

MARIAN DRUŻKOWSKI
JERZY SOKOŁOWSKI
KAZIMIERZ TRAFAS

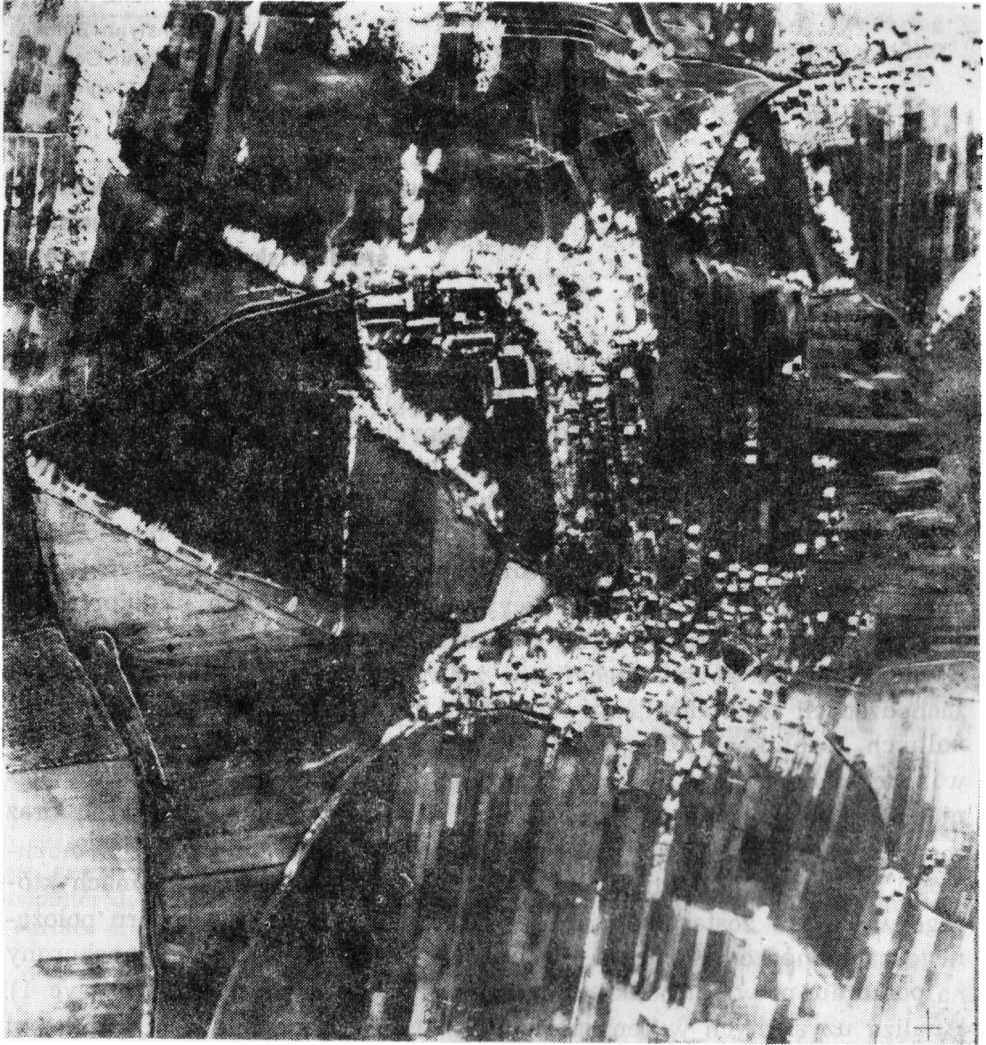
Instytut Botaniki
Instytut Geografii
Uniwersytet Jagielloński

Zastosowanie zdjęć spektrostrefowych w badaniach niektórych elementów środowiska geograficznego

W badaniach środowiska geograficznego Polski wykorzystuje się, jak dotąd, prawie wyłącznie zdjęcia lotnicze panchromatyczne wykonywane przede wszystkim dla celów topograficznych. Na ogół materiały te stanowią jedynie podkład do kartowania lub inwentaryzacji pewnych wybranych faktów i zjawisk. Przypadkowy termin ich wykonywania wyklucza w zasadzie możliwości synchronizacji z badaniami terenowymi, nie mówiąc już o systematycznym ich programowaniu. Stosowanie natomiast innych technik teledetekcyjnych daje możliwość uzyskania dodatkowych informacji o terenie i pozwala na nieco inne na niego spojrzenie, ponieważ pewne specyficzne zjawiska, będące skutkiem procesów zachodzących w środowisku, nie zawsze uwidaczniają się w konwencjonalnych technikach fotograficznych. Już samo zastosowanie fotografii w podczerwieni, poza zwiększeniem zakresu informacji, pozwala na pełniejsze wnioskowanie odnośnie do np. analizy stosunków wodnych oraz roślinności (Ciołkosz, Kęsik, 1970). Autorzy skorzystali z możliwości, jakie stworzył im udział w problemie węzłowym*, w ramach którego wykonane zostały specjalne zdjęcia spektrostrefowe obszaru położonego na zachód od Krakowa w przekroju południkowym: od Lanckorony na południu, po wylot podkrakowskich dolin jurajskich na północy (ryc. 1). Analiza uzyskanych w ten sposób zdjęć, ich porównanie z wykonanymi

* Zadanie badawcze 1.3 pt. „Zastosowanie technik teledetekcyjnych w rozwiązywaniu problematyki interakcji człowiek — środowisko” pod kierunkiem dra J. R. Olędzkiego w ramach problemu węzłowego 10.2.09.

