rozdziale. Poniżej zasygnalizowano znaczące prace z zakresu użytkowania ziemi.

Piśmiennictwo związane z tą problematyką, obejmuje prace odnoszące się do zagadnień rolniczego użytkowania ziemi, wykonane głównie w Zakładzie Geografii Rolnictwa i Obszarów Wiejskich IGiPZ PAN, a dotyczące lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Efektem prowadzonych badań jest między innymi praca zbiorowa – *Przemiany struktury przestrzennej rolnictwa Polski 1950-1979*. W 1997 r. ukazały się kolejne studia dotyczące rolniczego użytkowania ziemi u schyłku epoki socjalizmu – *Przemiany rolniczego użytkowania ziemi w Polsce w latach 1975-1988* (Bański 1997).

Do opracowań regionalnych związanych z użytkowaniem ziemi można zaliczyć pracę K. Bromka, wydaną w 1966 r. pt. *Użytkowanie ziemi w Krakowie i przyległych częściach powiatu krakowskiego około 1960 r.* Autor opisał tu, obok rolniczych i naturalnych kategorii użytkowania takich jak lasy, użytki rolne, również użytki techniczne, do których zaliczył tereny mieszkalne, przemysłowe, komunikacyjne i usługowe. Kontynuację badań dotyczących użytkowania ziemi przestrzeni miejskiej Krakowa stanowią prace doktorskie (Górka 1973; Mydel 1974), oraz habilitacyjne (Mydel 1979; Górka 1986). W 1990 r. została

opublikowana praca B. Luchtera *Przestrzenne związki użytkowania ziemi w Krakowie*, zawierająca wiele przykładów zastosowania metod statystycznych. Podstawę opracowania stanowiły w dużej mierze mapy użytkowania ziemi z lat 1955, 1968 i 1972 (Bromek, Mydeł 1972), a dla okresu 1982 – 83, autor wykonał własne prace terenowe wykorzystując mapy topograficzne. Użytkowaniem ziemi terenów miejskich zajmował się również S. Liszewski. Opisał stan użytkowania ziemi w miastach województwa opolskiego w latach 1960-1968, scharakteryzował układ przestrzenny poszczególnych form użytkowania ziemi oraz wyznaczył typy miast z punktu widzenia sposobu i intensywności użytkowania ziemi (Liszewski 1973).

Na uwagę zasługują publikacje opracowane pod kierunkiem J. Grocholskiej (Grocholska 1973, 1976)), ujmujące omawiany problem w skali całego kraju, mianowicie – *Bilans użytkowania ziemi w Polsce* i *Charakterystyka użytkowania ziemi w Polsce w 1970 r.* W pierwszym opracowaniu jako materiał źródłowy posłużyły wykazy gruntów z grudnia 1970 r., sporządzone przez służbę geodezyjną, oraz materiały ewidencji gruntów zebrane przez zespół prowadzący badania. Publikacja zawiera dane o głównych formach użytkowania ziemi oraz dostarcza informacji na temat władania nią. W drugim opracowaniu autorka opisuje istniejący stan użytkowania ziemi w nawiązaniu do koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju z uwzględnieniem między innymi istniejących proporcji w strukturze użytkowania ziemi, zwłaszcza zaś użytków rolnych, tendencji i potrzeb gospodarki leśnej, rosnącej potrzeby pozyskiwania nowych terenów na urządzenia infrastruktury technicznej, a w szczególności komunikacji i inne.

Wśród prac zagranicznych należy wymienić *Zmiany użytkowania ziemi we Francji w okresie 1815 – 1914*. W opracowaniu tym (Clout 1983) obszernie opisano i zilustrowano zmiany, jakie zaszły we Francji. Posłużono się głównie metodami statystycznymi, a do sporządzenia map wykorzystano metody kartograficzne, np. metodę kartogramu, kropkową itp.

Ciekawym ujęciem omawianej problematyki w skali całego kraju jest studium M.L. Parry'ego (1982) o zmianach użytkowania ziemi w Wielkiej Brytanii w latach 1931 – 1980, gdzie autor stwierdza, że badania nie są kompletne, a wynika to z braku porównywalnych danych, odnoszą się one bowiem do różnych jednostek administracyjnych, różnych okresów oraz dotyczą różnych klasyfikacji użytkowania ziemi.

Osobnej uwagi wymagają publikacje łączące problematykę użytkowania ziemi i teledetekcję. Do nich należą artykuły zamieszczane w czasopismach specjalistycznych, między innymi *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* (Nellis i in. 1990; Lo, Shipman 1990), *ITC Journal* (Gils, Huizing 1991), *Fotointerpretacja w geografii* (Baranowski, Ciołkosz 1994).

W ostatnim czasie opracowano w Instytucie Geodezji i Kartografii dwa projekty dotyczące zmian użytkowania ziemi w Dorzeczu Odry. Jeden obejmował okres 1975 – 1992 i został opracowany na podstawie zdjęć satelitarnych, drugi natomiast dotyczył drugiej połowy XIX wieku i 1992 r. Wykorzystano w tym przypadku mapy topograficzne i zdjęcia satelitarne.

Można stwierdzić, że z końcem lat osiemdziesiątych problematyka badawcza związana z użytkowaniem ziemi przeżywa swój renesans. Wiąże się to zarówno z rozwojem Systemów Informacji Geograficznej, z rozwojem technik pozyskiwania danych o większej rozdzielczości przestrzennej, jak również ze wzrastającymi potrzebami geografów, ekologów, specjalistów z zakresu nauk rolniczych, planistów, architektów krajobrazu, urbanistów.

Podstawowe pojęcia z zakresu użytkowania ziemi

W ostatnich latach termin pokrycie ziemi (land cover) staje się powszechnie używany w połączeniu z terminem użytkowanie ziemi (land use), jednak nie są one synonimami (Lindgren 1985). Termin użytkowanie ziemi związany jest ze wszystkimi aspektami przestrzennymi i wszystkimi aspektami działalności człowieka odnoszącymi się do ziemi. Niektórzy geografowie rozszerzają tę definicję tak, aby zawierała typy wegetacji oraz kategorie użytkowania ziemi. Wówczas powstaje konflikt definicji, ponieważ zaangażowane są dwie różne koncepcje. Funkcjonalne użytkowanie ziemi dla zaspokojenia ludzkich potrzeb (rolnictwo, rekreacja) przeciwstawiane jest formom pokrycia terenu (zboża, drzewa). W przypadku, gdy koncepcje pokrywają się np. tereny zabudowane czy las, bez określania, czy ziemia użytkowana jest przez przemysł, usługi lub inne media, nie ma możliwości nieporozumień.

Należy jednak podkreślić, że w ścisłym sensie użytkowanie ziemi powinno odnosić się do aktywności na danym terenie, a nie do wyglądu powierzchni ziemi. Na ten temat istnieje wiele polemik, gdzie stwierdza się, że na większości obszarów termin „użytkowanie ziemi” pokrywa się z pojęciem „pokrycia ziemi”.

W 1977 r. użytkowanie ziemi zostało zdefiniowane w publikacjach FAO jako działalność człowieka, która jest bezpośrednio związana z daną powierzchnią, natomiast pokrycie ziemi zostało zdefiniowane jako „formacja” roślinna lub antropogeniczna pokrywająca daną powierzchnię.

Inną propozycję terminologiczną przedstawił J. W. Fox. Rozróżnia on dwa terminy użytkowanie ziemi (land use) i działanie na danym terenie (land utilization), choć powszechnie używane są jako synonimy. Land use przyjmuje jako aktualny, określony użytek na powierzchni ziemi, a land utilization jako proces rozwijania tego użytku, czyli działanie (Fox 1956).

Z kolei T. M. Burley (1961) rozumie termin pokrycie ziemi (land cover) jako naturalne lub sztuczne formy pokrywające powierzchnię ziemi, na których odbywa się działalność ludzka czyli użytkowanie (utilization). W swych końcowych rozważaniach proponuje jeszcze inne rozwiązanie, traktując użytkowanie ziemi (land use – lu) jako pojęcie szersze, nadrzędne, na które składają się pokrycie ziemi (land cover – lc) oraz działanie na danym terenie (land utilization – lut) i przedstawia je w formie równania: $lc + lut = lu$.

W 1982 r. J. Kostrowicki również zwrócił uwagę na brak jednolitej terminologii w tym zakresie i zaproponował inne rozwiązanie, mianowicie klasyfikację systemów użytkowania ziemi. Wszystkie systemy występujące na powierzchni ziemi mogą być zgrupowane w trzy podstawowe kategorie lub systemy pierwszego rzędu: 1. systemy

bioprodukcyjne, 2. systemy technoprodukcyjne i 3. systemy nieprodukcyjne (Kostrowicki A. S. 1970; Kostrowicki J. 1982). W obrębie każdej z tych trzech kategorii wyróżnić można liczne systemy niższego rzędu. Autor stwierdza, że granice pomiędzy tymi systemami nie są ostre, zatem można wyróżnić między nimi wiele form przejściowych lub kombinowanych.

Podobnego podziału form użytkowania ziemi dokonali geoekolodzy (Richling, Solon 1994). Wyróżnili oni trzy zespoły form użytkowania przestrzeni: użytkowanie biogeniczne (użytkowanie rolnicze i leśne), użytkowanie geogeniczne (kopalnictwo) i użytkowanie technogeniczne (osadnictwo, przemysł, komunikacja).

W niniejszej pracy za podstawę klasyfikacji przyjęto formy użytkowania ziemi, ale jest oczywiste, że np. las stanowi jednocześnie rodzaj pokrycia, jak i użytkowania ziemi. W sytuacjach konfliktowych wybierano rodzaj użytkowania ziemi, np. w okolicach Jeziorka, gdzie użytkowaniem jest eksploatacja siarki, natomiast pokrycie terenu stanowi roślinność.

Znaczenie i istota badania zmian użytkowania ziemi

Śledzenie zmian użytkowania ziemi jest najbardziej syntetycznym wskaźnikiem informacji orientującej o wykorzystaniu zarówno przestrzeni geograficznej, jak i kompleksu glebowo-fizjograficznego (Chojnicki 1970).

O ważkości problemu zmian użytkowania ziemi świadczą ostatnie publikacje naukowe, prezentowane również na międzynarodowych konferencjach, sympozjach i seminariach poświęconych temu zagadnieniu w ostatnich latach np.: *Land Degradation and Rehabilitation* (Thom 1994), W. B. Mayer and B. L. Turner 1994 oraz *Agenda 21* Narodów Zjednoczonych. Badania użytkowania ziemi i pokrycia terenu są wykorzystywane do rozwiązywania wielu problemów z różnych dziedzin, z których do najważniejszych można zaliczyć: badanie zależności między użytkowaniem ziemi a atmosferą, określanie różnorodności biologicznej, zagadnienia zrównoważonego rozwoju, czy wreszcie przeciwdziałania globalnym zmianom klimatu.

Wielu badaczy zgodnie stwierdza, że badania zmian użytkowania ziemi powinny odpowiadać na następujące pytania.

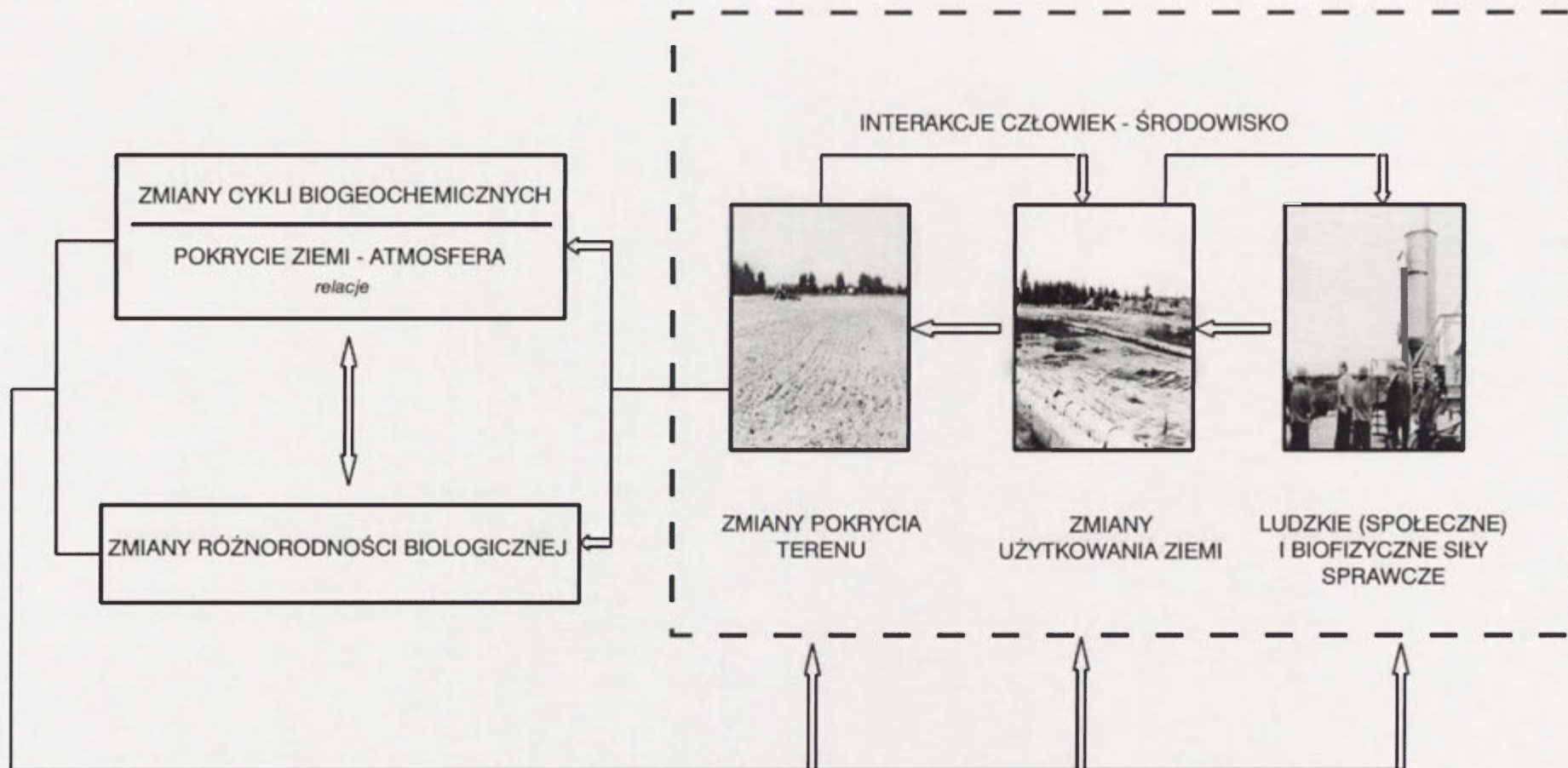
1. Jak pokrycie ziemi zmieniło się w zadanym przedziale czasowym, zarówno pod wpływem działalności człowieka, jak i w wyniku procesów biogeofizycznych ?
2. Jakie były główne przyczyny zmian użytkowania ziemi w ujęciu historycznym i jakie jest przestrzenne zróżnicowanie tych procesów ?
3. Jakie są główne przypadki zmian, przejść danych form użytkowania ziemi w inne ?
4. Jak będą przebiegać zmiany użytkowania ziemi w najbliższej przyszłości?

Zmiany użytkowania ziemi i pokrycia terenu wywierają wpływ na atmosferę ziemską, zmniejszenie się różnorodności biologicznej i stanowią główny czynnik w zrównoważonym rozwoju systemu człowiek-środowisko, a w konsekwencji determinują ludzkie działania na danym terenie wobec już zaistniałych zmian. Schemat wzajemnych oddziaływań pokazuje, jak potrzeby i preferencje ludności powiązane są z szerszej rozumianymi procesami

społecznymi i w jaki sposób odzwierciedla się to w użytkowaniu ziemi i pokryciu terenu (ryc.1).

Badania użytkowania ziemi i pokrycia terenu spełniają funkcję integracyjną nauk przyrodniczych i społecznych oraz badań zmian na poziomie globalnym, regionalnym i lokalnym. Już w 1982 r. J. Kostrowicki zwrócił uwagę, że sama tylko rejestracja form użytkowania ziemi przestała budzić zainteresowanie geografów. Niewiele uczyniono, aby wyjaśnić przez kogo, w jaki sposób i z jaką intensywnością ziemia jest użytkowana oraz jakie są wyniki tego użytkowania (Kostrowicki J., 1982). Niestety znaczenie integracyjnego badania zmian jest do chwili obecnej słabo rozumiane przez badaczy i decydentów. Długofalowy charakter zmian w użytkowaniu ziemi znany jest jedynie w dużym przybliżeniu. Poziom wiarygodności danych jest nadal niski, chociaż postęp metod i nowych technik pozwala na bardziej precyzyjną analizę (Meyer i Turner 1994).

Fundamentalne badania w tym zakresie pozostają nadal do wykonania. Prowadzenie tych badań wymaga między innymi wykonania wielu porównawczych analiz przypadków zmian użytkowania ziemi. Warunkiem jest też kompleksowy charakter badań oraz zrozumienie jak procesy zmian użytkowania ziemi i pokrycia terenu są zróżnicowane w przekrojach przestrzennych i czasowych.



Ryc. 1. Schemat powiązań zmian użytkowania ziemi i pokrycia terenu ze zmianami środowiska
 Interactions between environment and land use/cover changes (IGBP Report No.35)



Wojciech J. Borkowski
 Department of Biology
 University of Wrocław
 Wrocław, Poland

2. Historia kartowania użytkowania ziemi

Pomimo, że kartowaniem użytkowania ziemi zajmowano się znacznie wcześniej, dopiero XX wiek można uznać za okres dynamicznego rozwoju tego kartowania, a w pełni naukowy charakter zyskały badania zapoczątkowane przez geografów amerykańskich w 1915 r. Była to próba przedstawienia przestrzennego rozmieszczenia głównych użytków ujętych łącznie, a szczegółowe badania terenowe pozwoliły wypracować klasyfikację form użytkowania ziemi (Sauer 1919; Jones 1930).

Należy jednak pamiętać, że w dziedzinie badań użytkowania ziemi, przodującą rolę odegrała Wielka Brytania i ona też dała początek prac na wielką skalę. Rolnictwo nie było tam podstawowym działem gospodarki narodowej, z tego też względu badania użytkowania ziemi (w większym stopniu, niż w badaniach amerykańskich) koncentrowały się na problemie racjonalności gospodarowania przestrzenią niż badaniu struktury upraw.

Z inicjatywy L.D. Stampa wykonano w latach 1930-1945 zdjęcie użytkowania ziemi Wielkiej Brytanii w skali 1:63 360, które przeszło do historii pod nazwą *Pierwszego Brytyjskiego Zdjęcia Użytkowania Ziemi* (Stamp 1948). Wykorzystanie praktyczne i naukowe brytyjskiego zdjęcia spowodowało dynamiczny rozwój tego rodzaju prac na świecie.

W 1916 r., prawie równocześnie z pracami amerykańskimi, ukazał się *Geograficzno-statystyczny atlas Polski* opracowany przez Eugeniusza Romera. Znajdująca się w nim mapa pod tytułem *Użycie ziemi* dała początek polskim opracowaniom dotyczącym kartowania użytkowania ziemi.

W okresie międzywojennym, jako pierwszy zajął się omawianym problemem W. Kubijowicz, opracowując *Mapę użycia ziemi w Karpatach Wschodnich* w skali 1:200 000. Na mapie tej wyróżnione zostały następujące kategorie użytków: lasy, obszary trawiaste, obszary z przewagą łąk nad rolami, obszary z przewagą ról nad łąkami i pastwiskami, obszary, na których role zajmują więcej niż 50 % powierzchni całego terenu oraz nieużytki. Niektóre kategorie zostały wydzielone na podstawie map topograficznych, inne zaś w wyniku interpretacji danych statystycznych odniesionych do poszczególnych gmin. Te ostatnie przedstawiono metodą izarytm.

Formy użytkowania ziemi zawierają również niektóre mapy lub plany krajobrazowe. Można tu wymienić *Plan krajobrazowy Tarnowa* (1:50 000), opracowany przez Z. Simchego w 1927 r. Plan ten zawierał informacje typowe dla mapy użytkowania ziemi, takie jak: role, łąki, ogrody warzywne, trawniki, parki, osadnictwo, drogi, koleje oraz elementy hydrografii.

W tym samym roku ukazała się najefektowniejsza mapa okresu międzywojennego, związana z tematyką użytkowania ziem (7 wyróżnionych form użytkowania ziemi stanowi jedynie tło mapy) – *Mapa gospodarczo-osadnicza pasterstwa w Tatrach* w skali 1:70 000, opracowana przez Z. Hołub-Pacewiczową. Ze względu na doskonały rysunek, umiejętny dobór kolorów oraz precyzyjny druk Wojskowego Instytutu Geograficznego, została uznana za najbardziej efektowną mapę okresu międzywojennego (Jankowski 1972).

E. Ruhle opublikował w 1930 r. barwną *Mapę użytkowania ziemi Zachodniego Polesia* w skali 1: 500 000. Podstawę opracowania stanowiły mapy topograficzne w skali 1: 100 000 i 1: 200 000, a także materiały statystyczne i prace terenowe.

Dwie mapy z tego zakresu opracował również S. Leszczycki. Pierwsza pt. *Plan krajobrazowy*, obejmująca Beskid Wyspowy, została wykonana według planów katastralnych, których treść przeniesiono na mapę w skali 1: 25 000, a następnie zweryfikowano w terenie. Przy drugiej mapie – *Opracowanie użytków rolnych w regionie Podhala*, autor korzystał z różnorodnych materiałów, a oryginalne zdjęcie terenowe zostało wykonane jedynie dla zachodniej części obszaru.

Do map związanych z omawianą tematyką należy zaliczyć trzy opracowania W. Przepiórskiego z 1932 r.: *Mapa gruntów niepodatkowych*, *Mapa gruntów nieurodzajnych*, *Mapa kultur w dorzeczu Czeremoszu Właściwego*.

Na podstawie mapy topograficznej w skali 1: 25 000, A. Malicki opracował mapy użytkowania ziemi dla kilku miejscowości (Bełz, Busk, Uhrynów, Kulików, Sokal) i ich najbliższego otoczenia. Wyróżnił on takie formy jak: role, ogrody, łąki, pastwiska, zabudowę, wody i torfowiska.

W 1939 r. W. Kaczorowski opracował rękopiśmienną mapę użytkowania ziemi Lwowa w skali 1: 5000, która została opublikowana w skali 1: 75 000 w *Przeglądzie Krajoznawczym*.

Należy stwierdzić, że prace międzywojenne dotyczące użytkowania ziemi, miały charakter działań rozproszonych, często wykonywane były przy okazji prowadzenia innych badań geograficznych.

Całkowicie odmienna sytuacja zaistniała po zakończeniu drugiej wojny światowej. Plany odbudowy poszczególnych sektorów gospodarki spowodowały konieczność wykonania map użytkowania ziemi dla całego kraju, co wiązało się z wypracowaniem jednolitej metody zdjęcia użytkowania ziemi dla całego kraju.

Inicjatorem pierwszej takiej próby użytkowania ziemi dla całego kraju był K. Dziewoński, dyrektor Biura Studiów Głównego Urzędu Planowania Przestrzennego (GUPP). Jego pobyt w Anglii w 1954 r., gdzie zapoznał się z brytyjskim zdjęciem użytkowania ziemi, zaowocował podjęciem wykonania podobnej pracy w Polsce. Na zlecenie GUPP, A. Jahn opracował projekty zdjęcia terenowego i finalnej mapy w skali 1: 100 000. Mapy powstały w rezultacie kartowania terenu w dolinie Wisły, w okolicach Solca i Dębina. Wyniki tych badań nie zostały jednak opublikowane. Podobnie stało się ze zdjęciem Krakowa i okolic. Z prac prowadzonych w latach 1949-1950, opublikowane zostały tylko dwa wycinki map w artykule kierownika tych badań (Bromek 1955). Trzecią pracą zachowaną w postaci manuskryptu, było zdjęcie z 1952 r., prowadzone przez L. Ratajskiego w okolicach Dwikoz i Solca. Próby te wykazały, że szczegółowe zdjęcie całego kraju przekracza możliwości finansowe, organizacyjne i techniczne państwa.

W latach pięćdziesiątych zapoczątkowano realizację oryginalnej koncepcji opracowania mapy użytkowania ziemi z pominięciem kosztownych prac terenowych. F. Uhorcak zaproponował wykorzystanie do tego celu map topograficznych 1:100 000.

Pierwszą wersję tej mapy, obejmującej ówczesne województwo lubelskie w skali 1:300 000, zaprezentowano w 1952 r. Prace nad mapą były kontynuowane w Lublinie, w Instytucie Geografii Polskiej Akademii Nauk, w Pracowni Mapy Użytkowania Ziemi pod kierunkiem F. Uhorczaka. W 1957 r. wydrukowano mapę w skali 1: 1 000 000, której treścią było pięć głównych użytków: wody, łąki i pastwiska, lasy, grunty orne, osadnictwo, pokazanych każdy oddzielnie oraz w różnych zestawach np. wody + osadnictwo, wody + lasy itp. Metoda pracy była prosta, lecz żmudna. Każda forma użytkowania ziemi była odrysowywana z arkuszy mapy topograficznej, po montażu i zrobieniu masek, była zmniejszana fotograficznie. W wyniku mechanicznej generalizacji wyeliminowane zostały tylko najdrobniejsze elementy, pozostałe zaś przenoszono wiernopowierzchniowo na mapę. Wyjątek stanowiło osadnictwo, gdzie wokół każdej sygnatury pojedynczego gospodarstwa lub budynku znajdującego się na mapie 1:100 000, wprowadzano ekwidystantę 50 m. W ten sposób oprócz wsi o zwartej zabudowie, przeniesiono osadnictwo rozproszone (Uhorczak 1969). Omówione wyżej opracowanie ma szereg zalet wynikających z metody jego sporządzania. Po raz pierwszy uzyskano dla całej Polski obraz form pokrycia terenu ze szczegółowością 1 ha (w skali mapy 1 mm × 1 mm).

W latach 1953-1954 z inicjatywy K. Dziewońskiego wznowiono działania zmierzające do wypracowania metody zdjęcia szczegółowego. W kilku regionach wykonano zdjęcia szczegółowe w skali 1:25 000, między innymi w okolicach Sandomierza, w powiecie mragowskim i bialskopodlaskim. Została znacznie rozbudowana treść map. W ramach gruntów ornych pokazano dominujące uprawy, wprowadzono trzy typy użytków zielonych (grądowe, zalewowe i bagienne), sześć typów lasów (bory, lasobory, lasy grądowe, lasy łąkowe, lasy górskie i monokultury) i szereg podtypów oraz oznaczono ich wiek. Sporządzono instrukcję kartowania i opracowania mapy, a w ramach próby wydrukowano w 18 kolorach mapę powiatu mragowskiego wraz z pełną legendą w języku angielskim (Jankowski 1971).

Pierwszą pełną instrukcję szczegółowego zdjęcia użytkowania ziemi opublikowano w 1959 r. Obejmowała ona stosunki własnościowe, strukturę agrarną, agrotechnikę, kierunki użytkowania gruntów ornych, hodowlę, ogrody, uprawy trwałe, trwałe użytki zielone, lasy, wody, tereny osiedleńcze, górnicze, przemysłowo-rolnicze, handlowe, komunikacyjne, użyteczności publicznej, rekreacyjne, nieużytki i tereny specjalne.

Ostatnie, trzecie wydanie instrukcji ukazało się w 1962 r., według której opublikowano arkusz *Chroberz* w skali 1:25 000, w wersji polskiej i angielskiej. Legendę do mapy zestawiono na podstawie 24 barwnego klucza, składającego się z blisko 300 znaków. Ten pełny zestaw znaków został zastosowany na mapach zamieszczonych w zbiorowym dziele pod redakcją J. Kostrowickiego, powstałym w wyniku współpracy geografów z krajów byłego obozu socjalistycznego. Do roku 1970 skartowano w Polsce prawie 17 000 km², lecz tylko część materiałów została opublikowana. Natomiast zbyt nikłe siły i środki uniemożliwiły wykonanie pracy na tak wielką skalę dla całego kraju.

W związku z powyższym zaczęto szukać możliwości wykonania mapy w mniejszej skali. Zatem skalę roboczą ustalono na 1:100 000, a reprodukcyjną na 1:200 000 lub

1: 300 000. Zasadą tego przedsięwzięcia miało być maksymalne wykorzystanie pracy kameralnej na podstawie map topograficznych, zdjęć lotniczych i ograniczenie do minimum badań terenowych.

W ciągu kilku lat pokryto mapami w skali 1: 100 000 obszar około 60 000 km², obejmujący w całości województwo białostockie, w znacznej części tereny województw: warszawskiego, gdańskiego, bydgoskiego, kieleckiego i rzeszowskiego. Był to kolejny projekt, który nie doczekał się realizacji.

Kartowanie użytkowania ziemi za pomocą teledetekcji

Lata siedemdziesiąte to początek ery nowoczesnych metod pozyskiwania i przetwarzania danych, zastosowania komputerów i automatyzacji w kartografii oraz wykorzystania nowego źródła informacji, jakim stały się obrazy satelitarne.

