



JAN R. OLĘDZKI\*

## WPLYW WYBRANYCH KOMPONENTÓW GEOŚRODOWISKA NA ZRÓZNICOWANIE FOTOTONU WIELOSPEKTRALNYCH OBRAZÓW SATELITARNYCH

### WSTĘP

Fototon wyrażany różnymi odcieniami szarości zależy ściśle od ilości i jakości promieni świetlnych odbijanych przez badane obiekty terenowe. Obiektywne określenie wartości fototonu sprowadza się do pomiarów „jasności” lub „ciemności” negatywu lub diapozytywu. Stopień zaczernienia negatywu określa wartość transmisji światła przechodzącego przez badany materiał fotograficzny. Transmisja światła ( $T$ ) jest to ilość światła przechodzącego przez badany materiał do ogólnej ilości światła padającego na ten materiał. W badaniach tych można również stosować pojęcie „współczynnika pochłaniania” bądź „krycia” — będącego odwrotnością transmisji ( $1/T$ ). Chociaż pojęcia „transmisji” i „pochłaniania” jednoznacznie opisują poziom szarości obrazu danych obiektów, często bardziej odpowiednim jest użycie wyrażenia logarytmicznego — „gęstości optycznej” ( $D$ ). Uważa się, że gęstość optyczna lepiej opisuje zmienność szarości obrazu niż poprzednio wymienione wartości, gdyż reakcja oka ludzkiego na światło ma przebieg zbliżony do ujęcia logarytmicznego. Stąd wynika niemal liniowa zależność między gęstością optyczną obrazu a jego wizualnie określanym fototonem (Lillesand, Kiefer, 1987). Gęstość optyczna określana jest jako logarytm dziesiętny pochłaniania:

$$D = \log (Op) = \log \left( \frac{1}{T} \right)$$

\* Dr Jan R. Olędzki, Pracownia Fotointerpretacji Geograficznej, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Do pomiarów gęstości optycznej służą różnego rodzaju densytometry (Owen-Jones, 1977).

Wymienianych jest wiele czynników wpływających na określony poziom szarości obrazu czyli jego gęstość optyczną. Zależy ona od czynników zewnętrznych i wewnętrznych. Czynniki zewnętrzne związane są z naturą samego obiektu oraz z oświetleniem w momencie dokonywania rejestracji. Stąd ważne jest ustalenie jednakowych warunków oświetlenia przy wszelkich pomiarach fotometrycznych (Tołczelnikow, 1974). Czynniki wewnętrzne związane są z systemem rejestrującym. W tym przypadku najistotniejszy jest charakter odbiornika promieniowania — filmu, lub uogólniając — detektora promieniowania.

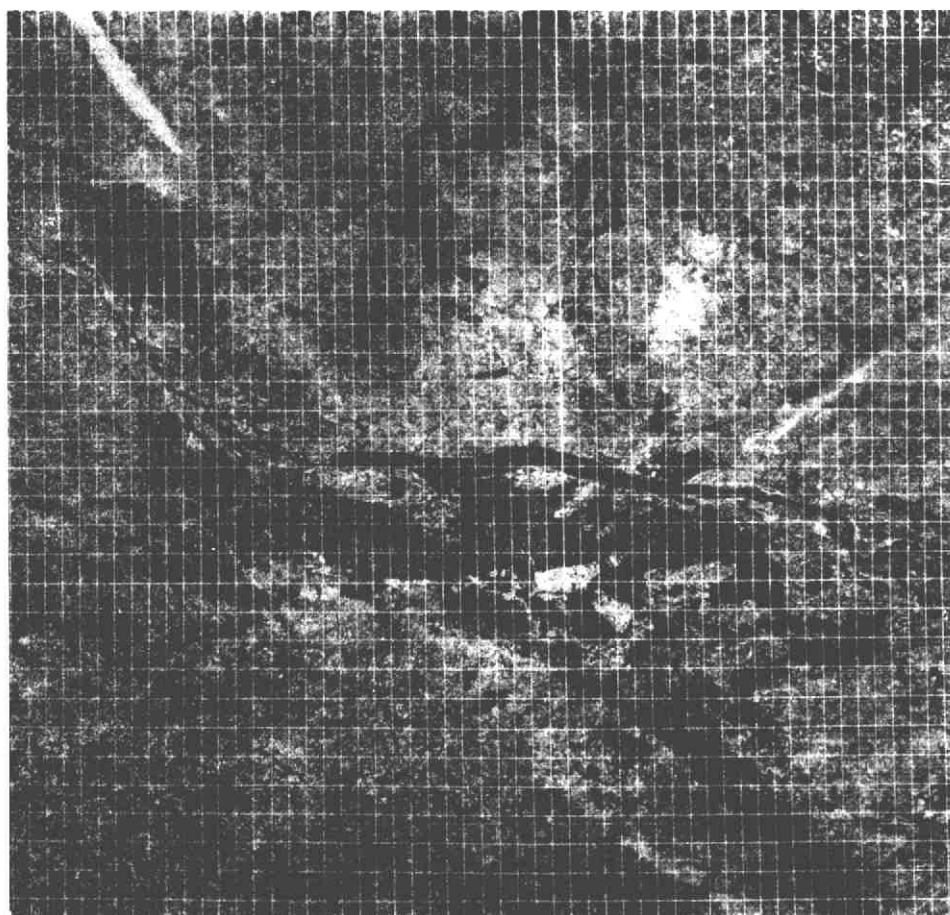
Na ilość możliwych do wyróżnienia, na danym obrazie, poziomów szarości istotny wpływ wywiera kontrastowość filmu. Określa ją wartość gamma:

$$\gamma = \frac{\Delta D}{\Delta \log E}$$

Wyrażenie w mianowniku oznacza przyrost logarytmu czasu naświetlania. Zależy on ( $\log E$ ) nie tylko od rodzaju emulsji ale i od sposobu wywołania filmu. Ważną cechą filmu wpływającą na zróżnicowanie fototonów jest „czułość filmu”, która wyraża poziom naświetlenia, do którego film będzie reagował na światło. Parametr ten jest reprezentowany poziomym przebiegiem krzywej charakterystycznej wzdłuż osi  $\log E$ . Film wyskokoczy jest bardziej przystosowany do niskich wartości naświetlenia. Przy fotografowaniu danego terenu film wyskokoczy wymaga krótszego czasu naświetlania niż film niskokoczy.

Innymi cechami, które wpływają na jakość fototonalną obrazu są: skala naświetleń, rozpiętość naświetleń i rozdzielczość radiometryczna. Skala naświetleń wyraża przedział wartości  $\log E$ , która wystarcza do powstania obrazu na filmie. Wskazuje ona również na przedział zmienności naświetlania, które może być tolerowane bez obawy o degradację jakości obrazu. Rozdzielczość radiometryczna jest najmniejszą różnicą w naświetlaniu, która może być wyczuwalna przy analizie obrazu na danym filmie. Nie jest to cecha filmu sama w sobie, ale poprzez nią można densytometrem wyróżnić poszczególne poziomy gęstości optycznej. Rozdzielczość radiometryczna jest odwrotnie proporcjonalna do kontrastu.

Nieco więcej uwagi poświęcono tu czynnikom wewnętrznym wpływającym na wartość gęstości optycznej obrazu fotograficznego gdyż w pracach fotointerpretacyjnych dotyczących wykorzystaniu fototonu do analizy środowiska aspekt ten jest najczęściej pomijany. Na istotę jakości materiałów zdjęciowych dla ilości uzyskiwanej z nich informacji geograficznej zwraca uwagę E. Wołk-Musiał, 1985, która uważa, że obniżenie zróżnicowania transmisji, a więc małe zróżnicowanie gęstości optycznej obrazów lotniczych wpływa na obniżenie możliwości odczytywania wielu form rzeźby młodoglacjalnej. Podobnie rzecz się ma i z fotograficznymi reprodukcjami wielospektralnych obrazów satelitarnych, które będą przedmiotem analizy, w dalszej części przedstawianego tu opracowania.

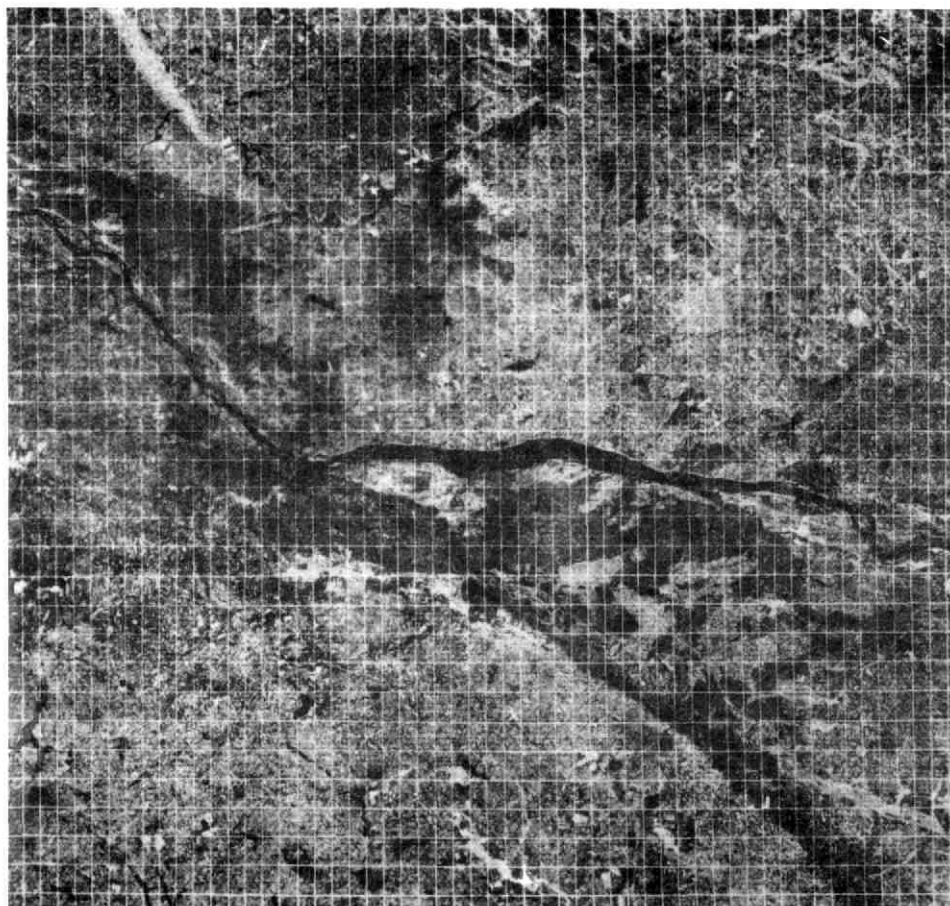


Ryc. 1. Fragment obrazu satelitarnej sceny płockiej, Landsat MSS-5, z dnia 1973.11.02, z naniesioną siatką pól podstawowych

Fig. 1. Płock subscene of Landsat MSS band-5 image (1973.Nov.02) with the grid cells

W celu odpowiedzenia na pytanie: jaki jest wpływ komponentów geośrodowiska na fototonalne zróżnicowanie obrazów satelitarnych, a jednocześnie określenie możliwości zastosowania fototonu do interpretacji wybranych komponentów środowiska geograficznego, przeprowadzono analizę fragmentu obrazu satelitarnego, tak zwanej „sceny płockiej”, wykonanej w dniu 2-go listopada 1973 roku przez satelitę Landsat. Analizie poddano obrazy wykonane w kanałach MSS-5 i MSS-7, ryc 1 i 2.

W celu utworzenia zbiorów danych odnośnie charakterystyki optycznej wybranych komponentów środowiska geograficznego, podzielono analizowany fragment obrazu na pola podstawowe, które w terenie odpowiadałyby prostokątom o wymiarach: 1,5 km wzdłuż linii skanowania i 2,5 km w kierunku prostopadłym do linii skanowania. Negatywy z wniesionymi siatkami były następnie analizowane na mikrodensytometrze G-III.



Ryc. 2. Fragment obrazu satelitarnego sceny płockiej, Landsat MSS-7, z dnia 1973.11.02, z naniesioną siatką pól podstawowych

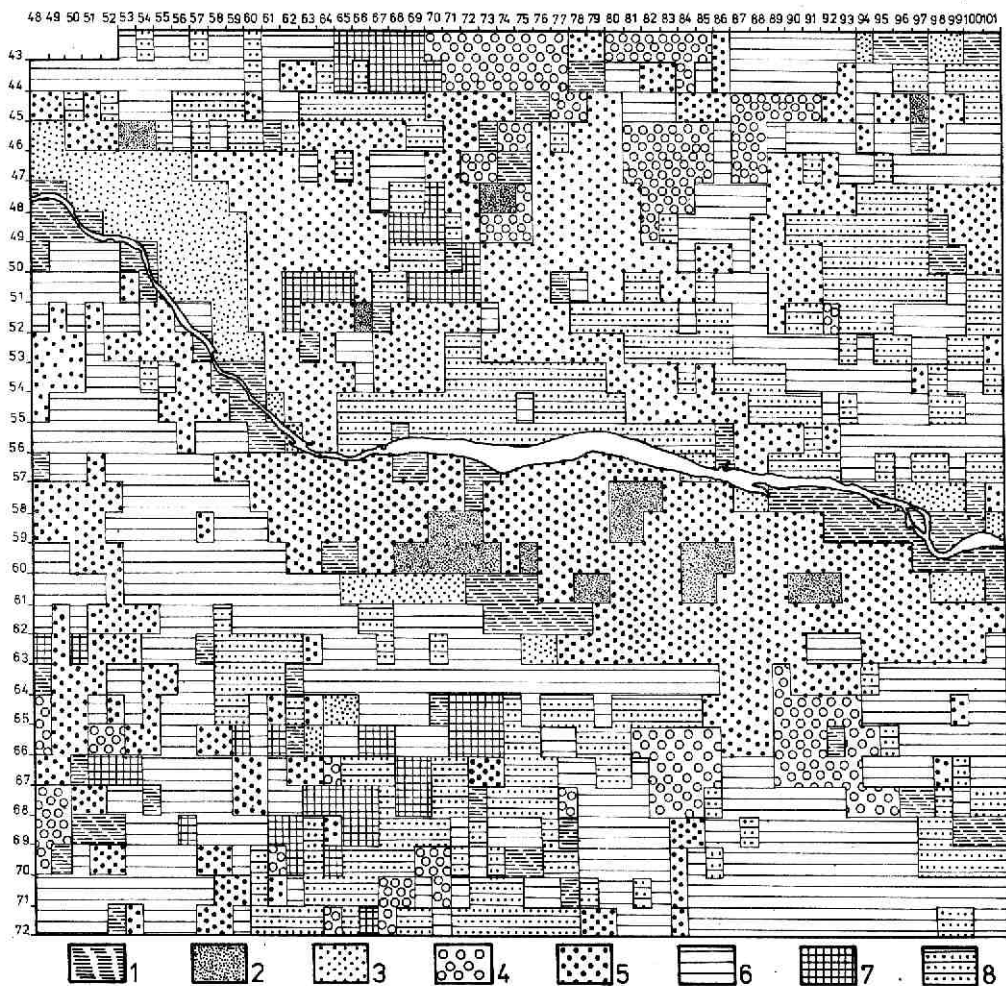
Fig. 2. Plock subscene of Landsat MSS band-7 image (1973.Nov.02) with the grid cells

Na podstawie uzyskanych densytogramów określono dla każdego pola podstawowego tak zwany stopień jasności ( $T_s$ ) (O l ę d z k i, 1992).

Do analizy wpływu elementów geosrodowiska na zróżnicowanie fototonu obrazu satelitarnego wybrano: litologię (utwory powierzchniowe), rzeźbę, wody podziemne, gleby i użytkowanie ziemi. Zbadano także rolę fototonu w wydzieleniu jednostek fotomorfolicznych, wyróżnionych na badanym terenie (O l ę d z k i, 1984, 1986, 1992).