20 lat wcześniej standardowymi lotniczymi zdjęciami panchromatycznymi tego obszaru oraz szczegółowa znajomość terenu pozwoliły na wstępną ocenę przydatności zdjęć spektrostrefowych w rozpoznawaniu aktualnego stanu elementów biotycznych i abiotycznych środowiska geograficznego. Do analizy wybrano pole testowe „Polanka Haller” koło Skawiny (około 20 km na południowy zachód od Krakowa — fot. 1), gdzie udało się jednocześnie z nalotem w dniu 17 października 1977 roku przeprowadzić rekonesans terenowy celem zaznajomienia się ze stanem fenologicznym szaty roślinnej, wrywkowo skartować uprawy oraz ocenić



Fot. 1. Zdjęcie spektrostrefowe pola testowego „Polanka Haller” (wersja czarno-biała pozytywna)

Phot. 1. Spectro-zonal photos of the Polanka Haller testing site (a positive black-and-white version)

wilgotność gruntu. Bardzo pomocne okazały się materiały znajdującego się na tym terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Uniwersytetu Jagiellońskiego (np. *Plan urzędzeniowy lasu...*, 1974).

Pole testowe „Polanka Haller” leży w obrębie proggu Pogórza Karpackiego. Dominującą formą terenu jest spłaszczony grzbiet o równoleżnikowym przebiegu, o kulminacjach 300 m—315 m n.p.m., wchodzący w skład płaskowyżu Draboża. Jego północna część opada ku dolinie Wisły sfalowaną powierzchnią, natomiast część południową tworzy zbocze doliny potoku Wierzbanówka (Mogiłka). W obszarze tym zalega flisz karpacki, pokryty miększą warstwą utworów pylastych, na których wytworzyły się urodzajne gleby brunatne i płowe. Część północna omawianego obszaru odwadniana jest przez cieki uchodzące bezpośrednio do Wisły, a część południowa przez małe potoki uchodzące do Wierzbanówki — lewego dopływu Skawinki. Ogólne warunki klimatyczne określa średnia roczna temperatura powietrza 7,5°C—8,0°C oraz roczna suma opadów 700 mm—800 mm. W użytkowaniu terenu przeważają pola uprawne z małymi enklawami lasu i zadrzewień nieleśnych.

Do wykonania zdjęć spektrostrefowych użyto filmu Kodak Aerochrome IR 2443. Jest to film trójwarstwowy, a każda z warstw jest uczulona na inny zakres promieniowania (dwie na promieniowanie widzialne: czerwone i zielone oraz trzecia na promieniowanie niewidzialne: podczerwone). Warstwa uczulona na promieniowanie w zakresie zieleni zabarwiona jest na żółto, uczulona na promieniowanie czerwone na purpurowo, zaś obraz w podczerwieni zabarwiony jest na zielono-niebiesko. W badaniach dysponowano filmem diapozytywowym (format klatki 6 cm × 6 cm). Ma on tę zaletę, że dzięki specjalnemu zestawieniu filtrów w procesie obróbki fotograficznej w ostatecznym efekcie możemy otrzymywać ciągły zapis w zakresie wszystkich odcieni barw. Zastosowany film spektrostrefowy szczególnie dobrze nadaje się do badania szaty roślinnej ze względu na fakt, że każda z jego warstw odpowiada ekstremalnym punktom krzywych spektralnych roślin zielonych. Wykorzystując główne zalety zdjęć spektrostrefowych, skoncentrowano się szczególnie na analizie stosunków wodnych oraz roślinności naturalnej i upraw rolnych.

ANALIZA STOSUNKÓW WODNCH

Ogólnie przyjęta prawidłowość, że im ciemniejszy fototon na zdjęciu lotniczym, tym teren jest wilgotniejszy, w przypadku filmu spektrostrefowego (a więc barwnego) musi ulec pewnej modyfikacji. Z konfrontacji zdjęć spektrostrefowych z terenem wynika, że wilgotniejsze miejsca mają bardziej intensywną barwę, zarówno jeśli chodzi o kolor zielony, który dominował na filmie pozytywowym, jak i żółty czy nawet brunatny. Do analizy wilgotności gruntu najbardziej nadają się oczywiście te-

reny pól uprawnych oraz łąk i pastwisk, gorzej obszary leśne, gdzie tylko bardzo ogólnie można wnioskować o stosunkach wilgotnościowych gruntu. Większość pól uprawnych ze względu na porę roku (październik) pozbawiona była upraw (gleba zaorana). Pewien procent powierzchni zajmowały jeszcze uprawy buraka pastewnego nie ogłowieonego z liści, koniczyny, kukurydzy, marchwi pastewnej i rzepaku ozimego wysianego latem. Te ostatnie obszary należało, podobnie jak tereny zabudowane, wyłączyć z badań wilgotności gruntu, gdyż roślinność skutecznie maskowała podłoże.

Chcąc wyznaczyć na zdjęciach obszary o podwyższonej wilgotności gruntu, musimy liczyć się także z innymi czynnikami wpływającymi na zmianę odcienia barwy na zdjęciach barwnych. Przede wszystkim będzie to zmniejszenie ilości światła padającego na stoki o ekspozycji północnej, a także północno-wschodniej i północno-zachodniej. Na omawianym obszarze o dość urozmaiconej rzeźbie, gdzie powierzchnie płaskie są nieliczne, wzajemne usytuowanie stoków oraz zboczy małych dolinek tworzy dość zróżnicowany układ w stosunku do kierunku padania promieni słonecznych. Stoki ocienione, tzn. o ekspozycji północnej i zbliżonej, charakteryzują się przeciętnie większą wilgotnością gruntu niż stoki o ekspozycji południowej i zbliżonej; stwierdzono to w czasie badań terenowych. Wynika to z niejednakowego bilansu cieplnego tych stoków. W konkretnych przypadkach terenowych stosunki te mogą ulec zaburzeniu pod wpływem zmiennych właściwości fizycznych podłoża.