W 1980 r., a więc blisko ćwierć wieku od ukazania się mapy Uhorczaka, wydana została mapa użytkowania ziemi, w skali 1: 500 000, dla całego kraju. Opracowano ją w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych pod kierunkiem A. Ciołkosza. Do jej sporządzenia wykorzystano zdjęcia satelitarne wykonane skanerem MSS (Multispectral Scanner), przez satelitę Landsat w latach 1977-1978 oraz zdjęcia wykonane ze stacji orbitalnej Salut-6. Zdjęcia miały postać kolorowych odbitek fotograficznych w skali 1:250 000, na podstawie których wyróżniono 10 rodzajów użytków wykorzystując wizualną interpretację (grunty orne, użytki zielone, lasy iglaste, lasy liściaste, lasy mieszane, tereny zabudowane, tereny przemysłowo-składowe, nieużytki, zbiorniki wodne, wody bieżące). Mimo większej skali, mapa jest mniej szczegółowa niż mapa opracowana przez ośrodek lubelski. Główną przyczyną tej różnicy jest szczegółowość materiałów źródłowych. Mimo pewnych niedoskonałości mapa ta jest do dziś powszechnie wykorzystywana w celach dydaktycznych, jak i poglądowych, również w jednostkach administracji państwowej (Ciołkosz 1981).

Kilka lat później została opracowana również w IGiK – OPOLiS kolejna mapa użytkowania ziemi w Polsce, w skali 1:750 000 i została włączona do *Atlasu Hydrologicznego Polski*. Tym razem do opracowania wykorzystano obrazy satelitarne wykonane przez satelitę Landsat skanerem MSS oraz mapy topograficzne. Na mapie wyróżniono 9 form użytkowania ziemi: wody, lasy iglaste, lasy liściaste, lasy mieszane, użytki zielone, grunty orne, nieużytki naturalne, nieużytki antropogeniczne, obszary zabudowane i dodano linie kolejowe oraz drogi.

W latach 1986-1989, przy okazji realizowania projektu FAO dotyczącego wykonania mapy rozmieszczenia trwałych użytków zielonych w Polsce, opracowano aktualną mapę użytkowania ziemi na podstawie nowego źródła informacji, jakim stały się obrazy satelitarne wykonane przez satelitę serii Landsat, lecz tym razem skanerem TM (Thematic Mapper) o podwyższonej przestrzennej zdolności rozdzielczej do 30 x 30 m. Wysoka jakość zdjęć umożliwiła wyróżnienie 20 rodzajów użytków: wód, nieużytków, terenów komunikacyjnych, terenów rolniczych wraz z małymi osiedlami, sadami i ogrodami oraz małymi powierzchniami leśnymi i łąkami, kilka rodzajów terenów mieszanych, terenów sadowniczo-

ogrodniczych, użytków zielonych, obszarów zwartej zabudowy miejskiej, obszarów zabudowy luźnej i podmiejskiej z udziałem ogrodów i sadów, nowych dzielnic mieszkaniowych, terenów górniczej eksploatacji odkrywkowej, terenów zabudowy przemysłowej, drzewostanów iglastych, mieszanych i liściastych, lasów zdegradowanych, zadrzewień i zakrzaczeń (Baranowski, Ciołkosz 1994).

W roku 1993 Polska, jako pierwszy kraj Europy Środkowej, rozpoczęła prace nad bazą danych „pokrycia terenu” w ramach programu CORINE finansowanego ze środków funduszu PHARE. Projekt ten realizowany był przez zespół Instytutu Geodezji i Kartografii w OPOLiS. Została przyjęta metodyka pracy obowiązująca kraje Wspólnoty Europejskiej. Legenda ma charakter hierarchiczny, trójstopniowy, mimo wielu zastrzeżeń do niej, niejednoznaczności terminologicznych, nie można było niczego zmieniać. Podstawowym materiałem do opracowania tej mapy były aktualne zdjęcia satelitarne wykonane z satelity serii Landsat skanerem TM. Polskę pokrywa 29 takich scen, wykonanych w większości w 1992 r., ale wśród nich są również zobrazowania wykonane w latach 1989 i 1993, gdyż na zdjęciach z roku 1992 niektóre obszary były przysłonięte chmurami. Zdjęcia pochodzą z różnych miesięcy – od maja aż do października, zatem różnią się znacznie w swej kolorystyce, związanej z rozwojem roślinności. Do celów interpretacji zostały wykonane odbitki fotograficzne w skali 1:100 000, w odwzorowaniu Gaussa-Krügera i układzie współrzędnych płaskich zwanym „1942”. Dopiero w tej postaci były interpretowane wizualnie z wykorzystaniem wszelkich dostępnych materiałów pomocniczych, jak mapy topograficzne, tematyczne, zdjęcia lotnicze, a niekiedy koniecznych obserwacji terenowych. Zgodnie z założeniami metodycznymi, najmniejszą jednostką powierzchniową wydzielaną na zdjęciu była powierzchnia 25 ha. Wynikiem interpretacji zdjęć były nakładki z ręcznie wyrysowanymi granicami poszczególnych wydzielen z oznaczeniami kodowymi. Nakładki takie zostały następnie zamienione na postać cyfrową w drodze skanowania, wektoryzacji i kodowania. Sporządzenie mapy pokrycia terenu w zapisie numerycznym stworzyło możliwość określania powierzchni zajmowanej przez poszczególne klasy dla dowolnie wybranego obszaru, jak i dla całego kraju. Prace nad bazą danych CORINE Land Cover dla Polski zostały zakończone w 1996 r. Informacje zawarte w tej bazie zostały wykorzystane do opracowania mapy użytkowania ziemi w skali 1 : 500 000, która została włączona do Atlasu Rzeczypospolitej (Baranowski, Ciołkosz 1994).

Dane zawarte w bazie danych CORINE Land Cover zostały także wykorzystane do celów gospodarczych. Posłużyły bowiem do opracowania mapy użytkowania ziemi m.in. województwa małopolskiego w skali 1 : 200 000 na zamówienie samorządu lokalnego.

3. Region tarnobrzeski jako obszar badań

Charakterystyka fizyczno-geograficzna badanego terenu

Jako teren badań wybrano obszar ograniczony prostokątem o powierzchni 3098 km², zlokalizowany w widłach Wisły i Sanu. Poligon wyznaczają następujące punkty współrzędnych geograficznych (ryc. 2):

NW $\lambda = 21^{\circ} 00'$, $\varphi = 50^{\circ} 40'$

NE $\lambda = 22^{\circ} 10'$, $\varphi = 50^{\circ} 40'$

SE $\lambda = 22^{\circ} 10'$, $\varphi = 50^{\circ} 20'$

SW $\lambda = 21^{\circ} 00'$, $\varphi = 50^{\circ} 20'$



Ryc. 2. Zasięg badanego obszaru ograniczony białą ramką na tle mapy satelitarnej Polski „Polska z kosmosu”, A. Ciołkosz, St. Lewiński, IGiK, 1995

Wyznaczony poligon leży na obszarze dwóch różnych pod względem krajobrazowym jednostek fizycznogeograficznych: Kotliny Sandomierskiej i Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej. Największa część związana jest z Równią Tarnobrzeską, stanowiącą część Kotliny Sandomierskiej. Budują tę kotlinę piaski rzeczne, na których rozwinęły się wydmy, a w podłożu zalega miocen z pogipsową serią siarkonośną. Dolinę przecinają doliny Łęgu i Trześniówki. Pomiędzy doliną Łęgu i Wisły ciągnie się ostańcowe wzniesienie (Garb Tarnobrzeski) związane ze zmianami biegu rzek w plejstocenie. Pod względem

hipsometrycznym obszar wideł Wisły i Sanu jest mało zróżnicowany – deniwelacje nie przekraczają 60 m, a najwyższe punkty znajdują się na wysokości około 200 m n.p.m. Współczesna rzeźba tego obszaru związana jest z erozyjną działalnością Wisły – zasadniczą rolę w ukształtowaniu terenu odgrywają trzy poziomy teras. Najniżej położona jest terasa zalewowa – około 4 m nad poziomem rzeki, średnia terasa znajduje się na wysokości 15 m i w kierunku północno-wschodnim od Kajmowa rozszerza się i łączy z terasą Trześniówki.

Główną rzeką przepływającą przez teren Kotliny Sandomierskiej jest Wisła. Średni jej przepływ w okolicach Tarnobrzega waha się w granicach od 200 do 500 m³/s. Poza Wisłą obszar ten odwadniany jest przez San, Trześniówkę i jej dopływ Mokrzeszówkę.

Pierwotnie tereny wideł Wisły i Sanu zajmowała Puszcza Sandomierska. Do dzisiaj zachowały się tylko jej fragmenty – na piaskach wydmywanych rosną sosny z domieszką brzozy i dębów, na wzgórzach gliniastych świerki, z domieszką grabów, klonów, jaworów i wiązów.

Na wschód od Równiny Tarnobrzesckiej rozciąga się Dolina Dolnego Sanu, tworząca szerokie obniżenie erozyjne. Dno erozyjne doliny leży 20 – 30 m poniżej dna dzisiejszego, zbudowanego z osadów rzecznych. San płynie w swym tarasie zalewowym, tworząc liczne meandry. Od strony wschodniej wyznaczony obszar obejmuje swym zasięgiem niewielki fragment Równiny Biłgorajskiej należącej również do Kotliny Sandomierskiej. Piaszczysta równina pochyla się w kierunku zachodnim. Powierzchnię jej urozmaicają liczne wydmy i podmokłe zagłębienia z torfowiskami i jeziorami. Obszar ten ma charakter leśno-łąkowy z pięknymi borami sosnowymi (Puszcza Solska).

Po lewej stronie Wisły, od strony północnej, obszar obejmuje część Wyżyny Sandomierskiej i Pogórza Szydłowskiego, a na południe od Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej rozciąga się Niecka Niedziańska, z której Niecka Połaniecka znajduje się w granicach terenu badań. Miejscami na zalegających w podłożu gipsach powstały złoża siarki (okolice Grzybowa).

Klimat badanego obszaru ma cechy charakterystyczne dla klimatu nizin i kotlin podgórszych. Średnia ilość opadów atmosferycznych wynosi 562 mm rocznie (maksimum 679 mm, minimum 395 mm). Ulewne, lecz krótkotrwałe deszcze występują w lecie i dostarczają średnio 25 – 27 mm opadu. Tylko w sporadycznych wypadkach zagrażają np. zalaniem wyrobisk górniczych. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi +7,2°C. Pokrywa śnieżna utrzymuje się średnio od końca listopada do połowy marca, a głębokość zamarzania gruntu wynosi 1,2 m. Z warunków atmosferycznych decydujące znaczenie ma siła i kierunek wiatru, ponieważ od nich zależy rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza.

Gleby badanej jednostki są znacznie zróżnicowane. Dna dolin pokrywają urodzajne mady rzeczne, natomiast na terasach wyższych, na utworach polodowcowych wytworzyły się pseudobielice, a nawet występują piaski luźne z wkładkami gleb słabo-gliniastych lub gliniastych oraz gleby mułowo-bagienne.

Ograniczenia i stimulatory rozwoju regionu tarnobrzesckiego

Wybrany teren jest zlokalizowany po obu stronach Wisły, opodal węzła hydrograficznego Wisły-Sanu. Wisła dzieli ten obszar na dwa odrębne, zarówno pod względem fizjograficznym, jak też społeczno-ekonomicznym i osadniczym, mikrorejony, na które decydujące piętno wywarły czynniki przyrodnicze i historyczne – przynależność lewobrzeżnego obszaru do Wyżyny Małopolskiej i dawnego zaboru rosyjskiego, prawobrzeżnego zaś do Kotliny Sandomierskiej i dawnego zaboru austriackiego. Różnią się one pod względem cech struktury osadniczej, jak też kierunku i poziomu gospodarki, na lewobrzeżnej Wyżynie Sandomiersko-Opatowskiej opartej głównie na rolnictwie, sadownictwie i warzywnictwie, na prawobrzeżnym zaś obszarze – na zróżnicowanej gospodarce rolniczo-hodowlanej, leśnej i przemysłowej.

Kontrasty te wynikają przede wszystkim z dużego zróżnicowania gleb i stosunków hydrologicznych, mianowicie przewagi żyznych gleb wytworzonych z lessów na Wyżynie Sandomiersko-Opatowskiej, zapewniających wysokie plony, mniej zaś korzystnych warunków w Kotlinie Sandomierskiej, gdzie obok gleb bielcowych, gliniastych, znaczne przestrzenie zajmują piaski, torfowiska i podmokłe grunty.

Doliny Wisły i Sanu w granicach badanego obszaru stanowią odrębny subrejon, wypełnione żyznymi madami, zaliczanymi do najlepszych gleb: I – III klasy bonitacyjnej, o intensywnej gospodarce rolniczo hodowlanej i znacznym udziale warzywnictwa. Znaczenie tych dolin potęguje fakt, że wzdłuż nich biegną główne arterie komunikacyjne, przy których powstały nowe uprzemysłowione ośrodki jak Tarnobrzeg, Stalowa Wola.

Przytoczone czynniki fizjograficzne wpłynęły na znaczne zróżnicowanie struktury ekonomicznej i natężenie przemian. Duża skala zróżnicowań fizjograficznych występuje niemal w każdej z przedstawionych wyżej jednostek, a nawet w obrębie jednej wsi. Przykładem może być Grębów, gdzie warunki gospodarki rolnej zmieniają się w zależności od rozkładu przestrzennego płatów glin, piasków lub torfowisk oraz poziomu wód gruntowych.

Obszar rejonu tarnobrzesckiego stanowił w okresie zaborów peryferyjną część Austro-Węgier. Wisła integrująca wcześniej dawne województwo sandomierskie była początkowo linią demarkacyjną, a później w wyniku polityki zaborców stała się granicą państwową, rozdzielającą jednolity obszar pod względem narodowościowym, religijnym i administracyjnym. Do pogłębienia zacofania społeczno-ekonomicznego tego terenu przyczyniła się strategia wojskowa, tworząca wzdłuż granic państwowych celowo nie zagospodarowane strefy. Ówczesna polityka gospodarcza Austrii nie przyczyniła się do rozwoju ekonomicznego tego rejonu, bowiem obszar Galicji traktowany był głównie jako rynek zbytu dla przemysłu austriackiego.

Przygraniczne położenie i polityka zaborców hamowały rozwój przemysłu, który ograniczał się tu do przemysłu o znaczeniu lokalnym, bazującym na miejscowych zasobach surowcowych (glinach ceramicznych – cegielnia w Chmielowie, płodach rolnych (młyn w Chmielowie i browar w Tarnobrzegu) oraz lasach (tartak w Chmielowie).

Odzyskanie niepodległości po I wojnie światowej nie przyspieszyło początkowo rozwoju tego regionu. Poważne zniszczenia wojenne, brak kapitału, a następnie wielki kryzys gospodarczy, hamowały rozwój ekonomiczno-gospodarczy. W tych warunkach trudno było o postęp w uprzemysłowieniu. Powstałe na przełomie XIX i XX wieku wspomniane drobne zakłady o znaczeniu lokalnym również nie wykazywały poważniejszych tendencji rozwojowych. W strukturze gałęziowej funkcjonował jedynie przemysł materiałów budowlanych, drzewny i spożywczy, zaś w strukturze przestrzennej większe znaczenie miały zakłady zlokalizowane w Chmielowie (tartak, cegielnia, młyn).

Lata 1937 – 1939 to początki przemysłu wielkofabrycznego. Jednak ożywienie ekonomiczne, silnie zaznaczające się na terenie tzw. COP, wywarło niewielki wpływ na aktywizację gospodarczą regionu tarnobrzeskiego. Wzrastające napięcie sytuacji międzynarodowej wpłynęło na rozwój przemysłu obronnego w widłach Wisły i Sanu (w tzw. trójkącie bezpieczeństwa). Wyznaczony obszar COP spełniał preferencje maksymalnego oddalenia od przewidywanych działań wojennych. Utworzenie COP miało ponadto na celu stworzenie w strukturze przestrzennej kraju, drugiego obok Śląska okręgu przemysłowego, na którym miał oprzeć się przemysł krajowy (Zioło 1973).

W ramach programu COP powstało wiele inwestycji przemysłowych, które zapoczątkowały rozwój przemysłu wielkofabrycznego. Powstały wówczas Państwowe Zakłady Amunicji (obecne zakłady w Nowej Dębie). Również ulgi inwestycyjne przyciągnęły drobny kapitał prywatny, który wybudował odlewnię w Gorzycach (Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego – WSK), Zakłady Metalowe w Tarnobrzegu (Fabryka Obrabiarek), Zakłady Włókiennicze w Skopaniu (Fabryka Firanek) oraz wiele mniejszych zakładów, które spełniały funkcje usługowe w stosunku do dużych zakładów o znaczeniu kluczowym. W Stalowej Woli wybudowano największy obiekt COP – Zakłady Południowe (Huta Stalowa Wola).

W wyniku uruchomienia nowych inwestycji zatrudnienie w przemyśle badanego obszaru zwiększyło się dwukrotnie, w strukturze gałęziowej pojawił się przemysł maszynowy, metalowy i włókienniczy, a w strukturze przestrzennej pojawiły się nowe ośrodki – Nowa Dęba i Gorzyce, które zaczęły przekształcać rolnicze zaplecze.

W wyniku zniszczeń podczas II wojny światowej, przemysł tego regionu w dużym stopniu upodobił się do stanu z 1937 r. Przede wszystkim zmniejszyło się zatrudnienie w przemyśle, natomiast w strukturze gałęziowej dominujące znaczenie przejął przemysł tradycyjny (materiałów budowlanych, drzewny i spożywczy).

Kolejny etap rozwoju tego rejonu wiąże się ze zmianą stosunków politycznych, które stwarzały sprzyjające warunki dalszego rozwoju przemysłu powstałego tu w ramach inwestycji COP. Na wzrost ten w głównej mierze wpłynął rozwój zakładów uruchomionych w latach 1937 – 1939: Zakłady Metalowe w Nowej Dębie, WSK w Gorzycach, Fabryka Obrabiarek w Tarnobrzegu. Poważny wpływ na zmianę stosunków społecznych wywarł intensywnie rozwijający się przemysł Stalowej Woli.

Po zakończeniu drugiej wojny światowej rozpoczęto organizację życia gospodarczego w nowych warunkach. Analizowano stan uprzemysłowienia, wykorzystanie miejscowych sił

i środków. W środkowej Polsce wybrano okolice Sandomierza i Tarnobrzega, aby stworzyć możliwości zatrudnienia nadwyżki ludności oraz zaktywizować pod względem gospodarczym Dolinę Wisły. Ważniejsze kierunki rozwoju tego ośrodka planowano wzdłuż szlaków komunikacyjnych w powiązaniu z istniejącymi ośrodkami przemysłowymi: Ostrowiec Świętokrzyski, Starachowice, Stalowa Wola, Mielec, Nowa Dęba, Dębica i Tamów. W związku z ówczesnym brakiem udokumentowanej lokalnej bazy surowcowej, plan krajowy określał rolę ośrodka przemysłowego okolic Sandomierza w wymiarach usług przemysłowych.

Do realizacji sandomierskiego projektu Centralnego Urzędu Planowania Przestrzennego (CUPP), brakowało w dalszym ciągu mocnych podstaw organizacji przemysłu na miejscowych surowcach. Nowa polityka inwestycyjna preferowała bowiem rozwój zakładów związanych ściśle z bogactwami naturalnymi (Zioło 1973).

Gwałtowny rozwój społeczno-ekonomiczny tego rejonu spowodował pojawienie się nowego czynnika wzrostu, tj. zasobnej bazy surowcowej siarki, odkrytej zaledwie w kilka lat po opracowaniu projektu planu krajowego rozmieszczenia przemysłu. Z momentem odkrycia złóż siarki rozpoczął się nowy okres w historii rozwoju kultury przemysłowej, pojawiła się szansa zdobycia nowych kwalifikacji. Zmiany te powstały na gruncie opracowanej przez Instytut Geologiczny 7 stycznia 1954 r. pierwszej dokumentacji geologicznej złoża tarnobrzeskiego.

Na tle takiej sytuacji gospodarczej obszaru uwidacznia się znaczenie geologicznego odkrycia tarnobrzeskiego złoża siarki, a w konsekwencji wielorakich skutków przebudowy struktury gospodarczej. Procesy industrializacji i urbanizacji trwające nieustannie od chwili podjęcia tej inwestycji, wciągnęły w orbitę przemian wsie rolniczego zaplecza, poprzez masowe zatrudnienie ludności wiejskiej w produkcji nierolniczej. Mają one zupełnie inną treść społeczną i ekonomiczną niż przedwojenne inwestycje COP. O dynamice uprzemysłowienia kształtującego się regionu może świadczyć wzrost liczby zatrudnionych w przemyśle na 1000 mieszkańców, z 13 osób w 1949 r. do 214 w 1973 r. (Zioło 1975).

W strukturze zatrudnienia w przemyśle, w rejonie tarnobrzekim, do czasu powstania Zagłębia Siarkowego dominował przemysł maszynowy i metalowy (około 50 %), natomiast w końcu 1973 r. przemysł siarkowy stanowił około 54 %, maszynowy i metalowy 37 %, a na pozostałe gałęzie przypadło około 9 % zatrudnienia. Odsetek ludności utrzymującej się ze źródeł pozarolniczych w tym rejonie przekroczył w 1970 r. średnią krajową (70,2 %) i wynosił 72 %.

Przykładem postępującej urbanizacji może być wzrost liczby ludności w samym Tarnobrzegu, który w 1939 r., przed zniszczeniami wojennymi, liczył około 5 tysięcy mieszkańców, 4 tysiące w 1950 r., w 1960 – 6 800, 1974 – 5 700, a w 1983 – 40 735.

Ziemia tarnobrzaska nie była dla geologów całkowicie nieznaną. Istniejące odsłonięcia skał paleozoicznych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych budziły zainteresowania i były obiektem studiów oraz kartowania (Pawłowski i in. 1985). Problem siarki w tym obszarze nie istniał, żadne zjawiska powierzchniowe nie zdradzały jej obecności. W Polsce panowało powszechne przekonanie, że siarki nie ma. Złóża eksploatowane w dawnych kopalniach

(Swoszowice, Czarkowy, okolice Pszowa, Posąda) zostały wyczerpane, a podejmowane próby oceny resztek zasobów wykazywały ilości bez gospodarczego znaczenia (Bolewski 1935,1939).

Dopiero poszukiwania geologiczne prowadzone pod kierunkiem S. Pawłowskiego, doprowadziły do odkrycia bogatych złóż siarki.

Na duży pokład siarki o znaczeniu przemysłowym natrafiono w październiku 1953 r., na terenie wsi Machów, Kajmów, Mokrzychów i Stale. Następnie stwierdzono występowanie złóż siarki w kierunku południowo-wschodnim od Tarnobrzega, w obniżającej się części basenu miocenijskiego, na głębokości 600 – 800 metrów. Pod koniec 1955 r. stwierdzono występowanie siarki po lewej stronie Wisły, w Piasecznie oraz wykazano punktowo występowanie siarki w okolicach Staszowa: w Grzybowie, Solcu i Gackach.

Wyniki udokumentowanych badań geologicznych wykazały, że największe pod względem zasobów, zaliczane również do największych złóż na świecie, jest złożo zlokalizowane na linii Piaseczno – Tarnobrzeg – Machów – Jeziórko i ciągnące się w kierunku wschodnim, do Rozwadowa. Złożo to stanowi jeden kompleks ciągnący się pasem o zmiennej szerokości od 0,5 do 4,5 km, wzdłuż osi zachód – wschód, na długości około 36 km. Jego całkowita powierzchnia wynosi około 85 km², a łączna zawartość siarki w tym złożu przekracza 100 mln ton, co stanowi 90 % zasobów tego surowca w Polsce. Z uwagi na różne warunki zalegania i możliwości eksploatacji, złożo to zostało podzielone na trzy mniejsze: Piaseczno, Tarnobrzeg – Machów i Jeziórko. Podłoże geologiczne tych złóż stanowią utwory kambryjskie, które są przedłużeniem paleozoicznego masywu Gór Świętokrzyskich. Utwory kambryjskie są reprezentowane przez łupki ilaste z wkładkami piasków kwarcytowych. Stanowią one powierzchnię nieprzepuszczalną i są podstawą dla wód znajdujących się w wyżej położonych utworach miocenijskich, a w zachodniej części dla wód znajdujących się w utworach czwartorzędowych (Kubica 1971). Na utworach kambryjskich zalegają utwory pochodzące z miocenu, a wśród nich najstarsze są piaski kwarcytowe z wkładkami węgla brunatnego oraz ility piaszczyste. Na nich spoczywają utwory młodsze, w postaci wapieni litotamniowych, piasków baranowskich i osadów chemicznych.

Piaski baranowskie tworzą warstwę znacznej miąższości. Są to dobrze wysortowane, drobnoziarniste piaski kwarcowe. Ich miąższość wzrasta ku południowi, od około 20 metrów w Świniarach, do około 50 metrów w Machowie.

Kolejną warstwą o zmiennej miąższości są osady chemiczne, reprezentowane przez wapienie pogipsowe z siarką i gipsy. Głębokość zalegania tych utworów jest różna, od kilku metrów na zachodzie, w okolicy Piaseczna, do 80 metrów w Machowie i 150 metrów w Jeziórku. Bezpośrednio na utworach siarkonośnych leży najmłodsza warstwa miocenijska, tzw. ility krakowieckie. Czwartorzędowe, najmłodsze utwory, o zmiennej miąższości od kilku do kilkunastu metrów, występują w postaci glin zwałowych i piasków, a miejscami w postaci silnie zapiaszczonych mad i torfów.

Siarka wchodzi w skład wapieni, margli, rzadziej iltów lub piaskowców siarkonośnych. Jej procentowa zawartość w złożu jest zmienna i waha się od 6 % do 32 %, przy średniej zawartości około 22 %.

Złoże siarki, podobnie jak złoża innych surowców mineralnych, można charakteryzować dodatkowo za pomocą następujących wskaźników:

- wskaźnika ilości nadkładu w m³ w przeliczeniu na 1 tonę rudy siarkowej lub na 1 tonę siarki,
- wskaźnika miąższości nadkładu w metrach w przeliczeniu na 1 metr miąższości złoża,
- wskaźnika koncentracji zasobów w tonach, w przeliczeniu na jednostkę powierzchni.

Najwyższymi wartościami pierwszego wskaźnika charakteryzowało się złożo Grzybów, najniższymi złoża Piaseczno i Tarnobrzeg – Machów. Wskaźnik miąższości nadkładu pozwala na wybór optymalnej metody eksploatacji złoża. Dla kopalń odkrywkowych, jako ekonomicznie dopuszczalny wskaźnik przyjmuje się 1: 4, tzn. na 1 m miąższości złoża przypada 4 m miąższości nadkładu. Najniższe wskaźniki wystąpiły w złożach Piaseczno i Machów, najwyższe zaś w złożu Grzybów.

Najdogodniejsze do eksploatacji odkrywkowej okazały się złoża Piaseczno oraz Tarnobrzeg-Machów, natomiast złożo Jeziórko, z powodu zbyt głębokiego zalegania – do eksploatacji podziemnej.

W kopalni Piaseczno rozpoczęto działalność górnictw w 1957 r. i prowadzono wydobycie rudy siarkowej metodą odkrywkową do 1971 r. Złoża są tu położone całkowicie na obszarze niskiej terasy Wisły. Pokryte były warstwą utworów czwartorzędowych, stanowiły je głównie mady i piaski o miąższości od 10 do 15 metrów. W miarę prowadzenia robót górniczych wzrastała miąższość nadkładu, a jednocześnie złożo stawało się coraz węższe. Te czynniki spowodowały nieopłacalność wydobywania rudy siarkowej i w konsekwencji podjęto decyzję o likwidacji kopalni. Następnie, w granicach istniejącego wyrobiska odkrywkowego, prowadzono eksploatację piasków kwarcowych, cennego surowca dla przemysłu szklarskiego. Wydobyte piaski składowane na obszarze zwałowiska wewnętrznego kopalni, tworząc dla przemysłu szklarskiego zapas surowca, a wyrobisko odkrywkowe zostało wypełnione wodą.

W kopalni siarki Machów eksploatowano złożo również metodą odkrywkową, działalność górnictw rozpoczęto tu pod koniec 1963 r., a wydobycie w 1969 r., natomiast zakończono w 1994 r. Poziom czwartorzędowy jest tu wykształcony podobnie jak w Piasecznie, przy czym łączna miąższość tych utworów wynosi około 10 metrów. Bazę złożową kopalni stanowi wydzielona, zachodnia część tarnobrzegskiego kompleksu złożowego, ciągnąca się od Machowa przez Mokrzyszów do miejscowości Stale. Nadkład zbierany w kopalni Machów był transportowany taśmociągami i składowany w rejonie wsi Dąbrowiec, a nadkład zwałowany był na zapleczu postępującego frontu eksploatacyjnego, na tzw. zwałowisku wewnętrznym. Ruda kierowana była do Zakładu Produkcji Siarki, na oddział flotacji, znajdujący się w obrębie kombinatu w Machowie. Zmielona ruda z wodą przesyłana była wraz z odczynnikami flotacyjnymi jak terpentyna, nafta i inne do urządzeń flotacyjnych. W wyniku procesu flotacyjnego otrzymywano z rudy nowy produkt, tzw. pulpę,

w której znajduje się około 80 % siarki. Skały płonne – margle i wapienie wraz z wodą odprowadzono jako tzw. odpady poflotacyjne, do stawów osadowych zlokalizowanych w miejscowości Cygany.