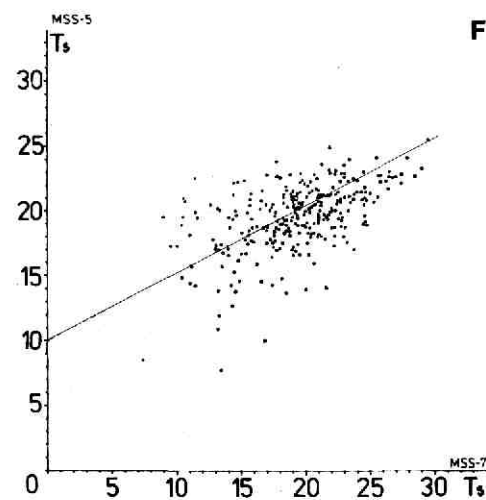
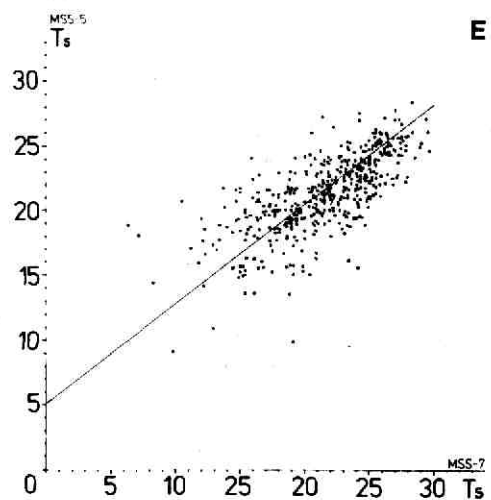
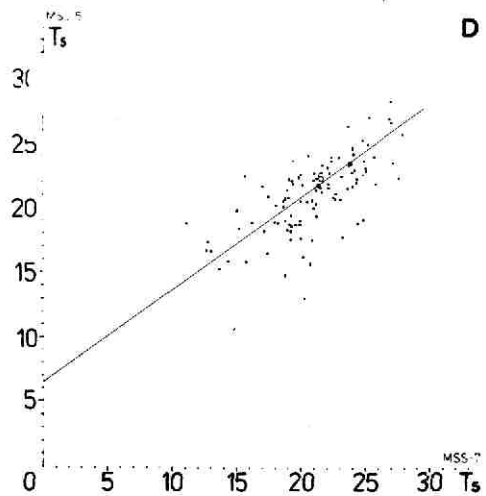
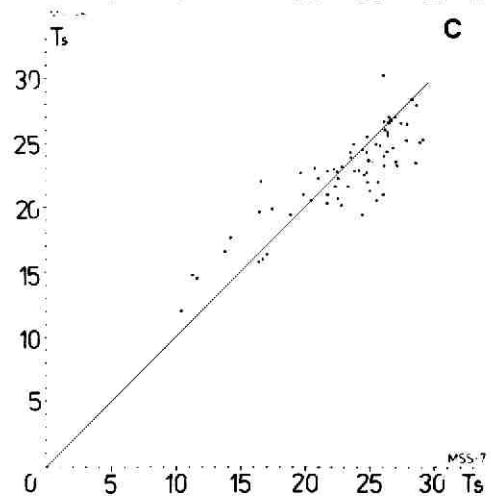
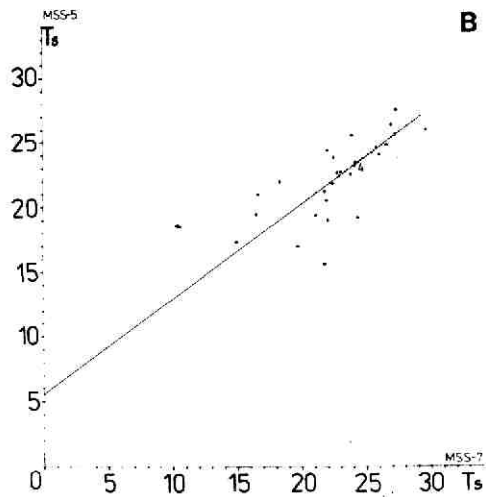
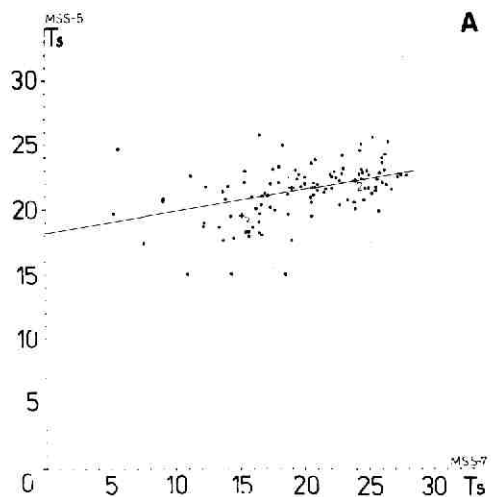
## FOTOTON A LITOLOGIA

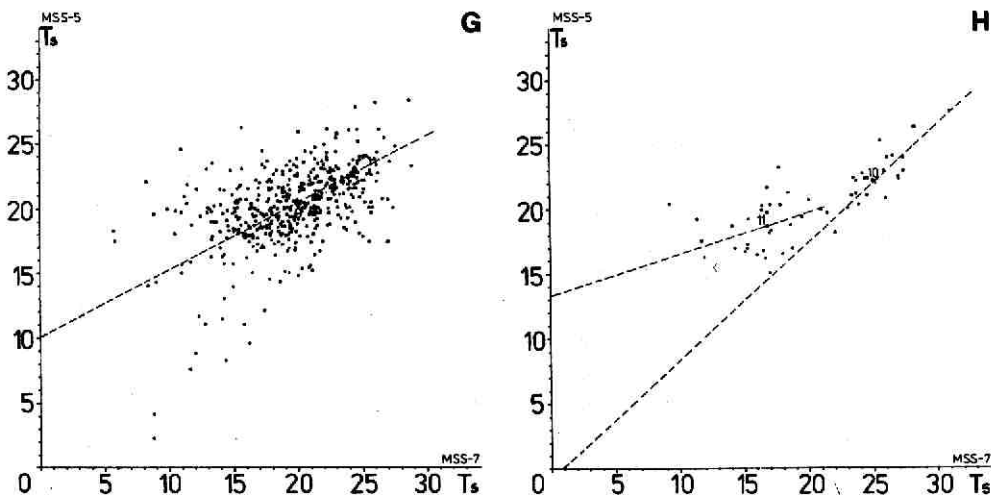
Na analizowanym fragmencie terenu wyróżniono, na podstawie *Przeglądowej mapy geologicznej w skali 1:300 000, arkusz Płock*, osiem rodzajów utworów powierzchni-



Ryc. 3. Geologia, utwory powierzchniowe w obrębie sceny płockiej. Według: *Przeglądowej mapy geologicznej Polski, w skali 1:300 000; arkusz: PŁOCK, 1947-1952.* 1 – torfy, mady i piaski rzeczne, 2 – piaski wydymowe i piaski bez gładzów, nieokreślonej genezy, 3 – piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych, 4 – piaski i żwiry akumulacji wodnolodowcowej, 5 – piaski akumulacji lodowcowej z gładzami w pradolinie Wisły, piaski warstwowane międzymorenowe, 6 – gliny zwałowe, 7 – piaski i żwiry, żwiry i skupienia gładzów, piaski i gliny zwałowe, w strefie moren: czołowych i wycięnięcia, 8 – piaski akumulacji lodowcowej z gładzami, na glinie zwałowej

Fig. 3. Geological map of the Plock subsene (from: *Geologic map of Poland, 1:300 000, sheet: Plock, 1947-1952*). 1 – peat, alluvial deposits and river sands, 2 – dune sands and the others sands indefinited origin, 3 – river sands of the accumulation terraces, 4 – fluvio-glacial sands and gravels, 5 – glacial sands with boulders in the Vistula ice-marginal valley and inter-morainic stratified sands, 6 – boulder clay, 7 – sands and gravels, gravels and boulders, sands and boulder clay within the end-moraine, 8 – glacial sands with bouldres underlied by boulder clay.





Ryc. 4. Klastry stopnia jasności w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej MSS-5 i MSS-7, dla geologicznych utworów powierzchniowych: A – torfy, mady i piaski rzeczne, B – piaski wydmy i piaski bez głazów, nieokreślonej genezy, C – piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych, D – piaski i żwiry akumulacji wodno-lodowcowej, E – piaski akumulacji lodowcowej z głazami w pradolinie Wisły i piaski warstwowane międzymorenowe, F – piaski akumulacji lodowcowej z głazami, na glinie zwałowej, G – gliny zwałowe, H – piaski i żwiry, żwiry i skupienia głazów, piaski i gliny zwałowe, w strefie moren: czołowych i wyciśnięcia

Fig. 4. Two-dimensional cluster diagrams for degree transmittance of the images loose rocks: A – peat, alluvial deposits and river sands, B – dune sands and the others sands indefinite origin, C – river sands of the accumulation terraces, D – fluvioglacial sands and gravels, E – glacial sands with boulders in the Vistula ice-marginal valley and inter-morainic stratified sands, F – glacial sands with bouldres underlied by boulder clay, G – boulder clay, H – sands and gravels, gravels and boulders, sands and boulder clay within the end-moraine

wych, ryc. 3. W niektórych przypadkach w jednej klasie połączono utwory charakteryzujące się wspólną genezą. Odnosi się to torfów, mad i piasków rzecznych (1), piasków wydmy i piasków bez głazów, nieokreślonej genezy (2), piasków akumulacji lodowcowej z głazami w pradolinie Wisły i piasków warstwowanych międzymorenowych (5) oraz piasków i żwirów, żwirów i skupień głazów oraz piasków i glin zwałowych w strefie moreny czołowej i moreny z wyciśnięcia (8). Może je również łączyć bliskość stratygraficzna, jak w przypadku piasków akumulacji lodowcowej z głazami, występujących na glinie zwałowej. Zdając sobie sprawę z daleko idących uogólnień litologicznych, wynikających z zastosowanej do tej analizy mapy geologicznej oraz stosunkowo dużych powierzchni pól podstawowych, dla których obliczano wskaźnik stopnia jasności, zestawiono wartości tego wskaźnika dla wyróżnionych utworów powierzchniowych w dwuwymiarowych wykresach stopnia jasności, ryc. 4.

Na przedstawionej tu rycinie zauważa się znaczne rozproszenie punktów w poszczególnych klastrach.

Dla torfów, mad i piasków rzecznych wskaźnik stopnia jasności dla kanału MSS-5 zmienia się od 15,0 do 25,7, a dla MSS-7 od 5,2 do 27,9. Poszczególne punkty rozmiesz-

czone są wzdłuż linii opisanej równaniem liniowym, przy założeniu, że  $y=0,175x+18,0$ , ryc. 4A. W zróżnicowaniu fototonu tych utworów istotną rolę odgrywa obraz wykonany w zakresie podczerwieni. W obrębie tego „rozrzedzonego” klastra wyodrębniają się trzy centra, które być może związane są ze składowymi wyróżnionej na mapie klasy utworów powierzchniowych.

Klastrę dla piasków wydmych i piasków bez głazów nieokreślonej genocy, ryc. 4B jest bardziej wyrównany w porównaniu z klastrami poprzednio omówionymi. Poszczególne punkty charakteryzujące stopień jasności dla kanału MSS-5 zmieniają swoją wartość w granicach od 15,7 do 27,5, a dla kanału MSS-7 od 15,0 do 29,6. Są one rozmieszczone wzdłuż prostej opisywanej równaniem liniowym:  $y=0,74x+5,5$ .

Klastrę dla piasków rzecznych tarasów akumulacyjnych, ryc. 4C, charakteryzuje się specyficznym rozmieszczeniem punktów wzdłuż prostej opisywanej równaniem liniowym  $y=x$ . Wartość stopnia jasności dla kanału MSS-5 zmienia się tu w granicach od 9,2 do 29,2, a dla kanału MSS-7 od 9,2 do 29,1.

Klastrę dla piasków i żwirów akumulacji wodno-lodowcowej, ryc. 4D, swoim kształtem nawiązuje do klastra piasków wydmych. Stopień jasności dla kanału MSS-5 zmienia się w granicach 13,0 do 28,2, a dla kanału MSS-7 od 11,1 do 27,9. Koncentracja punktów zwiększa się ku środkowi klastra. Dłuższą oś klastra opisuje równanie liniowe  $y=0,78x+6,4$ .

Klastrę dla piasków akumulacji lodowcowej z głazami w pradolinie Wisły i piasków warstwowanych międzymorenowych, ryc. 4E, ma kształt podobny do klastra dla piasków i żwirów akumulacji wodno-lodowcowej. Stopień jasności dla kanału MSS-5 zmienia się od 9,1 do 28,3, a dla kanału MSS-7 od 6,3 do 29,6. Oś klastra stanowi prosta opisywana równaniem liniowym  $y=0,767x+5,1$ .

Klastrę dla piasków akumulacji lodowcowej z głazami występującymi na glinie zwałowej, ryc. 4F, różni się swoim kształtem od klastrów dla poprzednio omawianych utworów powierzchniowych. Stopień jasności dla kanału MSS-5 zawiera się w przedziale 7,8-24,9, a dla kanału MSS-7 w granicach 8,9 do 29,5. Większość punktów klastra rozmieszczona jest wzdłuż prostej określonej równaniem liniowym:  $y=0,523x+10,01$ . Podobną konfigurację ma także klastrę dla glin zwałowych — ryc. 4G. Stopień jasności zmienia się w tym przypadku w kanale MSS-5 od 2,4 do 28,3 a w kanale MSS-7 od 5,7 do 28,8. Oś klastra tworzy prostą którą opisuje równanie:  $y=0,518x+10,09$ . Kształt tego klastra jak również jego ilościowa charakterystyka wskazują na duże podobieństwo do klastra dla glin zwałowych oraz piasków akumulacji lodowcowej z głazami spoczywającymi na glinie zwałowej.

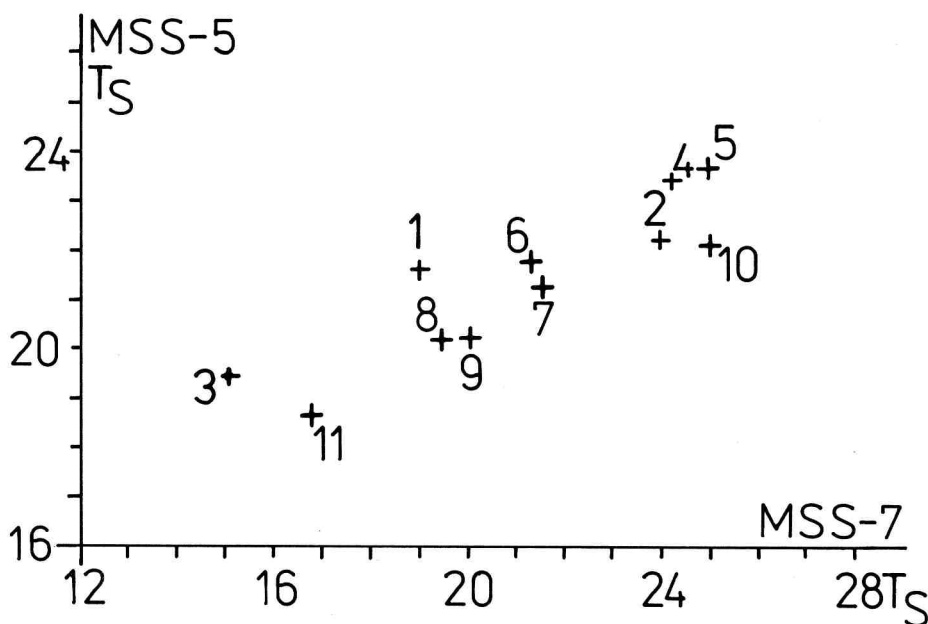
Najbardziej urozmaicony jest klastrę dla piasków i żwirów, skupień głazów oraz piasków i glin zwałowych w strefie moren: czołowej i z wyciśnięcia, ryc. 4H. Stopień jasności jest tu bardziej zróżnicowany w kanale MSS-7, zmieniając się od 9,3 do 31,0, niż w kanale MSS-5, w którym zmienia się od 15,0 do 27,5. Można tu wyróżnić dwa skupienia punktów — „podklastry”. W jednym z nich, punkty charakteryzują się wyższymi wielkościami stopnia jasności w kanale MSS-7. Jego oś opisuje równanie:  $y=0,913x-0,82$ . Drugi „podklastrę”, o punktach przyjmujących w kanale MSS-7 niższe wartości stopnia jasności oraz charakteryzujący się większym rozproszeniem punktów, opisuje równanie:  $y=0,331x+13,1$ . Pierwszy



z wyżej wymienionych podklastrow byłyby zbliżony do klastrow charakteryzujących piaski, drugi do klastra charakteryzującego gliny.