Na zmienność barwy użytków rolnych może wpływać także rodzaj gleby, zwłaszcza zawartość próchnicy w strefie powierzchniowej, rodzaj kultury rolnej, całość zabiegów agrotechnicznych i agrochemicznych oraz procesy erozyjne. Zjawiska te różnicują wprawdzie barwę na zdjęciu lotniczym, przeważnie jednak w mniejszym stopniu niż sama wilgotność gruntu (Trafas, 1975). Na omawianym obszarze testowym możliwa jest analiza wilgotności gruntu na podstawie zdjęć lotniczych zarówno w obrębie dużych pól użytkowanych przez Rolniczy Zakład Doświadczalny Uniwersytetu Jagiell., gdzie powierzchnia poszczególnych działek jest rzędu 10 ha—29 ha, jak i na gruntach właścicieli indywidualnych, które są znacznie rozdrobnione (działki o powierzchni 0,2 ha—2,0 ha). Na polach o dużych powierzchniach, będących w sezonie wegetacyjnym 1977 roku pod jednolitą uprawą i w jednakowym stanie agrotechnicznym, warunki wilgotnościowe gruntu na zdjęciach zaznaczały się najlepiej. Wpływ czynników antropogenicznych jest na tych polach wprawdzie duży, ale jednolity i o wilgotności gruntu decydują głównie warunki naturalne. Zupełnie odmienna sytuacja panuje na polach gospodarstw indywidualnych. W wielu przypadkach ciemniejsze odcienie w obrębie jednolitych barw, oznaczających poszczególne zagony, nawiązują ściśle do granic zagonów. Niemniej czasem i w obrębie jednego pola

o małej powierzchni obserwować można na zdjęciu spektrostrefowym zróżnicowanie barwne. Równocześnie możliwe jest wyróżnienie pewnych większych stref przebiegających niezależnie od układu pól, a charakteryzujących się ciemniejszymi odcieniami barw. Strefy te identyfikować można jako obszary o podwyższonej wilgotności gruntu. Oczywiście, nie zawsze ciemniejszy ton lub bardziej intensywna barwa na zdjęciach ma swoją przyczynę w podwyższonej wilgotności gruntu; czasem samo zakłębienie terenu może to sprawić (większe nagromadzenie próchnicy), ale w przypadkach tutaj omawianych przeprowadzono konfrontację z terenem w celu wyeliminowania tych wątpliwości na polach zdrenowanych. W obrazie zdjęć spektrostrefowych wyraźnie czytelne są jasne linie drenów na tle ciemniejszych (niezależnie od barw), to znaczy w strefie o podwyższonej wilgotności gruntu. Natomiast tam, gdzie pola są zdrenowane, ale nie jest to widoczne na zdjęciach, strefa taka odznacza się jasnym tonem, czyli jest względnie sucha. Można przypuszczać, że drewny są widoczne jako jasne smugi na zdjęciach tam, gdzie ich działanie jest nieprawidłowe. Wynika to z faktu, że rowy, w których zostały umieszczone drewny, są suchsze (lepszy drenaż, wzruszenie gruntu), natomiast sąsiednia powierzchnia (pomiędzy nimi) nie została jeszcze osuszona, a więc jest nadal na zdjęciach ciemniejsza. Tam, gdzie takich kontrastów nie ma, drewny, co stwierdzono w terenie, działają prawidłowo i osuszają całą powierzchnię jednakowo. Na zdjęciach panchromatycznych sprzed 20 lat, tj. wykonanych przed zdrenowaniem pól, strefy o wyraźnie ciemniejszych fototonach, a więc o podwyższonej wilgotności gruntu, są widoczne w wielu przypadkach w tych samych miejscach co na zdjęciach z 1977 roku. Nie osiągnięto więc zamierzonego celu, jakim było osuszenie terenu; pola te poza wąskimi pasmami wzdłuż linii sączków nadal pozostają nadmiernie wilgotne. Jeśli chodzi o analizę wilgotności gruntu w obszarach użytków zielonych, to należy zaznaczyć, że ten rodzaj użytkowania jest na zdjęciach spektrostrefowych słabo zróżnicowany barwnie. W okresie wykonywania zdjęć roślinność trawiasta charakteryzowała się stosunkowo dużą gęstością i wysokością, różnice odcieni związanych ze zmienną wilgotnością gruntu były więc trudne do odczytania. Zaznaczyły się natomiast różnice w odcieniach pomiędzy poszczególnymi większymi kompleksami użytków zielonych, położonymi na przykład w dnie doliny głównej i na wierzchowinie, gdzie niewątpliwie występują znaczne różnice wilgotności podłoża. Istotne jest i to, że użytki zielone na badanym terenie są nawożone, często spasane lub wykaszane, a czasem podsiewane, co przesądza o dużej jednorodności darni wyrażającej się dominacją 2—3 gatunków traw. Obserwowane równoczesne zróżnicowanie odcieni między poszczególnymi użytkami zielonymi jest spowodowane ich odmiennym zagospodarowaniem, wypasaniem, sposobem koszenia, a zarazem odmienną fazą fenologiczną odrostu. Tylko tam, gdzie zaburzenia wilgot-

ności gruntu są znaczne, jak to ma miejsce na pastwisku Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UJ położonym w obszarze ruchów masowych, różnicowanie odcieni wyraźnie nawiązuje do niejednorodnego podłoża. Odcienie ciemnobrunatne odpowiadają miejscom obniżonym, o wilgotniejszym gruncie i równocześnie o bujniejszym wzroście intensywnie zielonych traw.