Z pulpy po przerafinowaniu, odwodnieniu, stopieniu i przefiltrowaniu otrzymuje się siarkę o wysokiej czystości, zawiera 99,9 % S. W stanie stałym lub płynnym wysyłana jest do odbiorców.

Z kopalnią w Machowie związany jest osadnik wód złożowych, który został zlokalizowany po wschodniej stronie stawów osadowych.

Kopalnia Jeziórko zlokalizowana jest na wschodnim, wydzielonym obszarze tarnobrzeskiego kompleksu złożowego. W granicach złoża przeznaczonego do eksploatacji znalazły się miejscowości Jeziórko, Grębów, Jamnica i Wydrza.

Utwory czwartorzędowe, rozwinięte jako piaski, w dolnej partii ze żwirami osiągają miąższość około 15 metrów. Pod nimi zalega gruba, dochodząca do 150 m, warstwa nieprzepuszczalnych ilów krakowieckich.

W 1967 r. zaczęto wydobywać w tej kopalni siarkę metodą podziemnego wytapiania. Uzyskaną w ten sposób siarkę, po przefiltrowaniu zestala się na składowisku lub wysyła jako siarkę płynną. Metoda ta eliminuje proces przeróbki mechanicznej rudy w drodze flotacji i rafinacji, co wpływa na trzykrotne zmniejszenie kosztów wydobycia w stosunku do metody tradycyjnej, jednak nie pozwala na całkowite wyeksploatowanie złoża.

Zakłady chemiczne w kombinacie siarkowym reprezentowane są przez fabryki kwasu siarkowego i fabryki superfosfatu. Produkcja w tych zakładach odbywa się poprzez przemianę surowców drogą reakcji chemicznych.

Fabryki kwasu siarkowego bazują na siarce rafinowanej i na keku (odpady porafinacyjne, otrzymywane przy czyszczeniu filtrów, zawierają około 40 % siarki). Siarka w stanie płynnym dostarczana jest z oddziału rafinacji zakładu produkcji siarki. Wyprodukowany kwas siarkowy o stężeniu około 97-98% przepompowywany jest do zbiorników, skąd jest przesyłany rurociągiem do fabryki superfosfatu. Apatyty i fosforyty poddawane są działaniu kwasu siarkowego, w wyniku czego otrzymuje się superfosfat pylisty i granulowany.

Faint, illegible text covering the majority of the page, appearing to be bleed-through from the reverse side of the document.

4. Materiały wykorzystane w pracy

Do analizy zmian struktury użytkowania ziemi oraz zmian przestrzennych w użytkowaniu ziemi w rejonie tarnobrzesckim wykorzystano mapy topograficzne oraz zdjęcia satelitarne. Nie korzystano natomiast z danych statystycznych ani ewidencyjnych. Wpłynęły na to dwa czynniki: po pierwsze zmieniły się metody statystyczne zbierania danych na przestrzeni czasu, po drugie brak jest ujednoliconych danych statystycznych wynikających ze zmian administracyjnych. Z kolei takie materiały jak np. ewidencja gruntów mają zalety i ograniczenia. Do pierwszych można zliczyć to, że dostarczają one w zasadzie jednolitą informację w skali całego kraju. Natomiast ograniczeniem jest tu przyjęta agregacja danych, oraz fakt, że dane te zawierają nieścisłości lub nieprawdziwe informacje dla określonej daty. Powodem rozbieżności pomiędzy stanem faktycznym a informacjami zawartymi w wykazach gruntów jest przyjęta podstawa klasyfikacyjna, a mianowicie dla służb geodezyjnych istotnym elementem jest prawo władania, a więc nie liczy się sam sposób użytkowania ziemi lecz strona formalno-prawna. Jednakże najpoważniejsze błędy tkwiące w materiałach ewidencji gruntów spowodowane są brakiem systematycznie prowadzonej aktualizacji (Grocholska 1973).

Zastosowanie mapy do analizy naukowej, badania i poznawania zjawisk jest jednym ze sposobów jej praktycznego wykorzystania i należy do kartograficznych metod badań (Saliszczew 1984). Istota tej metody polega na pracy nad mapą jako modelem określonego aspektu rzeczywistości w celu poznania tej rzeczywistości. W przypadku niniejszej pracy wykorzystano metodę wizualną do przetworzenia mapy topograficznej w celu otrzymania pochodnego przedstawienia kartograficznego pokrycia terenu, do prowadzenia dalszej analizy.

Mapa topograficzna jest szczególnym rodzajem map użytkowania ziemi, która ukazuje jednocześnie pokrycie powierzchni terenu. Według E. Imhofa mapa topograficzna jest mapą niewyspecjalizowaną, która informuje nas o zjawiskach oglądanych bezpośrednio na powierzchni Ziemi (Imhof 1962).

Pod pojęciem mapy użytkowania ziemi należy rozumieć przestrzenne rozmieszczenie form pokrycia powierzchni ziemi, w ich związkach przestrzennych i wzajemnej współzależności, użytkowanych lub nieużytkowanych przez człowieka.

W pracy wykorzystano mapy topograficzne, aby opracować bazę danych o użytkowaniu ziemi w 1937 r. Były to zarówno mapy wykonane przez Wojskowy Instytut Geograficzny w latach trzydziestych, tzw. „Mapa Taktyczna” oraz „Grossblatly” (arkusz Staszów i Sandomierz) w skali 1 : 100 000. Jednocześnie korzystano z map topograficznych wykonanych w układzie współrzędnych „1942”, w skali 1 : 100 000, a opracowanych w latach 1954-1956, 1975 oraz 1983-1988. Były to arkusze Staszów, Tarnobrzeg i Nisko. Powyższe mapy były podstawą transformacji danych satelitarnych, oraz danych graficznych dotyczących użytkowania ziemi w roku 1937, 1977 i 1992 uzyskanych w wyniku wektoryzacji.

Poza mapami topograficznymi w niniejszych badaniach wykorzystano także informacje pozyskiwane metodami teledetekcyjnymi. Metody te polegają na rejestracji, pomiarze, odpowiednim przetworzeniu i interpretacji zróżnicowanego spektralnie, przestrzennie i czasowo promieniowania elektromagnetycznego, odbitego lub emitowanego z powierzchni Ziemi. Promieniowanie elektromagnetyczne stanowi główny nośnik informacji o szeroko rozumianym środowisku geograficznym. Rejestracja tego promieniowania może odbywać się z poziomu satelitarnego, lotniczego lub naziemnego za pomocą różnego typu urządzeń. Wybór odpowiedniej metody teledetekcyjnej uzależniony jest od charakteru badań i celu jakiego mają one służyć.

W badaniach środowiska geograficznego najczęściej stosowane są metody wykorzystujące widzialny, (0,4-0,7 μm), podczerwony (0,7-1,1 μm) i mikrofalowy zakres promieniowania elektromagnetycznego. W niniejszej pracy wykorzystano dane satelitarne zarejestrowane przez sensory umieszczone na satelitach serii Landsat, mianowicie MSS (Multispectral scanner) i TM (Thematic Mapper).

Skaner wielospektralny MSS wyposażony był w oscylujące zwierciadło, za pomocą którego skanowana była powierzchnia Ziemi z zachodu na wschód, prostopadle do orbity satelity. Każda linia skanowania miała długość 185 km, a ciągły strumień informacji dzielony był na sekcje o długości 185 km. Rozdzielczość urządzenia określona jednoczesnym polem widzenia skanera MSS wynosiła 80 m. System detekcyjny skanera wielospektralnego rejestrował odbite od powierzchni Ziemi promieniowanie elektromagnetyczne w 4 zakresach spektrum (ryc. 3). W odróżnieniu od opisanego wyżej urządzenia, skaner TM ma większą przestrzenną zdolność rozdzielczą i dokonuje rejestracji informacji w 7 zakresach spektrum. Obrazy wykonane przez skaner TM są lepszej jakości niż wykonane przez skaner MSS i można je porównywać ze zdjęciami lotniczymi wykonanymi z dużej wysokości (Ciołkosz, Kęsik 1989).

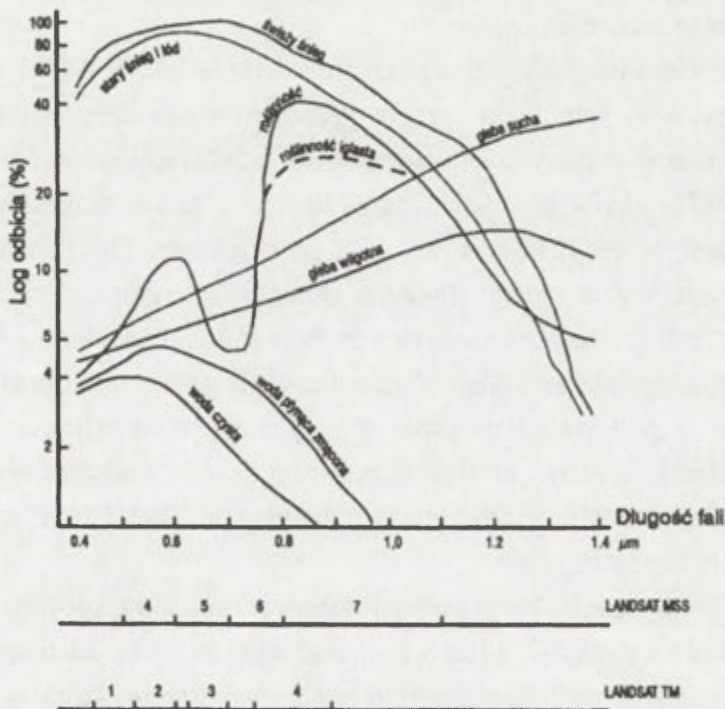
Rejestracja odbitych od powierzchni Ziemi sygnałów elektromagnetycznych odbywa się w sposób dyskretny, liniowy, prostopadle do kierunku lotu satelity. Impulsy elektromagnetyczne po właściwym wzmocnieniu mogą być bezpośrednio wizualizowane na filmie fotograficznym, na ekranie monitora, lub zapisywane na taśmie magnetycznej. Możliwa jest również jednoczesna transmisja tych danych do naziemnych stacji odbiorczych drogą telemetryczną. Zarejestrowane na taśmach magnetycznych (CCT) dane spektralne mogą być dzięki temu bezpośrednio przetwarzane numerycznie, bądź – jak w przypadku niniejszej pracy – po wizualizacji taśm – analogowo. Analiza odbitego lub emitowanego (podczerwień termalna) w różnych proporcjach z różnych typów powierzchni Ziemi promieniowania elektromagnetycznego zarejestrowanego przez skanery wielo-spektralne, umożliwia rozpoznanie i klasyfikację zróżnicowanych spektralnie obiektów.

Właściwie przeprowadzona interpretacja danych wielospektralnych, oparta na znajomości systemów obrazujących, technik przetwarzania danych, a także specjalistycznym przygotowaniu w dziedzinie, w której mają być one wykorzystane oraz niezbędnych informacjach zebranych w terenie, umożliwia wnioskowanie o cechach pośrednich. Istotę

analizy wielospektralnej oraz zakresy systemów skanerowych, za pomocą których uzyskano dane wykorzystane w niniejszej pracy, przedstawiono na rycinie 3.

Szczegółowe omówienie poszczególnych metod teledetekcyjnych zawarte jest w wielu pracach specjalistycznych (Ciołkosz, Kęsik 1989; Townshed 1981) i wykracza poza ramy niniejszego opracowania. Celem krótkiego opisu urządzeń służących do zbierania danych było pokazanie znaczenia teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego, a z najważniejszych czynników należy wymienić:

- szybkie zbieranie i przetwarzanie aktualnych informacji o terenie,
- powtarzalność obserwacji,
- kompleksowe i synoptyczne spojrzenie na środowisko geograficzne,
- rejestracja zmian środowiska geograficznego i śledzenie dynamiki procesów w nim zachodzących.



Ryc. 3. Krzywe spektralne różnych obiektów terenowych umożliwiające ich rozpoznanie i analizę oraz zakresy urządzeń rejestrujących promieniowanie EM, zainstalowane na satelitach serii Landsat (dla TM – 4 pierwsze kanały)

Spectral curves of different terrain features and ranges of sensors, installed on the boards of Landsat satellites

Wykorzystanie systemów satelitarnych, których podstawową zaletą jest powtarzalność otrzymywania danych, jest coraz bardziej powszechne. Wiąże się to z rozwojem technik obrazowania, a przede wszystkim ze wzrostem zdolności rozdzielczej systemów zbierania danych, a tym samym uzyskanych obrazów powierzchni ziemi. Obecnie dane satelitarne wykorzystywane są już szeroko do określania zmieniającego się użytkowania ziemi (Lindgren 1985).

Wykorzystanie informacji zawartych w materiałach teledetekcyjnych (obrazach), wymaga odpowiedniego przetworzenia tych materiałów. Przetwarzanie obrazów według J. R. Townsheda (1981) jest procesem dwuetapowym obejmującym wzmocnienie obrazu i właściwą klasyfikację. Wzmocnieniem obrazu nazywa się numeryczne techniki zmierzające do podniesienia jakości informacyjnej wstępnie przetworzonych obrazów. Należy tu wymienić takie procedury jak: tworzenie kompozycji barwnych, filtrowanie, rozciąganie kontrastu, wzmacnianie krawędzi. Powyższe operacje mogą być realizowane na pikselach obrazów przedstawiających ten sam obszar, ale wykonanych w różnych zakresach spektralnych, a także w różnym czasie.

Do opracowania bazy danych o pokryciu terenu w latach 1977 i 1992 wykorzystano obrazy satelitarne. W tym celu przetworzono surowe dane zapisane na taśmach magnetycznych, przez skanery zainstalowane na pokładach satelitów serii LANDSAT. W przypadku 1977 r. były to zdjęcia zarejestrowane przez skaner MSS (Multispectral Scanner), natomiast w przypadku 1992 r. – przez skaner TM (Thematic Mapper). Do przetwarzania zdjęć wykorzystano funkcje systemu Intergraph. Procedura polegała na wczytaniu do systemu zbiorów związanych z poszczególnymi kanałami i wybraniu fragmentu obrazu reprezentującego obszar badań. Zwizualizowane na ekranie obrazy zostały następnie zgeometryzowane, a podstawą tego procesu były mapy topograficzne w skali 1:100 000. Współrzędne pikseli zostały przekształcone zgodnie z odwzorowaniem i układem współrzędnych mapy, a więc układem współrzędnych „1942”, co sprawiło, że obrazy satelitarne stały się kartometryczne.

Obydwie kompozycje były przygotowane w podobny sposób. Do geometryzacji przygotowano zbiór 64 punktów, gdzie średni błąd wyniósł 15 m. Zastosowano transformację I stopnia, tzw. afiniczną, według algorytmu *cubic convolution*, która w zasadniczy sposób zmienia oryginalne wartości pikseli, ale daje najlepszą wizualizację obrazu. W celu poprawy jakości obrazu zastosowano dodatkowo procedurę podwyższenia kontrastu oraz filtrację wysokiej częstotliwości. W ten sposób uzyskano dwie fotomapy, które zostały wydrukowane na drukarce IRIS w skali 1:100 000. Fotomapy te były podstawą analizy użytkowania ziemi w rejonie Tarnobrzega.

5. Metodyka pracy

Podstawą niniejszego opracowania są wyniki analizy map topograficznych i zdjęć satelitarnych wykonanych w różnych latach. Przed przystąpieniem do analizy użytkowania ziemi należało określić jakie formy pokrycia/użytkowania ziemi będą podlegać delimitacji. Poniżej opisano formy pokrycia/użytkowania ziemi, które wydzielano na mapach i zdjęciach satelitarnych, wykorzystując metodę wizualnej interpretacji.

Wynikiem tego etapu stały się kalki interpretacyjne – nakładki, z wyrysowanymi granicami poszczególnych wydzielen z ich oznaczeniami (kodami). W dalszej części pracy nakładki te zostały nazywane bankiem danych, który stał się podstawą do sporządzenia bazy danych w zapisie numerycznym przy wykorzystaniu powszechnie stosowanego narzędzia GIS – programu ARC/Info.

W celu uzyskania możliwie szczegółowych danych o użytkowaniu ziemi wykorzystano metodę retrospektywną, często stosowaną w badaniach zmian. Jej zasadą jest gromadzenie materiałów od najmniej odległych czasowo do najstarszych, a uzyskane wyniki analizowano w sposób chronologiczny, począwszy od 1937 r., przez 1977 r. do 1992 r. Podobne postępowanie w badaniach zastosowali J. K. Hładyłowicz (1932), H. Maruszczak (1951), R. Gronet (1987) i J. Plit (1996).

Kryteria klasyfikacyjne dotyczące użytkowania ziemi długo nie były zunifikowane, a zatem nie były porównywalne. Rozwój i standaryzacja metod, w tym również teledetekcyjnych, wpłynęły na wypracowanie kryteriów klasyfikacyjnych. Należy jednak podkreślić, że rodzaj wykorzystywanych materiałów oraz skala opracowania ogranicza zakres tematyczny, a więc liczbę przyjętych klas. Zgodnie z założeniami metodycznymi niniejszej pracy, przyjęto skalę opracowania 1:100 000 natomiast najmniejszą wyznaczaną jednostkę powierzchniową 2×2 mm w skali mapy, a więc 4 ha. Ponieważ korzystano ze zdjęć satelitarnych o rozdzielczości terenowej 80×80 m (MSS) oraz 30×30 m (TM), zaistniała konieczność dostosowania legendy do tego, co można z tych zdjęć odczytać. Przyjęto, że kryteria klasyfikacyjne powinny spełniać następujące warunki:

- poziom zgodności interpretacji w identyfikacji form użytkowania ziemi powinien być większy niż 85 %,
- zgodność interpretacji dla różnych form powinna być prawie równa,
- powinna być możliwa agregacja form pokrycia terenu,
- w miarę możliwości musi być rozpoznawalne różnorodne użytkowanie ziemi (Lindgren 1985).

Biorąc pod uwagę kryteria klasyfikacyjne, rodzaj wykorzystanych materiałów oraz skalę opracowania wydzielono formy użytkowania ziemi zamieszczone w tabeli 1.

Tabela 1. Wydzielenia użytkowania/pokrycia ziemi utworzone na potrzeby niniejszej pracy

Lp.	Kod	Użytkowanie ziemi
1.	1	tereny o zwartej zabudowie
2.	2	tereny o luźnej zabudowie
3.	3	tereny przemysłowe, oraz zajęte pod infrastrukturę techniczną
4.	4	tereny związane z komunikacją
5.	5	miejsca podziemnego wytopienia siarki
6.	6	miejsca eksploatacji odkrywkowej
7.	7	zwałowiska i hałdy
8.	8	budowy lub nowe osiedla
9.	9	miejskie tereny zielone
10.	40	tereny specjalne
11.	10	grunty orne
12.	11	grunty orne z dużym udziałem łąk
13.	12	grunty orne wielkopolowe
14.	13	grunty orne z udziałem sadów
15.	14	sady
16.	15	łąki
17.	16	tereny mieszane
18.	20	lasy liściaste
19.	21	lasy iglaste
20.	22	lasy mieszane
21.	23	zadrzewienia i zakrzaczenia
22.	41	piaski
23.	42	roślinność rozproszona
24.	30	bagna i torfowiska
25.	50	cieki
26.	51	zbiorniki wodne
27.	52	przemysłowe zbiorniki wodne

Poniżej podano definicję poszczególnych form użytkowania ziemi:

1. tereny o zwartej zabudowie (1) – obszary gęstej i luźnej zabudowy miejskiej, łącznie z ulicami i pokrytymi trwałą nawierzchnią placami; mogą występować niewielkie parki, skwery, cmentarze lub tereny z odsłoniętą glebą; włączono do tej klasy również większe wsie, w tym głównie typu ulicowego,
2. tereny o luźnej zabudowie (2) – obszary osadnictwa rozproszonego wraz z działkami przyzagrodowymi, ogrodami i sadami,
3. tereny przemysłowe, oraz zajęte pod infrastrukturę techniczną (3) – obszary o charakterystycznej strukturze, wielkie hale fabryczne, oczyszczalnie ścieków, tereny pozbawione roślinności,
4. tereny związane z komunikacją (4) – drogi kołowe i linie kolejowe wraz z towarzyszącymi urządzeniami i zabudowaniami,

5. miejsca podziemnego wytopiania siarki (5) – obszary pozbawione roślinności lub pokryte roślinnością rozproszoną typu bagiennego, wraz z towarzyszącą infrastrukturą (rurociągami, drogami dojazdowymi, składowiskami siarki),
6. miejsca eksploatacji odkrywkowej (6) – miejsca odkrywkowego wydobycia kruszyw (kamieniołomy, żwirownie, piaskownie) i innych kopalin (kopalnie odkrywkowe siarki),
7. zwałowiska i hałdy (7) – hałdy i wysypiska górnicze, przemysłowe lub miejskie,
8. budowy lub nowe osiedla (8) – tereny, na których prowadzone są prace budowlane, wykopy, tereny zwykle pozbawione roślinności,
9. miejskie tereny zielone (9) – parki, skwery, cmentarze, ogródki działkowe,
10. tereny specjalne (40) – np. poligony wojskowe i obiekty z nimi związane,
11. grunty orne (10) – uprawy zbożowe, roślin pastewnych, przemysłowych, okopowych, ugory; również uprawy szklarniowe i pod folią, z tej klasy wyłączono łąki,
12. grunty orne z dużym udziałem łąk (11) – jak w pkt. 11, lecz z udziałem łąk,
13. grunty orne wielkopolowe (12) – obszary o dużych polach, głównie należące do dawnych PGR,
14. grunty orne z udziałem sadów (13) – jak w pkt. 11, lecz ze znacznym udziałem sadów,
15. sady (14) – tereny obsadzone drzewami owocowymi lub krzewami owocowymi jedno lub wielogatunkowymi (plantacje truskawek, malin, porzeczek, chmielu),
16. łąki (15) – tereny gęsto pokryte roślinnością zielną, nie podlegającą zmianowaniu; często koszone mechanicznie z przeznaczeniem na paszę, ale również spasane; należą do nich łąki trwałe i okresowe,
17. tereny mieszane (16) – tereny zajęte głównie przez rolnictwo; obszary niewielkich pól ornych, łąk i pastwisk z terenami zadrzewionymi lub małymi zbiornikami wodnymi,
18. lasy liściaste (20) – formacje roślinne, z dominacją liściastych gatunków drzew z zaroślami i krzakami,
19. lasy iglaste (21) – formacje roślinne, z dominacją drzew iglastych z zaroślami i krzakami,
20. lasy mieszane (22) – formacje roślinne złożone z drzew liściastych i iglastych, które na wydzielanej powierzchni wykazują jednakowy stopień zmieszania,

21. zadrzewienia i zakrzaczenia (23) – obszary nie będące zwartym kompleksem leśnym, zadrzewione lub zakrzewione, głównie zadrzewienia wzdłuż cieków oraz tereny nie użytkowane,
22. piaski (41) – powierzchnie nie pokryte roślinnością, np. wydmy,
23. roślinność rozproszona (42) – obszary pokryte roślinnością nieregularnie (samosiewy), głównie na terenach eksploatacji siarki metodą poziomego wytapiania, lub na częściowo zrekultywowanych polach poeksploatacyjnych,
24. bagna i torfowiska (30) – tereny nisko położone, sezonowo zatapiane, stale nasyczone wodą płynącą lub stagnującą w mniejszym lub większym stopniu,
25. cieki (50) – naturalne lub sztuczne cieki wodne,
26. zbiorniki wodne (51) – naturalne lub sztuczne zbiorniki wodne (jeziora, stawy, zbiorniki sztuczne),
27. przemysłowe zbiorniki wodne (52) – zbiorniki wodne powstałe dla przemysłu (osadniki) lub zbiorniki poeksploatacyjne (zalane odkrywki).

Materiały teledetekcyjne zostały wstępnie tak przetworzone, aby ich pojemność informacyjna była możliwie największa. Zastosowano w tym celu techniki przetwarzania obrazu, natomiast kartometryczność materiałów została zapewniona dzięki wykonanej w odpowiednim momencie transformacji geometrycznej.

Analizę otrzymanych w ten sposób danych źródłowych prowadzono dalej metodą analogową, wg wyżej przyjętej klasyfikacji. Najczęściej stosowaną metodą klasyfikacji obrazów jest interpretacja wizualna. Jest to metoda uznana, powszechnie stosowana, bardzo skuteczna i stosunkowo mało kosztowna. Klasyfikacja obrazu to zespół operacji, mających na celu wyróżnienie klas na zdjęciu obrazującym badany teren, charakteryzujących się pewną ustaloną jednorodnością.

Metodę tę można określić jako złożony proces mentalny, składający się z serii etapów realizowanych prawie nieświadomie na drodze oczy – umysł – oczy. Do głównych etapów należy wydzielenie elementów o podobnych cechach rozpoznawczych oraz zaklasyfikowanie ich, czyli nadanie im cech jakościowych, a zatem jest to identyfikacja i kategoryzacja powierzchni ziemi. Za podstawę rozpoznania obiektów na zdjęciach posłużyły bezpośrednie cechy rozpoznawcze tzn. kształt i barwa.

Barwa jako wrażenie wzrokowe wywołane przez widzialną część promieniowania elektromagnetycznego, zależy od czynników obiektywnych (od długości fali rejestrowanego promieniowania, właściwości oka) oraz subiektywnych, związanych z psychofizycznym stanem interpretatora. Procesami nierozłącznie związanymi z interpretacją obrazów są rozumowanie indukcyjne i dedukcyjne, ekstrapolacja i generalizacja wyciąganych wniosków.

Ważną rolę w procesach percepcji obrazów odgrywa również postrzeganie intuicyjne i syntetyzujące.

Oko ludzkie stosunkowo słabo reaguje na barwy achromatyczne, które różnią się między sobą jedynie jasnością. W przypadku barw chromatycznych różniących się między sobą tonem, nasyceniem oraz jasnością, zdolność rozdzielcza oka jest nieporównywalnie większa. Liczba tonów jakie oko może odróżnić w widmie wynosi około 150 (Zausznica 1959). Czułość oka jest różna w zależności od długości fali w różnych częściach widma widzialnego. Zmiany tonalne (barwy) są szczególnie łatwe do uchwycenia w czterech strefach widma: zielono-niebieskiej, niebiesko-fioletowej, pomarańczowo-żółtej oraz pomarańczowo-czerwonej. Oko rozróżnia także barwy według ich nasycenia. Okazuje się jednak, że czułość rozróżniająca oka nie jest jednakowa dla różnych stopni nasycenia. Jest większa dla barw silnie-, jak i słabo nasyconych, zaś w stosunku do barw o średnim stopniu nasycenia selektywność oka ludzkiego jest mniejsza.

Wrażenie barwne zależy również od pośrednich bodźców świetlnych działających na oko. Bodźce te mogą wywierać zarówno wzmacniający, jak i osłabiający wpływ na charakter danego wrażenia barwy. Typowym zjawiskiem jest zjawisko równoczesnego kontrastu barwnego, polegające na kontrastowych zmianach barwy, będących wynikiem działania na pole widzenia dodatkowych bodźców barwnych. Zmiany te mogą dotyczyć wszystkich trzech cech charakterystycznych barwy, np. powierzchnia o barwie niebiesko-zielonej na zielonym tle wydaje się niebieska, na niebieskim zaś zielona.

Z powyższej krótkiej charakterystyki metody wizualnej wynika, że sam proces wydzielenia powierzchni o tej samej barwie, nie może być obiektywny i zależy od możliwości, doświadczenia oraz ogólnej wiedzy geograficznej interpretatora. Pomocą przy klasyfikacji, czyli nadaniu cech jakościowych wydzielanym obiektom, są ich charakterystyki spektralne (ryc.3). Z charakterystyk krzywych spektralnych wynika, że istnieją duże różnice w odtwarzaniu barw, szczególnie w przypadku roślinności. Wynika to z budowy chemicznej roślin i polega na tym, że promieniowanie podczerwone przenika przez chlorofil i odbija się od znajdującej się głębiej gąbczastej warstwy części zielonych (nie dotyczy to drzew iglastych, suchych i chorych). Jest to tzw. zjawisko Wooda (Teicher 1982).

Znając zasady tworzenia kompozycji barwnych i charakterystyki współczynników jasności spektralnych, można określić w jakim kolorze odwzorowują się poszczególne elementy środowiska na kompozycjach barwnych. Ze względu na różny stopień pokrycia i wynikające z tego zmiany kontrastów, barwy przybierają różny stopień nasycenia.

Wynikiem omawianego procesu wizualnej interpretacji zdjęć jest bank danych, którym w tym przypadku są nakładki z ręcznie wyrysowanymi granicami poszczególnych wydzieleni i ich oznaczeniami kodowymi według opisanej wyżej klasyfikacji.