Z analizy środków klastrow, które zlokalizowano wizualnie, ryc. 5, wynika, że ośmiu rodzajom wyróżnionych, na podstawie mapy geologicznej, utworów powierzchniowych odpowiada kilka rodzajów klastrow.

Na podstawie powyższej analizy można sformułować wnioski odnośnie możliwości zróżnicowania fototonu w zależności od rodzajów utworów powierzchniowych. W jednej grupie fototonalnej znalazły się więc piaski i żwiry akumulacji wodno-łodwcowej (6) i piaski akumulacji lodowcowej z głazami z pradoliny Wisły oraz piaski warstwowane międzymorenowe (7). Wspólne charakterystyki fototonalne mają również gliny zwałowe (9) i piaski akumulacji lodowcowej z głazami spoczywające na glinie zwałowej (8). W trzeciej grupie występują piaski wydmore i piaski bez głazów (4) oraz piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych (5). Ze względu na generalizację występowania poszczegól-



Ryc. 5. Położenie środków klastrow analizowanych utworów powierzchniowych: 1, 2, 3 – torfy, mady i piaski rzeczne, 4 – piaski wydmore i piaski bez głazów, nieokreślonej genezy, 5 – piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych, 6 – piaski i żwiry akumulacji wodnolodowcowej, 7 – piaski akumulacji lodowcowej z głazami w pradolinie Wisły i piaski warstwowane międzymorenowe, 8 – piaski akumulacji lodowcowej z głazami, na glinie zwałowej, 9 – gliny zwałowe, 10 i 11 – piaski i żwiry, żwiry i skupienia głazów, piaski i gliny zwałowe, w strefie moren: czołowych i wyciśnięcia

Fig. 5. Two-dimensional diagram showing position of the central points of the clusters analysed loose rocks: 1, 2, 3 – peat, alluvial deposits and river sands, 4 – dune sands and the others sands indefinited origin, 5 – river sands of the accumulation terraces, 6 – fluvioglacial sands and gravels, 7 – glacial sands with bouldres in the Vistula ice-marginal valley and inter-morainic stratified sands, 8 – glacial sands with bouldres underlied by boulder clay, 9 – boulder clay, 10, 11 – sands and gravels, gravels and boulders, sands and boulder clay within the end-moraine

nych utworów na mapie geologicznej, trudno jest ustalić fototonalną przynależność takich utworów jak torfy, mady i piaski rzeczne (1, 2, 3). W klastrze charakteryzującym stopień jasności tych utworów wyodrębniają się trzy centra, co mogłoby sugerować, że każde z nich reprezentuje jeden z wymienionych tu utworów powierzchniowych. Podobna sytuacja jest w przypadku piasków i żwirów, żwirów i skupień gładów, piasków i glin zwałowych w strefie moreny czołowej i moreny z wyciśnięcia (10 i 11). Na podstawie bliskości położenia punktu (10) w stosunku do punktów (4) i (5) można przypuszczać, że reprezentuje on piaski, żwiry i skupienia gładów, a punkt (11) być może odpowiada glinom, jako, że najbliższymi sąsiadami są punkty (8) i (9) odpowiadające piaskom na glinie i glinom.

Analiza ta odnosi się do obszarów o stosunkowo niewielkim zróżnicowaniu litologicznym. Analizowano fotometrycznie obrazy o dość miernej jakości. Stopień jasności w tym przypadku jedynie w sposób pośredni charakteryzował utwory geologiczne. Mimo tych niekorzystnych okoliczności wydaje się, że fototon określany na wielospektralnych obrazach satelitarnych poprzez stopień jasności zależy od zróżnicowania występujących w terenie utworów geologicznych. Jednocześnie odzwierciedla on ich zróżnicowanie.

## FOTOTON A RZEŻBA

W obrębie analizowanego terenu wyróżnia się, w kategoriach genetycznych, dwa dziesięcia zespołów form rzeźby, ryc. 6.

Stosunkowo największą powierzchnię zajmują tu wysoczyzny morenowe płaskie, ukształtowane w okresie zlodowacenia bałtyckiego. Rzeźba tego typu występuje po obu stronach doliny Wisły, której szerokość osiąga tu dwadzieścia kilometrów. Na tle równin wysoczyznowych, miejscami spotyka się większe powierzchnie ukształtowane jako wysoczyzny morenowe faliste. Ten ostatni typ rzeźby występuje głównie na północ od doliny Wisły, w obrębie tak zwanego Pojezierza Dobrzyńskiego. Natomiast na południe od doliny Wisły, w obrębie Pojezierza Kujawskiego (Gilewska, 1986) spotyka się obszary ukształtowane w postaci pagórkowatej strefy marginalnej, a sporadycznie wałów moren spiętrzonych, jednych i drugich powstałych w strefie marginalnej zlodowacenia bałtyckiego. Znaczne powierzchnie zajęte są przez formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego.

Środkową część analizowanego terenu zajmuje dolina Wisły, nazywana Kotliną Płocką. W przeważającej części ukształtowana ona jest jako plejstoceńska (bałtycka) równina tarasowa. W zwężonym odcinku doliny Wisły, którym Kotlina Płocka przechodzi w Kotlinę Toruńską, wyróżniono na mapie geomorfologicznej większe formy erozji rzecznej.

Część terenu ukształtowana została przez procesy eoliczne w okresie późnego glacjału i w holocenie. Obecnie występują tu liczne wydmy oraz pola piasków przewianych.

Na północ od doliny Wisły, a w mniejszym stopniu na południe od niej, część terenu ukształtowana jest w postaci równin sandrowych.

Północno-wschodni oraz południowo-wschodni fragment badanego terenu zajmują obszary ukształtowane w okresie zlodowacenia środkowo-polskiego. Dominują tu zdenurowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej, ze sporadycznie występującymi formami moren akumulacyjnych (stadium Warty).

Poza wyżej wymienionymi zespołami form, sporadycznie występują, bądź to w obrębie terenu ukształtowanego w okresie zlodowacenia bałtyckiego, bądź w okresie zlodowacenia środkowo-polskiego, holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe oraz formy akumulacji organogenicznej. Na niewielkich fragmentach terenu występują ponadto: drumliny, wytopiska, kemy i ozy.

Wysokościowe zróżnicowanie tego terenu jest niewielkie. W obrębie obszarów wysoczyznowych, waha się od około 140 do 160 m n.p.m., a w dolinie Wisły od około 40 do 70 m n.p.m. W konsekwencji i fizjonomia tego obszaru na obrazach satelitarnych jest mało zróżnicowana.

Mimo to podjęto próbę odpowiedzenia na pytanie: czy przy tak stosunkowo niewielkim zróżnicowaniu rzeźby można mówić o jej wpływie na zróżnicowanie fototonu wielospektralnych obrazów satelitarnych. Podobnie jak i przy analizie fototonu i litologii, tak i w tym przypadku, każdy typ form rzeźby zestawiono z wartościami stopnia jasności, ryc. 7.

Zespół form wysoczyzny morenowej płaskiej reprezentuje klaster 543 punktów, ryc. 7A. Największe zagęszczenie punktów zawiera się w polu wyznaczonym przez wartość stopnia jasności dla MSS-5: 18,0 do 24,0 i dla MSS-7: od 15,0 do 25,0. Punkty klastra układają się wzdłuż osi, opisywanej równaniem:  $y=0,645x+7,45$ .

Klaster dla zdenudowanych wysoczyzn morenowych oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej, liczący 269 punktów, ryc. 7B, w stosunku do klastra wysoczyzn morenowych płaskich, charakteryzuje się większą zwartością przestrzenną. Największe zagęszczenie punktów układu się w polu o współrzędnych identycznych dla MSS-5 i MSS-7: 19,0 i 22,0. Punkty są rozmieszczone wzdłuż osi opisywanej równaniem:  $y=0,67x+6,85$ .

Kolejnym, pod względem zajmowanej powierzchni zespołem form rzeźby i liczebności klastra (247 punktów) są równiny tarasowe — plejstoceńskie, ryc. 7C. Odpowiadający im klaster charakteryzuje się większym rozproszeniem wartości stopnia jasności dla kanału MSS-7 (od 5,5 do 26,9) niż dla kanału MSS-5 (9,2 do 28,4). W klastrze tym zaznacza się także drugie centrum przesunięte w kierunku wyższych wartości  $T_s$  dla obrazów w obu kanałach MSS (MSS-5: 24,0 — 26,0 i MSS-7: 25,5 — 27,0). Może się to wiązać z różnym użytkowaniem ziemi w obrębie tego zespołu form rzeźby. Wyższe wartości  $T_s$  świadczące o mniejszej gęstości optycznej negatywu wskazują na ciemniejsze w rzeczywistości elementy pokrycia terenu, w tym przypadku — lasy. Podczas gdy mniejsze wartości  $T_s$  wskazują na tereny pozbawione szaty leśnej i pozostające w użytkowaniu rolniczym. Podobnie jak i w poprzednich przypadkach kształt klastra jest wydłużony i może być opisany równaniem:  $y=0,73x+6,19$ .

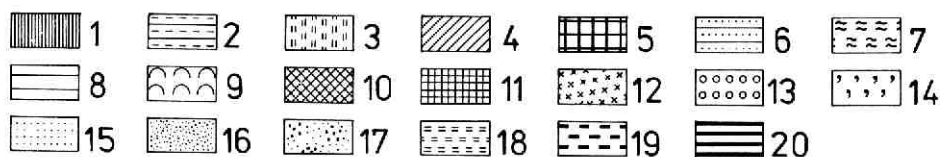
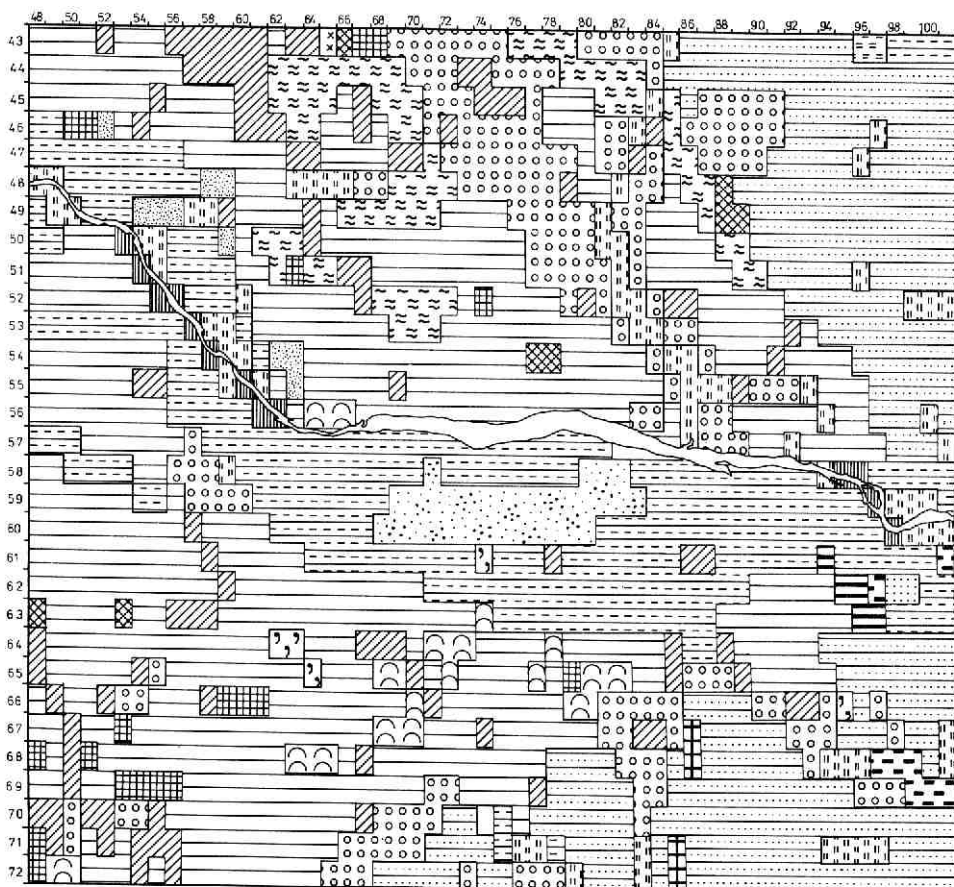
Kolejny, pod względem zajmowanej powierzchni zespół form to równiny sandrowe. Odpowiadający im klaster liczy 167 punktów, ryc. 7D. Posiada on wydłużony kształt którego oś opisywana jest równaniem:  $y=0,796x+5,2$ . Największe zagęszczenie punktów występuje w polu opisywanym wartościami  $T_s$ , dla MSS-5: 18,0 — 22,0 i dla MSS-7: 17,5 do 22,0.

Stosunkowo liczna jest liczebność klastra reprezentującego formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego (96 punktów), ryc. 7E. Poszczególne punkty tego klastra występują w znacznym oddaleniu od siebie, a jego kształt nawiązuje do klastrów wysoczyzn morenowych płaskich i zdenudowanych wysoczyzn

morenowych oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej. To podobieństwo może wynikać z faktu, że wskutek przyjęcia dużego pola odniesienia, dla którego określono wartość  $T_s$ , w jego obręb wchodziły w znacznej mierze powierzchnie przynależne do wysoczyzny morenowej. Jest to więc klaster reprezentujący raczej ten ostatni typ rzeźby niż formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego.

Klaster wysoczyzn morenowych falistych liczy 67 punktów, ryc. 7F, które układają się wzdłuż prostej opisywanej równaniem:  $y=0,878x+1,0$ . Większość punktów tego klastra zawarta jest w polu określonym przez wartości  $T_s$  dla MSS-5: 18,5 i 24,0 i dla MSS-7: 21,0 i 26,0.

Klaster holoceńskich równin zalewowych i nadzalewowych liczy również 67 punktów



tów, ryc. 7G. Największe ich zagęszczenie występuje w przestrzeni określonej wartościami  $T_s$ , dla MSS- 5: 20,0 i 23,0 i dla MSS-7: 18,0 i 26,0.

Klaster pól piasków przewianych liczy 32 punkty, ryc. 7H. Najwięcej z nich skupia się w polu wyznaczonym przez wartości  $T_s$ , dla MSS-5: 22,0 i 26,0 i dla MSS-7: 21,5 i 26,6.

Pozostałe typy form rzeźby charakteryzowane są przez klastry liczące poniżej 30 punktów, a większość z nich nawet poniżej 10 punktów, ryc. 7I, K, L, M, N, O.

Biorąc pod uwagę powyższą analizę oraz analizując położenie środków części klastrow o największym zagęszczeniu punktów, ryc. 8. można stwierdzić, że wpływ na zróżnicowanie fototonu satelitarnych obrazów wielospektralnych poszczególnych typów form rzeźby jest dość znaczny. Uwidacznia się on nie tyle poprzez genetyczno-wiekowe cechy rzeźby, co raczej przez cechy morfometryczne. Przykładem na poparcie tego wniosku jest bardzo bliskie położenie punktów (6) i (8), reprezentujących zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia środkowopolskiego i wysoczyzny morenowe płaskie ze zlodowacenia bałtyckiego. Przyczynę bliskości położenia punktu (4) reprezentującego formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego w stosunku do punktów (6) i (8) objaśniono już poprzednio.