Badania wilgotności gruntu prowadzone były wrywkowo i zmierzały jedynie do wykrycia pewnych prawidłowości, jeśli chodzi o zależność nasycenia barwy na zdjęciach od wilgotności. Do oceny przydatności zdjęć lotniczych w badaniach wilgotności gruntu celowe jest zapoznanie się z warunkami meteorologicznymi, jakie występowały przed i w czasie nalotu. Opady w okresie 1—19 października wynosiły tylko 15,0 mm, zaobserwowano je w 5 dniach; były to opady drobne o charakterze przelotnym. Ostatnie opady przed nalotem wystąpiły 7 dni wcześniej i wynosiły łącznie 5,5 mm. Wilgotność względna w ciągu kilku dni przed nalotem wynosiła około 77% i była stabilna podobnie jak temperatura gleby (około 6,5°C). Warunki dla interpretacji wilgotności gruntu z punktu widzenia elementów klimatycznych były więc średnio korzystne. Najlepsze występują na ogół w 7—10 dni po dużych i silnych opadach (Tr a f a s, 1975).

INTERPRETACJA WÓD POWIERZCHNIOWYCH

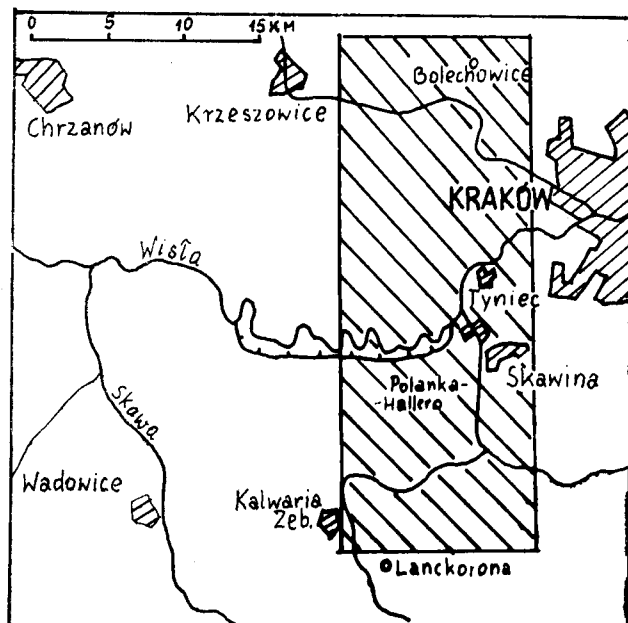
Interpretacja wód powierzchniowych na zdjęciach spektrostrefowych dostarcza pewnych dodatkowych charakterystyk w stosunku do zdjęć panchromatycznych. Ogólne cechy rozpoznawcze, szczególnie drugorzędne (np. występowanie charakterystycznej roślinności wzdłuż brzegów), pozostają takie same, natomiast zdjęcia spektrostrefowe pozwalają dodatkowo na lepsze różnicowanie zbiorników wód stojących. Na analizowanych zdjęciach występują dwa zbiorniki wodne różniące się wyraźnie barwą. Zbiornik pierwszy, położony w zachodniej części wsi Polanka, pełni funkcję rezerwuaru wody gospodarczej dla Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UJ. Woda w tym zbiorniku jest stosunkowo przejrzysta i pozbawiona większych zanieczyszczeń mechanicznych i biologicznych. Barwa wody na diapozytywie jest ciemnozielona. Zbiornik drugi, położony we wschodniej części wsi Polanka, to przekształcony ze stawu zbiornik wody przeciwpożarowej. Jego barwa różowopomarańczowa wynika z faktu, że prawie cała powierzchnia pokryta jest roślinnością pływającą (rzęsa — *Lemna*). Konfrontacja zdjęć panchromatycznych i spektrostrefowych pozwala przypuszczać, że takie czynniki jak stopień zarastania wód stojących czy jakość wód, a zwłaszcza zawartość w niej materii organicznej są szczególnie dobrze czytelne na zdjęciach spektrostrefowych. Analiza zdjęć spektrostrefowych umożliwiła identyfikację sztucz-

nych wpływów zanieczyszczonych wód powierzchniowych na pastwisku Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UJ, gdzie zaobserwowano wyraźne różnicowanie obrazu fotograficznego. Konfrontacja zdjęć z terenem pozwoliła ustalić, że jest to sztucznie uformowany odpływ wód zanieczyszczonych gnojowicą z położonych niedaleko obór i chlewni. Struga ta, wprowadzona na pastwisko początkowo wąskim korytem, rozlewa się w sposób niekontrolowany i powoduje bujny wzrost traw, które odznaczają się na diapozytywie charakterystyczną barwą ciemnoróżową na tle zielonej. Pośrednio zatem można określić obszary o nadmiernej wilgotności i podwyższonej żyzności.

INTERPRETACJA NATURALNEJ SZATY ROŚLINNEJ**

Zastosowanie filmu spektrostrefowego, a więc uczulonego na promieniowanie podczerwone, pozwoliło na wyraźne różnicowanie roślinności, szczególnie drzewiastej (ryc. 2). Podstawowym elementem różnicującym jest tutaj barwa, a w dalszej kolejności tekstura obrazu fotograficznego. Omawiane zdjęcia zostały wykonane w drugiej połowie października 1977 roku, a więc w okresie przewagi listowia o kolorze żółtym z odcieniami brązu i czerwieni. Te naturalne barwy na filmie spektrostrefowym są oczywiście zafałszowane, a obraz na zdjęciach poszczególnych gatunków drzew charakterystyczny jest tylko dla określonej fazy fenologicznej aktualnej w chwili fotografowania. Drzewa liściaste zmieniają barwy liści w czasie sezonu wegetacyjnego, zwłaszcza zaś jesienią. Drzewa szpilkowe, z wyjątkiem modrzewia tracącego igliwie na zimę, charakteryzują się większą stabilnością barwy szpilek i ich trwałością. Analiza drzewostanu na zdjęciach spektrostrefowych wykonana została dla lasu mieszanego (typowego w tym obszarze) o powierzchni około 30 ha i parku podworskiego o powierzchni około 2 ha. Korzystając z materiałów dokumentacyjnych dotyczących tych obszarów (*Plan...*, 1974) oraz dodatkowych badań terenowych wydzielono w obrębie drzewostanów liściastych i szpilkowych określone grupy drzew odznaczające się na zdjęciu podobnymi barwami (tab. 1). Przy wydzielaniu tych grup wzięto pod uwagę także fazę fenologiczną poszczególnych gatunków drzew. Drzewa tego samego gatunku mogą nieraz różnić się nieco fazą fenologiczną ze względu na wpływ lokalnych warunków środowiska. Powoduje to, że ich barwa na zdjęciach może różnić się odcieniem. Drzewa, które w drugiej połowie października mają jeszcze liście w odcieniach zieleni (olsza, jesion, akacja), są odfotografowane na zdjęciach w odcieniach barwy różowej. Drze-