Istota „nakładkowej metody” analizy przestrzennych danych wieloczasowych

Ideę nakładania na siebie dwóch kalek interpretacyjnych wykonanych dla różnych okresów i możliwe kombinacje ich nakładania oraz badanie na tej podstawie zmian środowiska opisał D. T. Lindgren (1985). Ten sposób postępowania z pewnymi modyfikacjami nazwałam „metodą nakładkową” i zastosowałam ją w swoich badaniach. Poszczególne nakładki przygotowywano zgodnie z zasadami metody retrospektywnej, a więc pracę rozpoczęto od analizy zdjęcia satelitarnego obrazującego stan środowiska w 1992 r. Uzyskana w wyniku interpretacji wizualnej nakładka dla 1992 r., zawierała poligony poszczególnych form użytkowania ziemi z ich kodami i stała się podstawą do opracowania nakładek interpretacyjnych odpowiednio dla roku 1977 i 1937.

Kolejną nakładkę uzyskano w wyniku porównania nakładki z 1992 r. ze zdjęciem z 1977 r. Powstała w ten sposób nakładka różnic. W miejscach, gdzie granica przebiegała współkształtnie uznawano, że granica jest wspólna. Jedynie w przypadku zmiany przebiegu granicy danego obiektu, dorysowywano lub usuwano linie. Wyniki interpretacji zdjęcia MSS weryfikowano z mapami pochodzącymi z tego okresu. Wynikało to z trudności w wyznaczeniu terenów zabudowanych, zwłaszcza zabudowy luźnej, gdzie mała zdolność rozdzielcza systemu zbierania danych wpłynęła na obniżenie liczby odwzorowanych obiektów.

Nakładkę dla roku 1937 uzyskano poprzez porównanie treści mapy WIG w skali 1 : 100 000 z nakładką wykonaną dla 1992 r. Ze względu na różnicę odwzorowań materiału analitycznego, treść nakładki porównywano lokalnie, w stosunku do każdego wydzielanego elementu. W tym przypadku również nanoszono lub usuwano linie o różniącym się przebiegu.

Wszystkie wymienione procedury umożliwiły utworzenie trzech nakładek interpretacyjnych, a na tej podstawie numerycznej bazy danych dotyczącej użytkowania ziemi na analizowanym terenie, uzyskanych w wyniku interpretacji mapy topograficznej i obrazów satelitarnych. Powstałe nakładki zostały zamienione na postać cyfrową w wyniku skanowania i wektoryzacji. Do utworzenia numerycznej bazy danych wykorzystano jedno z powszechnie używanych narzędzi GIS, jakim jest Arc/Info (wersja 7.1. pracująca w środowisku Windows NT). Dla każdej z nakładek wykonano transformację na podstawie 20 punktów (przecięcia siatki kilometrowej) do układu współrzędnych 42. Dla każdej z nich zastosowano te same procedury, między innymi zakodowano poligony i zbudowano topologię, w wyniku czego uzyskano numeryczną bazę danych dla 3 terminów. Przecinając dwie obszarowo tożsame nakładki (1937 i 1992), uzyskano nakładkę zmian pokrywającą ten sam obszar. Powyższa baza danych zawiera obiekty z kodami z nakładek 1937 i 1992 (poligony, które nie zmieniły położenia) oraz obiekty z nowymi kodami (te obiekty, które przeszły z danej klasy w inną).

W celu uporządkowania i sformalizowania powyższego opisu, poszczególne nakładki przedstawiono poniżej zgodnie z zasadami teorii zbiorów, jako sumy podzbiorów grupujących elementy należące do poszczególnych klas.

Dla roku 1937:
$$X = \bigcup_k A_k^X \quad (1),$$

gdzie A_k^X zawiera wszystkie poligony nakładki X , które należą do klasy k (k – kod formy użytkowania ziemi),

czyli: $A_k^X = \bigcup_i p_i^{kX}$, gdzie p_i^{kX} – poligon i należący do klasy k w nakładce X .

Analogicznie dla roku 1992:
$$Y = \bigcup_l B_l^Y \quad (2),$$

Gdzie B_l^Y zawiera wszystkie poligony nakładki Y , które należą do klasy l (l – kod formy użytkowania ziemi),

czyli: $B_l^Y = \bigcup_j p_j^{lY}$, gdzie p_j^{lY} – poligon j należący do klasy l w nakładce Y .

Nakładka zmian N jest wynikiem przecięcia nakładek X i Y , czyli iloczynem zbiorów X i Y .

$$N = X \cap Y \quad (3)$$

Z drugiej strony analogicznie jak w przypadku nakładek X i Y nakładka N może być przedstawiona jako suma zbiorów indeksowanych przez numery poszczególnych klas reprezentowanych w danej nakładce:

$$N = \bigcup_k C_k^N \cup \bigcup_n C_n^N \quad (4), \text{ gdzie wydzielono obszary, których klasyfikacja w}$$

nakładkach X i Y nie uległa zmianie $\left(\bigcup_k C_k^N\right)$ i zmian $\left(\bigcup_n C_n^N\right)$.

Po podstawieniu wyrażeń (1) i (2) do wzoru (3) można przedstawić N jako sumę zbiorów zawierających elementy, które zmieniły się jak i elementy bez zmian:

$$N = \left(\bigcup_k A_k^X \right) \cap \left(\bigcup_l B_l^Y \right) = \bigcup_k A_k^X \cap B_k^Y \cup \bigcup_{k \neq l} A_k^X \cap B_l^Y \quad (5)$$

Porównując wyrażenia (4) i (5) można wydzielić w obu elementy niezmiennie:

$C_k^N = A_k^X \cap B_k^Y$ oraz takie, których przynależność do danej klasy pokrycia terenu uległa zmianie:

$C_n^N = C_{n(k \rightarrow l)}^N = A_k^X \cap B_l^Y$, gdzie $k \neq l$, a n jest nowym kodem klasy wprowadzonym specjalnie dla nakładki N i opisującym przejście z klasy k do klasy l .

Ogólnie iloczyn zbiorów $A_k^X \cap B_l^Y$ można przedstawić w postaci:

$$\left(\bigcup_i p_i^{kX} \right) \cap \left(\bigcup_j p_j^{lY} \right) = \bigcup_i \bigcup_j p_i^{kX} \cap p_j^{lY}, \quad \text{gdzie } p_i^{kX} \cap p_j^{lY} \text{ jest iloczynem}$$

(czyli częścią wspólną) dwóch poligonów, z których jeden należy do nakładki X i jest zaklasyfikowany do klasy k , a drugi należy do nakładki Y i jest zaklasyfikowany do klasy l .

Jeśli nie ma żadnych zmian w ramach poligonu p_i^{kX} , to istnieje taki poligon p_j^{kY} , że:

$$p_i^{kX} \cap p_j^{kY} = p_i^{kX} = p_j^{kY} \quad \text{oraz} \quad p_i^{kX} \cap p_j^{lY} = \emptyset \quad \text{dla} \quad k \neq l.$$

W przypadku zmiany w użytkowaniu ziemi rozważamy obszar poligonu p_i^{kX} . Dla

wszystkich poligonów z nakładki Y należących do klasy k część wspólna $p_i^{kX} \cap p_j^{kY}$

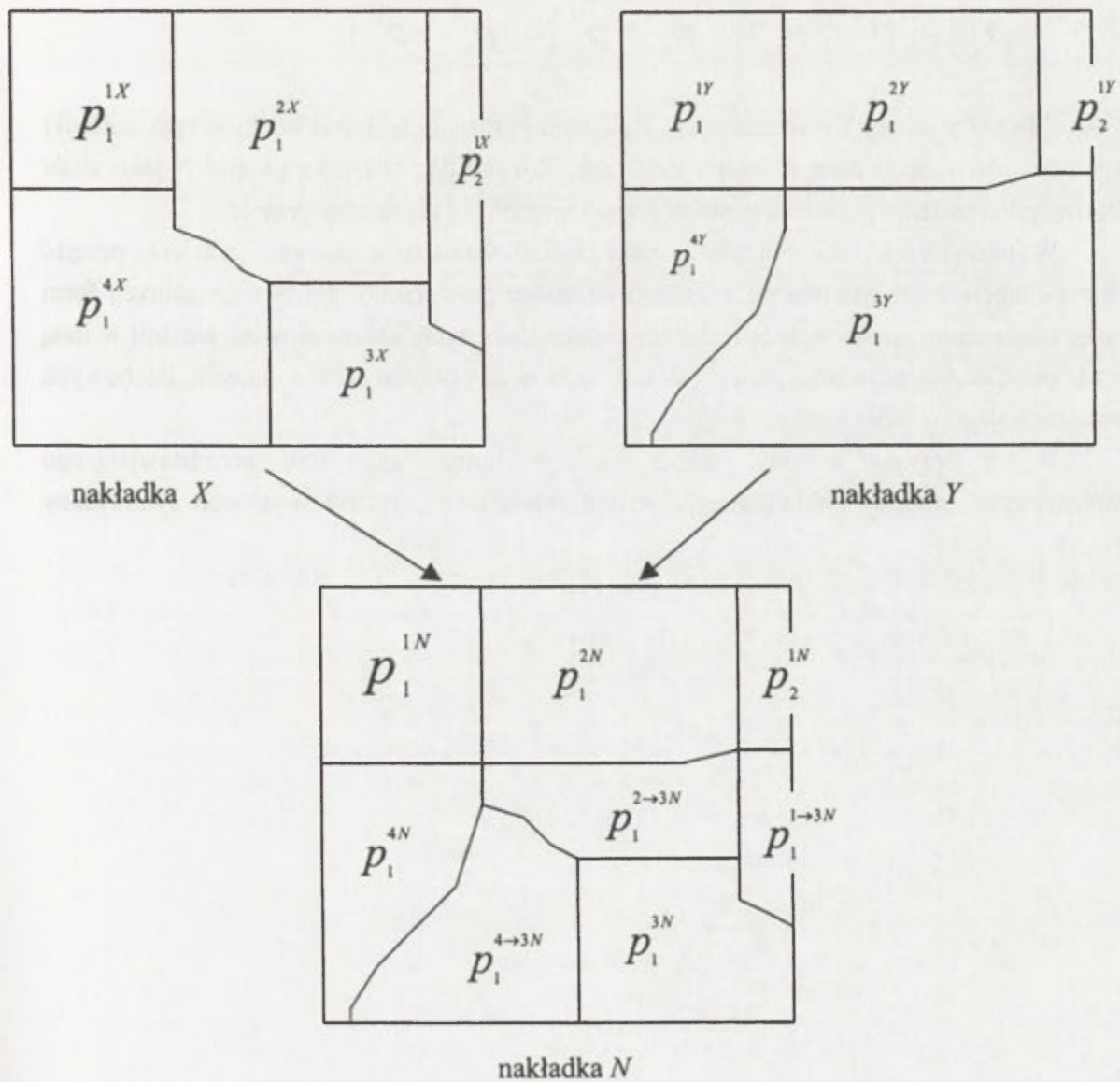
jest podzbiorem p_i^{kX} :

$p_i^{kX} \cap p_j^{kY} \subset p_i^{kX}$ oraz istnieje przynajmniej jeden poligon p_j^{lY} , przy $k \neq l$ tak, że:

$$p_i^{kX} \cap p_j^{lY} \neq \emptyset.$$

Podsumowując można powiedzieć, że elementy typu $C_{n(k \rightarrow l)}^N$ reprezentują przejścia obiektów z klasy do klasy, ale elementy C_k^N mogą opisywać zmiany związane z ubytkiem powierzchni danego obiektu.

Poniżej przykładowo zilustrowano i opisano poligony nakładki X , Y i N .



$$p_1^{1N} = p_1^{1X} \cap p_1^{1Y} = p_1^{1X} = p_1^{1Y}$$

$$P_2^{1N} = P_2^{1X} \cap P_2^{1Y} = P_2^{1Y} \subset P_2^{1X} \quad \text{bez zmian}$$

$$P_2^{1X} \cap P_1^{1Y} = \emptyset \quad \text{i} \quad P_1^{1X} \cap P_2^{1Y} = \emptyset,$$

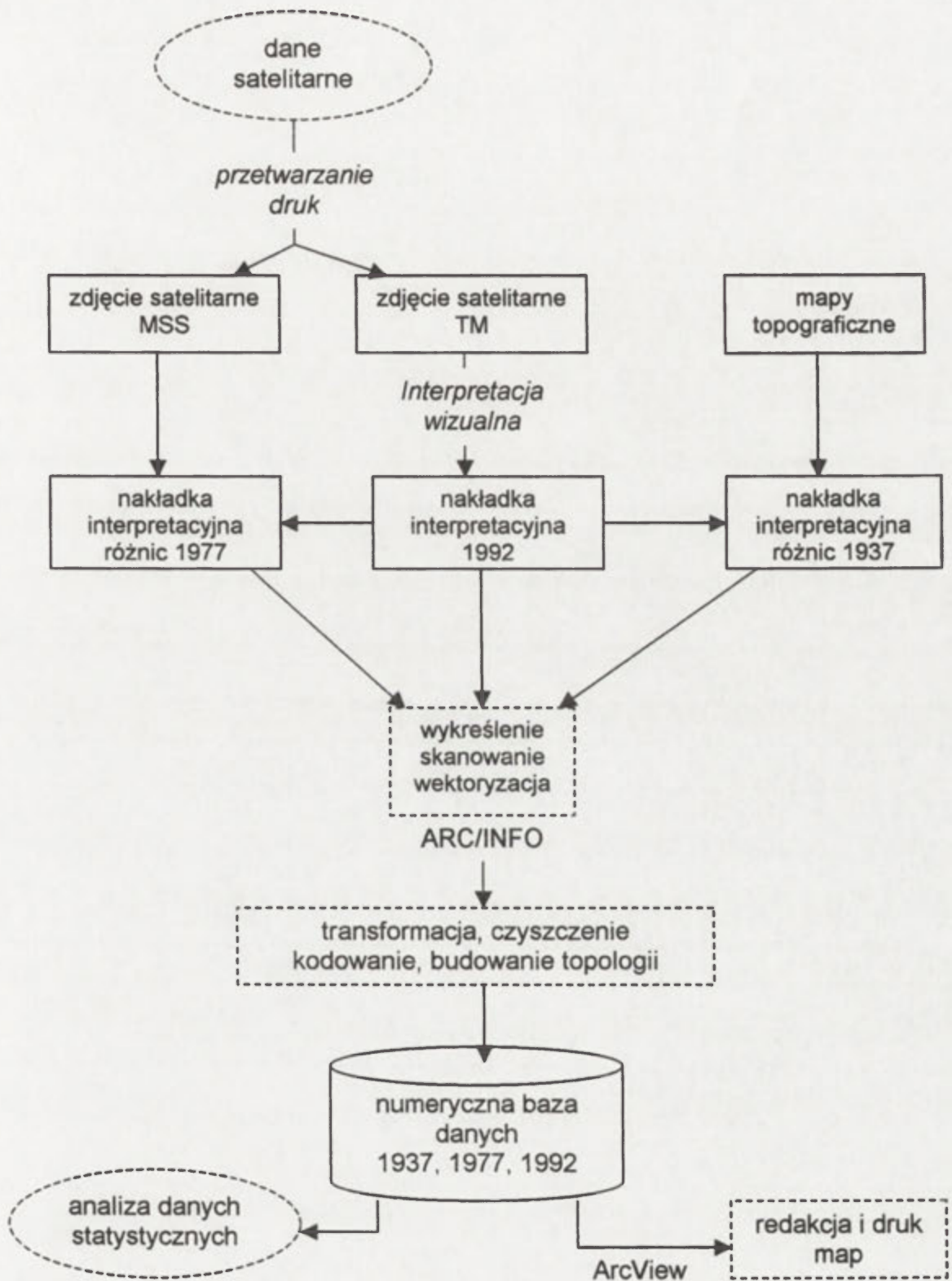
$$A_1^X = P_1^{1X} \cup P_2^{1X} \quad B_1^Y = P_1^{1Y} \cup P_2^{1Y}$$

$$\begin{aligned} A_1^X \cap B_1^Y &= (P_1^{1X} \cup P_2^{1X}) \cap (P_1^{1Y} \cup P_2^{1Y}) = \\ &= (P_1^{1X} \cap P_1^{1Y}) \cup (P_1^{1X} \cap P_2^{1Y}) \cup (P_2^{1X} \cap P_1^{1Y}) \cup (P_2^{1X} \cap P_2^{1Y}) \end{aligned}$$

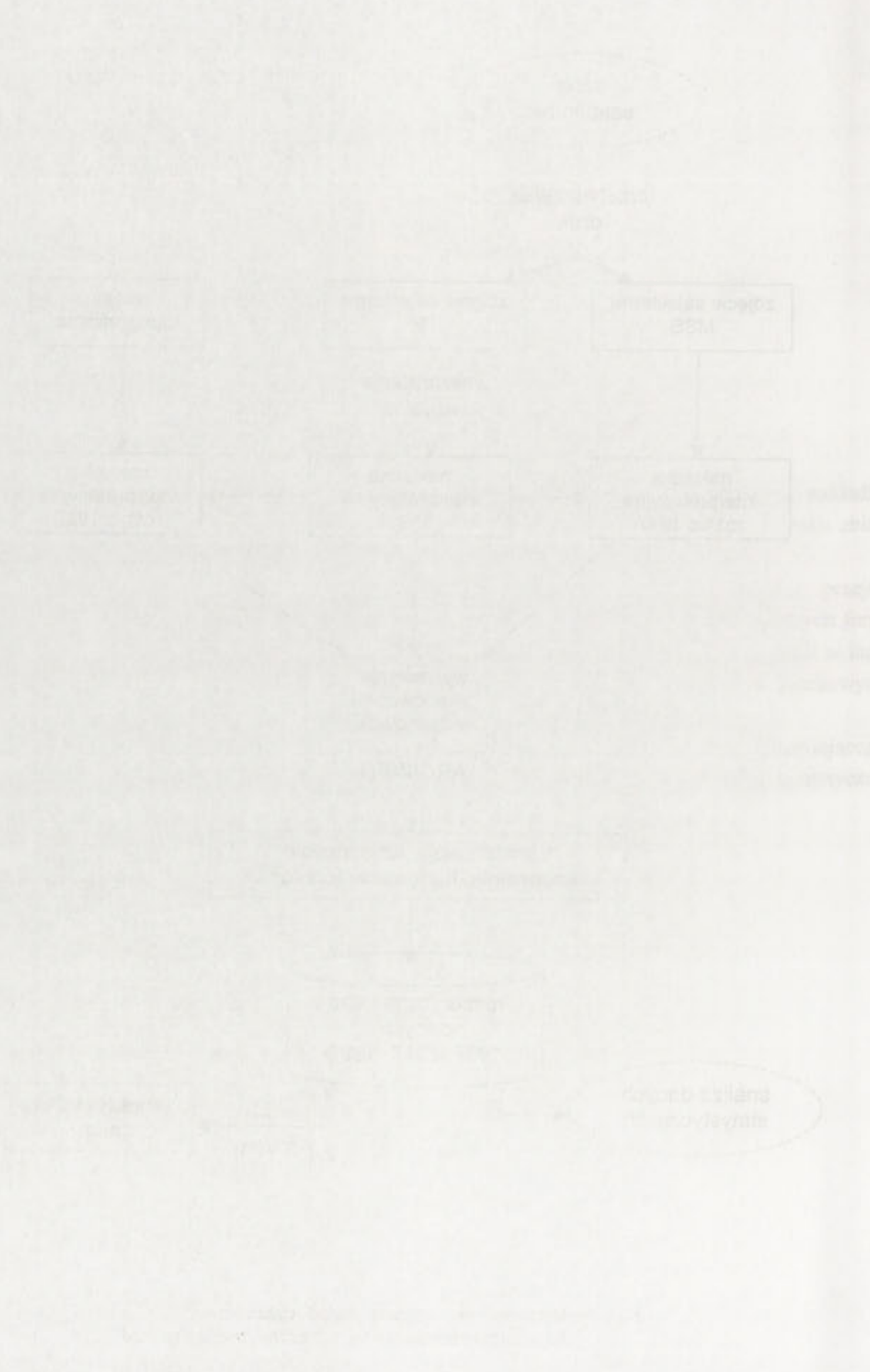
Powyższe wzory są reprezentacją logiczną poszczególnych nakładek, w tym nakładki wspólnej, zawierającej dane z dwóch terminów. Rozpatrując nakładkę przejść N jako zbiór możemy powiedzieć, że jest ona geometryczną reprezentacją macierzy przejść.

Wykorzystując odpowiednie narzędzia GIS można zbudować macierz przejść w formie tabeli, która zawiera informacje o wielkości powierzchni pól poszczególnych form użytkowania ziemi, zarówno tych nie zmienionych, jak i tych, które człowiek zmienił w inną formę pokrycia/użytkowania ziemi. W ten sposób uzyskujemy bazę danych liczbowych o zmianach użytkowania ziemi.

Wyżej opisane metody można ująć w formie algorytmu przedstawiającego wykorzystanie „metody nakładkowej”, w tym materiałów i metod w sposób syntetyczny (ryc. 4).



Ryc. 4. Algorytm wykorzystania „metody nakładkowej”
An algorithm presenting the use of the “overlay method”



6. Wizualizacja danych – opracowanie map użytkowania ziemi

Jedną z możliwości prowadzenia porównań przestrzennych, tematycznych i czasowych określonej przestrzeni geograficznej jest wizualizacja danych przestrzennych. Może ona być realizowana poprzez modelowanie kartograficzne zarówno bezpośrednio na ekranie monitora, jak też poprzez prezentację danego zjawiska na mapie. Mapę należy tu traktować jako model rzeczywistości, gdyż jest jedynie jej analogiem, a nie rzeczywistością, którą opisuje.

W zależności od celu w jakim tworzone są bazy danych oraz wyboru skali opracowania, wymagany jest określony stopień szczegółowości informacji o wybranym terenie. Utworzenie bazy danych w zapisie numerycznym, umożliwiło opracowanie map użytkowania ziemi, a więc map tematycznych w jednolitej konwencji. Najprościej bazę danych można określić jako logiczny zbiór wzajemnie powiązanych ze sobą obiektów oraz informacji opisowych i ilościowych. W części geometrycznej baza ta zawiera dane o przestrzennej lokalizacji (geograficznym położeniu) i kształcie obiektów zapisanych jako punkty, linie i powierzchnie oraz ich atrybuty.

Opracowane mapy tematyczne przedstawiają stan użytkowania ziemi w latach 1937, 1977, 1992 i zostały wydrukowane w skali 1: 200 000 (w niniejszym opracowaniu załączono jedynie mapę zmian użytkowania ziemi w zmniejszeniu). Wnikliwe porównywanie map wymaga, aby były wykonane tą samą metodą, powinny mieć tę samą skalę, ten sam poziom generalizacji. Również legenda powinna opierać się na tej samej metodzie klasyfikacji. Opracowane mapy spełniają wszystkie powyższe warunki, a zostały wykonane przy użyciu oprogramowania Arc/View. Pakiet ten realizuje podstawowe funkcje GIS, umożliwia wizualizację, analizę, przeglądanie i zarządzanie informacją przestrzenną. Opracowując i redagując poszczególne mapy, wzbogacono je o dodatkowe warstwy tematyczne, bez których zwizualizowana baza danych nie byłaby mapą z definicji. Dołączono więc warstwę z siatką kilometrową, opisem współrzędnych matematycznych i geograficznych oraz opisano większe miasta i siedziby gmin.

Zmiany użytkowania ziemi zostały pokazane przez sekwencję pojedynczych map dla lat 1937, 1977 i 1992. Zasadniczą cechą mapy użytkowania ziemi jest pokazanie na niej łącznie wszystkich form użytkowania ziemi, ich rozmieszczenia obok siebie we wzajemnym powiązaniu przestrzennym.

Analizując tabele 2, 3, 4 można zauważyć, że w 1937 r. występuje jedynie 15 form pokrycia/użytkowania ziemi, a w następnych latach już 26 form. Pojawiła się nowa jakość, mianowicie formy użytkowania ziemi związane z przemysłem. Seria map, a więc zestawienie kilku map umożliwia nam śledzenie zmian w przestrzeni i w czasie, zrozumienie przebiegu danego zjawiska i poznanie ogólnej tendencji zmian. Rozwiązaniem alternatywnym jest utworzenie obrazu dynamicznego, a więc pokazanie na jednej mapie dwóch stanów. Z uwagi na to, że takie mapy są dość złożone, zrozumienie i analiza zmian danego zjawiska w czasie jest stosunkowo trudna (Kraak, Ormeling 1998).

Numeryczna baza danych, która powstała w wyniku przecięcia nakładek dla lat 1937 i 1992 była podstawą do opracowania tematycznej mapy wynikowej przedstawiającej zmiany użytkowania ziemi i ich rozmieszczenie przestrzenne w rejonie Tarnobrzega.

W celu ułatwienia jej czytania, legendę skonstruowano w formie macierzy przejść. Uzyskano w ten sposób szybką informację na temat możliwych przejść poszczególnych form użytkowania ziemi w inne. Należy stwierdzić, że legenda przedstawiona w takiej formie podkreśla czasowe ujęcie zjawiska.

W. Jankowski (1971) twierdzi, że mapa ukazująca zmiany lub tendencje rozwojowe nie jest mapą użytkowania ziemi *sensu stricte*, a jedynym sposobem na zdynamizowanie mapy jest opracowywanie co pewien czas nowej mapy dla wybranego terenu, umożliwiając w ten sposób określenie zachodzących zmian oraz ich prognozowanie.

7. Analiza użytkowania ziemi w rejonie Tarnobrzega w latach 1937, 1977, 1992

Na zagospodarowanie powierzchni ziemi wpływają potrzeby człowieka, niezbędne do jego egzystencji jak: wyżywienie, schronienie, praca, wypoczynek i bezpieczeństwo (Stamp 1960). Właściwe wyważenie tych potrzeb, zwłaszcza pierwszych czterech wpływa w zdecydowany sposób na racjonalną organizację przestrzeni i jej właściwe zagospodarowanie. Bazy danych dotyczące użytkowania ziemi i mapy, jako ich ilustracja, są jedną z podstawowych form poznania stanu tej organizacji i umożliwiają wnioskowanie o jej prawidłowości.

Sporządzenie bazy danych w zapisie numerycznym stworzyło możliwość określenia powierzchni zajętej przez poszczególne formy użytkowania ziemi. W tabelach 2, 3, 4 przedstawiono powierzchnię poszczególnych form użytkowania ziemi podaną w hektarach w latach 1937, 1977 i 1992. Znajduje się tu również informacja o liczbie poligonów reprezentujących poszczególne formy użytkowania ziemi, a ich liczba i całkowita powierzchnia zajmowana przez daną formę użytkowania ziemi, pozwala wnioskować o stopniu rozproszenia tego elementu w przestrzeni. Tabela 2 zawiera dane o wielkości powierzchni i liczbie poligonów form użytkowania ziemi w roku 1937. Las wystąpił jako obiekt 106 razy, a zajmowana przez lasy powierzchnia wynosiła 66 540 ha. Łąki składały się z 320 obiektów i zajmowały powierzchnię 40 869 ha, a więc łąki zajmowały prawie dwukrotnie mniejszą powierzchnię natomiast liczba poligonów była trzykrotnie większa. Oznacza to, że lasy stanowiły większe, bardziej zwarte kompleksy w stosunku do łąk.

Analiza danych z 1937 r. umożliwiła wydzielenie na rozpatrywanym terenie zaledwie 15 form użytkowania ziemi. Dane z lat 1977 i 1992 pozwoliły na wydzielenie 26 form użytkowania ziemi. Pojawiły się nowe formy użytkowania ziemi, jak na przykład tereny przemysłowe, miejsca eksploatacji odkrywkowej, miejsca eksploatacji siarki metodą poziernego wytapiania, zwałowiska i hałdy, obszary w trakcie budowy (np. huta pod Połańcem) oraz sady.

Z uwagi na to, że niektóre formy użytkowania ziemi zajmują nieznaczne powierzchnie w stosunku do powierzchni całkowitej, część form pokrycia ziemi zagregowano, co również miało wpływ na bardziej syntetyczną ocenę zmian. W tabeli 5 pokazano, które formy użytkowania ziemi zostały zagregowane w jedną.

Zamieszczone na rycinach 5, 6 i 7 diagramy kołowe informują o strukturze użytkowania ziemi w poszczególnych latach. Diagramy powstały na podstawie już zagregowanych danych.

Analizując te informacje, można stwierdzić, że badany teren miał charakter rolniczo-leśny w roku 1937. Ponad 50 % zajmowały grunty orne, 21 % lasy, 13 % łąki. Do grupy form zajmujących powierzchnię do 1 % należały: odkryte piaski, bagna oraz wody. Powierzchnia zajęta pod zabudowę, zarówno zwartą, jak i rozproszoną zajmowała ponad 3,5 %.