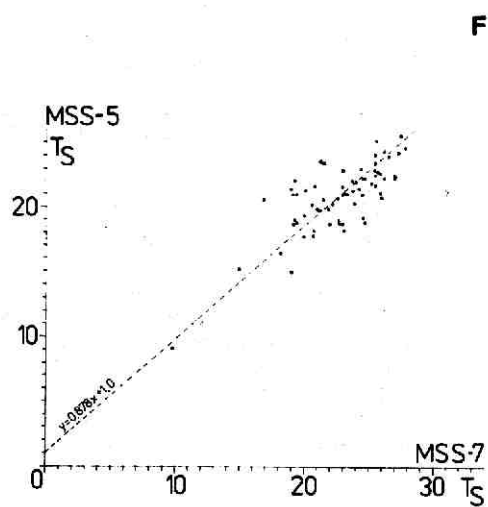
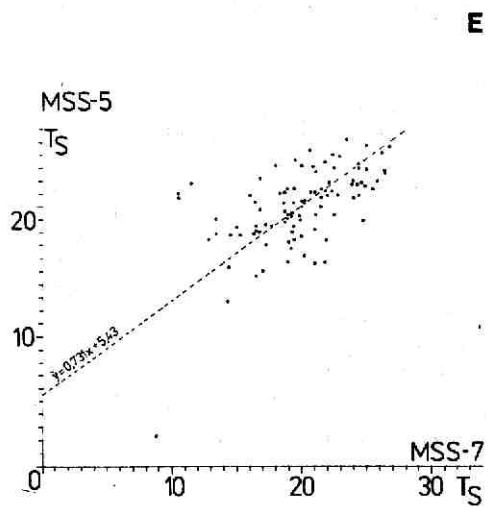
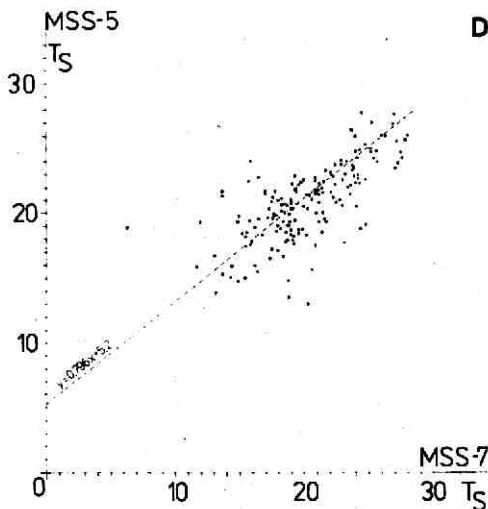
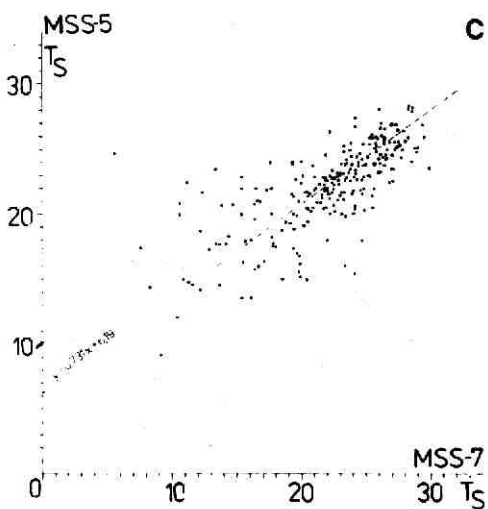
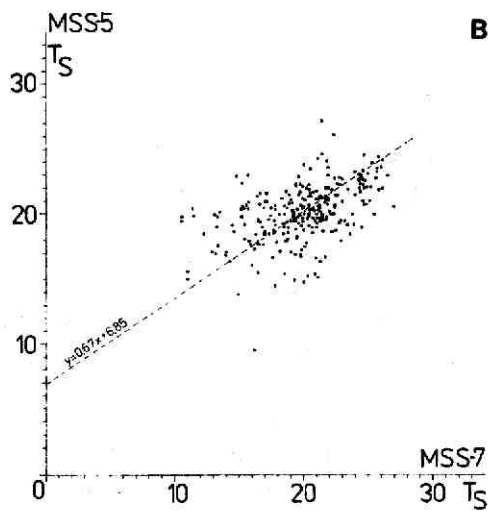
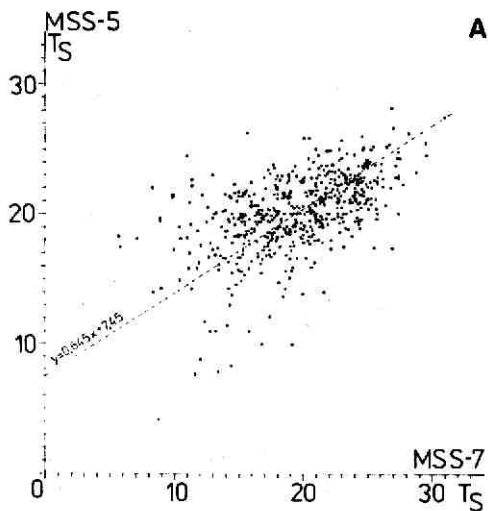
Zbliżoną charakterystykę fototonalną posiadają plejstocenijskie — bałtyckie, równiny tarasowe — punkt (2) i pola piasków przewianych — punkt (17), co jest zapewne związane z leśną formą użytkowania tych terenów.

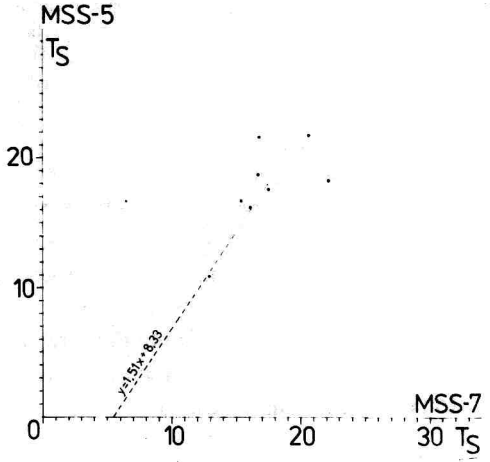
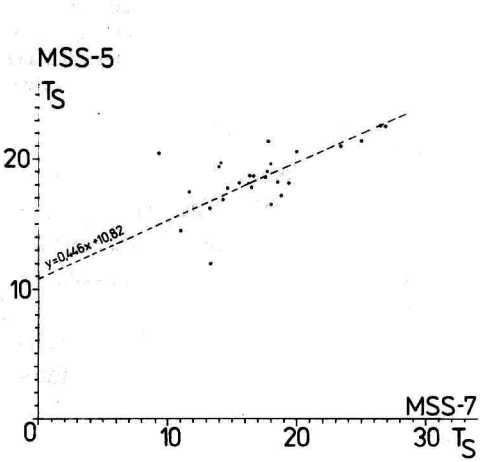
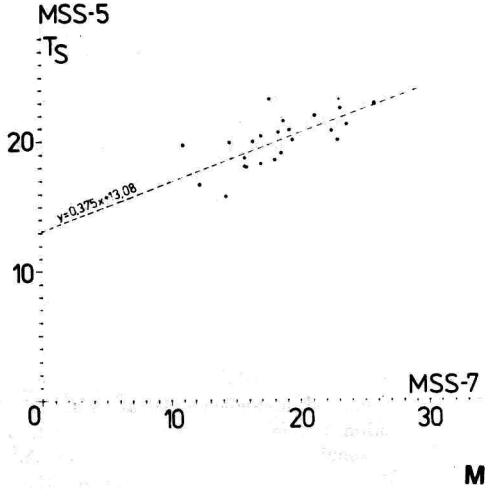
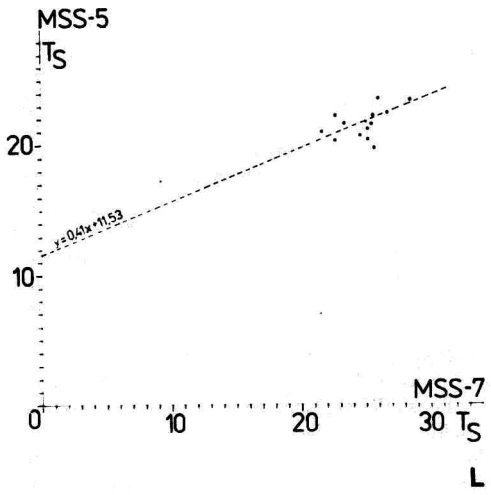
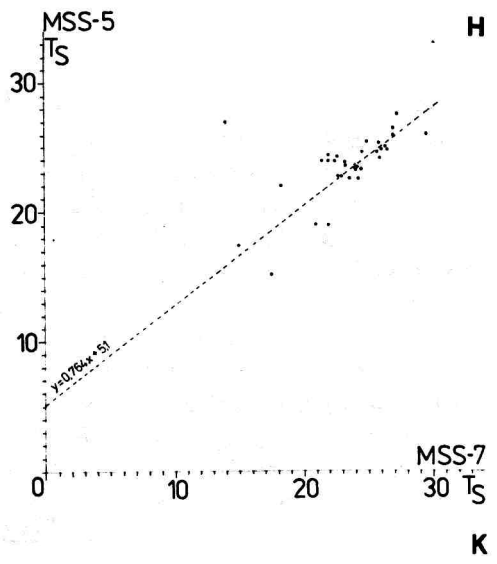
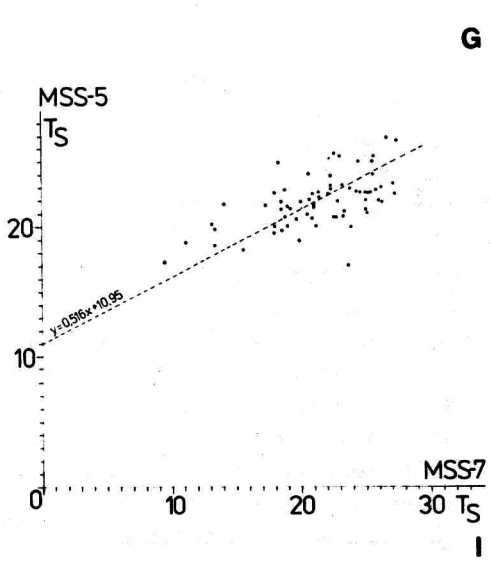
Pośrednią pozycję pomiędzy dwoma wyżej wymienionymi grupami typów form rzeźby zajmują na wykresie punkty: (1) — formy erozji rzecznej — koryta rzek, (3) — holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe i (7) — wysoczyzny morenowe faliste.

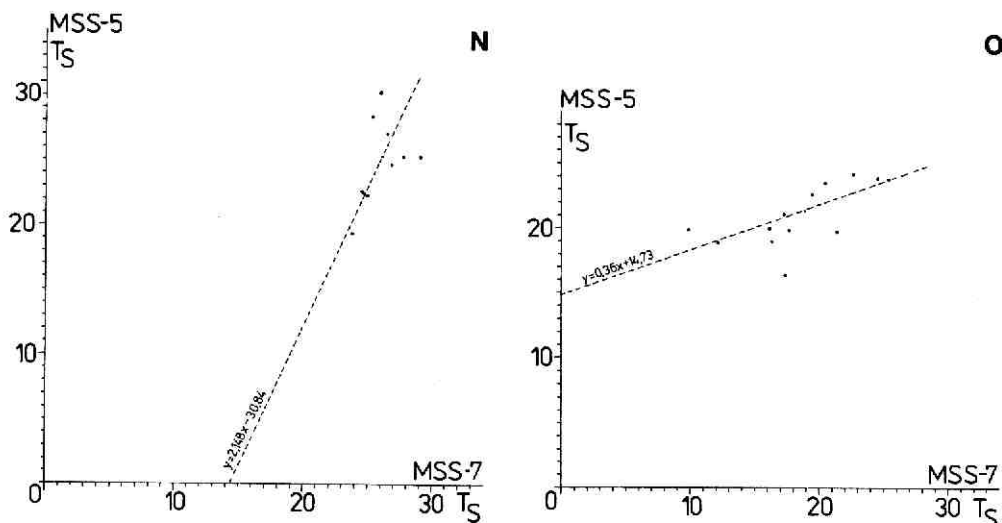
---

Ryc. 6. Geomorfologia, zespoły form rzeźby w obrębie sceny płockiej. Według: *Przeglądowa mapa geomorfologiczna Polski w skali 1:500 000*. 1 – formy erozji rzecznej – koryta rzek, 2 – plejstocenijskie równiny tarasowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 3 – holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe, 4 – formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 5 – formy moren akumulacyjnych (stadium Warty) w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, 6 – zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego. Formy akumulacji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego: 7 – wysoczyzna morenowa falista, 8 – wysoczyzna morenowa płaska, 9 – pagórkowata strefa marginalna, 10 – wały moren spiętrzonych w strefie marginalnej, 11 – wały moren akumulacyjnych w strefie marginalnej, 12 – drumliny, 13 – równiny sandrowe, 14 – wytopiska, 15 – kemy. Późnoglacialne i holocenijskie formy eoliczne: 16 – zwarte zespoły wydm – utrwalone, 17 – pola piasków przewianych. Formy organogeniczne holocenijskie: 18 – równiny akumulacji torfowiskowej, 19 – złożone równiny akumulacji torfowiskowo-jeziornej i torfowiskowo-rzecznej. Formy limniczne czwartorzędowe: 20 – równiny akumulacji jeziornej

Fig. 6. Geomorphological map of the Plock subscene (from: *General geomorphological map of Poland 1:500 000*). 1 – river channel, 2 – pleistocene terrace plains (Baltic glaciation, Würm), 3 – flood and unflood plains (Holocene), 4 – glacial-erosion and fluvio-glacial-erosion landforms (Baltic glaciation, Würm), 5 – landforms of accumulation moraine (Warta stage), 6 – denuded morainic and fluvio-glacial plateaux within the Middle Polish (Riss) glaciation. Glacial and fluvio-glacial accumulation landforms from the Baltic (Würm) glaciation period: 7 – undulant moraine plateaux, 8 – flat moraine plateau, 9 – hilly marginal zone, 10 – ramparts of push moraine within marginal zone, 11 – ramparts of accumulation moraine within marginal zone, 12 – drumlins, 13 - outwash plains, 14 – dead ice depressions, 15 – kames. Lateglacial and postglacial landforms of eolian origin: 16 – groups of dunes, overgrown vegetation, 17 – eolian sand plains. Landform produced by vegetation: 18 – peatbog plains, 19 – peatbog plains within river valleys and lake basins. Quaternary lacustrine landforms: 20 – lacustrine plains







Ryc. 7. Klastry stopnia jasności w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej MSS-5 i MSS-7, dla form rzeźby.

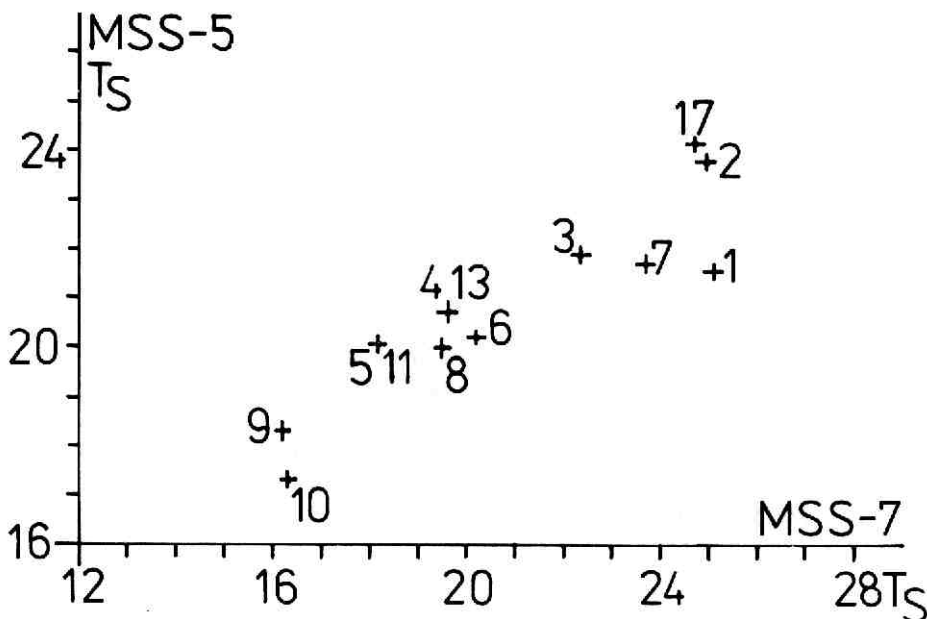
A – wysoczyzna morenowa płaska z okresu zlodowacenia bałtyckiego, B – zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, C – plejstoceńskie równiny tarasowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego, D – równiny sandrowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego, E – formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego, F – wysoczyzna morenowa falista z okresu zlodowacenia bałtyckiego, G – holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe, H – pola piasków przewianych, I – formy erozji rzecznej – koryta rzek, K – wały moren akumulacyjnych w strefie marginalnej z okresu zlodowacenia bałtyckiego oraz formy moren akumulacyjnych (stadium Warty) w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, L – pagórkowata strefa marginalna z okresu zlodowacenia bałtyckiego, M – wały moren spiętrzonych w strefie marginalnej z okresu zlodowacenia bałtyckiego, N – późnolodowcowe i holocenijskie zwarte zespoły wydym – utrwalone, O – równiny akumulacji torfowiskowej, złożone równiny akumulacji torfowiskowo-jeziornej i torfowiskowo-rzecznej; formy limniczne czwororzędowe – równiny akumulacji jeziornej

Fig. 7. Two-dimensional cluster diagrams for degree transmittance of the images landforms. B – denuded morainic and fluvioglacial plateaux within the Middle Polish (Riss) glaciation, K – ramparts of accumulation moraine within marginal zone from the Baltic (Würm) glaciation period and landforms of accumulation moraine (Warta stage) within the Middle Polish (Riss) glaciation. Landforms from the Baltic (Würm) glaciation period: A – flat moraine plateaux, C – pleistocene terrace plains, D – outwash plains, E – glacial-erosion and fluvioglacial-erosion landforms, F – undulant moraine plateaux, L – hilly marginal zone, M – ramparts of push moraine within marginal zone. Holocene landforms: G – flood and unflood plains, H – eolian sand plains, I – river channels, N – lateglacial and postglacial groups of dunes, overgrown vegetation, O – peatbog plains, peatbog plains within river valleys and lake basins, lacustrine plains.