** Przy opracowaniu tego podrozdziału autorzy korzystali z konsultacji dr. Eugeniusza Dubiela z Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, za co składają mu serdeczne podziękowanie.



Ryc. 1. Położenie terenu badań

Fig. 1. The localization of the area under examination

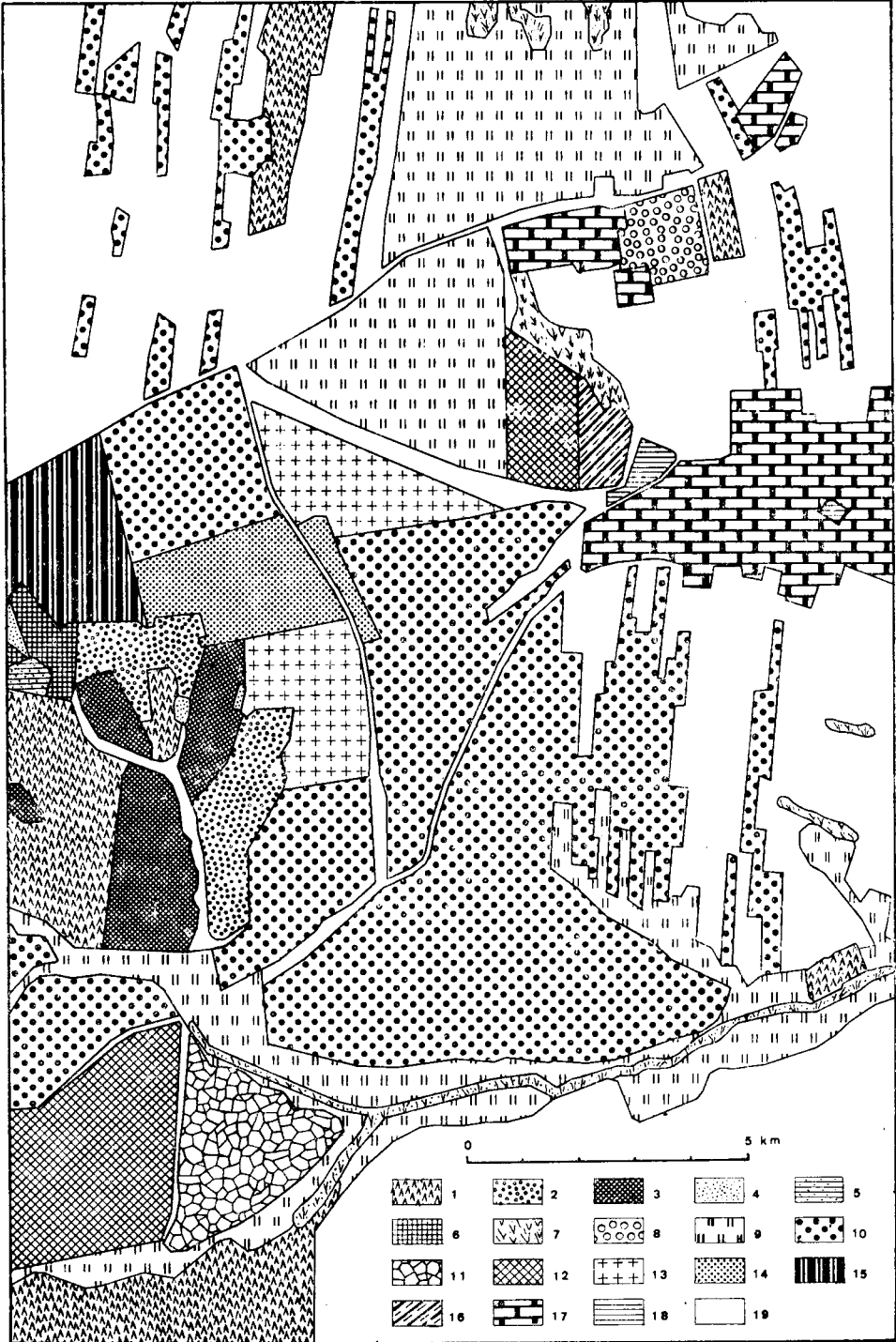
wa, które zmieniły już barwę na żółtozieloną, żółto-brązową lub nawet brązowoczerwoną (brzoza, lipa, dąb, buk), odfotografowane zostały w odcieniach barwy zielonej. Drzewa szpilkowe (sosna, świerk, jodła) mają na diapozytywie filmu spektrostrefowego barwę liliowofioletową lub granatowofioletową. Kolorystyka modrzewia mającego jesienią szpilki koloru żółto-brązowego jest na zdjęciach zielona. W tym przypadku nie można więc koloru zielonego, który w drzewostanach szpilkowych świadczy o obumieraniu drzew (Iracka, 1975), wiązać z wpływem czynników przemysłowych, tym bardziej że inne gatunki iglaste, a zwłaszcza sosna jako ważny bioindykator, nie wykazują zaburzeń w kolorze zielonym. Czynnikiem różnicującym barwę na zdjęciach spektrostrefowych jest