Ogólne proporcje w użytkowaniu ziemi w roku 1977 i 1992 nie uległy większym zmianom. Jak wcześniej wspomniano pojawiły się nowe formy użytkowania ziemi. Grunty orne stanowią dominującą formę użytkowania ziemi we wszystkich badanych terminach. Zmniejszył się ich areał z 51,6 % w 1937 r. do 45,8 % w 1977 r., natomiast tylko o 1,7 % zmniejszyła się ich wielkość między rokiem 1977 a 1992.

Drugie miejsce pod względem udziału w strukturze użytkowania ziemi zajmują lasy, zadrzewienia i zakrzaczenia zajmujące o 1/3 mniejszą powierzchnię niż grunty orne. Należy podkreślić również, że zwiększył się udział powierzchni lasów w strukturze użytkowania ziemi w 1977 i 1992 o 0,3 % w stosunku do roku 1937.

W 1937 r. na trzecim miejscu znajdowały się użytki zielone, które ustąpiły miejsca terenom zabudowanym w 1977 i w 1992 r. Udział łąk w strukturze użytkowania ziemi zmalał z 13,2 % w 1937 r. do 8,5 % w 1977 i 1992 r. Tereny zabudowane zwiększyły swój udział w strukturze użytkowania ziemi trzykrotnie.

Tabela 2. Powierzchnia poszczególnych form użytkowania ziemi w 1937 r.

Kod formy użytkowania ziemi	Użytkowanie ziemi	Liczba poligonów	Powierzchnia w ha
10	grunty orne	92	154540
21	lasy iglaste	106	66540
15	łąki	310	40869
22	lasy mieszane	69	20093
23	zadrzewienia i zakrzaczenia	73	6347
1	tereny o zwartej zabudowie	150	5161
11	grunty orne z dużym udziałem łąk	16	5057
2	tereny o luźnej zabudowie	206	4886
50	cieki	3	2098
51	zbiorniki wodne	11	1380
30	bagna i torfowiska	24	1285
20	lasy liściaste	28	1080
16	tereny mieszane	3	231
41	piaski	6	191
3	tereny przemysłowe	1	18
			309775

Tabela 3. Powierzchnia poszczególnych form użytkowania ziemi w 1977 r.

Kod formy użytkowania ziemi	Użytkowanie ziemi	Liczba poligonów	Powierzchnia w ha
1	tereny o zwartej zabudowie	364	17352
3	tereny przemysłowe	24	1080
4	tereny związane z komunikacją	5	202
5	miejsca podziemnego wytopienia siarki	4	1175
6	miejsca eksploatacji odkrywkowej	12	1004
7	zwałowiska i hałdy	6	971
8	budowy lub nowe osiedla	7	505
9	miejskie tereny zielone	3	100
10	grunty orne	279	111125
11	grunty orne z dużym udziałem łąk	57	25853
12	grunty orne wielkopolowe	7	1080
13	grunty orne z udziałem sadów	4	1049
14	sady	18	1962
15	łąki	282	26282
2	tereny o luźnej zabudowie	171	12234
16	tereny mieszane	31	2974
20	lasy liściaste	57	3064
21	lasy iglaste	179	59815
22	lasy mieszane	104	28189
40	tereny specjalne	1	4260
23	zadrzewienia i zakrzaczenia	50	4770
42	roślinność rozproszona	1	96
30	bagna i torfowiska	18	618
50	cieki	3	2098
51	zbiorniki wodne	15	1739
52	przemysłowe zbiorniki wodne	5	177
			309775

Tabela 4. Powierzchnia poszczególnych form użytkowania ziemi w 1992 r.

Kod formy użytkowania ziemi	Użytkowanie ziemi	Liczba poligonów	Powierzchnia w ha
1	tereny o zwartej zabudowie	363	18194
3	tereny przemysłowe	29	1383
4	tereny związane z komunikacją	6	262
5	miejsca podziemnego wytopienia siarki	5	1739
6	miejsca eksploatacji odkrywkowej	11	582
7	zwałowiska i hałdy	9	789
8	budowy lub nowe osiedla	3	82
9	miejskie tereny zielone	6	305
10	grunty orne	317	110126
11	grunty orne z dużym udziałem łąk	60	20959
12	grunty orne wielkopolowe	8	1226
13	grunty orne z udziałem sadów	5	1134
14	sady	21	2176
15	łąki	284	26310
2	tereny o luźnej zabudowie	175	14871
16	tereny mieszane	32	3102
20	lasy liściaste	56	3049
21	lasy iglaste	178	59710
22	lasy mieszane	105	28280
40	tereny specjalne	1	4260
23	zadrzewienia i zakrzaczenia	50	4770
42	roślinność rozproszona	6	1485
30	bagna i torfowiska	18	618
50	cieki	3	2098
51	zbiorniki wodne	18	1999
52	przemysłowe zbiorniki wodne	6	265
			309775

Tabela 5. Formy użytkowania ziemi w wyniku agregacji

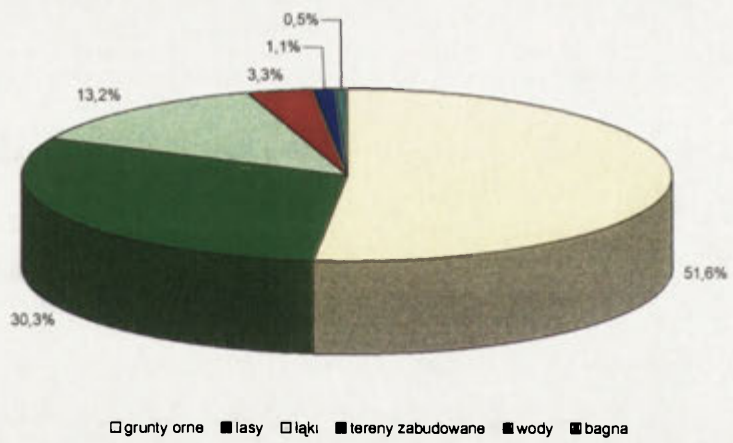
Forma użytkowania ziemi	Zagregowane formy użytkowania ziemi
tereny zabudowane ogółem	1, 2, 4, 8, 9
tereny przemysłowe ogółem	3, 5, 6, 7, 42, 52
grunty orne ogółem	10, 11, 12, 13
sady	14
łąki	15
las ogółem	20, 21, 22, 23, 41
tereny specjalne	40
bagna	30
wody ogółem	50, 51

Table 1. The results of the analysis of variance (ANOVA) for the dependent variables (mean and standard deviation) for the control and experimental groups.

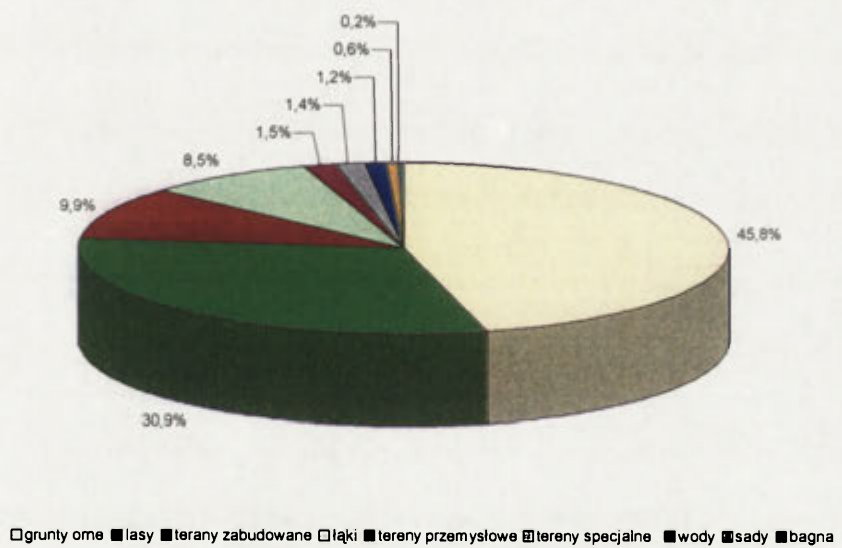
Variable	Control Group (Mean ± SD)	Experimental Group (Mean ± SD)
1	1.2 ± 0.3	1.5 ± 0.4
2	1.8 ± 0.5	2.1 ± 0.6
3	2.5 ± 0.7	2.8 ± 0.8
4	3.2 ± 0.9	3.5 ± 1.0
5	4.0 ± 1.1	4.3 ± 1.2
6	4.8 ± 1.3	5.1 ± 1.4
7	5.5 ± 1.5	5.8 ± 1.6
8	6.2 ± 1.7	6.5 ± 1.8
9	7.0 ± 1.9	7.3 ± 2.0
10	7.8 ± 2.1	8.1 ± 2.2
11	8.5 ± 2.3	8.8 ± 2.4
12	9.2 ± 2.5	9.5 ± 2.6
13	10.0 ± 2.7	10.3 ± 2.8
14	10.8 ± 2.9	11.1 ± 3.0
15	11.5 ± 3.1	11.8 ± 3.2
16	12.2 ± 3.3	12.5 ± 3.4
17	13.0 ± 3.5	13.3 ± 3.6
18	13.8 ± 3.7	14.1 ± 3.8
19	14.5 ± 3.9	14.8 ± 4.0
20	15.2 ± 4.1	15.5 ± 4.2
21	16.0 ± 4.3	16.3 ± 4.4
22	16.8 ± 4.5	17.1 ± 4.6
23	17.5 ± 4.7	17.8 ± 4.8
24	18.2 ± 4.9	18.5 ± 5.0
25	19.0 ± 5.1	19.3 ± 5.2
26	19.8 ± 5.3	20.1 ± 5.4
27	20.5 ± 5.5	20.8 ± 5.6
28	21.2 ± 5.7	21.5 ± 5.8
29	22.0 ± 5.9	22.3 ± 6.0
30	22.8 ± 6.1	23.1 ± 6.2
31	23.5 ± 6.3	23.8 ± 6.4
32	24.2 ± 6.5	24.5 ± 6.6
33	25.0 ± 6.7	25.3 ± 6.8
34	25.8 ± 6.9	26.1 ± 7.0
35	26.5 ± 7.1	26.8 ± 7.2
36	27.2 ± 7.3	27.5 ± 7.4
37	28.0 ± 7.5	28.3 ± 7.6
38	28.8 ± 7.7	29.1 ± 7.8
39	29.5 ± 7.9	29.8 ± 8.0
40	30.2 ± 8.1	30.5 ± 8.2
41	31.0 ± 8.3	31.3 ± 8.4
42	31.8 ± 8.5	32.1 ± 8.6
43	32.5 ± 8.7	32.8 ± 8.8
44	33.2 ± 8.9	33.5 ± 9.0
45	34.0 ± 9.1	34.3 ± 9.2
46	34.8 ± 9.3	35.1 ± 9.4
47	35.5 ± 9.5	35.8 ± 9.6
48	36.2 ± 9.7	36.5 ± 9.8
49	37.0 ± 9.9	37.3 ± 10.0
50	37.8 ± 10.1	38.1 ± 10.2
51	38.5 ± 10.3	38.8 ± 10.4
52	39.2 ± 10.5	39.5 ± 10.6
53	40.0 ± 10.7	40.3 ± 10.8
54	40.8 ± 10.9	41.1 ± 11.0
55	41.5 ± 11.1	41.8 ± 11.2
56	42.2 ± 11.3	42.5 ± 11.4
57	43.0 ± 11.5	43.3 ± 11.6
58	43.8 ± 11.7	44.1 ± 11.8
59	44.5 ± 11.9	44.8 ± 12.0
60	45.2 ± 12.1	45.5 ± 12.2
61	46.0 ± 12.3	46.3 ± 12.4
62	46.8 ± 12.5	47.1 ± 12.6
63	47.5 ± 12.7	47.8 ± 12.8
64	48.2 ± 12.9	48.5 ± 13.0
65	49.0 ± 13.1	49.3 ± 13.2
66	49.8 ± 13.3	50.1 ± 13.4
67	50.5 ± 13.5	50.8 ± 13.6
68	51.2 ± 13.7	51.5 ± 13.8
69	52.0 ± 13.9	52.3 ± 14.0
70	52.8 ± 14.1	53.1 ± 14.2
71	53.5 ± 14.3	53.8 ± 14.4
72	54.2 ± 14.5	54.5 ± 14.6
73	55.0 ± 14.7	55.3 ± 14.8
74	55.8 ± 14.9	56.1 ± 15.0
75	56.5 ± 15.1	56.8 ± 15.2
76	57.2 ± 15.3	57.5 ± 15.4
77	58.0 ± 15.5	58.3 ± 15.6
78	58.8 ± 15.7	59.1 ± 15.8
79	59.5 ± 15.9	59.8 ± 16.0
80	60.2 ± 16.1	60.5 ± 16.2
81	61.0 ± 16.3	61.3 ± 16.4
82	61.8 ± 16.5	62.1 ± 16.6
83	62.5 ± 16.7	62.8 ± 16.8
84	63.2 ± 16.9	63.5 ± 17.0
85	64.0 ± 17.1	64.3 ± 17.2
86	64.8 ± 17.3	65.1 ± 17.4
87	65.5 ± 17.5	65.8 ± 17.6
88	66.2 ± 17.7	66.5 ± 17.8
89	67.0 ± 17.9	67.3 ± 18.0
90	67.8 ± 18.1	68.1 ± 18.2
91	68.5 ± 18.3	68.8 ± 18.4
92	69.2 ± 18.5	69.5 ± 18.6
93	70.0 ± 18.7	70.3 ± 18.8
94	70.8 ± 18.9	71.1 ± 19.0
95	71.5 ± 19.1	71.8 ± 19.2
96	72.2 ± 19.3	72.5 ± 19.4
97	73.0 ± 19.5	73.3 ± 19.6
98	73.8 ± 19.7	74.1 ± 19.8
99	74.5 ± 19.9	74.8 ± 20.0
100	75.2 ± 20.1	75.5 ± 20.2

Table 2. The results of the analysis of variance (ANOVA) for the dependent variables (mean and standard deviation) for the control and experimental groups.

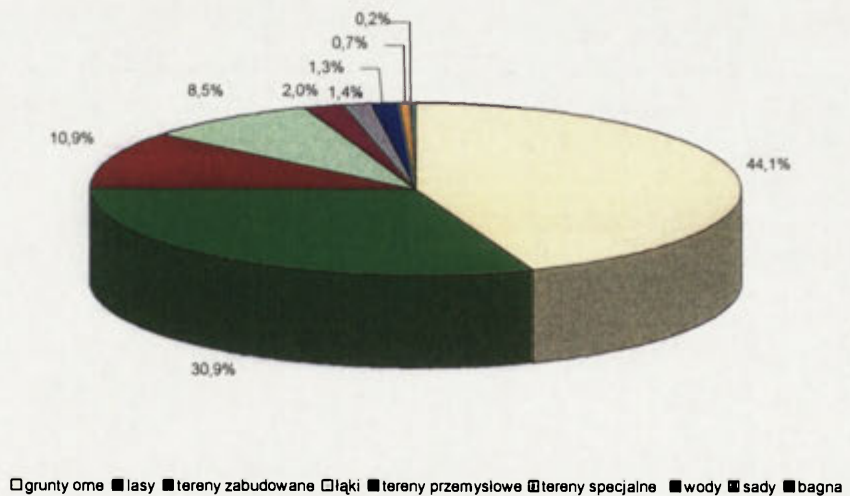
Variable	Control Group (Mean ± SD)	Experimental Group (Mean ± SD)
1	1.2 ± 0.3	1.5 ± 0.4
2	1.8 ± 0.5	2.1 ± 0.6
3	2.5 ± 0.7	2.8 ± 0.8
4	3.2 ± 0.9	3.5 ± 1.0
5	4.0 ± 1.1	4.3 ± 1.2
6	4.8 ± 1.3	5.1 ± 1.4
7	5.5 ± 1.5	5.8 ± 1.6
8	6.2 ± 1.7	6.5 ± 1.8
9	7.0 ± 1.9	7.3 ± 2.0
10	7.8 ± 2.1	8.1 ± 2.2
11	8.5 ± 2.3	8.8 ± 2.4
12	9.2 ± 2.5	9.5 ± 2.6
13	10.0 ± 2.7	10.3 ± 2.8
14	10.8 ± 2.9	11.1 ± 3.0
15	11.5 ± 3.1	11.8 ± 3.2
16	12.2 ± 3.3	12.5 ± 3.4
17	13.0 ± 3.5	13.3 ± 3.6
18	13.8 ± 3.7	14.1 ± 3.8
19	14.5 ± 3.9	14.8 ± 4.0
20	15.2 ± 4.1	15.5 ± 4.2
21	16.0 ± 4.3	16.3 ± 4.4
22	16.8 ± 4.5	17.1 ± 4.6
23	17.5 ± 4.7	17.8 ± 4.8
24	18.2 ± 4.9	18.5 ± 5.0
25	19.0 ± 5.1	19.3 ± 5.2
26	19.8 ± 5.3	20.1 ± 5.4
27	20.5 ± 5.5	20.8 ± 5.6
28	21.2 ± 5.7	21.5 ± 5.8
29	22.0 ± 5.9	22.3 ± 6.0
30	22.8 ± 6.1	23.1 ± 6.2
31	23.5 ± 6.3	23.8 ± 6.4
32	24.2 ± 6.5	24.5 ± 6.6
33	25.0 ± 6.7	25.3 ± 6.8
34	25.8 ± 6.9	26.1 ± 7.0
35	26.5 ± 7.1	26.8 ± 7.2
36	27.2 ± 7.3	27.5 ± 7.4
37	28.0 ± 7.5	28.3 ± 7.6
38	28.8 ± 7.7	29.1 ± 7.8
39	29.5 ± 7.9	29.8 ± 8.0
40	30.2 ± 8.1	30.5 ± 8.2
41	31.0 ± 8.3	31.3 ± 8.4
42	31.8 ± 8.5	32.1 ± 8.6
43	32.5 ± 8.7	32.8 ± 8.8
44	33.2 ± 8.9	33.5 ± 9.0
45	34.0 ± 9.1	34.3 ± 9.2
46	34.8 ± 9.3	35.1 ± 9.4
47	35.5 ± 9.5	35.8 ± 9.6
48	36.2 ± 9.7	36.5 ± 9.8
49	37.0 ± 9.9	37.3 ± 10.0
50	37.8 ± 10.1	38.1 ± 10.2
51	38.5 ± 10.3	38.8 ± 10.4
52	39.2 ± 10.5	39.5 ± 10.6
53	40.0 ± 10.7	40.3 ± 10.8
54	40.8 ± 10.9	41.1 ± 11.0
55	41.5 ± 11.1	41.8 ± 11.2
56	42.2 ± 11.3	42.5 ± 11.4
57	43.0 ± 11.5	43.3 ± 11.6
58	43.8 ± 11.7	44.1 ± 11.8
59	44.5 ± 11.9	44.8 ± 12.0
60	45.2 ± 12.1	45.5 ± 12.2
61	46.0 ± 12.3	46.3 ± 12.4
62	46.8 ± 12.5	47.1 ± 12.6
63	47.5 ± 12.7	47.8 ± 12.8
64	48.2 ± 12.9	48.5 ± 13.0
65	49.0 ± 13.1	49.3 ± 13.2
66	49.8 ± 13.3	50.1 ± 13.4
67	50.5 ± 13.5	50.8 ± 13.6
68	51.2 ± 13.7	51.5 ± 13.8
69	52.0 ± 13.9	52.3 ± 14.0
70	52.8 ± 14.1	53.1 ± 14.2
71	53.5 ± 14.3	53.8 ± 14.4
72	54.2 ± 14.5	54.5 ± 14.6
73	55.0 ± 14.7	55.3 ± 14.8
74	55.8 ± 14.9	56.1 ± 15.0
75	56.5 ± 15.1	56.8 ± 15.2
76	57.2 ± 15.3	57.5 ± 15.4
77	58.0 ± 15.5	58.3 ± 15.6
78	58.8 ± 15.7	59.1 ± 15.8
79	59.5 ± 15.9	59.8 ± 16.0
80	60.2 ± 16.1	60.5 ± 16.2
81	61.0 ± 16.3	61.3 ± 16.4
82	61.8 ± 16.5	62.1 ± 16.6
83	62.5 ± 16.7	62.8 ± 16.8
84	63.2 ± 16.9	63.5 ± 17.0
85	64.0 ± 17.1	64.3 ± 17.2
86	64.8 ± 17.3	65.1 ± 17.4
87	65.5 ± 17.5	65.8 ± 17.6
88	66.2 ± 17.7	66.5 ± 17.8
89	67.0 ± 17.9	67.3 ± 18.0
90	67.8 ± 18.1	68.1 ± 18.2
91	68.5 ± 18.3	68.8 ± 18.4
92	69.2 ± 18.5	69.5 ± 18.6
93	70.0 ± 18.7	70.3 ± 18.8
94	70.8 ± 18.9	71.1 ± 19.0
95	71.5 ± 19.1	71.8 ± 19.2
96	72.2 ± 19.3	72.5 ± 19.4
97	73.0 ± 19.5	73.3 ± 19.6
98	73.8 ± 19.7	74.1 ± 19.8
99	74.5 ± 19.9	74.8 ± 20.0
100	75.2 ± 20.1	75.5 ± 20.2



Ryc. 5. Struktura użytkowania ziemi w 1937 roku
Land use structure in 1937

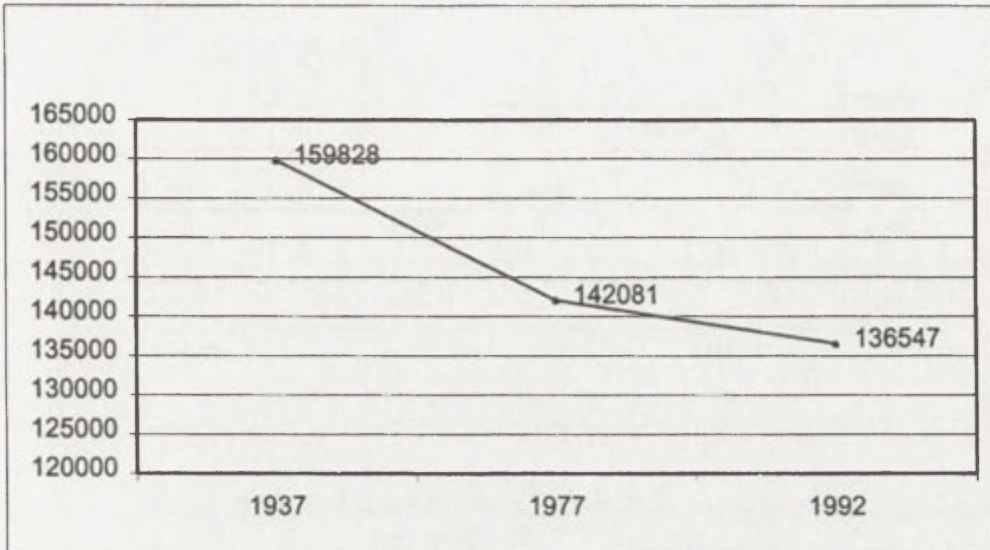


Ryc. 6. Struktura użytkowania ziemi w 1977 roku
Land use structure in 1977



Ryc. 7. Struktura użytkowania ziemi w 1992 roku
Land use structure in 1992

Grunty orne

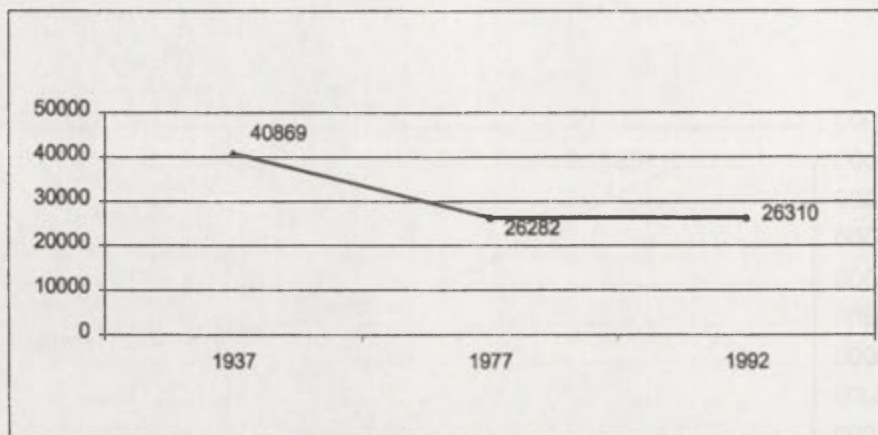


Ryc. 8. Powierzchnia gruntów ornych w hektarach
Arable land (ha)

Należy stwierdzić, że aż do okresu międzywojennego powierzchnia gruntów ornych na badanym terenie wzrastała, co odbywało się głównie kosztem Puszczy Sandomierskiej i Solskiej (Dobrowolska 1957). Na wykresie (ryc.8) obserwujemy tendencję spadkową powierzchni zajętej przez grunty orne. Trzeba podkreślić, że w pierwszym okresie po wojnie (do 1950 r.) wzrastała zarówno powierzchnia, jak i udział procentowy gruntów ornych w ogólnej powierzchni kraju (Bromek 1966). Po 1950 r. w wyniku przekazywania słabych użytków rolnych leśnictwu oraz w miarę postępowania industrializacji i urbanizacji, powierzchnia gruntów ornych, jak i ich udział w strukturze użytkowania malały w coraz szybszym tempie. Znaczne powierzchnie zajmowane były pod rozbudowę osiedli, terenów komunikacyjnych i przemysłowych. Zjawisko to intensyfikowało się wokół okręgów przemysłowych i terenów miejskich, a na badanym obszarze szczególnie wokół Tarnobrzесьkiego Zagłębia Siarkowego oraz aglomeracji miejsko-przemysłowej Stalowej Woli.

Na terenach o dogodnych warunkach klimatyczno-glebowych (okolice Koprzywnicy) uprawia się pszenicę, jęczmień i buraki cukrowe. Na piaszczystych glebach Kotliny Sandomierskiej uprawia się głównie żyto i ziemniaki. Jednak z powodu dużego zanieczyszczenia środowiska, zwłaszcza zakwaszenia gleb, na badanym obszarze zmieniła się struktura zasiewów. Rolnicy zrezygnowali z uprawy ziemniaka i buraka cukrowego na korzyść pszenżyta i pszenicy. W latach osiemdziesiątych zmniejszyły się zdecydowanie zbiory ziemniaka z 1 ha, a ponieważ zboża są bardziej odporne na zanieczyszczenia – głównie dwutlenek siarki i zawartość ołowiu, wyparły uprawę buraka i ziemniaka (Dziewański 1991).

Łąki

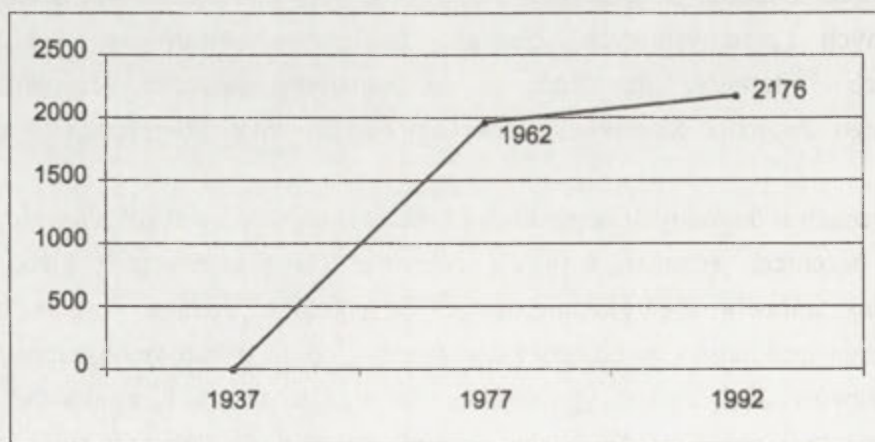


Ryc. 9. Powierzchnia łąk w hektarach
Meadows (ha)

Łąki występują wzdłuż biegu rzek, na zmeliorowanych terenach bagiennych (proces melioracji rozpoczęty w okresie międzywojennym) – okolice Grębowa i Jamnicy oraz w południowo wschodniej części badanego obszaru. Łąki zajmują tu znaczny areal, co sprzyja hodowli bydła i koni (stosunkowo duży jest stan pogłowia koni na całym badanym poligonie).

Od momentu rozpoczęcia eksploatacji siarki obserwujemy spadek powierzchni zajętej przez łąki. Duże powierzchnie łąk zostały przejęte przez kopalnictwo siarki w okolicach Grzybowa, Jeziórka i Grębowa. W roku 1937 łąki zajmowały ponad 40000 ha, a w 1977 r. już tylko 25000 ha, (ryc. 9).