Odrębnością fototonalną charakteryzują się formy akumulacji lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego: strefa marginalna — punkt (9) i wały moren spiętrzonych w strefie marginalnej — punkt (10). Najbliższym im jest punkt (5/11) reprezentujący moreny akumulacyjne stadium Warty i wały moren akumulacyjnych w strefie marginalnej, z okresu zlodowacenia bałtyckiego.

Z analizy położenia punktów przedstawionych na ryc. 8, wynika, że formy rzeźby bardziej wpływają na zróżnicowanie fototonów na obrazie w kanale MSS-7, niż na fototon obrazu w kanale MSS-5.





Ryc. 8. Położenie środków klastrow analizowanych form rzeźby: 1 – formy erozji rzecznej – koryta rzek, 2 – plejstocenijskie równiny tarasowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 3 – holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe, 4 – formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 5 – wały moren akumulacyjnych w strefie marginalnej z okresu zlodowacenia bałtyckiego oraz formy moren akumulacyjnych (stadium Warty) w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, 6 – zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, 7 – wysoczyzna morenowa falista z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 8 – wysoczyzna morenowa płaska z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 9 – pagórkowata strefa marginalna z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 10 – wały moren spiętrzonych w strefie marginalnej z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 11 – wały moren akumulacyjnych w strefie marginalnej z okresu zlodowacenia bałtyckiego oraz formy moren akumulacyjnych (stadium Warty) w zasięgu zlodowacenia środkowopolskiego, 13 – równiny sandrowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego, 17 – pola piasków przewianych

Fig. 8. Two-dimensional diagram showing position of the central points clusters of the landforms. 1 – river channels, 2 – pleistocene terrace plains (Baltic glaciation, Würm), 3 – flood and unflood plains (Holocene), 4 – glacial-erosion and fluvio-glacial-erosion landforms (Baltic glaciation, Würm), 5 – ramparts of accumulation moraine within marginal zone from the Baltic (Würm) glaciation period and landforms of accumulation moraine (Warta stage) within the Middle Polish (Riss) glaciation, 6 – denuded morainic and fluvio-glacial plateaux within the Middle Polish (Riss) glaciation, 7 – undulant moraine plateaux from the Baltic (Würm) glaciation period, 8 – flat moraine plateau from the Baltic (Würm) glaciation period, 9 – hilly marginal zone from the Baltic (Würm) glaciation period, 10 – ramparts of push moraine within marginal zone from the Baltic (Würm) glaciation period, 11 – ramparts of accumulation moraine within marginal zone from the Baltic (Würm) glaciation period and landforms of accumulation moraine (Warta stage) within the Middle Polish (Riss) glaciation, 13 – outwash plains from the Baltic (Würm) glaciation period, 17 – eolian sand plains

Tak więc, dla pozytywowej wersji czarnobiałych obrazów z Landsata, wykonanych w kanałach MSS-5 i MSS-7, można przyjąć następującą sekwencję zależności fototonów od form rzeźby.

W fototonach najjaśniejszych przedstawiane są: pagórkowata strefa marginalna (9) oraz wały moren spiętrzonych (10).

W fototonie nieco ciemniejszym przedstawiane są: wały moren akumulacyjnych w strefie marginalnej zlodowacenia bałtyckiego (11) i moreny akumulacyjne stadium Warty (5), a następnie zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej (6), wysoczyzny morenowe płaskie (8), formy erozji lodowcowej i rzeczno-lodowcowej (4) oraz równiny sandrowe (13).

W jeszcze ciemniejszych fototonach przedstawiane są: formy erozji rzecznej — koryta rzek (1) oraz holocenijskie równiny zalewowe i nadzalewowe (3), a także wysoczyzny morenowe faliste z okresu zlodowacenia bałtyckiego (7).

W fototonach najciemniejszych przedstawiane są plejstoceńskie równiny tarasowe z okresu zlodowacenia bałtyckiego (2) i pola piasków przewianych (17).

Opisana powyżej sekwencja relacji między fototonem a obrazem form rzeźby wydaje się być w pełni logiczna.

## FOTOTON A WODY PODZIEMNE

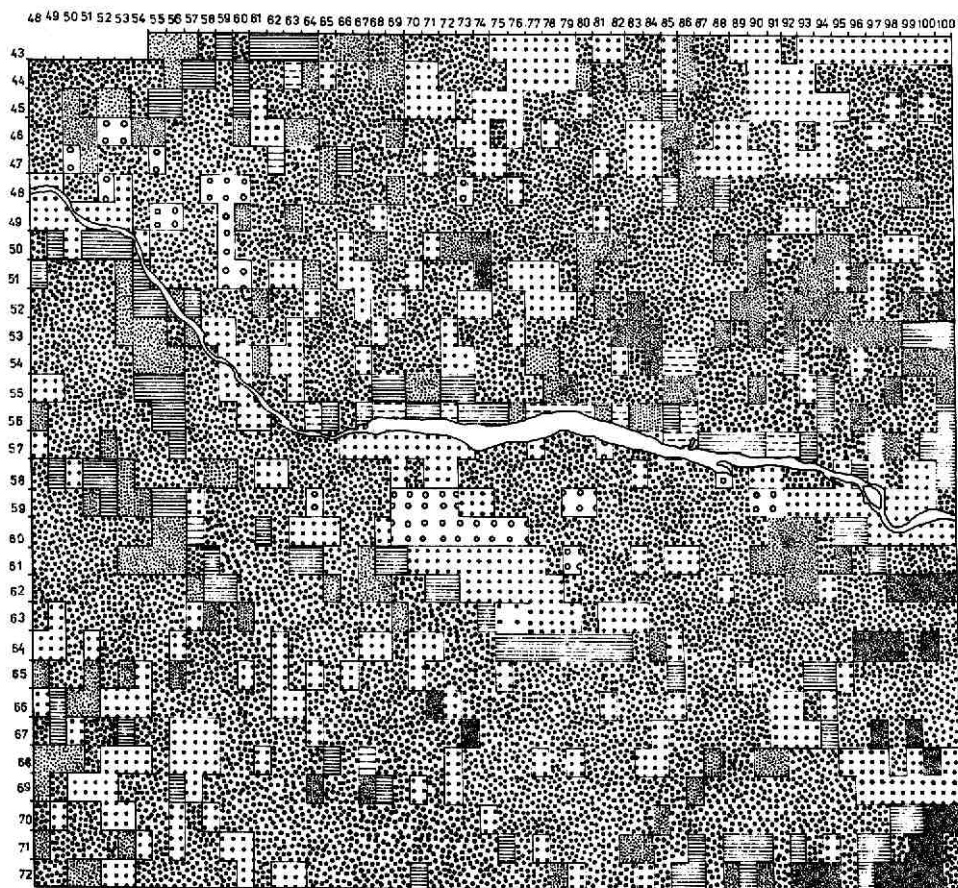
Stosunki hydrologiczne badanego terenu, ryc. 9, nawiązują do głównych rysów ukształtowania rzeźby. Niewielkie różnice w rzeźbie nie mogą więc powodować większych różnic w stosunkach hydrologicznych, a szczególnie w głębokości występowania pierwszego poziomu wód podziemnych.

Obszary z najpłycej występującymi wodami podziemnymi (0 — 2 m) zajmują około 18% badanego terenu. W literaturze teledetekcyjnej (Ciołkosz, Miszański, Ołędzki, 1986) przyjmuje się, że wody te stosunkowo silnie oddziałują na wygląd takich obszarów, a tym samym i jakkolwiek obrazów lotniczych i satelitarnych. Rozmieszczenie obszarów z płytko występującymi wodami podziemnymi nie wykazuje wyraźnych prawidłowości. Pojawiają się one w obrębie wszystkich głównych typów form rzeźby. Najczęściej spotyka się je w dnach dolin rzecznych (dno doliny Wisły, dolina Rakutowki i basen jeziora Rakutowskiego oraz doliny Słudwi i Ochni) oraz w obrębie moreny dennej i czołowej.

Klaster dla obszarów z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 0 do 2 m, ryc. 10A, charakteryzuje się znacznym rozproszeniem punktów. Największe ich skupienie dla obrazu w kanale MSS-5 zawarte jest w przedziale stopnia jasności od 17,0 do 23,0, a dla kanału MSS-7 od 16,0 do 25,0. Oś tego klastra określa równanie  $y=0,462x+11,6$ .

Największą powierzchnię, około 61% badanego terenu zajmują obszary z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 2 do 5 m. Związane one są głównie terenami ukształtowanymi jako morena denna. Stosunkowo niewielkiej głębokości występowania tych wód towarzyszą znaczne wahania ich głębokości w ciągu roku, osiągające 3 m. Ze względu na niewielką różnicę w głębokości występowania tych wód w stosunku do wód płytkich (0 — 2 m) i znaczne wahania głębokości ich występowania w ciągu ro-

ku oraz pośrednią metodę wnioskowania o ich obecności nie wykonano dla nich analizy klastrowej. Obliczono jedynie średnie wartości  $T_S$  dla kanałów MSS-5 i MSS-7. Wynaszą one odpowiednio 20,9 i 20,7, ryc. 11. Pomimo pośredniego charakteru odwzorowania tych wód na obrazie satelitarnym, porównanie stopni jasności dla obszarów z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 2 do 5 m ze stopniem jasności dla obszarów z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 0 do 2 m, potwierdza pra-



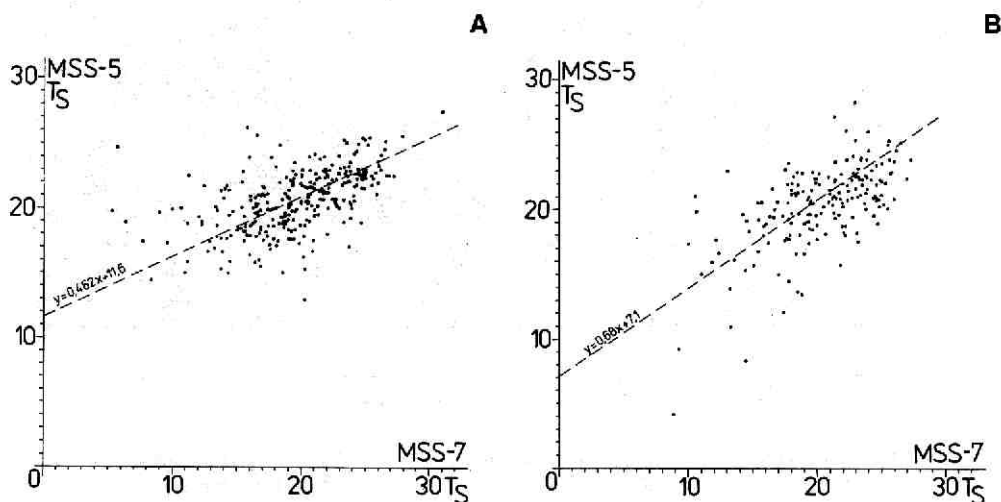
Ryc. 9. Występowanie wód podziemnych w obrębie sceny płockiej. Według: Przeglądowa mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:300 000, arkusz: PŁOCK, 1960. Wydawnictwa Geologiczne. Pierwszy poziom wód podziemnych występuje na głębokości: 1 – 0-2 m, 2 – 2-5 m, 3 – 2-15 m, 4 – 5-10 m, 5 – 5-20 m, 6 – 10-20 m, 7 – głębiej niż 20 m

Fig. 9. Phreatic water map of the Płock subsense (from: Hydrogeological map of Poland 1:300 000, sheet: Płock). Depth of the water table in (m): 1 – 0-2 m, 2 – 2-5 m, 3 – 2-15 m, 4 – 5-10 m, 5 – 5-20 m, 6 – 10-20 m, 7 – above 20 m

widłowość zależności fototonu obrazu satelitarnego w obu przedziałach spektralnych od głębokości występowania tych wód. Zgodnie z założeniami teoretycznymi obszary z wodami płytszymi, na analizowanym negatywie kanału MSS-5 są jaśniejsze, czyli na pozytywie będą ciemniejsze, a na obrazie w kanale MSS-7, na negatywie są ciemniejsze, czyli, że na pozytywie będą jaśniejsze (co zapewne wiąże się z występowaniem tu żywej, zielonej roślinności, odbijającej promieniowanie podczerwone). Natomiast dla obszarów z głębiej występującymi (2 — 5 m) wodami podziemnymi stopień jasności dla obrazów w obu kanałach spektralnych jest prawie identyczny, jednak nieco większy niż przy płytkich wodach podziemnych. Jest to zgodne z założeniami teoretycznymi, wedle których obszary moreny dennej, zbudowane z glin i w niewielkim stopniu pokryte roślinnością (data wykonania zdjęcia: 2-go listopada) będą miały fototon, w pozytywie, nieco ciemniejszy niż w przypadku obrazu obszarów z płytko występującymi wodami podziemnymi, z którymi wiąże się występowanie łąk, zielonych również w tej porze roku, które na obrazie w podczerwieni będą miały zdecydowanie jasny fototon.

Analizę klastrową wykonano natomiast dla obszarów z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 5 do 10 m. Obszary takie zajmują 19% badanego terenu i przestrzennie związane są występowaniem rzeźby czołowomorenowej. Zlokalizowane one są na północ od Włocławka w przykrawędziowych strefach doliny Wisły i Skrzywy oraz, w niektórych miejscach występowania moreny dennej pomiędzy Kutnem i Żychlinem.

Klaster dla obszarów z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 5 do 10 m jest dość rozproszony, ryc. 10B. Największe zagęszczenie punktów ograniczone jest współrzędnymi  $T_s$ : 18,0 i 23,0 dla kanału MSS-5 oraz 18,0 i 26,0 dla kanału MSS-7.