Ryc. 2. Mapa użytkowania ziemi i roślinności naturalnej:

oddziały leśne o dominacji: 1 — sosny, 2 — brzozy, 3 — dębu, 4 — jesionu i olszy, 5 — grabu, 6 — oddziały o różnorodnym składzie gatunkowym bez dominacji jednego gatunku, 7 — zadrzewienia nieleśne, 8 — park, 9 — pastwiska i łąki, 10 — pola o odsłoniętej glebie, głównie kartofliska, 11 — burak cukrowy, 12 — bobik, 13 — koniczyna, 14 — kukurydza, 15 — rzepak, 16 — marchew pastewna, 17 — zabudowa z terenami przyzagrodowymi, 18 — wody, 19 — obszary nie analizowane

Fig. 2. The map of land-use and of natural vegetation:

1 — pine, 2 — birch, 3 — oak, 4 — ash and alder, 5 — hornbeam, 6 — sections where different varieties appear, without the predominance of a particular variety, 7 — nonforest wood-land, 8 — park, 9 — pastures and fields, 10 — fields with exposed soil, mainly potatoes fields, 11 — sugar-beet, 12 — bobine, 13 — clover, 14 — corn, 15 — rape (colza), 16 — fodder carrot, 17 — farmstead, 18 — waters, 19 — non-analysed areas



Klucz fotointerpretacyjny roślinności drzewiastej dla filmu spektrostrefowego*
Key to the photointerpretation of arborescent plants to be applied to spectrozonal film*

Naturalna barwa liści (Leaves natural colour)	Barwa na zdjęciu spektrostrefowym (Colour on spectrozonal photos)	Charakterystyczne gatunki drzew (Characteristic trees varieties)
jasnożółta z odcieniem po- marańczu lub żółtojasnobrązowa (light-yellow with the orange tinge, or yellow- -brownish)	jasnozielona (light-green) zielona (green)	brzoza (birch) dąb (oak) wiąz (elm) topola biała (white po- plar)
jasnobrązowa (light-brown) czerwona (red)	zielona (green) ciemnozielona (dark-green)	buk (beech) grab (hornbeam) lipa (lime)
zielonożółta (green-yellow)	bladoróżowa (pale pink)	wierzba (willow)
zielona (green)	kremoworóżowa (cream-pink)	platan (plane)
jasnozielona (light-green) zielona (green)	różowa (pink)	olsza (alder)
ciemnozielona (dark-green)	ciemnoróżowa (dark-pink)	robina (akacja) (acacia)
drzewa szpilkowe (the conifers) ciemnozielona (dark-green)	fioletowa, odcienie: lilio- wy i granatowy (violet, tinges of lilac and dark-blue)	sosna (pine) świerk (spruce) jodła (fir)
żółto-brązowa (yellow-brown)	zielona (green) ciemnozielona (dark-green)	modrzew (larch)

* Klucz ma zastosowanie w odniesieniu do pory jesiennej (październik)

The key to be applied in autumn-time (october)

obecność w roślinach chlorofilu. Jego występowanie w tkance roślinnej powoduje powstawanie na zdjęciach barwy różowej lub do niej zbliżonej, natomiast jesienne zmiany barwy liści związane ze zmniejszeniem ilości chlorofilu na korzyść ksantofilu i karotenu powodują powstawanie na zdjęciu barwy bladoróżowej oraz różnych odcieni barwy zielonej.

Pewną pomocą w interpretacji drzewostanów jest także tekstura obrazu uzależniona od zawartości i rozmiaru koron drzew oraz model stereoskopowy umożliwiający przestrzenną obserwację poszczególnych drzew. Do badania obszarów zadrzewionych występujących w obrębie pola

testowego zastosowano specyficzną metodę postępowania interpretacyjnego. Na terenie parku podworskiego występuje kilkanaście gatunków drzew, często pojedynczych egzemplarzy; ich szczegółowa lokalizacja umożliwiła wykorzystanie tego zespołu drzew do opracowania swego rodzaju klucza interpretacyjnego dla gatunków występujących w lesie, gdzie liczba drzew w jednym gatunku jest większa. Takie postępowanie było możliwe dzięki temu, że w parku i w lesie rosły te same gatunki drzew (z wyjątkiem akacji i platana).

Korzyści z zastosowania filmu spektrostrefowego polegają przede wszystkim na możliwości rozróżnienia poszczególnych gatunków drzew lub przynajmniej grupy gatunków o zbliżonej barwie listowia (tab. 1). Jest to znacznie więcej, gdy porówna się z możliwościami fotografii panchromatycznej, na której odróżnia się w zasadzie tylko drzewa liściaste od iglastych.

Analiza spektrostrefowego materiału fotograficznego z punktu widzenia określenia uszkodzeń szaty roślinnej w wyniku niekorzystnych wpływów przemysłowych nie przyniosła spodziewanego rezultatu, pomimo że obszar testowy znajduje się o 6 km od głównych emitorów zanieczyszczeń w tym rejonie, tzn. huty aluminium i elektrowni w Skawinie. Pora wykonania zdjęć (druga połowa października) nie jest korzystna dla analizy zmian barwy listowia, ponieważ o tej porze roku, jak już wspomniano, następuje naturalna zmiana barwy lub nawet utrata liści. Równocześnie skład gatunkowy obszarów leśnych objętych zdjęciami jest bardzo zróżnicowany, jednogatunkowe połacie lasu na przestrzeni kilku ha praktycznie nie występują, są to ponadto kompleksy leśne małe i rozdrobnione. Duże zmieszanie gatunków panuje zwłaszcza w oddziałach z domieszką sosny, która powinna być w tym przypadku dobrym bioindykatorem zanieczyszczeń, ponieważ główny udział w emisji gazowej z elektrowni w Skawinie ma SO_2 , a na ten składnik sosna jest szczególnie wrażliwa. Dodatkowym elementem utrudniającym fotointerpretację jest rozczłonkowanie terenu, a zatem zmiany natężenia barwy spowodowane zróżnicowanym oświetleniem. Nie bez znaczenia jest fakt, że część materiału fotograficznego ma przebarwienie spowodowane prawdopodobnie obróbką fotochemiczną.