Sady

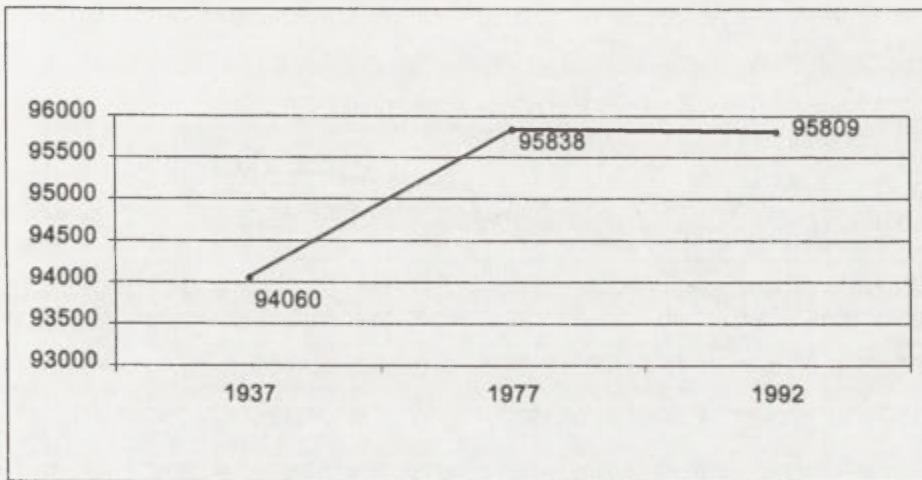


Ryc. 10. Powierzchnia sadów w hektarach
Orchards (ha)

W okresie międzywojennym i powojennym sady miały na tym terenie charakter marginalny. Obecnie okolice Sandomierza stanowią ważny rejon sadowniczy, również

w skali kraju. Należy stwierdzić, że udział sadów w strukturze użytkowania wzrósł z 0 % do 0,7% ogólnej powierzchni. Głównie zwiększył się areal sadowniczy w okolicach Koprzywnicy i ciągnie się pasem od Sandomierza wzdłuż Wisły do wyrobiska Piaseczno. Zwiększenie się arealu powierzchni terenów sadowniczych i warzywniczych związane jest z rozwojem przemysłu na tym terenie. Uprzemysławianie regionów rolniczych wywołuje z reguły zmiany w strukturze użytkowania gruntów, a mianowicie wzrasta udział warzywnictwa i sadownictwa, co związane jest z napływem ludności i jej popytem (Domański 1982), (ryc. 10).

Lasy



Ryc. 11. Powierzchnia lasów w hektarach
Forests (ha)

Aktualny stan nie odzwierciedla bogactwa dawnej szaty roślinnej na obszarze badań, zarówno pod względem liczby gatunków, jak i jej jakości. W ciągu kilku wieków człowiek przekształcił najbogatsze lasy łąkowe w pola uprawne lub zbiorowiska łąkowe. Pozostałe powierzchnie leśne ogromnie zubożały. Zmniejszył się kilkakrotnie udział lasów i borów mieszanych wilgotnych przy jednoczesnym zmniejszeniu udziału jodły, świerka, dębu i buka na korzyść sosny.

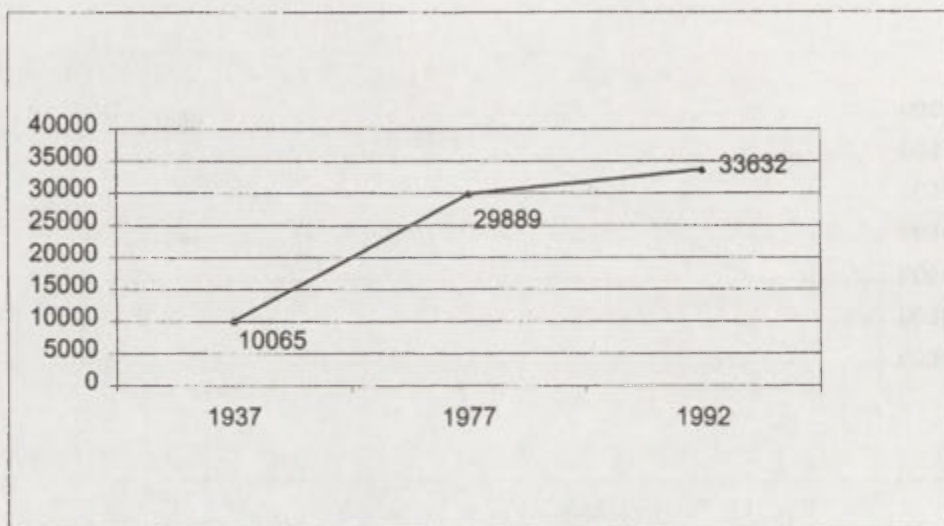
Współcześnie obserwujemy kompleksy leśne różnej wielkości. Na lewobrzeżnej stronie Wisły występują siedliska boru mieszanego i lasu mieszanego świeżego, w mniejszym stopniu boru świeżego i wilgotnego oraz lasu wilgotnego. Dominują drzewostany sosnowe z domieszką gatunków liściastych, takich jak dąb i brzoza.

W centralnej części, w widłach Wisły i Sanu leży Puszcza Sandomierska. Jej zachodnia część przylega do pradoliny Wisły. W tej części występują siedliska borowe świeże i miejscami wilgotne. Panującym gatunkiem w drzewostanach jest sosna. W części południowej występują bogatsze siedliska z resztkami drzewostanów jodłowo-bukowych i dębowych z domieszką lipy i grabu (Dobrowolska 1957).

W północno-wschodniej części regionu leży Puszcza Solska. Dominują tu siedliska borowe oraz liczne siedliska wilgotne i bagienne. Gatunkiem dominującym jest sosna. Na siedliskach bogatszych spotyka się resztki drzewostanów jodłowych, a w zagłębieniach terenu rosną olszyny.

Jak wynika z zamieszczonego powyżej wykresu (ryc. 11) areał lasów wykazywał do 1977 r. tendencję wzrostową, co spowodowane było dolesianiem, natomiast w okresie od 1977 do 1992 r. można mówić o pewnej stabilizacji.

Tereny zabudowane

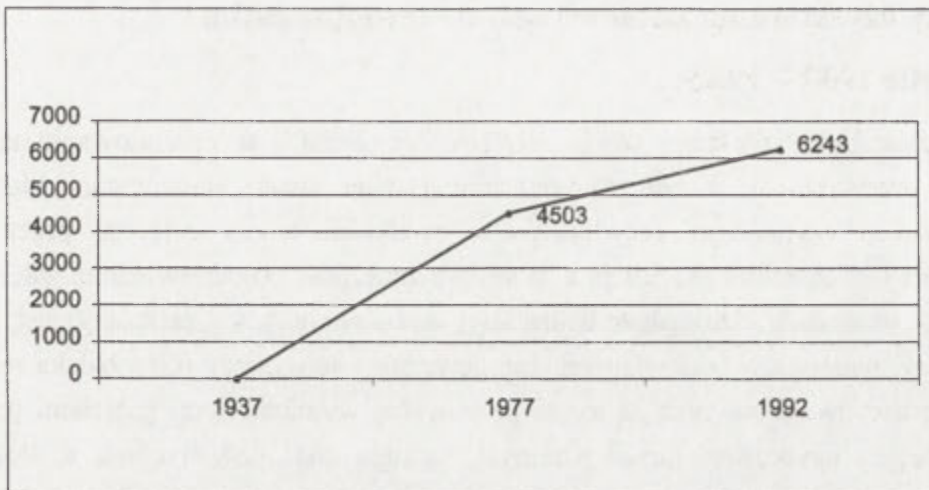


Ryc. 12. Powierzchnia terenów zabudowanych w hektarach
Build up area (ha)

Na wyżej załączonym wykresie obserwujemy wzrost powierzchni zajętej pod zabudowę. Należy zaznaczyć, że istnieje duże zróżnicowanie jakościowe różnych struktur osadniczych. Do obszarów zabudowanych zaliczono zabudowę wiejską włącznie z terenami charakteryzującymi się zabudową rozproszoną, miasta oraz tereny związane z komunikacją (ryc. 12).

Tereny przemysłowe

W tej kategorii użytkowania ziemi obserwujemy największą dynamikę. Do tej grupy zaliczono zarówno zakłady przemysłowe zajmujące powierzchnię dającą się wyznaczyć w skali mapy, jak i tereny eksploatacji odkrywkowej, miejsca eksploatacji siarki, zarówno metodą odkrywkową, jak i podziemnego wytopienia, tereny składowe odpadów przemysłowych, hałdy oraz osadniki (przemysłowe zbiorniki wodne).



Ryc.13. Powierzchnia terenów przemysłowych w hektarach
Industrial area (ha)

Mimo, iż w roku 1937 nie zaznaczono na mapie obiektów przemysłowych, nie znaczy to, że nie istniały żadne zakłady przemysłowe. Wynika to jedynie z faktu, iż generalnie powierzchnia zajmowana przez obiekty przemysłowe ma charakter punktowy w stosunku do innych form użytkowania ziemi i na mapach topograficznych zaznaczone są one najczęściej sygnaturą.

Analizując obszary terenów przemysłowych w 1977 i w 1992 r., z ważniejszych obiektów należy wymienić hutę oraz elektrownię w Stalowej Woli, największą w kraju hutę szkła płaskiego w Sandomierzu, fabrykę kwasu siarkowego w Machowie, elektrownię w Połańcu. Tereny eksploatacji odkrywkowej to głównie kopalnia siarki Piaseczno (prowadzono działalność górniczą do 1975 r.), kopalnia w Machowie (zamknięta w 1994 r.) oraz kopalnie siarki prowadzące wydobycie metodą podziemnego wytapiania – Jeziórko, Grzybów (zamknięta) oraz Osiek. Należy wymienić jeszcze obszary, gdzie eksploatuje się piaski szklarskie na potrzeby huty szkła w Sandomierzu – miejscowość Świniary oraz okolice Jurkowic, gdzie zlokalizowanych jest kilka kamieniołomów, z których wydobywa się dolomity dewońskie na potrzeby budownictwa oraz na tłużeń drogowy. Znaczne tereny zajęte przez odpady paleniskowe zlokalizowane są w miejscowości Pióry oraz w Stalowej Woli. Obszary zajęte pod zwałowisko zewnętrzne i hałdy to głównie okolice Piaseczna, Machowa i Siedleszczan. Natomiast duże osadniki znajdują się na terenie kopalni Machów oraz na północ od miejscowości Cygany. W zbiorniku wodnym, jaki powstał po zalaniu odkrywki w Piasecznie płucze się piaski dla huty szkła w Sandomierzu (ryc. 13).

8. Zmiany użytkowania ziemi w regionie tarnobrzeskim

w okresie 1937 – 1992

Bezpośrednim skutkiem zmian użytkowania ziemi jest przejmowanie ziemi pod zabudowę przemysłową, a tym samym zmniejszenie areалу powierzchni biotycznych. Najważniejszym czynnikiem decydującym o wielkości terenu zajętego przez zakłady przemysłowe jest charakter produkcji, a zatem przynależność do odpowiedniej gałęzi, branży lub rodzaju przemysłu. Do gałęzi najbardziej terenochłonnych zaliczany jest przemysł wydobywczy, materiałów budowlanych, energetyczny i spożywczy (Grocholska red. 1976). Należy zwrócić uwagę również na to, że poza wyżej wymienionymi gałęziami przemysłu, pozostałe tereny użytkowane przez przemysł, zajmują małą powierzchnię w stosunku do powierzchni całkowitej, natomiast skutki działalności przemysłowej wychodzą daleko poza ten obszar. Jeżeli w większości przypadków zagadnienie użytkowania terenów przez przemysł można jeszcze rozpatrywać jako zjawisko punktowe, to oddziaływanie przemysłu na środowisko jest zjawiskiem o zdecydowanie powierzchniowym charakterze (Grocholska red. 1976; Kostrowicki J. 1982).

Szczególne piętno na badany obszar wywarła działalność przemysłowa, a w szczególności eksploatacja siarki i wpłynęła decydująco na przyszły charakter regionu. W wyniku tej działalności region tarnobrzeski został uznany jako obszar ekologicznego zagrożenia (Szmyd 1993).

W rozdziale siódmym scharakteryzowano użytkowanie ziemi obszaru badań, a w szczególności strukturę użytkowania ziemi w latach 1937, 1977 i 1992 oraz dokonano analizy poszczególnych form użytkowania ziemi. Celem niniejszego rozdziału jest analiza zmian użytkowania ziemi badanej jednostki ze szczególnym uwzględnieniem wpływu przemysłu na zaistniałe zmiany.

Początek nowego okresu w historii rozwoju badanego obszaru wyznacza data opracowania pierwszej dokumentacji złóż siarki – 1954 rok i równocześnie stanowi początek historii degradacji jego walorów przyrodniczych. Ten drugi aspekt nie był w tym czasie dostrzegany i brany pod uwagę w planach przestrzennego zagospodarowania regionu. Brak perspektywicznej wizji zmian w środowisku przyrodniczym, wywołanych przez silną presję przemysłu wyjątkowo uciążliwego dla środowiska wykazał, jak wielkie spustoszenie i zniszczenie można „osiągnąć” po blisko trzydziestoletniej eksploatacji złóż siarki (Dziewański red. 1991).

Oddziaływanie przemysłu, a zwłaszcza górnictwa i przetwórstwa siarki na środowisko przyrodnicze jest zróżnicowane w zależności od zastosowanych metod pozyskiwania siarki oraz technologii chemicznej. Całokształt destrukcyjnych oddziaływań to trzy zasadnicze grupy: odkształcenia geomechaniczne, chemiczne i hydrologiczne (Małecki 1993). Eksploatacja siarki kopalnej, bez względu na sposób i miejsce jej wydobywania, powoduje wiele konfliktów społecznych wynikających:

- z degradacji powierzchni ziemi,
- z zanieczyszczenia środowiska (emisja pyłów, gazów, ścieków i hałasu),

- zakłóceń gospodarki wodnej,
- z konieczności wysiedleń mieszkańców rejonów objętych eksploatacją.

Na stan środowiska wpływa stan poszczególnych jego elementów. Z badań chemiczno-rolniczych prowadzonych przez Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą w Kielcach wynika, że stan agrochemiczny gleb w zakresie odczynu i zawartości składników pokarmowych przedstawia się niekorzystnie na badanym obszarze. Stopień zakwaszenia jest znaczny, a czynnikiem nasilającym ten proces jest emisja związków siarki i azotu oraz niskie zużycie nawozów wapniowych.

Jednym z bardziej destrukcyjnych czynników dla gleby są przekształcenia chemiczne polegające na skażeniu jej siarką i związkami siarki. Nagromadzona siarka w glebie ulega mikrobiologicznemu utlenianiu, co wywołuje szereg zmian w chemizmie i właściwościach fizycznych gleb, przede wszystkim spadek pH do poziomu toksyczności, destrukcję substancji organicznej oraz utratę struktury (Ćwikliński i in. 1993). Taki rodzaj degradacji gleb występuje na terenach poeksploatacyjnych siarki metodą odkrywkową, jak i metodą podziemnego wytopiania, a więc w okolicach Grzybowa, Osieka, Jeziorka i Machowa oraz w obrębie składowiska odpadów paleniskowych elektrowni im. T. Kościuszki w Połańcu, zlokalizowanego w miejscowości Pióry.

Działalność przemysłowa oddziałuje również negatywnie na środowisko leśne. To oddziaływanie ma charakter bezpośredni i pośredni. Pierwszy wyraża się zmniejszaniem powierzchni leśnej poprzez wyrąb i dewastację mechaniczną. Natomiast emisja pyłów i gazów do atmosfery powoduje skażenie warstwy wodonośnej. Największym zagrożeniem dla ekosystemów leśnych jest zanieczyszczenie powietrza, głównie przez emisję dwutlenku siarki, tlenków azotu oraz związków fluoru. Szkodliwe emisje pochodzą z takich obiektów przemysłowych jak: elektrownia Połaniec, huta Stalowa Wola, Zakłady Metalurgiczne w Nowej Dębie oraz z zakładów przetwórczych i wydobywczych siarki. Jednym ze wskaźników obrazujących degradację lasów jest stopień redukcji aparatu asymilacyjnego drzew. Degradację lasów można również określić na podstawie procentowej straty przyrostu grubości drzewostanów. Na badanym terenie straty przyrostu grubości drzewostanów określono w ostatnich dwudziestu latach na około 25 %, kwalifikując obszar nim objęty do kategorii co najmniej średnio uszkodzonych.

Istotnym czynnikiem mającym niekorzystny wpływ na środowisko, jest migracja siarki i jej związków. Można to prześledzić na przykładzie otworowej eksploatacji siarki. Woda termalna ingeruje w złożę siarki rodzimej (tzw. iniekcje) i następuje rozpuszczanie i utlenianie siarki w wyniku czego powstaje dwutlenek siarki, siarkowodór i jon siarczanowy. Migracje tych związków w wodach porowych powodują ekshalacje, czyli intensywne uwalnianie się w odwiertach. Istotna dostawa tych związków do wód gruntowych, powoduje zmiany ich chemizmu oraz wpływa na powstawanie nowych profilów glebowych. Ucieczka związków siarki do atmosfery, gdzie zachodzą reakcje z wodami stratosferycznymi, powoduje opad kwaśnych deszczów, a w konsekwencji zakwaszenie środowiska powierzchniowego i niekorzystny wpływ na biosferę. Podczas migracji związków siarki do

zbiorników wodnych następuje redukcja siarczanu poprzez rozwój aktywności bakterii redukujących siarczany, generację siarkowodoru, konsumpcję tlenu, prowadząc do radykalnej zmiany chemizmu zbiorników wodnych i zmian w życiu biologicznym w tych zbiornikach. Powyżej zasygnalizowano najważniejsze zależności i konsekwencje oddziaływania przemysłu na środowisko.

Utworzenie numerycznej bazy danych dotyczącej użytkowania ziemi w regionie tarnobrzeskim dla lat 1937 i 1992 umożliwiło przeprowadzenie analiz zmian przestrzennych i statystycznych. Numeryczna baza danych utworzona w programie Arc/Info zawiera bazę geometryczną i statystyczną. Baza danych dotycząca zmian użytkowania ziemi powstała w wyniku przecięcia numerycznej bazy danych dla roku 1937 z odpowiednią bazą danych dla roku 1992.

Na podstawie utworzonej w ten sposób bazy danych zbudowano dwuwymiarowe tabele – 6, 7, 8, 9, które zawierają zagregowane dane, natomiast tabele 6a, 7a, 8a, i 9a utworzone zostały na podstawie danych podstawowych (szczegółowych). Tabele 6 i 6a obrazują rozkład powierzchni badanego regionu według poszczególnych form użytkowania ziemi w latach 1937 i 1992. Tabele te przedstawiają wielkość powierzchni poszczególnych form użytkowania ziemi w roku 1992 według ich użytkowania w roku 1937. Badana powierzchnia regionu wynosi 309 775 ha. W okresie 1937 – 1992 zmianie użytkowania ziemi uległo 23 % tej powierzchni, tzn. 71 248 ha.

W 1992 r. zmniejszyła się powierzchnia gruntów ornych o 23 286 ha i łąk o 14 560 ha w porównaniu do 1937 r. Zwiększyła się natomiast powierzchnia terenów zabudowanych (z 10 041 ha do 33 715 ha) oraz terenów zajmowanych przez przemysł (z 18 ha do 6 242 ha: wzrost prawie 350-krotny). Pojawiły się tereny sadownicze – 2176 ha i tereny specjalne o powierzchni 4260 ha, nastąpił nieznaczny wzrost powierzchni zajętej przez lasy (około 500 ha).

Tereny przemysłowe przejęły głównie tereny gruntów ornych (3546 ha), lasów (1331 ha) oraz łąk (1225 ha). Obszary zabudowane powiększyły swój areal głównie kosztem gruntów ornych.

Analizowanie zmian zarówno ilościowych, jak i jakościowych umożliwiają macierze przejść (Power, Harris 1971). Przejście poszczególnych form użytkowania ziemi w inną w badanym okresie, a więc przejście obiektu z klasy do klasy może mieć charakter przypadkowy. Jednak częstość zdarzeń (przypadków) w danej nakładce pozwala określić częstotliwość pozostania obiektu danej klasy w tejże samej lub przejścia do innej klasy.

Macierz dla badanej jednostki (tab. 8) powstała poprzez przypisanie poszczególnym formom użytkowania ziemi w 1937 r. częstości ich występowania w 1992 r. Macierz ta umożliwia określenie częstotliwości przejścia jednej formy użytkowania ziemi w inną. Ponieważ elementy tej macierzy spełniają następujący warunek: $p_{ij} \geq 0 \wedge \sum p_{ij} = 1$, a zatem każdy element jest większy lub równy zeru i suma elementów w każdym wierszu jest równa jedności, możemy nazwać tę macierz stochastyczną macierzą przejść. Tak np. czytamy z macierzy (tab. 8a), że częstotliwość przejścia terenów zajętych przez bagna w 1937 r. (kod 30) w tereny specjalne wynosi 0.045, w łąki – 0.257, a w wody – 0.132.

Korzystając z tabeli 8, która zawiera dane zagregowanych form użytkowania ziemi możemy powiedzieć, że częstotliwość przejścia terenów zajętych przez łąki w 1937 r. w tereny przemysłowe w 1992 r. wynosi 0,053.

Tabele 9 i 9a (tabela szczegółowa) zbudowano w ten sposób, aby można było z łatwością odczytać, jakie formy użytkowania ziemi z 1937 r., zostały przejęte przez formy użytkowania ziemi w 1992 r. Odczytujemy z tabeli 9a, że na 100 % powierzchni klasy 3 (tereny przemysłowe) w 1992 r. przypada 42,9 % powierzchni z klasy 10 (użytki rolne), 39,3 % powierzchni z klasy 21 (lasy iglaste), 8,2 % powierzchni z klasy 23 (zadrzewienia i zakrzaczenia) oraz 0,4 % z powierzchni klasy 30 (bagna) w roku 1937. Ilustracją tej tabeli jest wykres (ryc. 14).

Śledząc poszczególne formy użytkowania ziemi na wykresie występujące w 1992 r. widzimy, że na 100 % terenów zabudowanych składa się 30 % powierzchni, które stanowiły powierzchnie zabudowane również w 1937 r., około 60 % terenów będących wcześniej gruntami ornymi, około 7 % byłych łąk i około 3 % lasów. Powierzchnia związana z przemysłem w 1992 r., powstała głównie na terenach użytkowanych poprzednio rolniczo (57 % – grunty orne, łąki – 20 %). Tereny przemysłowe przejęły również znaczną powierzchnię zajmowaną poprzednio przez lasy i niewielki procent gruntów zajętych przez osadnictwo. Ta ostatnia zmiana związana jest z wysiedlaniem niektórych wsi przy okazji rozbudowy terenów zajmowanych przez kopalnictwo siarki (Siedleszczany, Machów, Jeziórko).

Tabela 6. Region tarnobrzeski według form użytkowania ziemi w 1937 i 1992 roku (powierzchnia w ha)

	1992	t. zabudowane	t. przemysłowe	grunty orne	sady	łąki	lasy	t. specjalne	bagna	wody	Razem
1937	kod	1, 2, 4, 8, 9	3, 5, 6, 7, 42, 52	10, 11, 12, 13	14	15	20, 21, 22, 23, 41	40	30	50, 51	
t. zabudowane	1, 2, 4, 8, 9	9873	116	52	0	0	0	0	0	0	10041
t. przemysłowe	3, 5, 6, 7, 42, 52	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18
grunty orne	10, 11, 12, 13	20806	3546	120771	1705	6490	6339	80	30	68	159835
sady	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
łąki	15	2173	1225	13840	324	16816	2991	861	184	455	40869
lasy	20, 21, 22, 23, 41	863	1331	1826	147	612	80140	3261	42	28	94250
t. specjalne	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bagna	30	0	6	39	0	330	319	58	363	169	1284
wody	50, 51	0	0	21	0	61	18	0	0	3378	3478
	Razem	33715	6242	136549	2176	26309	95807	4260	619	4098	309776

Tabela 7. Region tarnobrzeski według form użytkowania ziemi w 1937 i 1992 roku (odsetki względem powierzchni całkowitej)

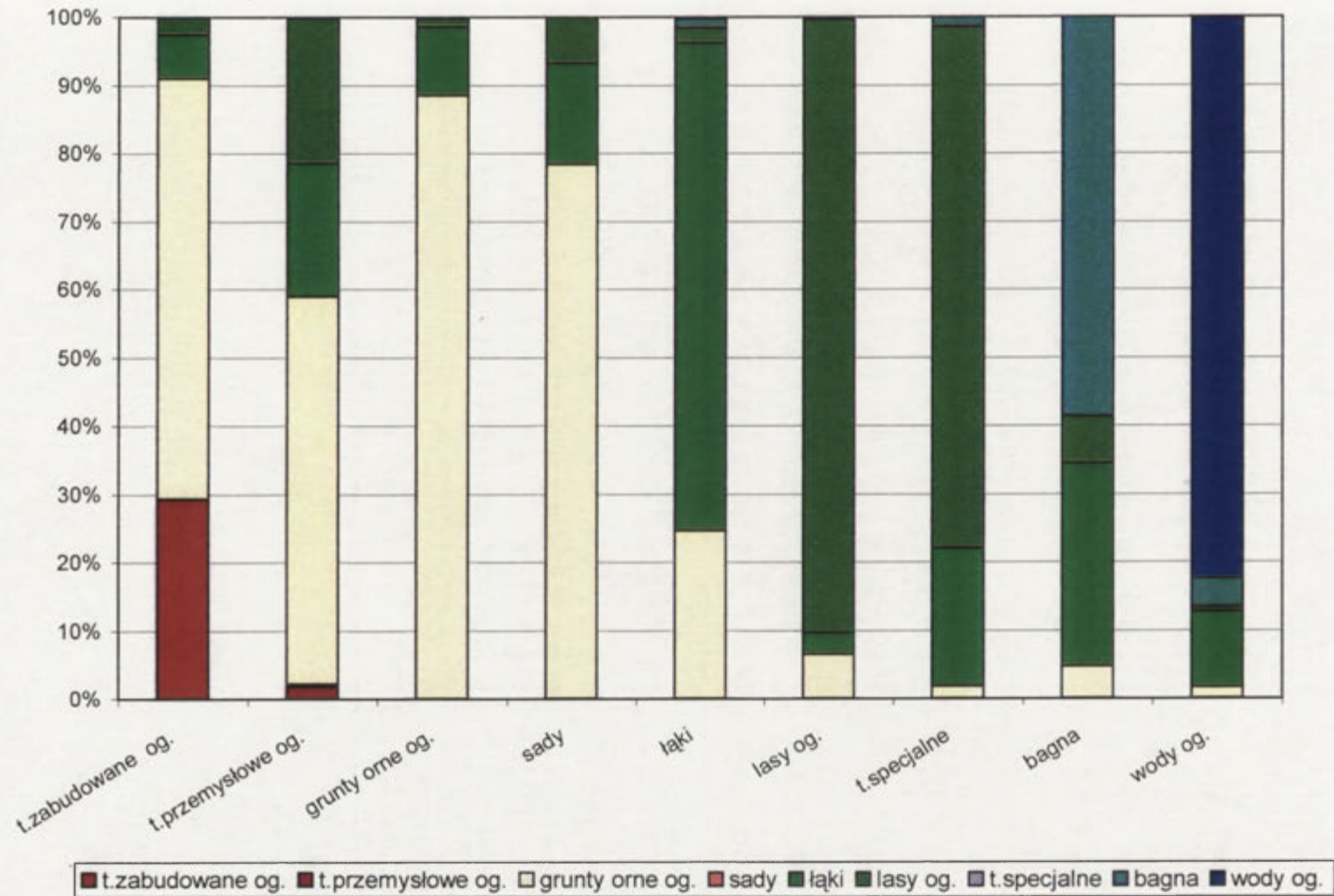
	1992	t. zabudowane	t. przemysłowe	grunty orne	sady	łąki	lasy	t. specjalne	bagna	wody	Razem
1937	kod	1, 2, 4, 8, 9	3, 5, 6, 7, 42, 52	10, 11, 12, 13	14	15	20, 21, 22, 23, 41	40	30	50, 51	
t. zabudowane	1, 2, 4, 8, 9	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%
t. przemysłowe	3, 5, 6, 7, 42, 52	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
grunty orne	10, 11, 12, 13	6.7%	1.1%	30.9%	0.6%	2.1%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	51.6%
sady	14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
łąki	15	0.7%	0.4%	4.5%	0.1%	5.1%	1.0%	0.3%	0.1%	0.1%	13.2%
lasy	20, 21, 22, 23, 41	0.3%	0.4%	0.6%	0.0%	0.2%	27.8%	1.1%	0.0%	0.0%	30.4%
t. specjalne	40	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
bagna	30	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%
wody	50, 51	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.1%
	Razem	10.9%	2.0%	44.1%	0.7%	8.5%	30.9%	1.4%	0.2%	1.3%	100.0%

Tabela 8. Region tarnobrzeski według form użytkowania ziemi w 1937 i 1992 roku (macierz przejść)