Ryc. 10. Klaster stopnia jasności w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej MSS-5 i MSS-7, dla wód podziemnych występujących na głębokości: A – 0-2 m, B – 5-10 m

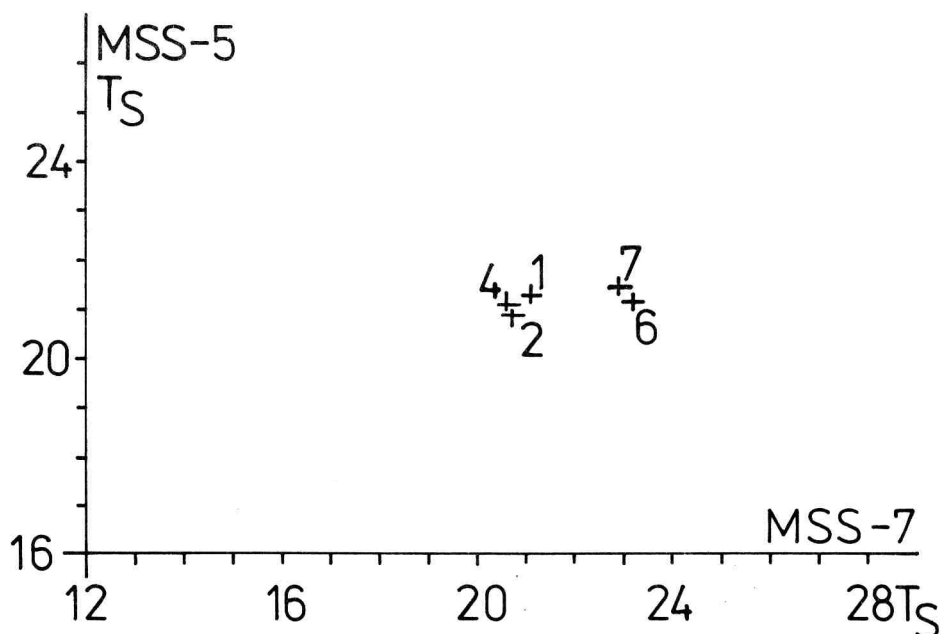
Fig. 10. Two-dimensional cluster diagrams for degree transmittance of the images areas with phreatic water occurring on the depth: A – 0-2 m, B – 5-10 m

Oś tego klastra opisywana jest przez równanie:  $y=0,68x+7,1$ . Średnie wartości  $T_s$  dla obu obrazów są identyczne i wynoszą 20,2.

W zestawieniu z podobnymi średnimi dla obszarów z wodami podziemnymi występującymi na głębokości od 2 do 5 m, wynika wniosek o ich znikomym wpływie, w tym środowisku, na kształtowanie fototonu obrazu satelitarnego w obu przedziałach spektralnych.

Na powierzchni około 1% badanego terenu wody podziemne występują na głębokości od 10 do 20 m i poniżej 20 m. Średnie wskaźniki  $T_s$  dla obszarów z głęboko występującymi wodami podziemnymi są nieco wyższe niż w poprzednio przedstawionych przypadkach. Jednak ze względu na lokalizację pól podstawowych, charakteryzują one raczej wody powierzchniowe Zbiornika Włocławskiego niż obszary z głęboko występującymi wodami podziemnymi.

Podsumowując tą część rozważań należy więc stwierdzić, że związek między fototonem zarejestrowanym w obu kanałach MSS, a głębokością występowania wód podziemnych jest słaby i ograniczony, poprzez łańcuch pośrednich zależności, jedynie do tych obszarów gdzie wody podziemne występują na głębokości od 0 do 2 m. Pozostałe obszary z wymienionymi tu przedziałami głębokości występowania wód podziemnych nie znajdują swego odzwierciedlenia, ani w świetle wizualnej analizy obrazów satelitarnych (Oleńdzki, 1986), ani w świetle analizy klastrowej.



Ryc. 11. Położenie środków klastrow oraz średnich wartości stopnia jasności dla klas głębokości wód podziemnych: 1 – 0-2 m, 2 – 2-5 m, 4 – 5-10 m, 6 – 10-20 m, 7 – głębiej niż 20 m

Fig. 11. Two-dimensional diagram showing the central points of the clusters areas with phreatic water occurring on the depth: 1 – 0-2 m, 2 – 2-5 m, 4 – 5-10 m, 6 – 10-20 m, 7 – above 20 m

## FOTOTON A POKRYWA GLEBOWA

Analizę pokrywy glebowej z punktu widzenia jej wpływu na własności optyczne terenu przeprowadzono porównując obrazy satelitarne z mapą gleb w skali 1:300000. Ze względu na nieco odmienną terminologię gleboznawczą w stosunku do obecnie stosowanej, przy omawianiu poszczególnych gleb dodatkowo będą podawane terminy stosowane dla mapy gleb w skali 1:500 000 (*Gleby Polski*, 1972). Występujące na obu mapach różnice w przebiegu granic wyróżnianych na nich jednostek glebowych są stosunkowo niewielkie i chociaż istnieją, w przypadku tej analizy mogą być pominięte.

W granicach analizowanego terenu stosunkowo największą powierzchnię zajmują gleby biellicowe — lekkie i średnie, wytworzone z glin zwałowych oraz piasków naglinowych i naitowych (=gleby płowe, brunatne wylugowane oraz gleby odgórnie oglejone). Do tego typu, zaliczone są również gleby wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia (=pyłów różnej genezy). Występują one głównie w północnowschodniej części badanego terenu oraz na południe od doliny Wisły. Drugim, pod względem zajmowanej powierzchni, typem gleb są gleby biellicowe i bielice — piaski słabogliniaste i gliniaste. Można je spotkać we wschodniej części Kotliny Płockiej oraz na obszarach położonych na północ od doliny Wisły, na północ od Włocławka. Stosunkowo znaczną powierzchnię zajmują również gleby biellicowe — luźne (=gleby rdzawe i biellicowe — piaski luźne). Występują one w zachodniej części Kotliny Płockiej po prawej stronie doliny Wisły, poniżej Włocławka. Na uwagę zasługują również czarne ziemie wytworzone z glin i ilów różnego pochodzenia (=czarne i szare ziemie), występujące niewielkimi płatami, głównie na południe od doliny Wisły. Miejscami w przykorytowej części doliny Wisły oraz w obrębie większych i mniejszych obniżzeń rozsianych sporadycznie w obrębie badanego terenu spotyka się gleby bagienne (=hydromorficzne) oraz mady. Niewielkie fragmenty badanego terenu, zwłaszcza w jego południowej części zajęte są przez gleby brunatne właściwe i gleby brunatne wylugowane, ryc. 12.

Analizując zależności między stopniem jasności (fototonem) a pokrywą glebową należy zdawać sobie sprawę, że zależności te o ile istnieją, mają charakter pośredni i odzwierciedlają w większości przypadków, tak jak i przy innych komponentach środowiskową kompleksowość ich powiązań.

Analizę rozpoczęto od gleb brunatnych, a następnie poprzez gleby biellicowe, czarne ziemie i gleby bagienne, zakończono na madach rzecznych.

Gleby brunatne wytworzone z glin zwałowych oraz piasków naglinowych i naitowych (=gleby brunatne właściwe i gleby brunatne wylugowane, wytworzone z piasków gliniastych naglinowych i glin zwałowych lekkich) reprezentuje klastery liczący 27 punktów, ryc.13A. Choć są one dość znacznie rozproszone to jednak można wyróżnić tu dwa ich skupienia. Pierwsze z nich zawarte jest w przestrzeni określonej wartościami stopnia jasności, dla MSS-5: 17,4 i 21,3 i dla MSS-7: 16,4 i 20,0, a drugie w przestrzeni określonej wartościami  $T_s$ , dla MSS-5: 20,0 — 22,3 oraz dla MSS-7: 22,4 - 25,0. Być może jest to odzwierciedlenie dwoistej natury gleb wyróżnionych w legendzie obu map. Na mapie 1:300000 zaznaczono tu gleby brunatne lekkie i średnie, a na mapie 1:500000 — gleby wytworzone z piasków gliniastych i z glin zwałowych. Przebieg osi całego klastra określa równanie:  $y=0,334x+13,3$ .

Ze względu na niewielką liczbę pól podstawowych oraz na znaczny udział w tych

polach powierzchni wodnych, które w tym przypadku zakłócają interpretację stopnia jasności gleb nie sporządzono klastra dla gleb brunatnych ciężkich. O ich własnościach optycznych można jedynie sądzić na podstawie dwóch pól podstawowych. Średnie wartości stopnia jasności w obu kanałach MSS są niewielkie i wynoszą dla MSS-5: 15,4 a dla MSS-7: 12,4. Dane te być może wskazują i potwierdzają spostrzeżenie z analizy klastra gleb brunatnych: lekkich i średnich, że wyróżniające się w nim skupienia punktów związane są ze stopniem „ciężkości” tych gleb. Ogólnym wnioskiem byłoby stwierdzenie, że stopień jasności tych gleb na obrazie w kanale MSS-7 obniża się wraz ze zwiększaniem się „ciężkości” (ilastości i gliniastości) tych gleb.

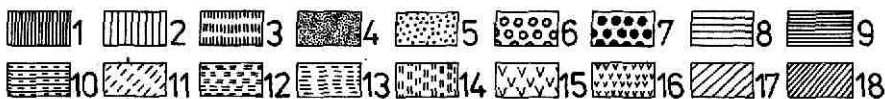
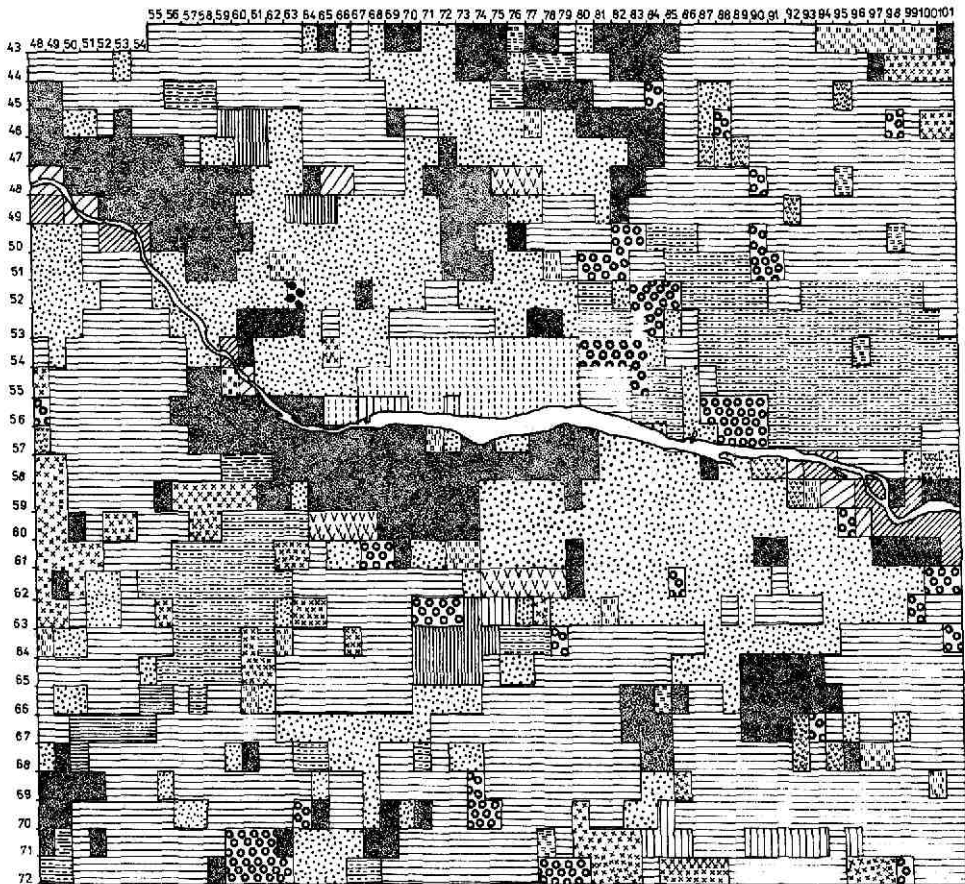
Trzecim rodzajem gleb w typie gleb brunatnych są gleby wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia (=gleby brunatne właściwe i gleby brunatne wylugowane, wytworzone z pyłów różnej genezy. Klaster reprezentujący te gleby składa się z 35 punktów, ryc. 13B. Ma on wyraźnie wydłużony kształt, układający się wzdłuż osi opisywanej równaniem:  $y=0,6x+6,6$ . Stopień jasności w kanale MSS-7 jest tu bardziej zróżnicowany (od 10,4 do 29,0) niż w kanale MSS-5 (od 16,6 do 24,1).

Wśród gleb bielcowych wyróżniono siedem rodzajów gleb. Cztery rodzaje gleb wytworzonych z piasków, dwa rodzaje gleb wytworzonych z glin zwałowych oraz piasków naglinowych i naitowych oraz jeden rodzaj gleb wytworzonych z utworów pyłowych wodnego pochodzenia. Klaster reprezentujący gleby bielcowe — luźne, wytworzone z piasków (=gleby rdzawe i bielcowe — piaski luźne: starych tarasów akumulacyjnych), składa się z 227 punktów, ryc. 13C. Ma on wydłużony kształt o osi opisywanej równaniem:  $y=0,832x+3,03$ . Największe zagęszczenie punktów jest w przestrzeni określonej wartościami stopnia jasności: dla MSS-5: 21,0 — 28,5 i dla MSS-7: 21,0 — 30,0. Jednak szczególnie w tym przypadku jak i w następnym, wartości stopnia jasności powiązane są z glebami pośrednio poprzez szatę roślinną. Rosną tu lasy iglaste, stąd tak duże (w negatywowym obrazie) wartości stopnia jasności.

Jeszcze liczniejszy jest klaster gleb bielcowych — słabogliniastych (=gleby bielcowe i bielice — piaski słabogliniaste i gliniaste: starych tarasów akumulacyjnych), ryc. 13D. Liczy on 347 punktów, układających się wzdłuż osi opisywanej równaniem:  $y=0,77x+4,0$ . największe zagęszczenie punktów jest w przestrzeni wyznaczonej przez stopień jasności dla MSS-5: 20,0 — 24,0 i dla MSS-7: 22,0 — 26,0. Mniejsze wartości stopnia jasności pośrednio świadczą o większej żyzności tych gleb, powodującej zwiększony udział w szacie roślinnej bądź to drzew liściastych, bądź też przeznaczeniem gruntów pod użytki rolne.

Gleby bielcowe gliniaste (=gleby rdzawe i bielcowe, piaski słabogliniaste i gliniaste) reprezentowane są przez klaster liczący 57 punktów, ryc. 13E. Rozproszenie punktów jest znaczne. W sposób bardziej zwarty występują one w niewielkiej przestrzeni określonej wartościami  $T_s$ , dla MSS- 5: 20,7 — 23,2 i dla MSS-7: 20,4 -23,2. Większość punktów układa się wzdłuż osi opisywanej równaniem:  $y=0,746x+5,82$ . Dane te wskazują na utrzymywanie się tendencji do obniżania wartości stopnia jasności wraz ze zwiększaniem się „gliniastości” gleb.