Główne emitory zanieczyszczeń zlokalizowane są na terenie miasta Skawina, lecz nalot nie objął ani tego obszaru, ani też najbliższego otoczenia. Równocześnie rozkład kierunków wiatrów na tym obszarze wykazuje przewagę wiatrów zachodnich, a potem wschodnich, co sprawia że emisje pyłów i gazów są przenoszone głównie w tych kierunkach (omawiany obszar leży na południowy zachód od Skawiny). W dolinie Wisły objętej nalotem brak jest obszarów leśnych, natomiast tam, gdzie one występują, napływ zanieczyszczeń jest znacznie mniejszy. Ze zniszczeniem szaty roślinnej spowodowanym przez przemysł należy się więc liczyć

w innych miejscach, na terenach niżej położonych oraz bliżej samego miasta. Uszkodzenia drzewostanów stwierdzono w badaniach terenowych, lecz nie dotyczy to obszarów odfotografowanych na zdjęciach spektrostrefowych. Można tylko przypuszczać, że zdjęcia wykonane na przykład latem dałyby pod tym względem lepsze rezultaty.

INTERPRETACJA UPRAW ROLNYCH

Zdjęcia lotnicze wykonane w drugiej połowie października nie są korzystnym materiałem do przeprowadzenia inwentaryzacji upraw. W okresie tym na większości pól nie było już upraw, lecz jedynie odsłonięta gleba. Występujące lokalnie zasiewy zbóż ozimych były trudne do rozpoznania ze względu na ich małą wysokość i gęstość (nie można było wykorzystać jako cechy rozpoznawczej struktury i tekstury obrazu fotograficznego). Niemniej na niektórych większych polach można było wyróżnić pewne uprawy (ryc. 2). Należy do nich rzepak ozimy zasiany na dużym polu Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UJ. Widoczne ciemniejsze plamy świadczą o jego nierównomiernym wzroście w tym okresie. Można również wyodrębnić pola z kukurydzą. Pola takie mają na diapozytywie zdjęcia charakterystyczną strukturę pasmowo-ziarnistą oraz jasnobrązową barwę. Ponadto kukurydza jest dobrze rozpoznawalna w obrazie stereoskopowym ze względu na wysokość około 1,5 m. Inną cechą pozwalającą rozpoznać uprawy na zdjęciach jest charakterystyczny rozstaw rzędu roślin po ścięciu (ściernisko); widoczne jest to na przykład na polu, gdzie był bobik. Pewien procent powierzchni zajmowały jeszcze uprawy buraka pastewnego nie ogłowionego oraz koniczyny i marchwi pastewnej. Stopień rozpoznawalności rodzaju upraw na polach właścicieli prywatnych jest bardzo mały, ponieważ każdy z rolników używa innych odmian, mieszanek, innego nawożenia i stosuje różne zabiegi agrotechniczne, co powoduje, że te same uprawy mają różne odcienie barwy różowej. Konfrontacja z terenem każe stwierdzić, że barwa ta wskazuje na uprawy zielone, głównie pastewne. Na nielicznych polach znajdowały się jeszcze nie wykopane ziemniaki; zgniłozielona barwa ich naci dawała na zdjęciu spektrostrefowym ciemny odcień barwy różowej.

Zdjęcia spektrostrefowe wykonane w październiku nie dają wiele możliwości odczytania struktury upraw, chociaż pewna zmienność spowodowana zabiegami agrotechnicznymi i postępowaniem prac polowych jest czytelna. Można stąd wnioskować, że w przypadku nalotu w innej porze roku, kiedy rośliny są jeszcze na polach, różnicowanie barw oraz ich odcieni powinno dać lepsze rezultaty aniżeli na zdjęciach panchromatycznych.

Wnioski:

- do badania wilgotności gruntu na zdjęciach panchromatycznych, jak i spektrostrefowych najbardziej nadają się pola orne pozbawione upraw (zaorana gleba);
- najkorzystniejszy okres badania wilgotności gruntu na zdjęciach lotniczych to wczesna wiosna i późna jesień;
- miejsca wilgotniejsze niezależnie od barwy (a tym samym od barwy na zdjęciu spektrostrefowym) są ciemniejsze niż miejsca suche;
- na ciemny lub jasny odcień gleby ma także wpływ zawartość próchnicy, zabiegi agrotechniczne, ekspozycja terenu i mikrorzeźba;
- utrudnieniem w interpretacji wilgotności gruntu jest duże rozdrobnienie pól uprawnych;
- w analizie wód powierzchniowych (stojących) zdjęcia spektrostrefowe są przydatne, zwłaszcza jeśli chodzi o badanie zawartości materii organicznej;
- w interpretacji szaty roślinnej wysokiej (drzewa) zdjęcia spektrostrefowe wykazały w stosunku do zdjęć panchromatycznych wiele zalet; podstawowa to fakt znacznie większej rozróżnialności poszczególnych gatunków drzew lub grup gatunków;
- barwy drzew liściastych na zdjęciach spektrostrefowych zależne są od ilości chlorofilu; w związku z jego ubytkiem w porze jesiennej barwy te są zróżnicowane: od intensywnej różowej (np. akacja) przez bladoróżową (np. wierzba), jasnozieloną (np. brzoza) do ciemnozielonej (np. buk);
- analiza zdjęć pod kątem wpływów zanieczyszczeń powietrza na stan sanitarny lasów i roślinności nie przyniosła spodziewanych wyników; wiąże się to z niekorzystną porą roku (późna jesień) i dużą różnorodnością drzewostanów oraz położeniem obszaru badań;
- jesienna pora jest również niekorzystna dla interpretacji upraw polowych, ponieważ z większości pól uprawy zostały już zebrane;
- stopień rozróżnialności upraw na małych poletkach chłopskich jest bardzo mały.