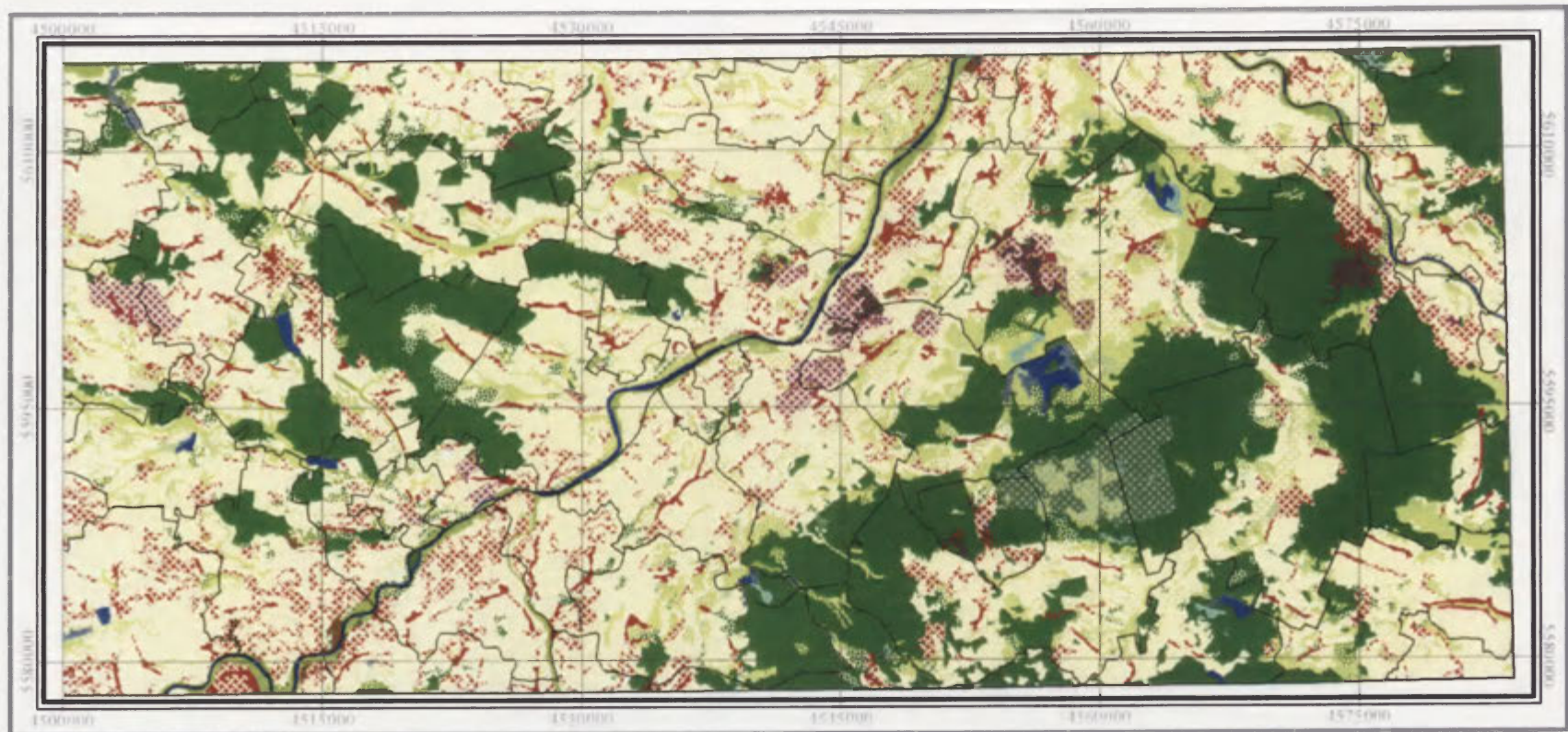
	1992	t. zabudowane	t. przemysłowe	grunty orne	sady	łąki	lasy og.	t. specjalne	bagna	wody	Razem
1937	kod	1, 2, 4, 8, 9	3, 5, 6, 7, 42, 52	10, 11, 12, 13	14	15	20, 21, 22, 23, 41	40	30	50, 51	
t. zabudowane	1, 2, 4, 8, 9	0,983	0,012	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
t. przemysłowe	3, 5, 6, 7, 42, 52	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
grunty orne	10, 11, 12, 13	0,130	0,022	0,756	0,011	0,041	0,040	0,001	0,000	0,000	1,000
sady	14										
łąki	15	0,053	0,030	0,339	0,008	0,460	0,073	0,021	0,005	0,011	1,000
lasy	20, 21, 22, 23, 41	0,009	0,014	0,019	0,002	0,006	0,914	0,035	0,000	0,000	1,000
t. specjalne	40										
bagna	30	0,000	0,005	0,030	0,000	0,257	0,248	0,045	0,283	0,132	1,000
wody	50, 51	0,000	0,000	0,006	0,000	0,018	0,005	0,000	0,000	0,971	1,000
	Razem	0,109	0,020	0,441	0,007	0,085	0,309	0,014	0,002	0,013	1,000

Tabela 9. Region tarnobrzeski, formy użytkowania ziemi w 1992 roku według form użytkowania ziemi w 1937 roku

	1992	t. zabudowane	t. przemysłowe	grunty orne	sady	łąki	lasy	t. specjalne	bagna	wody	Razem
1937	kod	1, 2, 4, 8, 9	3, 5, 6, 7, 42, 52	10, 11, 12, 13	14	15	20, 21, 22, 23, 41	40	30	50, 51	
t. zabudowane	1, 2, 4, 8, 9	29.3%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%
t. przemysłowe	3, 5, 6, 7, 42, 52	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
grunty orne	10, 11, 12, 13	61.7%	56.8%	88.4%	78.4%	24.7%	6.6%	1.9%	4.8%	1.7%	51.6%
sady	14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
łąki	15	6.4%	19.6%	10.1%	14.9%	71.5%	3.1%	20.2%	29.7%	11.1%	13.2%
lasy	20, 21, 22, 23, 41	2.6%	21.3%	1.3%	6.8%	2.3%	89.9%	76.5%	6.8%	0.7%	30.4%
t. specjalne	40	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
bagna	30	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	1.3%	0.3%	1.4%	58.6%	4.1%	0.4%
wody	50, 51	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	82.4%	1.1%
	Razem	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%



Ryc. 14. Udział procentowy form użytkowania ziemi w 1937 r. w poszczególnych formach użytkowania ziemi 1992 r.
Graph showing land use elements in the Tarnobrzeg region in 1992 in relation to land use elements in 1937.



Ryc. 15. Region tarnobrzegi – zmiany użytkowania ziemi 1937 – 1992
 Tarnobrzeg region – land use changes 1937 – 1992

Analizując rozmieszczenie użytkowania ziemi na mapie pokazującej stan z 1992 r. (ryc. 15), możemy wskazać tereny przemysłowe zajmujące znaczne powierzchnie. Można zaliczyć te obszary do terenów konfliktowych, tzn. takich, gdzie została zachwiana równowaga systemu człowiek-środowisko. Związane jest to z rozbudową jednej funkcji, w tym przypadku przemysłowej, oddziałującej negatywnie na środowisko. Należą do nich następujące rejony:

1. Grzybów – Staszów – pod obiekty przemysłowe zajęty został teren około 155 ha, a teren związany bezpośrednio z eksploatacją siarki objął powierzchnię ponad 424 ha. Na obszarze tym zasiarzone wody często znajdowały ujście na pobliskie łąki, głównie w okolicach Dobrowa. Warunki życia ludzi i zwierząt w tej okolicy pogarsza wytwórnia dwusiarczku węgla. Zmniejszyły się tu znacznie plony zbóż i roślin okopowych, co zmuszało rolników do ograniczenia hodowli. Największe zakwaszenie gleb odnotowano w Oleśnicy i Rytwianach. W tych rejonach pH gleb spadło poniżej 2,0. Na powierzchni powstało wiele niecek obniżeniowych na skutek osiadania terenu po wytopionej siarce (największe osiadania osiągnęły głębokość 9 – 10 m). Został naruszony stan wód podziemnych, głównie zmiany ciśnienia wód podziemnych w wyniku wtłaczania dużej ilości wód technologicznych. To również było przyczyną erupcji tych wód i siarki na powierzchnię. Zmieniła się również jakość wód, doszło do ich silnego zmineralizowania oraz skażenia poziomów wodonośnych w skałach trzecio- i czwartorzędowych. Wody powierzchniowe rejonu Grzybowa otrzymują znaczną dawkę związków siarki wskutek odprowadzania wód złożowych z odprężania i erupcji, ścieków przemysłowo-deszczowych z terenu kopalni oraz naturalnego spływu opadów atmosferycznych z pól górniczych i składowisk siarki. Cieki powierzchniowe na wielu odcinkach nie mieszczą się w klasach czystości wód (Ćwikliński i in. 1993), głównie z powodu nadmiernej zawartości siarczanów i siarkowodoru. Podobna sytuacja występuje na pozostałych terenach górnictwa siarki uzyskiwanej metodą podziemnego wytapiania, a więc w okolicach Jeziórka, Osieka, Niekrasowa. Uruchomienie kopalni otworowej w okolicach Osieka, było niewskazane z uwagi na trudne warunki geologiczno-górnice, bezpośrednie sąsiedztwo Wisły, a szczególnie na możliwość skażenia chemicznego wód poziomu czwartorzędowego.
2. Machów – kopalnia została postawiona w stan likwidacji w 1992 r. Eksploatacja metodą odkrywkową wymagała stosowania podwójnego systemu odwadniania masywu skalnego w poziomie wód trzecio- i czwartorzędowym. Pojawił się lej depresyjny, który spowodował deficyt wody w pobliskich wsiach, szczególnie

w Siedleszczanach. W rejonie osadników, klarowników, składowisk odpadów poflotacyjnych (tzw. keku) wystąpiło duże zanieczyszczenie wód poziomu czwartorzędowego. Duże zagrożenie stwarzał ruch mas ziemnych przemieszczanych z wykopu na składowisko zewnętrzne, a także wstrząsy spowodowane stosowaniem materiałów wybuchowych w celu odspojenia skał rudnych od calizny (Dziewański red. 1991).

3. Piaseczno – wyrobisko byłej kopalni ma być wykorzystane na składowisko odpadów paleniskowych z elektrowni w Połańcu, a w północnej części – ścieków huty „Stalowa Wola”. Należy spodziewać się degradacji wód poziomu czwartorzędowego przez wzrost stężenia siarczanów, chlorków, mineralizacji ogólnej, a także ponadnormatywną ilość cyjanków i niektórych metali ciężkich. Zmiany te nastąpią na powierzchni około 70 km². Wpłyną również na dodatkowe zanieczyszczenie wód Wisły (Dziewański red. 1991).
4. Stalowa Wola – stanowi dużą aglomerację miejsko-przemysłową. Hutnictwo i przemysł maszynowy wytwarzają duże ilości ścieków, powodując zanieczyszczenie wód poziomu czwartorzędowego metalami ciężkimi. W rejonie Stalowej Woli stwierdza się również wysokie przekroczenia zawartości ołowiu (ponad pięciokrotne) i kadmu (ponad trzykrotne) w korzeniach marchwi i ziemniaka.
5. Połaniec – zlokalizowana tu elektrownia jest konwencjonalną elektrownią systemową opalaną węglem kamiennym. Zakład jest poważnym emitentem gazów i pyłów powstałych w procesie spalania węgla. W 1987 r. był największym emitentem dwutlenku siarki (Gałaś 1996) Elektrownia Połaniec wywiera wpływ na środowisko przez:
 - składowanie popiołów paleniskowych na powierzchni 80 ha w miejscowości Pióry,
 - zrzut do Wisły gorących wód i ścieków przemysłowych, tylko częściowo po mechanicznym oczyszczeniu,
 - zanieczyszczenie wód gruntowych składnikami wypłukiwanymi ze składowiska w Piórach,
 - znaczne emisje dwutlenku siarki i tlenków azotu do atmosfery.

Podobne oddziaływanie na środowisko, lecz ilościowo mniejsze mają elektrownie lokalne tj. elektrownia w Stalowej Woli, Machowie i Tarnobrzegu.

Należy jednak stwierdzić, że obok negatywnych skutków wynikających z działalności przemysłowej, istnieją również pozytywne ich aspekty. Spośród nich na pierwszy plan wysuwa się aktywizacja regionu oraz działania proekologiczne. W niedługiej historii głównie przemysłu siarkowego, dokonano znacznej aktywizacji bardzo biednego regionu Tarnobrzega i Grzybowa. Obecnie pojawiły się nowe problemy związane z postawieniem istniejących kopalni w stan likwidacji. Są to zarówno problemy społeczne, głównie związane z pogłębiającym się bezrobociem, jak również problemy związane z rozbajaniem, rekultywacją i przyszłym zagospodarowaniem tych obszarów. Rozwiązywanie tych problemów wiąże się jednak z dużymi nakładami finansowymi, a takimi środkami region nie dysponuje (Dziewański red. 1991).

Zastosowanie współczynnika zgodności *kappa* do określenia zmian użytkowania ziemi

Do określenia zmian użytkowania ziemi zastosowano w niniejszej pracy, po raz pierwszy w badaniach krajowych, współczynnik zgodności *kappa*. Współczynnik ten po raz pierwszy został zaproponowany przez J. Cohena (1960) w badaniach z dziedziny psychologii, a nieco później zaczął być wykorzystywany w badaniach epidemiologicznych (Altman 1987). Współczynnik ten jest miarą zgodności istniejącej pomiędzy atrybutami dwóch różnych obiektów (nakładka jako obiekt). *Kappa* należy do techniki nieciągłej (discrete) i służy do statystycznego porównywania macierzy. Ten rodzaj statystyki do badania danych teledetekcyjnych po raz pierwszy zaproponował R. Congalton (1983). Od tego czasu ukazało się wiele publikacji rekomendujących tę metodę (Stehman 1996; Bonham-Carter 1998). Współczynnik ten jest dość szeroko wykorzystywany do mierzenia dokładności klasyfikacji, głównie obrazów satelitarnych pozyskiwanych z satelitów serii Landsat. W tym przypadku dokonuje się porównania zgodności wyniku klasyfikacji obrazu ze zbiorem referencyjnym, opisującym rzeczywistość (mapa, inne zdjęcie). Współczynnik *kappa* wyraża tu proporcjonalną redukcję błędów powstających w czasie procesu klasyfikacyjnego w porównaniu z błędem klasyfikacji realizowanej przypadkowo. Dane teledetekcyjne w powyższych przypadkach miały rastrową strukturę.

W niniejszej pracy dane mają charakter wektorowy, jednak rodzaj zapisu (format zapisu) nie ma znaczenia. Istotna jest bowiem analogia pomiędzy badaniem zgodności klasyfikacji dwóch obrazów w zapisie rastrowym i badaniem zgodności użytkowania ziemi dwóch okresów w zapisie wektorowym. Wyniki klasyfikacji w obu przypadkach mogą być wyrażone jako tablice przejść, czyli jako macierz błędu (confusion). Współczynnik zgodności *kappa* jest szczególnie istotny przy porównywaniu map, przypadku par map o tych samych skalach, zawierających te same klasy i tę samą liczbę klas. Konkludując należy stwierdzić, że zastosowanie w niniejszej pracy *współczynnika kappa* do oszacowania zmian użytkowania ziemi jest w pełni uzasadnione.

Współczynnik zgodności *kappa*, nazywany również w literaturze *kappa Cohena* (*Cohen's kappa*) wyraża względne odchylenie zaistniałych zmian, od zmian idealnych, teoretycznych. Miara zgodności uzyskana jest przez wyliczenie współczynnika *kappa*,

zdefiniowanego jako stosunek różnicy między wynikami obserwowanymi na głównej przekątnej w tablicy przejść (tab. 6.), a wynikami teoretycznymi do różnicy między pełną zgodnością, a zgodnością oczekiwaną. O idealnej zgodności mówimy wówczas, gdy współczynnik $kappa = 1$.

Zgodność obserwowaną wyliczamy według wzoru:

$$p_o = \sum_{i=1}^g f_{ii} / n,$$

gdzie f_i – powierzchnia (ha) form użytkowania ziemi, które nie uległy zmianie, n – powierzchnia całkowita (ha), g – powierzchnia form użytkowania ziemi; na podstawie danych zawartych w tab. 6

zgodność obserwowana wynosi: $P_o = 0,77$

Oczekiwaną zgodność P_e , czyli sumę iloczynów brzegowych udziałów i -tej kategorii w 1937 i 1992 r. liczymy według wzoru:

$$p_e = \sum_{i=1}^g r_i c_i / n^2,$$

gdzie r_i i c_i są odpowiednio sumami w wierszach i kolumnach i -tej kategorii, dla badanego obszaru $P_e = 0,34$

Mając obliczoną zgodność obserwowaną (P_o) i zgodność oczekiwaną (P_e) możemy obliczyć współczynnik $kappa$:

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}, \text{ dla badanej jednostki} \quad k = 0,657$$

Przy obliczeniu 95 % przedziału ufności zastosowano wzór:

$$k - 1,96 se(k) \text{ do } k + 1,96 se(k),$$

gdzie błąd standardowy dla k , obliczamy w następujący sposób:

$$se(k) = \sqrt{\frac{P_o(1 - P_o)}{n(1 - P_e)^2}},$$

a 95 % przedział ufności dla $kappa$ wynosi (0,655 – 0,659).

Mała szerokość przedziału ufności odzwierciedla precyzję uzyskanych wyników.

Wielkość współczynnika <i>kappa</i>	Zgodność
< 0,20	mała
0,21 – 0,40	dostateczna
0,41 – 0,60	umiarkowana
0,61 – 0,80	duża
0,81 – 1,00	bardzo duża

Według przyjętej skali przez Landisa i Kocha (Altman 1987) dla danych dotyczących zmian użytkowania ziemi znajdujących się w tabeli 6 współczynnik *kappa* wskazuje dużą zgodność. Uzyskana miara zgodności jest duża, a względne odchylenie pomiędzy danymi początkowymi i końcowymi nie jest duże. Zatem można stwierdzić, że zaistniałe zmiany obszarowe w stosunku do badanej powierzchni nie są zbyt duże, czego potwierdzeniem są również wyniki w tablicach przejść.

Dla bardziej precyzyjnego scharakteryzowania badanego terenu, co do zaistniałych na nim zmian, obliczono wartość współczynnika *kappa* dla gmin znajdujących się w granicach wyznaczonego rejonu tarnobrzeskiego. Należy zaznaczyć, że wartość współczynnika odnosi się tylko do powierzchni gminy znajdującej się w granicach badanego obszaru i nie może odnosić się do całej gminy. W tabeli 10 zamieszczono wartość współczynnika *kappa* dla poszczególnych gmin oraz jego charakterystykę według skali zaproponowanej przez Landisa i Kocha. Ilustracją wyników jest mapa, na której przedstawiono metodą kartogramu rozmieszczenie przestrzenne wartości współczynnika *kappa* uzyskanych dla poszczególnych jednostek administracyjnych badanej jednostki, z zastosowaniem skali inwersyjnej – ponieważ wartość współczynnika zgodności jest odwrotnością wielkości zmian (ryc. 16).

Dla dwóch gmin zgodność jest mała, co związane jest raczej nie z dużymi zmianami, lecz z położeniem tych gmin. Są to bardzo małe jednostki obszarowe, w obrębie których zaistniała zmiana jakości terenów zabudowanych, mianowicie z zabudowy luźnej na zabudowę zwartą.

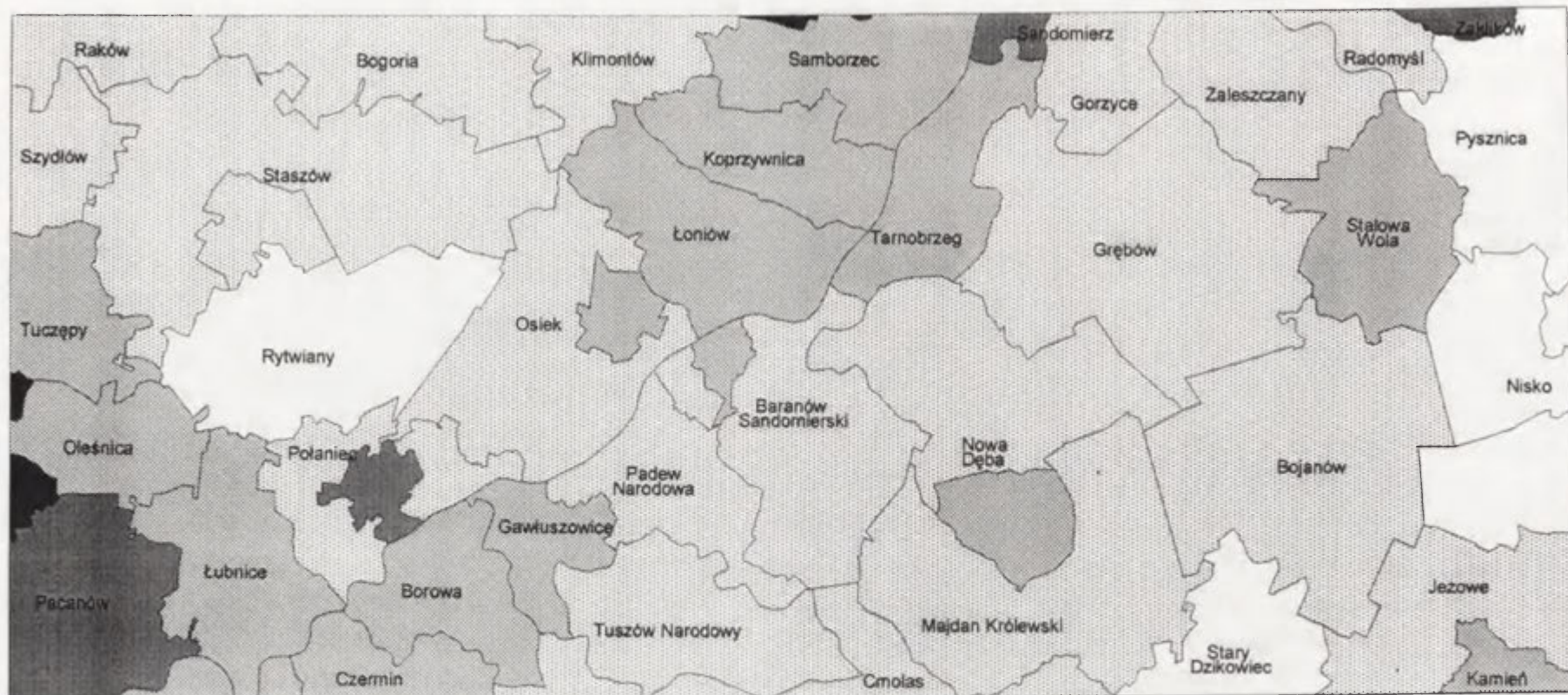
Zgodność dostateczna świadczy o dużych zmianach, a dotyczą one 4 gmin: Sandomierz, Połaniec miasto, Pacanów i Zaklików. Również w tym przypadku uzyskano wynik świadczący o dużych zmianach, co związane jest ze znacznie mniejszą powierzchnią tych gmin w stosunku do pozostałych i dużych zmianach bezwzględnych. W innych gminach, gdzie zgodność określono jako umiarkowaną i dużą, zmiany bezwzględne są znaczne, a w odniesieniu do powierzchni gminy uzyskujemy większą zgodność. Przykładem może tu być gmina Grębów, Staszów, Tarnobrzeg.

Zastosowanie współczynnika *kappa* do charakterystyki zmian, wydaje się uzasadnione. Współczynnik ten jest dobrym wskaźnikiem zmian, ponieważ określa ich jakość konkretną wartością. W ten sposób uzyskujemy formalnie zobiektywizowany obraz zmian rzeczywistości.

Do obliczenia współczynnika *kappa* wykorzystano program StatXact-3, jedno z oprogramowań typowo statystycznych.

Tabela 10. Wartość współczynnika zgodności *Kappa* dla gmin w rejonie

Numer statystyczny gminy	Nazwa gminy	Wartość współczynnika <i>kappa</i>	Zgodność
2609062	Obrazów	0,10	mała
2601062	Stopnica	0,11	mała
2612054	Połaniec m.	0,28	dostateczna
2601042	Pacanów	0,33	dostateczna
1818052	Zaklików	0,38	dostateczna
2609011	Sandomierz	0,38	dostateczna
1811042	Gawłuszowice	0,43	umiarkowana
1820044	Nowa Dęba m.	0,44	umiarkowana
1811022	Borowa	0,47	umiarkowana
1816082	Kamień	0,48	umiarkowana
2612022	Łubnice	0,49	umiarkowana
2612044	Osiek m.	0,49	umiarkowana
1811032	Czermin	0,50	umiarkowana
2612032	Oleśnica	0,50	umiarkowana
1820014	Baranów Sandomierski m.	0,51	umiarkowana
1864011	Tarnobrzeg	0,52	umiarkowana
2609042	Koprzywnica	0,55	umiarkowana
1204072	Szczucin	0,56	umiarkowana
2609052	Łonów	0,56	umiarkowana
2601072	Tuczępy	0,57	umiarkowana
1818011	Stalowa Wola	0,58	umiarkowana
2609072	Samborzec	0,58	umiarkowana
1806032	Majdan Królewski	0,61	duża
1811052	Mielec	0,62	duża
1811062	Padew Narodowa	0,63	duża
1818042	Radomyśl	0,63	duża
2612055	Połaniec	0,63	duża
1806012	Cmolas	0,65	duża
2612082	Szydłów	0,65	duża
2612074	Staszów,m	0,66	duża
1820022	Gorzyce	0,67	duża
1818062	Zaleszczany	0,68	duża
1820015	Baranów Sandomierski	0,68	duża
1818022	Bojanów	0,71	duża
1820045	Nowa Dęba	0,71	duża
2609032	Klimontów	0,72	duża
1811092	Tuszów Narodowy	0,73	duża
1820032	Grębów	0,75	duża
2604162	Raków	0,78	duża
2612045	Osiek	0,78	duża
1812032	Jeżowe	0,79	duża
2612012	Bogoria	0,80	duża
2612675	Staszów	0,80	bardzo duża
2612062	Rytwiany	0,83	bardzo duża
1812054	Nisko m.	0,84	bardzo duża
1818032	Pysznica	0,85	bardzo duża
1806062	Stary Dzikowiec	0,92	bardzo duża
1812055	Nisko	0,94	bardzo duża



zgodność: mała dostateczna umiarkowana duża mała

Ryc. 16. Rozmieszczenie wartości współczynnika kappa w regionie tarnobrzeskim
Distribution of the accuracy coefficient kappa in Tarnobrzeg region

Wnioski

Wyniki uzyskane na podstawie przeprowadzonej analizy zmian wieloczasowych danych przestrzennych dotyczących użytkowania ziemi, potwierdzają przydatność metody nakładkowej w tego typu badaniach. Opisana idea niniejszej metody, pokazana za pomocą algorytmu działań metodycznych, pozwala na powielanie prac związanych z badaniem zmian środowiska, a w szczególnym przypadku zmian użytkowania ziemi. Metoda ta narzuca konieczność utworzenia numerycznych baz danych w postaci wektorowej, pozwalających na zbudowanie macierzy lub tablic przejść. W literaturze znajdujemy opisy podobnych procedur jedynie dla rastrowego modelu danych. Macierze przejść umożliwiają prowadzenie szczegółowych analiz transformacji poszczególnych obiektów, a współczynnik zgodności *kappa* określa zmiany w ramach macierzy konkretną wartością.

Uzyskane wyniki, które zostały zwizualizowane w formie map tematycznych, potwierdzają przydatność obrazów satelitarnych oraz map topograficznych do oceny zmian użytkowania ziemi, gdzie korzystanie z tych materiałów nie jest obciążone ograniczeniami wynikającymi z podziału administracyjnego.

Chcąc wyjaśnić opisywane zmiany i procesy, którym podlegają poszczególne elementy środowiska geograficznego staramy się określić przyczyny, które je uwarunkowały. Relacje przyczynowe są jednak niejednoznaczne i można wśród nich wyróżnić wiele rodzajów, między innymi zależności jednostkowe i ogólne, zależności bezpośrednie i pośrednie oraz zależności deterministyczne i stochastyczne. Zależności deterministyczne i stochastyczne można nazwać inaczej bezwyjątkowymi i prawdopodobnymi. W zbiorach występujących w przestrzeni geograficznej mamy do czynienia głównie z zależnościami drugiego rodzaju (Domański 1982). Zależności bezwyjątkowe, a więc deterministyczne są rzadkością. Należy więc zwrócić uwagę na tereny poeksploatacyjne, które uległy daleko posuniętej degradacji i one właśnie determinują działania człowieka. Nie można wykorzystać tych terenów w dowolny sposób, nie prowadząc rekultywacji, która w tym przypadku potrwa blisko dwa pokolenia. Zatem badania stochastyczne dotyczące tych powierzchni przez najbliższe kilkadziesiąt lat nie mają sensu.

Za każdą taką ingerencję w przyrodzie odpowiedzialny jest człowiek, a kryzys ekologiczny jest w dużym stopniu spowodowany kryzysem moralnym, kryzysem wartości, które pojmowane są w niewłaściwy sposób. Mówiąc o ochronie środowiska trzeba brać pod uwagę zarówno środowisko biologiczne człowieka, jak i społeczne. Jednostki tworzą społeczeństwa, które funkcjonują w określonych systemach wartości. Jak będzie rozwijał się i funkcjonował system człowiek-środowisko, zależy w decydującym stopniu od jednostek go tworzących. Jest rzeczą oczywistą, że właściwie pojęte normy etyczne, szczególnie odnoszące się do podejmowanych decyzji i działań oraz wynikającej z nich odpowiedzialności za godziwe życie przyszłych pokoleń odgrywają tu rolę zasadniczą.