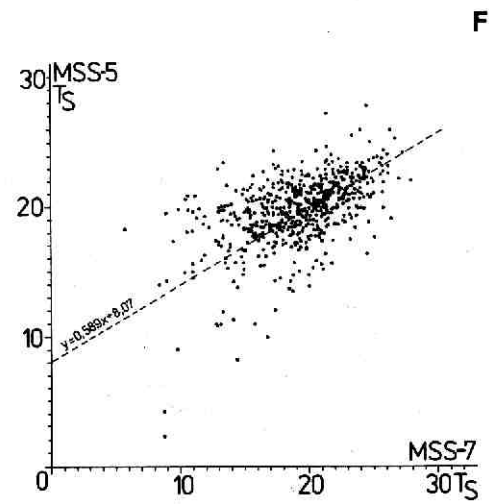
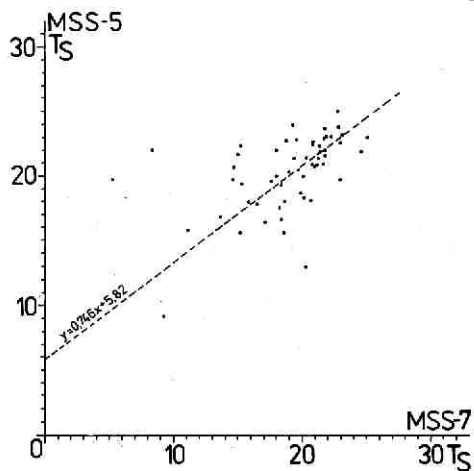
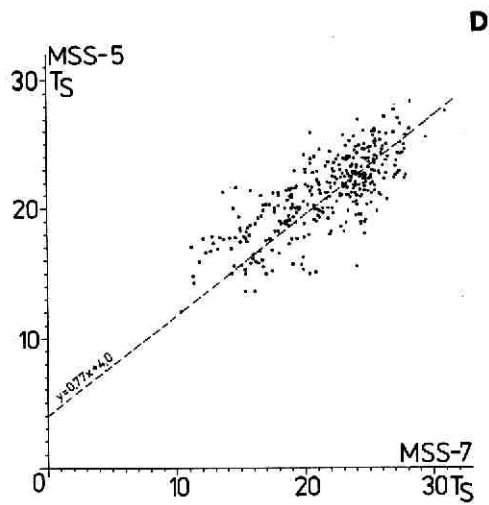
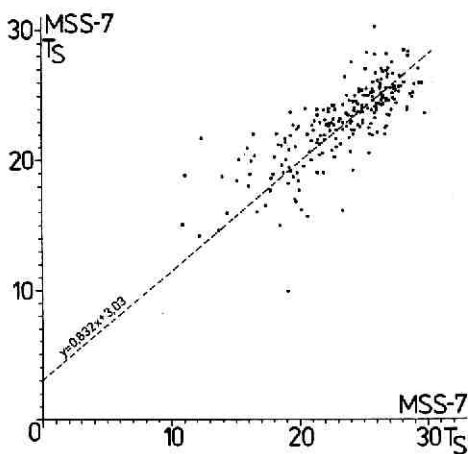
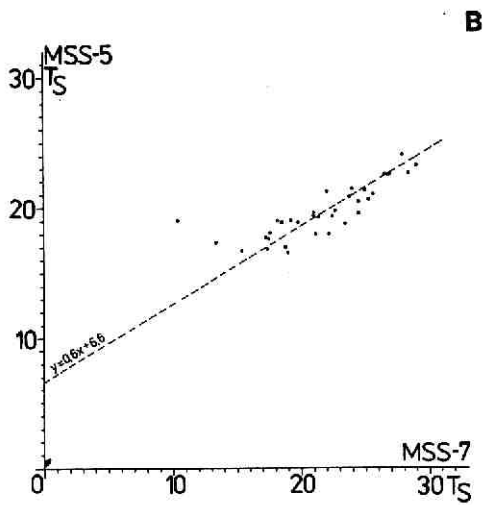
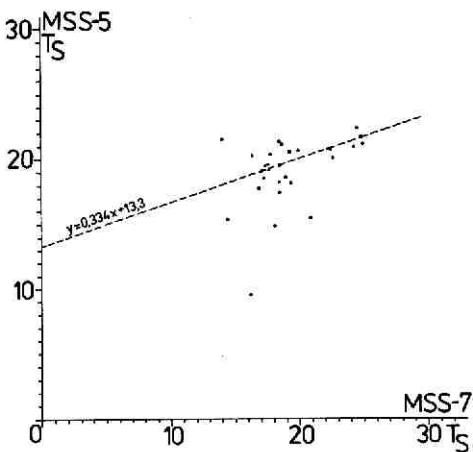
Ostatnią kategorią w tej grupie gleb, jest kompleks gleb słabogliniastych i gliniastych (=gleby płowe, gleby brunatne wylugowane oraz gleby odgórnie oglejone: piaski słabo

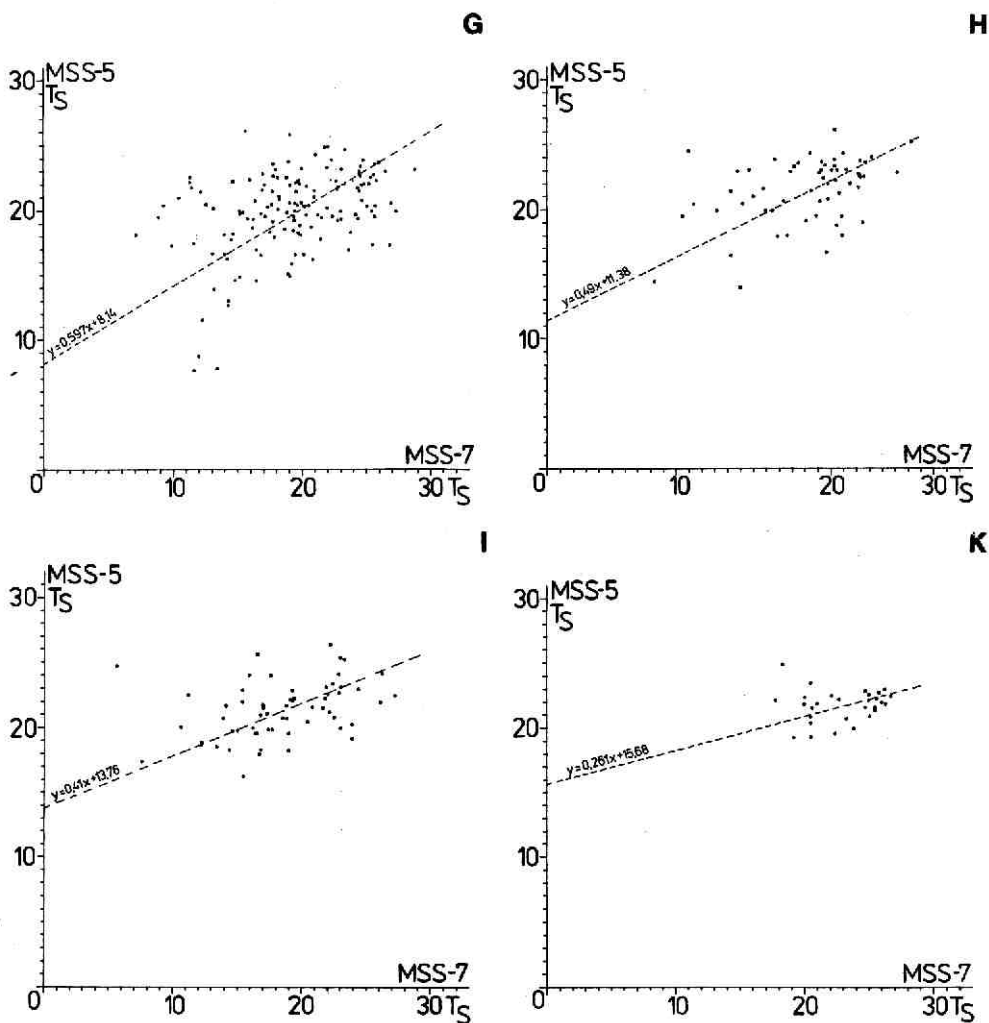


Ryc. 12. Występowanie typów i rodzajów gleb w obrębie sceny płockiej. Według: *Mapa gleb Polski w skali 1:300 000, arkusz: PŁOCK, 1961, IUNG*. Gleby brunatne wytworzone z glin zwałowych oraz z piasków naglinowych i naitowych: 1 – lekkie i średnie, 2 – ciężkie, 3 – wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia. Gleby bielocowe wytworzone z piasków: 4 – luźne, 5 – słabogliniaste, 6 – gliniaste, 7 – kompleks gleb słabogliniastych i gliniastych. Gleby bielocowe wytworzone z glin zwałowych oraz z piasków naglinowych i naitowych: 8 – lekkie i średnie, 9 – ciężkie. Gleby wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia – 10. Czarne ziemie: 11 – wytworzone z glin i ilów różnego pochodzenia. Gleby bagienne: 12 – mułowo-bagiennie, 13 – torfowe, dolinne, 14 – torfowe, niedolinne, 15 – murszowe, 16 – kompleks gleb mułowo-bagiennych, murszowych, i torfowych – płytkich. Mady: 17 – piaszczyste i piaski rzeczne, 18 – lekkie, średnie i ciężkie

Fig. 12. Soils map of the Płock subscape (from: *Soils map of Poland 1:300 000, sheet: Płock, 1961, IUNG*). Brown soils: 1 – light and medium, 2 – heavy, 3 – brown soils developed from silt. Podzolic soils developed from sands: 4 – loose soils, 5 – poorly-loamy soils, 6 – loamy soils, 7 – poorly loamy and loamy soils complex. Podzolic soils developed from boulder clay and sands lied on the loam or clay: 8 – light and medium soils, 9 – heavy soils. Soils developed from the silt loam (very fine sand) – 10. Black turf soils developed from loam and clay – 11. Marsh soils: 12 – anmoor soils, 13 – peat soils of valley, 14 – non-valley peat soils, 15 – muck soils, 16 – anmoor, muck and peat soils complex. Warp soils: 17 – sandy and sand river, 18 – light, medium and heavy warp soils







Ryc. 13. Klastry stopnia jasności w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej MSS-5 i MSS-7, dla gleb: A – gleby brunatne lekkie i średnie, B – gleby brunatne utworzone z pyłów wodnego pochodzenia, C – gleby biellicowe słabogliniaste, E – gleby biellicowe gliniaste i kompleks gleb słabogliniastych i gliniastych, F – gleby utworzone z glin zwałowych oraz z piasków naglinowych i naitowych, lekkie i średnie, G – gleby utworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia, H – czarne ziemie utworzone z glin i ilów różnego pochodzenia, I – gleby bagienne, K – mady rzeczne

Fig. 13. Two-dimensional cluster diagrams for degree transmittance of the images analysed soils. A – light and medium brown soils, B – brown soils developed from silt, C – loose podzolic soils, D – poorly loamy podzolic soils, E – loamy podzolic soils and complex soils of poorly-loamy and loamy, F – soils developed from boulder clay and sands lied on the loam or clay – light and medium, G – soils developed from silt loam (very fine sand), H – black turf soils developed from loam and clay, I – marsh soils, K – river warp soils

gliniaste i gliniaste). Wyróżniono zaledwie jedno pole podstawowe z tego rodzaju glebami. Charakteryzuje się ono stopniem jasności: dla MSS-5: 19,7 i dla MSS-7: 23,0.

Wśród gleb bielcowych wytworzonych z glin zwałowych oraz piasków naglinowych i niałowych (=gleby płowe, brunatne wylugowane oraz gleby odgórnie oglejone) wyróżniono dwa rodzaje gleb: lekkie i średnie oraz ciężkie. Klaster reprezentujący gleby lekkie i średnie (=gleby wytworzone z piasków naglinowych i glin zwałowych lekkich) liczy 606 punktów, ryc. 13F. Największe ich zagęszczenie występuje w przestrzeni określonej wartościami stopnia jasności: dla MSS-5: od 17,0 do 23,0 i dla MSS-7: od 15,0 do 25,0. Oś tego klastra opisuje równanie  $y=0,589x+8,07$ . Gleby bielcowe, ciężkie (=wytworzone z glin zwałowych średnich i ciężkich) występują jedynie w ośmiu polach podstawowych. Własności optyczne tych pól są bardzo zróżnicowane i trudne do interpretacji. Odnotowując średnie wartości  $T_s$ , wynoszące dla MSS-5: 18,6 i dla MSS-7: 13,0, można jedynie zauważyć, że i w tym przypadku potwierdza się, poczynione już poprzednio, spostrzeżenie, że w miarę wzrostu zawartości w glebie części ilastych zmniejsza się wartość stopnia jasności (na obrazie w wersji negatywowej).

Ostatnim, z występujących na badanym terenie, rodzajem gleb bielcowych są gleby wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia (=gleby płowe, gleby brunatne wylugowane oraz gleby odgórnie oglejone). Reprezentujący je klaster liczy 143 punkty, ryc. 13G. Najwięcej skupia się ich w przestrzeni opisywanej wartościami stopnia jasności: dla MSS-5: 18,0 do 23,0 i dla MSS-7: 15,0 do 21,0. Dobrze charakteryzuje on mniej więcej jednakowe zróżnicowanie własności optycznych, zarówno w zakresie kanału MSS-5 jak i MSS-7, terenów z tego typu glebami.

Kolejnym typem wyróżnionych w tej analizie gleb są czarne ziemie, wytworzone z glin i ilów różnego pochodzenia (=czarne i szare ziemie wytworzone z glin, ilów i utworów pyłowych). Reprezentujący je klaster liczy 58 punktów, ryc. 13H. Ich największe zagęszczenie ograniczone jest do przestrzeni wyznaczonej wartościami  $T_s$ : dla MSS-5: 20,5 — 24,3 i dla MSS-7: 21,0 — 24,7.

W grupie gleb bagiennych (=hydromorficznych), wyróżniono pięć rodzajów gleb. Reprezentujący je klaster, liczący 61 punktów charakteryzuje się znacznym rozproszeniem punktów, ryc. 13I. Średnie wartości stopnia jasności dla poszczególnych rodzajów gleb są następujące: gleby mułowo-bagiennie (=glejowe, mułowo-glejowe, torfowo-glejowe, murszowo-glejowe i murszowato-glejowe): MSS-5: 21,3 i MSS-7: 20,0; gleby torfowe wytworzone z torfów torfowisk niskich — dolinnych: MSS-5: 23,9 i MSS-7: 22,6; gleby torfowe wytworzone z torfów torfowisk niskich niedolinnych: MSS-5: 20,5 i MSS-7: 17,4; gleby murszowe: MSS-5: 20,5 i MSS-7: 15,7; Kompleks gleb mułowo-bagiennych, gleb murszowych i gleb torfowych płytkich: MSS-5: 21,7, MSS-7: 19,4.

Klaster reprezentujący mady rzeczne liczy w sumie 28 punktów, ryc. 13K. Zawarte w nim są dane odnośnie stopnia jasności dla terenów, na których występują mady piaszczyste oraz lekkie, średnie i ciężkie (=pyłowe, gliniaste i ilaste). Charakteryzuje się on stosunkowo nieznacznym rozproszeniem punktów. Największe ich zagęszczenie występuje w przestrzeni określonej wartościami stopnia jasności: dla MSS-5: 21,0 — 23,0 i dla MSS-7: 24,7 — 26,3. Dłuższą oś klastra określa równanie  $y=0,261x+15,68$ .

Z przeprowadzonej analizy wynikają następujące wnioski. Podobnie jak i przy analizie innych komponentów środowiska tak i w przypadku pokrywy glebowej zauważa się

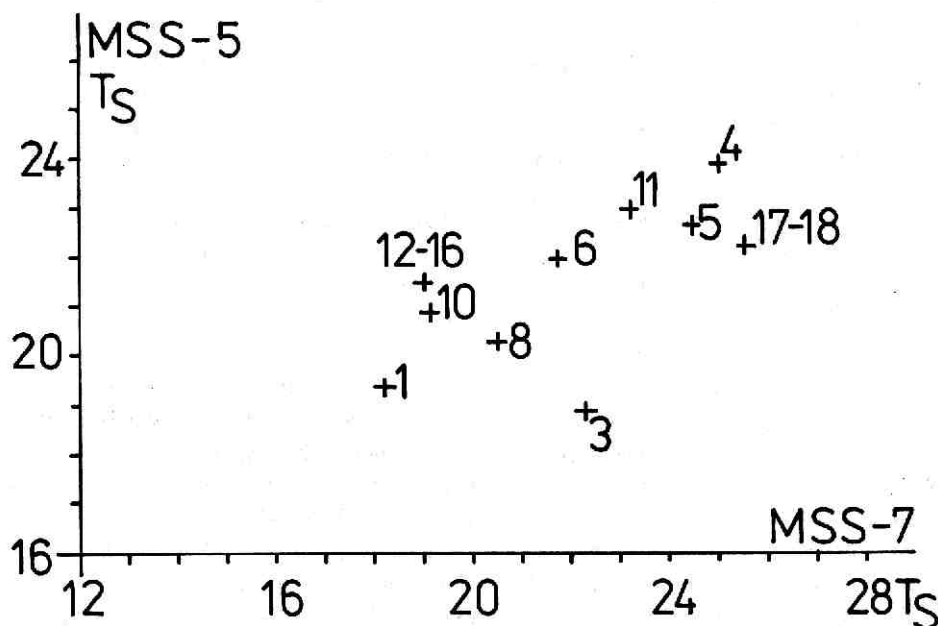
duże rozproszenie punktów w poszczególnych klastrach, a co za tym idzie ich słabą separację. Tym niemniej gdyby wziąć pod uwagę średnie wartości stopnia jasności z przestzerzeni o największym zagęszczeniu punktów w danym klastrze dla poszczególnych rodzajów gleb, ryc. 14, to można zauważyć dość znaczne między nimi różnice.

Zauważa się przede wszystkim różnice w stopniach jasności dla gleb biellicowych i brunatnych. W grupie gleb biellicowych wyodrębniają się gleby wytworzone z piasków — luźne; wytworzone z piasków słabogliniastych oraz wytworzone z piasków — gliniaste.