LITERATURA

- Ciołkosz A., Kęsik A., 1970: *Promieniowanie podczerwone w badaniach środowiska geograficznego*, Przegląd geograficzny, t. 42, z. 4.
- Iracka M., 1975: *Metoda określania uszkodzeń drzewostanów sosnowych na podstawie spektrostrefowych zdjęć lotniczych*, Informator IGiK, nr 2.
- Plan urzędzeniowy lasu RZD UJ w Polance Haller na lata 1974—1983*, rękopis w RZD UJ.
- Trafas K., 1975: *Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, nr 40, Kraków.

MARIAN DRUŻKOWSKI, JERZY SOKOŁOWSKI, KAZIMIERZ TRAFAS

**THE SPECTROZONAL PHOTOGRAPHS APPLICATION IN THE EXAMINATION
OF SOME ELEMENTS OF THE GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT**

S u m m a r y

The authors describe how the spectrozonal photos can be applied to the analysis of some elements of the geographical environment; the Polanka Haller testing site is used as the example. The aerial photographs covered the area north of Cracow in the meridional section south of Lanckorona upto the near Cracow Jurassic valleys mouth in the north. The Kodak Aerochrom IR 2443 film was used, suitable, first of all, to the vegetative cover examination, as each of its layers corresponds to the extremal points of green plants spectral curves. The relief of the Polanka Haller testing site is diversified, it is situated within the ledge of The Carpatia Plateau (fig. 1). In this area, used as arable land, the Jagiellonian University Experimental Agricultural Site is located, its plots areas are large (10—20 ha) whereas the grounds belonging to individual farmers are small (0,2—2 ha). Taking advantage of the fundamental values of spectrozonal photos the authors focussed their attention on the analysis of the interrelation between natural vegetation and cultivated plants. The most useful for the analysis of water relations appeared to be large arable lands, also the time when the photos were taken (17th of October, 1977), fitted the purpose, as in this time fields mostly were not covered with plants. The analysis of spectrozonal photos allowed to form some conclusions concerning the ground and surface waters, for instance, dampish spots were darker in colour; the effects of draining were noticeable and the biological pollution of still waters could be discerned. The spectrozonal photos enabled to distinguish the species of trees and some plants still remaining in the fields (fig. 2). The air pollution effects were not discernible in spite of localization of industrial objects, and the observed changes in leaves colour were the result of the natural autumn-time process. The analysis of the spectrozonal photos allowed to get to know better the environment and proved that remote sensing technique is very useful in research of this kind.

MARIAN DRUŻKOWSKI, JERZY SOKOŁOWSKI, KAZIMIERZ TRAFAS

**L'UTILISATION DES PHOTOGRAPHIES SPECTRO-ZONALES DANS L'ÉTUDE
DE CERTAINS ÉLÉMENTS DU MILIEU GÉOGRAPHIQUE**

R é s u m é

Nous présentons l'utilisation des photographies spectro-zonales dans l'analyse de certains éléments du milieu géographique à partir du champ test de Polanka Haller. Ces photographies ont englobé un territoire situé à l'ouest de Cracovie en coupe longitudinale, de Lanckorona au sud jusqu'à l'issue des petites vallées jurassiennes près de Cracovie au nord. Nous avons employé un film Kodak Aerochrome IR 2443 qui convient surtout à l'étude du tapis végétal car chacune de ses couches correspond aux points extrêmes des courbes spectrales des plantes vertes. Le champ test Polanka Haller possède un relief varié et se trouve à l'intérieur

du seuil de la région submontagneuse des Karpates (fig. 1). Sur ce territoire qui est exploité par l'agriculture se trouve le Centre Expérimental Agricole de l'Université Jagiellonne de Cracovie où la superficie des parcelles est grande (10—20 ha) alors que les terres des propriétaires individuelles sont des champs morcelés (0,2—2 ha). Utilisant les principales qualités des photographies spectro-zonales, nous nous sommes concentrés sur l'analyse des rapports des eaux ainsi que sur la végétation naturelle et les cultures agricoles. Ce sont les grands champs de culture qui se sont avérés les plus utiles dans l'analyse des rapports des eaux; la date de la réalisation des photographies (17 X 1977) était également favorable car les champs étaient alors dans la plupart des cas dépourvus de culture. L'interprétation des photographies spectro-zonales a permis de tirer des conclusions concernant les eaux phréatiques et superficielles: ainsi par exemple les endroits plus humides possédaient une couleur plus foncée, l'efficacité du drainage des champs et la pollution biologique des eaux dormantes étaient visibles. Les photographies spectro-zonales ont permis de distinguer les essences des arbres ainsi que certaines cultures qui se trouvaient encore dans les champs (fig. 2). Par contre les effets de la pollution atmosphérique n'étaient pas visible, malgré la localisation d'industrie dans le proche voisinage, les modifications de la couleur des feuilles sur les arbres que nous avons observées étant le résultat d'un processus naturel — le jaunissement des feuilles en automne. L'analyse des photographies spectro-zonales a permis de mieux connaître l'environnement et a démontré la grande utilité des techniques de télédétection dans ce genre de recherches.

(Traduit par Michał Michałak)