Należy nadmienić, że obszary poeksploatacyjne siarki stanowią nową jakość użytkowania ziemi. Zakończono działalność produkcyjną, nie przeprowadzono pełnej rekultywacji i w zasadzie obszary te są do chwili obecnej nie zagospodarowane. W 1997 r.

została ustanowiona rozporządzeniem Rady Ministrów Tarnobrzaska Strefa Ekonomiczna EURO-PARK WISŁOSAN. Utworzono tę strefę w celu przeprowadzenia koniecznej restrukturyzacji kilku dużych obszarów przemysłowych, zlokalizowanych na badanym terenie. Głównym celem tego przedsięwzięcia jest wykorzystanie nadwyżek siły roboczej, szczególnie w obszarach monokultury przemysłu siarkowego oraz zagospodarowanie nie wykorzystywanego majątku w postaci działek gruntowych, budynków i budowli.

Dla terenów konfliktowych, a do takich został również zaliczony nasz obszar badań, powinno prowadzić się analizy na podstawie relacyjnych baz danych, zawierające wszystkie możliwe warstwy tematyczne. Poszczególne bazy danych powinny również zawierać szczegółowe informacje o zanieczyszczeniach środowiska, przede wszystkim zanieczyszczenia gleb, wód gruntowych i powierzchniowych, powietrza oraz dane o skażeniu roślin i zwierząt. Takie bazy danych w połączeniu z bazami dotyczącymi użytkowania ziemi, umożliwiłyby pełną analizę obszarów konfliktowych oraz określenie możliwości ich dalszego rozwoju.

Badania zmian użytkowania ziemi i ocena tych zmian, pozwalają na ciągłą kontrolę gospodarowania zasobami przyrody, ułatwiają zagospodarowanie przestrzeni, prognozowanie przekształceń środowiska bez negatywnych skutków, zapobiegają stanom katastrof ekologicznych, z jakimi często mamy do czynienia również w naszym kraju, a badany obszar jest dobrą ilustracją takiego stanu rzeczy. Zatem analiza dynamiki wszelkich procesów ingerencji człowieka w naturalne środowisko, w tym również transformacji użytkowania ziemi, zwłaszcza z form biotycznych do abiotycznych staje się więc kategorię imperatywem XXI wieku.

Literatura

- Agenda 21 in Poland*, 1997, Progress report, Warsaw.
- Agger B. P., 1991, *Ecological consequences of current land use changes in Denmark and some perspectives for planning and management*, Proc. European Seminar on Practical Landscape Ecology, 4, Roskildes, 93-107.
- Altman D.G., 1987, *Practical Statistics for Medical Research*, Chapman and Hall, London.
- Anderson J. R., Hardy E., 1976, *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*, U.S. Government Printing Office, Washington.
- ARC/VIEW.GIS*, 1997, *Podręcznik użytkownika*, ESRI.
- Armand D.L., 1980, *Nauka o krajobrazie*, PWN, Warszawa.
- Bański J., 1997, *Przemiany rolniczego użytkowania ziemi w Polsce w latach 1975-1988*, Prace Geograficzne, 168.
- Bański J., 1998, *Gospodarka ziemią w Polsce w okresie restrukturyzacji*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Baranowski M., 1991, *Rozwój kartografii komputerowej i systemów informacji geograficznej w Polsce na tle tendencji światowych*, PPK, t. 23, 1-2.
- Baranowski M., Ciołkosz A., 1994, *Mapa pokrycia terenu w Polsce*, opracowywana w ramach programu CORINE, Fotointerpretacja w Geografii, 24.
- Barret E. C., Curtis L.F., 1976, *Introduction to environmental remote sensing*, London.
- Bogdanowski J., 1998, *Konserwacja i ochrona krajobrazu kulturowego (ewolucja metody)*, Teki Krakowskie VI, Regionalny Ośrodek Studiów i Ochrony Środowiska Kulturowego w Krakowie, Kraków.
- Bolewski A., 1935, *O złożu siarki w Posądku*. Sprawozdanie PIG, t. 8, z. 3.
- Bolewski A., 1939, *Badania terenowe występowania siarki w Wiśniowej Woli i Czajkowie (ark. Staszów)*, wykonane w roku 1937, Biuletyn PIG, 9.
- Broda J., 1985, *Proces wylesień na ziemiach polskich od czasów najdawniejszych*, Czasopismo Geograficzne, 56, 2.
- Bromek K., 1955, *Opracowanie szczegółowej mapy użytkowania ziemi dla Krakowa*, Przegląd Geograficzny, 27, 3-4.
- Bromek K., 1966, *Użytkowanie ziemi w Krakowie i przyległych częściach powiatu krakowskiego do 1960 roku*, Prace Instytutu Geografii, 36, Kraków.
- Bromek K., Mydel R., 1972, *Uwagi metodyczne do opracowania szczegółowej mapy użytkowania ziemi przestrzeni miejskiej*, Folia Geogr.- Oecon., t. 5.
- Board C., 1967, *Maps as models* [w:] *Models in geography*, B. Chorley, P. Haggett, (red.), London.

- Board C., 1969, *Ilościowa analiza przestrzennych układów użytkowania ziemi ze szczególnym uwzględnieniem map użytkowania ziemi. Analiza kształtu i jej zastosowania*, PZLG, 2.
- Bonham-Carter G. F., 1998, *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*, Pergamon, Ottawa, Canada.
- Budowa geologiczna Polski*, 1987, *Złoża surowców mineralnych*, t VI, R. Osika, (red.), WG, Warszawa.
- Burley T.M., 1961, *Land use or Land utilization ?* The Professional Geographer, 13, 6.
- Bychawski W., Ciołkosz A., 1985.: *Obrazy rzeźby powierzchni Ziemi na zdjęciach satelitarnych*, PPK, 1.
- Ciołkosz A., 1981, *Przeglądowa mapa użytkowania ziemi w Polsce opracowana na podstawie zdjęć satelitarnych*, PPK, 1.
- Ciołkosz A., 1983, *Ziemia odkrywana na nowo*, Problemy 3/440.
- Ciołkosz A., 1984, *Landsat 4 źródłem pozyskiwania informacji do kartowania tematycznego*, PPK, 1.
- Ciołkosz A., Kęsik A., 1989, *Teledetekcja satelitarna*, PWN, Warszawa.
- Ciołkosz A., Miszański J., 1969.: *Barwy na mapach krajobrazowych a barwy Ziemi na zdjęciach satelitarnych*, PPK, 4.
- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1978, *Interpretacja zdjęć lotniczych*, PWN, Warszawa.
- Ciołkosz A., Poławski Z., 1979, *Mapa użytkowania ziemi w skali 1: 250 000 sporządzona za pomocą wizualnej klasyfikacji treści obrazów satelitarnych*, Materiały III Sympozjum Teledetekcji, PWN, Warszawa.
- Ciołkosz A., Poławski Z., 1980, *Zasady tworzenia kompozycji barwnych*, IGIK, (maszynopis).
- Chojnicki Z., 1971, *Użytkowanie i racjonalne wykorzystanie zasobów środowiska w Polsce*, Biuletyn KPZK PAN, 68.
- Chojnicki Z., 1970, *Podstawy teoretyczne zastosowania metod matematycznych w badaniach przestrzennych rolnictwa*, Biuletyn KPZK, 61.
- Clout H. D., 1983, *The Land of France 1815-1914*, The London Research Series in Geography, London.
- Cohen J., 1960, *A coefficient of agreement for nominal scales: Educational and Psychological Measurement*, v. 20 (1).
- Congalton R., Oderwald R.G., 1983, *Assesing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques*, Photogrammetric and Remote Sensing, 49.
- Ćwikliński J. i inni, 1993, *Rekultywacja terenów zdegradowanych Kopalni Siarki „Grzybów” na bazie odpadów z zakładu wzbogacania węgla*, Materiały z Międzynarodowego Sympozjum Naukowego: *Górnictwo siarki a ekologia*, Baranów Sandomierski, 24-25.11.1993.

- Dębski J., 1979, *Analiza zagadnień przemysłowych w planowaniu regionalnym*, [w:] *Metody analiz geograficznych w planowaniu przestrzennym*, Dokumentacja Geograficzna, 3.
- Dobrowolska M., 1957, *Dzieje lasów, leśnictwa i drzewnictwa w Polsce*, WRiL, Warszawa.
- Dokumenty końcowe konferencji Narodów Zjednoczonych "Środowisko i rozwój"*, Szczyt Ziemi, Rio de Janeiro, 3 – 14 czerwca 1992, 1993, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Domański R., 1982, *Teoretyczne podstawy geografii ekonomicznej*, PWE, Warszawa.
- Domański J., Morawski S., 1980, *Analiza użytkowania terenu w rejonie Puław za pomocą nadzorowanej cyfrowej klasyfikacji obrazów satelitarnych*, Materiały III Sympozjum Teledetekcji, PWN, Warszawa.
- Dramowicz K., 1976, *Modele dyfuzji i łańcuchy Markowa w analizie przestrzennej*, PZLG, 2.
- Drozd J., 1993, *Przemysł siarkowy w Polsce*, Przegląd Geologiczny, 2.
- Dziewański J., (red.), 1991, *Sozologiczne problemy województwa Tarnobrzeskiego*, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energii PAN, Kraków – Tarnobrzeg.
- Eckholm E. P., 1978, *Ziemia, którą tracimy*, PWN, Warszawa.
- Fox J. W., 1956, *Land use Survey. General principles and a New Zealand example*, Auckland Univ. College Bulletin, 49, Geography Series 1, Auckland.
- Fedorowicz-Jackowski W., 1980, *Wykorzystanie obrazów satelitarnych do sporządzania map użytkowania ziemi w krajach rozwijających się*, t. XXV, 6, IGiK, Warszawa.
- Gałaś A., 1996, *Likwidacja wyrobiska Piaseczno i kształtowanie środowiska na terenach zdegradowanych przez przemysł siarkowy*, Przegląd Geologiczny, 44, 8.
- Gądzicki J., 1990, *Systemy informacji przestrzennej*, PWK, Warszawa.
- Gonzales C., Wintz P., 1978, *Digital Image Processing*.
- Goodall B., 1987, *Dictionary of Human Geography*, Penguin Books.
- Gorylewski E., 1993, *Gospodarka złożem siarki Machów-Tarnobrzeg w aspekcie likwidacji odkrywki z uwzględnieniem problemów ochrony środowiska i rekultywacji terenów pogórnich*, Przegląd Geologiczny, 2.
- Górka Z., 1973, *Monografia geograficzno-ekonomiczna I dzielnicy katastralnej miasta Krakowa – Śródmieście*, Instytut Geografii UJ, praca doktorska (maszynopis).
- Górka Z., 1986, *Śródmiejskie ośrodki usługowe wybranych miast Polski południowej*, Rozprawy Habilitacyjne UJ, 122.
- Grelot J. F., Chambon P., 1986, *Up-dating a land-use inventory*, Conference on the acquisition, management and presentation of spatial data, vol.2, Digital Mapping and Spatial Information System, London.

- Grocholska J., 1972, *Bilans użytkowania ziemi w Polsce*, cz. I, Dokumentacja Geograficzna, 2.
- Grocholska J., 1973, *Bilans użytkowania ziemi w Polsce*, cz. II, Dokumentacja Geograficzna, 4.
- Grocholska J. (red.), 1976, *Charakterystyka użytkowania ziemi w Polsce w 1970 roku*, Dokumentacja Geograficzna, 3.
- Grocholska J., 1979, *Problematyka obszarów konfliktowych w planowaniu przestrzennym*, [w:] *Metody analiz geograficznych w planowaniu przestrzennym*, Dokumentacja Geograficzna, 3.
- Gronet R., Poławski Z., Szaryk E., 1981, *Ocena zmian środowiska geograficznego w rejonach silnie uprzemysłowionych na przykładzie Huty Katowice, na podstawie klasycznej interpretacji diachronicznych zdjęć panchromatycznych*, Biuletyn Informacyjny IGiK, t XXVI, z.3.
- Gronet R., 1987, *Wykorzystanie zdjęć lotniczych dla oceny zmian środowiska przyrodniczego wywołanych budową Huty Katowice i próba kartograficznej prezentacji*, praca doktorska, Instytut Geografii, UAM, Poznań, (maszynopis).
- Grygorenko W., 1984, *Mapa jako instrument kształcenia i wychowania*, [w:] *Geografia i wychowanie*, MON, Warszawa.
- Herrmann H., 1985, *Theoretische und methodische Grundlagen fuer die Untersuchung der Flaechnutzung - unter besonderer Beruecksichtigung ihrer territorialen Organisation*. [w:] *Strukturen und Prozesse im Wirtschaft und Naturraum*, Beitrage zur Geographie, 32.
- Historia odkryć i eksploatacji siarki w Polsce*, Materiały z sympozjum, Kielce – Tarnobrzeg 1981 r.
- Hładyłowicz J. K., 1932, *Zmiany krajobrazu i rozwój osadnictwa w Wielkopolsce od XIV do XIX wieku*. *Badania z Dziejów Społecznych i Gospodarczych*, 12, Lwów.
- Hult J., 1969, *A method for surveying land use*, NORDIA, 4, Oulu.
- Imhof E., 1962, *Thematische Kartographie, Beitrage zu Ihrer Methode*, Die Erde, 93.
- Jankowski W., 1971, *Metody opracowywania map użytkowania ziemi*, praca doktorska, Zakład Geografii Rolnictwa, IGiPZ PAN, (maszynopis).
- Jankowski W., 1972, *Mapy użytkowania ziemi w Polsce. Dorobek i perspektywy*, PPK, 1.
- Jankowski W., Kulikowski R., 1973, *Polska mapa użytkowania ziemi w skali 1:200 000*, PPK, 3.
- Jędrzejowski J., 1987, *Procesy przemysłowe a zanieczyszczenie środowiska*, PWN, Warszawa.
- Johnston R.J., 1978, *Multivariate statistical analysis in geography*, Longman, London.
- Johnston R. J., Gregory D., Hagget P., Smith D., 1985, *The Dictionary of Human Geography*, BBPL, Oxford.
- Jones W.D., 1930, *A method of determining the degree of coincidence in distribution of agricultural uses of land with slope-soil-drainage complex*, *Transaction of the Illinois, St. Acad. of Sciences*, 22.

- Kiefer R., Lillesandt T., 1979, *Remote Sensing and Image Interpretation*.
- Kondracki J., 1978, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kostrowicki A.S., 1970, *Z problematyki badawczej człowiek-środowisko*, Przegląd Geograficzny, XLII, 1.
- Kostrowicki A.S., 1992, *System "Człowiek- środowisko" w świetle teorii ocen*. Prace Geograficzne 156.
- Kostrowicki J. 1959, *Polskie Zdjęcie Użytkowania Ziemi*, Dokumentacja Geograficzna, 2.
- Kostrowicki J. 1959., *Badania nad użytkowaniem ziemi w Polsce*, Przegląd Geograficzny, nr 31, 3-4.
- Kostrowicki J. 1968, *Środowisko geograficzne Polski*, PWN, Warszawa.
- Kostrowicki J. 1982, *Systemy użytkowania ziemi. Próba klasyfikacji*, Przegląd Geograficzny, LIV, 4.
- Kostrowicki J., Kulikowski R., 1971, *Przeładowe zdjęcie użytkowania ziemi (Projekt instrukcji)*, Dokumentacja Geograficzna, 2.
- Kozacki L., 1986, *Teledetekcja jako metoda analizy dynamiki miast*, Instytut Geografii Fizycznej UAM, Poznań. (maszynopis).
- Kozłowski S., 1994, *Droga do ekorozwoju*, PWN, Warszawa.
- Kozubek E., 1990, *Veraenderungen der Landnutzung in der Region von Tarnobrzeg nach topographischen Karten und Sattelitenbildern*, [w:] *Evolution of opulation and economic activities in urban regions*, (red.) J. Grzeszczak, Conference Papers, 10, Warszawa.
- Kozubek E., SARUL J., 1988, *Zmiany środowiska w rejonie Bełchatowskiego Okręgu Paliwowo-Energetycznego w latach 1964-83. Stan i zmiany środowiska geograficznego w latach 1956-72 w rejonie przyszłej budowy Huty Katowice, Zmiany środowiska geograficznego w rejonie Huty Katowice w latach 1972-82*. Mapy w skali 1:25 000, [w:] *Recenzje*, PPK, 3.
- Kraak M.J., Ormeling F., 1998, *Kartografia, wizualizacja danych przestrzennych*, PWN, Warszawa.
- Kubica B., 1971, *Perspektywy eksploatacji piasków kwarcowych w okolicy Piaseczna*, Przegląd Geologiczny, 2.
- Langer H., 1978, *Ekologia krajobrazu a planowanie przestrzenne* [w:] *Ekologia krajobrazu*, PZLG, 1.
- Lichtenegger J., Seidel K., 1980, *Landnutzungskartierung mit multitemporalen LANDSAT-MSS-Daten*, [w:] *Bildmessung und Luftbildwesen*, 48.
- Lijewski T., 1974, *Koncentracja przestrzenna oddziaływania przemysłu na środowisko geograficzne w Polsce*, Przegląd Geograficzny, t. 46, 1.
- Lindgren D.T., 1985, *Land use planning and remote sensing*, Remote Sensing of Earth Resources and Environment, MNP, Dordrecht.
- Liszewski S., 1973, *Użytkowanie ziemi w miastach woj. opolskiego*, Instytut Śląski, Opole.

- Luchter B., 1990, *Przestrzenne związki użytkowania ziemi w Krakowie*, Dokumentacja Geograficzna, 2-3.
- Magwire D. J., Goodchild M.F., Rhind D.W., 1991, *Geographical information systems*, 1, Longman.
- Małecki Z., 1993, *Oddziaływanie przemysłu siarkowego na środowisko przyrodnicze i kierunki ograniczenia tego zagrożenia*, Przegląd Geologiczny, 2.
- Maruszczak H. 1951, *Stan i zmiany lesistości województwa lubelskiego w latach 1830 – 1930*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, V, 5, Lublin.
- Mayer W. B., Turner II B. L., 1994, *Changes in Land Use and Land Cover A Global Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Manual of remote sensing*, 1975, Collwell R.N.(red.), American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia.
- Mydel R., 1974, *Przemiany użytkowania przestrzeni miejskiej w III. dzielnicy katastralnej miasta Krakowa-Nowy Świat*, Folia Geogra., Ser., Geogr.- Oecon., 6.
- Mydel R., 1979, *Rozwój struktury przestrzennej miasta Krakowa*, Ossolineum, Wrocław.
- Linowski J., Perek M., 1991, *Metodyczne problemy oceny wpływu eksploatacji siarki na jakość wód podziemnych w rejonie Tarnobrzegu*, [w:] *Metody oceny antropogennych zmian środowiska w strefach oddziaływania zespołów miejsko-przemysłowych*, WGiSR, UW.
- Lo C. P., Shipman R.L., 1990, *A GIS Approach to Land – Use Change Dynamics Detection* [w:] *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 11.
- Misztal S. 1970, *Przemiany w strukturze przestrzennej przemysłu na ziemiach polskich w latach 1860-1965*, Studia KPZK, t. XXX, PWN, Warszawa.
- Młynarczyk W., 1970, *Metody taksonomiczne w przestrzennym badaniu rolnictwa*, Biuletyn KPZK, 61.
- Monitoring the earth's environment*, 1989, A Pilot Project Campaign on Landsat Thematic Mapper Applications (1985-87), Praca zbiorowa pod red. T.D.Guyenne i G.Calabressi, European Space Agency.
- Nieć M., 1993, *Problemy gospodarki zasobami złóż siarki w Polsce*, Przegląd Geologiczny, nr 2, PIG, Warszawa.
- Nellis M. D., Lulla K., Jensen J., 1990, *Interfacing Geographic Information Systems and Remote Sensing for Rural Land – use Analysis* w: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. LVI, No. 3.
- Norcliffe .. 1986, *Statystyka dla geografów*, PWN, Warszawa.
- Nunnally N.R., Witmer R.E., 1970, *Remote sensing for land-use studies*, [w:] *Photogrammetric Engineering*. Journal of the American Society of Photogrammetry, XXXVI, 5.
- Ostaficzuk S., 1978, *Fotogeologia*, WG, Warszawa.

- Parry M. L., 1982, *The changing use of land*, [w:] *The Changing Geography of the U.K.*, [red:] R.J. Johnston, J.C. Doornkamp, UP, 788.
- Parysek J., Wojtasiewicz W., 1979, *Metody analizy regionalnej i metody planowania regionalnego*, Studia KPZK PAN, LXIX, PWN, Warszawa.
- Pavlidis T., 1987, *Grafika i przetwarzanie obrazów*, WNT, Warszawa.
- Pawłowski S., Pawłowska K., Kubica B., 1985, *Budowa geologiczna tarnobrzeskiego złoża siarki rodzimej*, Prace Instytutu Geologicznego, CXIV, WG, Warszawa.
- Peccei A., 1987, *Przyszłość jest w naszych rękach*, PWN, Warszawa.
- Plit J., 1996, *Antropogeniczne i naturalne przeobrażenia krajobrazów roślinnych Mazowsza*, Prace Geograficzne, 166.
- Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych*, 1988, J. R. Olędzki (red.), PWN, Warszawa.
- Power A. P., Harris S. A., 1971, *An application of Marcov chains of farm type structural data in England and Wales*, Journal of Agriculture Economics Read., 2,2.
- Przemiany społeczno-ekonomiczne tarnobrzeskiego rejonu uprzemysławianego*, 1987, Z. Ziło (red.), KBRU PAN, Warszawa.
- Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*, PPWK, Warszawa.
- Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*, PPWK, Warszawa.
- Richling A., Solon J., 1994, *Ekologia Krajobrazu*, PWN, Warszawa.
- Robinson A., Randall S., Morrison J., 1988, *Podstawy kartografii*, PWN, Warszawa.
- Sabins F., 1978, *Remote sensing. Principles and interpretation*, N.Y.
- Saliszczew K. A., 1984, *Kartografia ogólna*, PWN, Warszawa.
- Sauer C.O., 1919, Mapping the utilization of the land. Geographical Preview 8, 7.
- Schneider S., 1980, *Operational remote sensing systems for regional planning and environmental monitoring*, Materiały III Sympozjum Teledetekcji, PWN, Warszawa.
- Stamp L. D., 1948, *The land of Britain, its use and misuse*, London.
- Stamp L. D., 1960, *Applied Geography*, Penguin Book 16, 1960.
- Stan środowiska w województwie tarnobrzeskim w 1995 roku*, 1996, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Tarnobrzegu, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Tarnobrzeg.
- Stehman S.V., 1996, *Estimating the Kappa coefficient and its variance under stratified random sampling*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 62, 4.
- Szaryk E., 1983, *Zmiany użytkowania ziemi na terenie Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego w świetle interpretacji zdjęć lotniczych*, Fotointerpretacja w Geografii, VI, 16, Katowice.

- Szmyd S., 1993, *Doskonalenie metody podziemnego wytopienia siarki w drodze zagospodarowania odpadów przemysłowych*, OBR PS „Siarkopol”, Tarnobrzeg.
- Teicher G., 1982, *Fototechnika*, WNT, Warszawa.
- Thom B.G. (red.), 1994, *Land Use and LandCover in Australia Living with Global Change, Land Degradation and Rehabilitation*, 5 (2).
- Townshed J.R., 1981, *Terrein analysis and remote sensing*.
- Trafas K., 1992, *Analiza elementów miasta Krakowa w oparciu o nadzorowaną klasyfikację treści obrazu satelitarne Landsat*, Fotointerpretacja w geografii, 22.
- Turner II B. L., (1994), *Local Faces, Global Flows: The Role of Land Use and Land Cover in Global Environmental Change*, Land Degradation and Rehabilitation 5.
- Turner II B. L. (red.), 1995, *Land-use and Land-Cover Change*, Science/Research Plan IGBP, Report 35, HDP Report, 7.
- Uhorczak F., 1969, *Polska Przeglądowa Mapa Użytkowania Ziemi 1:1 000 000*, Prace Geograficzne, 17.
- Van Gils H., Huizing H., Kannegieter A., Van Der Zee D., 1991, *The evolution of the ITC system of rural land use and land cover classification (LUCC)*, [w:] ITC Journal, 3.
- Winogradow B.W., 1983, *Satelitarne metody badania środowiska przyrodniczego*, PWN, Warszawa.
- Wolman G., 1980, *Land transformation*, SCOPE.
- Zausznica A., 1959, *Nauka o barwie*, PWN, Warszawa.
- Zioło Z., 1973, *Przemysł Województwa Rzeszowskiego*, Nauka dla Wszystkich, 198, PAN, Kraków.
- Zioło Z., 1975, *Tarnobrzeczki Ośrodek Siarkowy*, WSiP, Warszawa.

**Land use changes in the Tarnobrzeg region as a result of industrialization in the years 1937–1992
on the basis of interpretation of maps and satellite images**

The aim of the study has been to analyze changes in land use in the Tarnobrzeg region between 1937 and 1992, on the basis of data obtained through the interpretation of topographic maps and satellite images. The analysis has been carried out using the 'overlay method' and the cross-tabulation matrix, which have enabled the study of the transformation of land use elements into other elements. This analysis has also allowed for the evaluation of the extent of changes in land use, expressed by means of the accuracy coefficient *kappa*. Numerical database covering land use in the Tarnobrzeg region in 1937, 1977 and 1992 has been created. This allowed for preparation of uniform land use maps for the years 1937, 1977 and 1992 as well as a final map showing changes in land use between 1937 and 1992. Land use changes have also been presented by the 'overlay method' and the assessment of changes in land use by *kappa* coefficient.

Conclusions:

1. The results obtained by analyzing changes in spatial data concerning land use confirm the usefulness of the 'overlay method' in this type of study.
2. The cross-tabulation matrix allows for the precise analysis of the transformation of individual element.
3. The accuracy coefficient *kappa* shows changes in the matrix as a single value.
4. The comprehensive methodology presented in this study in the form of an algorithm is suitable for use in other studies of environmental changes.
5. The usefulness of satellite images and topographic maps for the evaluation of land use changes has been confirmed by this study.

Informacje dla autorów i czytelników

„DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA” – ukazuje się w standardowym nakładzie 200 egzemplarzy.

Sprzedaż publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:

– DHN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, tel. 69 78 835, czynna od poniedziałku do piątku w godz. od 9 do 17.

– Główna Księgarnia Naukowa im. Bolesława Prusa, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa, tel. 826 18 35.

Wymagania techniczne stawiane pracom składanym do druku w serii „DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA”

Tekst i tabele należy przygotować na dyskietce (3,5” Microdisks) w programie WORD 7.0, podpisy pod ryciny w języku polskim i angielskim powinny być umieszczone w oddzielnym pliku, ryciny (opracowane komputerowo lub na kalce) w postaci czystorysów gotowych do druku.

Do każdej pracy w języku polskim należy dołączyć streszczenie angielskie (1-2 strony) oraz abstrakt (3-6 zdań) i słowa kluczowe (3-4), również w języku angielskim.

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

1998

9. MIECZYŚLAW BANACH – Dynamika brzegów dolnej Wisły.
10. MIROSŁAW BŁASZKIEWICZ – Dolina Wierzycy, jej geneza oraz rozwój w późnym plejstocenie i wczesnym holocenie.
11. LESZEK STARKEL (red.) – Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis lokalnych ulew.
12. ADAM KOTARBA (red.) – Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – III.
13. ALICJA BREYMEYER, EWA ROO-ZIELIŃSKA – Bory sosnowe w gradiencie kontynentalizmu i zanieczyszczeń w Europie Środkowej – badania geoekologiczne.

1999

14. JANUSZ PASZYŃSKI, KRYSZYNA MIARA, JÓZEF SKOCZEK – Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego.

2000

15. PIOTR EBERHARDT – Przemieszczenia ludności na terytorium Polski spowodowane II wojną światową.
16. TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA – Stan badań klimatu i bioklimatu uzdrowisk polskich.
17. EWA NOWOSIELSKA – Sektor usług w Aglomeracji Warszawskiej 1992-1997: przemiany strukturalne i tendencje rozwoju.
18. TEOFIL LIJEWSKI – Problemy zagospodarowania przestrzennego Polski w świetle przebudowy infrastruktury komunikacyjnej.
19. JAN MAREK MATUSZKIEWICZ, EWA ROO-ZIELIŃSKA (red.) – Międzywale Wisły jako swoisty układ przyrodniczy (odcinek Pilica-Narew).
20. BOŻENA GAŁCZYŃSKA, ROMAN KULIKOWSKI – Wieś i rolnictwo strefy podmiejskiej Warszawy. Zróżnicowania przestrzenne i procesy transformacji.
21. MARIUSZ KOWALSKI, PRZEMYSŁAW ŚLESZYŃSKI – Uwarunkowania zachowań wyborczych w województwie śląskim.

2001

22. JERZY BAŃSKI – Stan i perspektywy rolnictwa na obszarach problemowych w Polsce.
23. MAGDALENA KUCHCIK (red.) – Współczesne badania topoklimatyczne.
24. TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA, KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK, BARBARA KRAWCZYK – Bioklimat Krasnobrodu.

PL- ISSN 0012-5032
ISBN 83-87954-23-3

<http://rcin.org.pl>