Zróznicowane są również stopnie jasności w przypadku gleb brunatnych — lekkich i średnich oraz gleb wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia.

Zauważa się wyraźną tendencję do zwiększania się jasności fototonu, na pozytywnym obrazie obszarów występowania gleb, w których składzie mechanicznym zwiększa się zawartość części ilastych. Dotyczy to zwłaszcza gleb biellicowych i brunatnych.

Można również uznać, że także gleby bagienne stwarzają warunki do ich wizualnego wyodrębnienia na podstawie fototonu.



Ryc. 14. Położenie środków klastrów analizowanych typów i rodzajów gleb: 1 – gleby brunatne lekkie i średnie, 3 – gleby brunatne wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia, 4 – gleby biellicowe luźne, 5 – gleby biellicowe słabogliniaste, 6 – gleby biellicowe gliniaste, 8 – gleby biellicowe lekkie i średnie, 10 – gleby biellicowe wytworzone z utworów pyłowych wodnego pochodzenia, 11 – czarne ziemie wytworzone z glin i ilów różnego pochodzenia, 12-16 – gleby bagienne, 17-18 – mady rzeczne

Fig. 14. Two-dimensional diagram showing position of the central points clusters analysed soils. 1 – brown soils – light and medium, 3 – brown soils developed from silt, 4 – loose podzolic soils, 5 – poorly loamy podzolic soils, 6 – loamy podzolic soils, 8 – podzolic soils – light and medium, 10 – podzolic soils developed from silt loam (very fine sand), 11 – black turf soils developed from loam and clay, 12-16 – marsh soils, 17-18 – river warp soils

Natomiast czarne ziemie i mady rzeczne poprzez pośredni łańcuch powiązań (roślinność, wilgotność gruntów i wody) w swoim końcowym „optycznym efekcie” upodabniają się do obszarów gdzie występują gleby biellicowe.

Z ryc. 14 wynika, że stopień jasności, a tym samym fototon pokrywy glebowej, w większym stopniu jest zróżnicowany na obrazie w kanale MSS-7 niż w kanale MSS-5. Na zakończenie rozważań na temat relacji między stopniem jasności (fototonem) a pokrywą glebową należy jeszcze raz wspomnieć, że wpływ tej ostatniej na zróżnicowanie fototonalne obrazów satelitarnych, aczkolwiek dość widoczny, w większości przypadków ma jednak charakter pośredni i jest realizowany głównie przez roślinność i chyba wilgotność gleb.

## FOTOTON A UŻYTKOWANIE ZIEMI

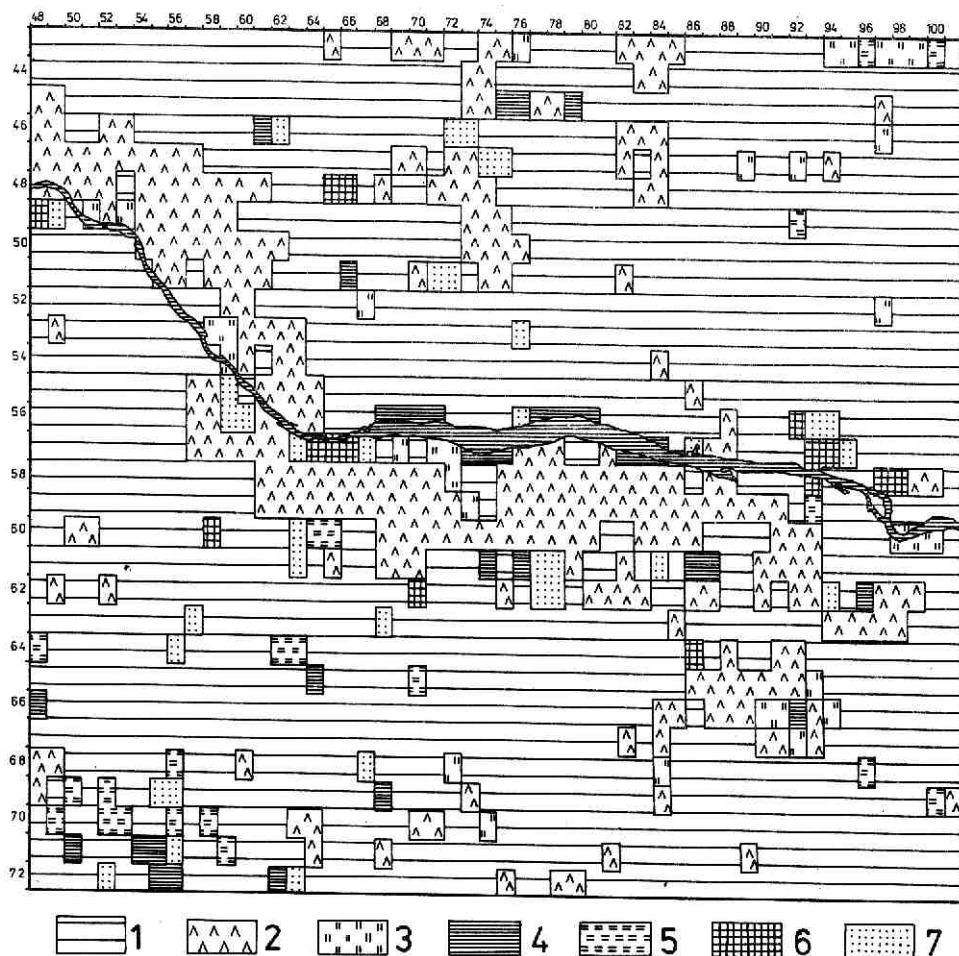
W teledetekcji środowiska przyjmuje się, że użytkowanie ziemi jest tym komponentem środowiska, który w sposób najbardziej jednoznaczny oddziałuje na charakter obrazów lotniczych i satelitarnych. Tak więc w prowadzonych tu rozważaniach należy oczekiwać, że klastry reprezentujące poszczególne typy użytkowania ziemi będą bardziej zwarte niż było to przy innych komponentach środowiska. Użytkowanie ziemi na badanym terenie rozpatrywane jest w kategoriach ogólnych i dotyczy jedynie form pokrycia terenu, ryc. 15.

Dominującą formą użytkowania ziemi są tu tereny zakwalifikowane jako rolnicze. Należy przez to rozumieć zarówno grunty orne wykorzystywane pod uprawy zbożowe, okopowe jak również mniejsze powierzchnie użytków zielonych i upraw trwałych. Łącznie na badanym terenie zajmują one 74% powierzchni. Klaster reprezentujący te tereny liczy 1201 punktów, ryc. 16A. Ze względu na dość dużą powierzchnię jednostkowego pola podstawowego, w jego obręb często wchodziły różne, pod względem użytkowania, powierzchnie. Spowodowało to, że charakteryzujący dane pole stopień jasności przyjmował różne wartości. W całym klastrze zmienność stopnia jasności jest więc znaczna. Dla kanału MSS-5 przyjmuje on wartości od 2,3 do 27,8, a dla MSS-7 od 5,7 do 29,5. Jednak większość punktów występuje w przestrzeni dość zwartej, określanej wartościami stopnia jasności dla MSS-5: 17,0 do 24,0 i dla MSS-7: 15,0 do 26,0. Tak więc, obserwuje się tu większe zróżnicowanie fototonalne w zakresie widma podczerwonego kanału MSS-7 niż w kanale MSS-5. Punkty klastra układają się wzdłuż osi określanej równaniem:  $y=0,55x+9,0$ . Średnie wartości stopnia jasności w obu kanałach są zbliżone i wynoszą, dla MSS-5: 19,9 i dla MSS-7: 19,5.

Drugim pod względem zajmowanej powierzchni elementem pokrycia terenu są lasy. Występują one głównie w dolinie Wisły. Po lewej jej stronie są to lasy wrocławsko-gostynińskie. W strukturze siedliskowej tych lasów zdecydowanie przeważa siedlisko boru świeżego (76%) sporo jest również siedlisk boru mieszanego świeżego (16%). W drzewostanach w 85% panuje sosna. W okolicach Gostynina, na bogatszych siedliskach, w domieszce drzewostanów sosnowych oprócz dębów, brzoź i grabu, na powierzchniach zabagnionych występują olszyny, a w postaci pojedynczej domieszki: klony, jawory, lipy, osiki, świerki i robinie (Z a r ę b a, 1986). Po prawym brzegu Wisły, w zachodniej części Kotliny Toruńskiej, w obrębie piaszczystych tarasów plejstoceńskich, obecnie zwydmio-

nych, występują bory sosnowe. Północno-środkową część badanego terenu zajmują niewielkie rozproszone kompleksy leśne, z których największe są lasy na południe od Skępego i na południowy-zachód od Sierpca. W południowej części analizowanego terenu pojawiają się sporadycznie niewielkie kompleksy leśne. Ogółem lasy zajmują 18% badanego terenu.

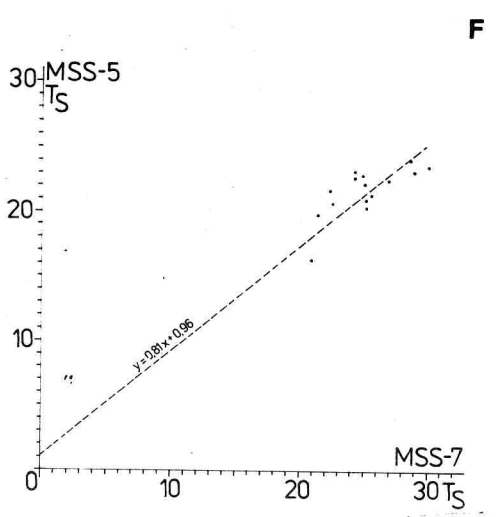
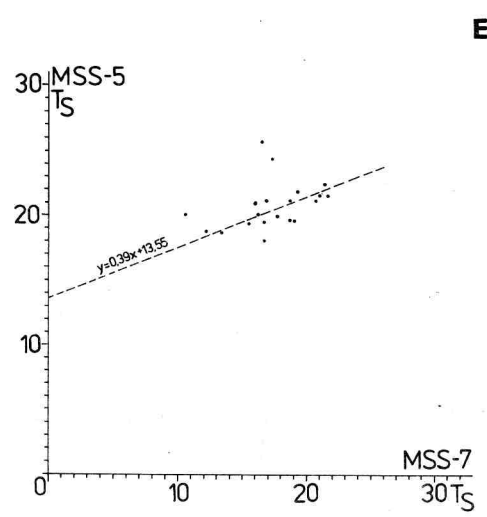
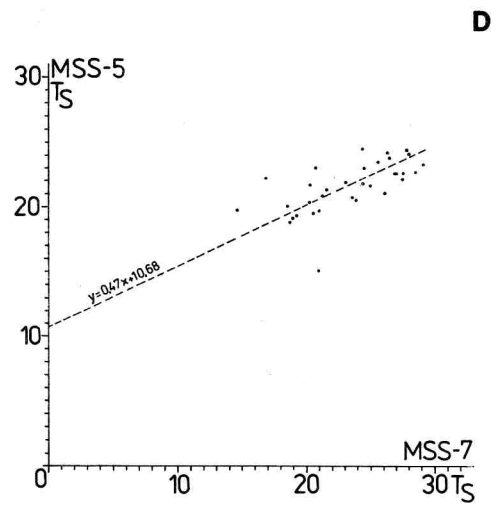
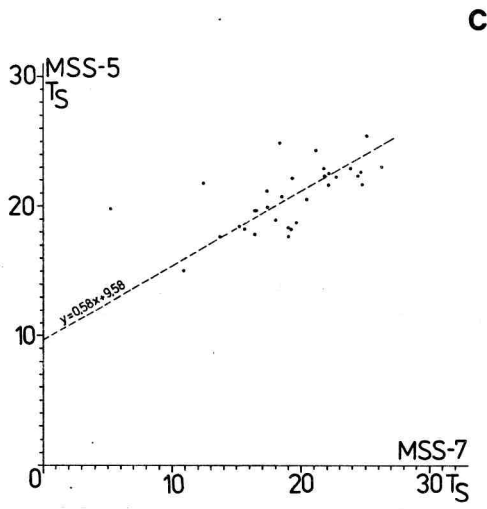
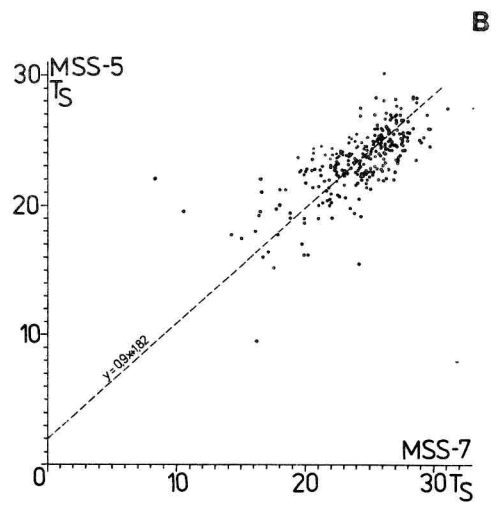
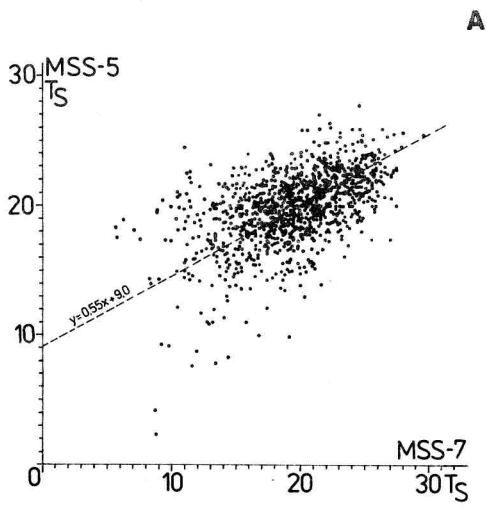
Klaster reprezentujący lasy liczy 284 punkty, ryc. 16B. Część z nich, zwłaszcza o niższych wartościach stopnia jasności, w obu kanałach, jest znacznie rozproszona. Pozostałe punkty skupione są w przestrzeni określonej wartościami  $T_s$ , dla MSS-5: 22,0 do 27,0 i dla MSS-7: 22,0 do 28,0. Ułożone one są wzdłuż osi określonej równaniem:

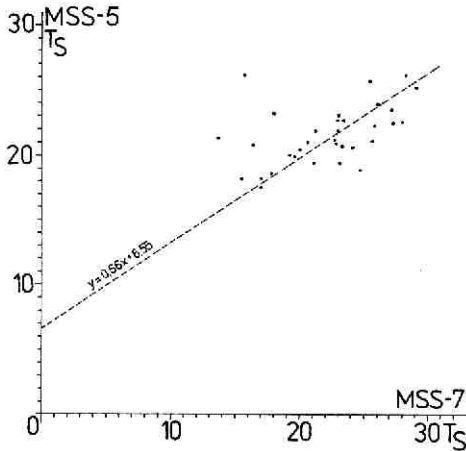


Ryc. 15. Użytkowanie ziemi w obrębie sceny płockiej. Według: *Mapa topograficzna 1:50 000, „układ 65”*.

1 – grunty orne, 2 – lasy, 3 – łąki, 4 – wody, 5 – tereny podmokłe („bagna”), 6 – tereny zabudowane, 7 – tereny o zróżnicowanym użytkowaniu

Fig. 15. Land use map of the Plock scene (from: *Topographical map 1:50 000*). 1 – plough areas, 2 – forest areas, 3 – permanent grasslands, 4 – water areas, 5 – marshes, 6 – built-up areas, 7 – variously used areas





**G** Ryc. 16. Klustry stopnia jasności w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej MSS-5 i MSS-7, dla użytkowania ziemi: A – grunty orne, B – lasy, C – łąki, D – wody, E – tereny podmokłe („bagna”), F – tereny zabudowane, G – tereny o zróżnicowanym użytkowaniu

Fig. 16. Two-dimensional cluster diagrams for degree transmittance of the images analysed land use types. 1 – plough areas, 2 – forest areas 3 – permanent grasslands, 4 – water areas, 5 – marshes, 6 – built-up areas, 7 – variously used areas

$y=0,9x+1,82$ . Środek największego zagęszczenia punktów w klastrze przybiera wartość: dla MSS-5: 24,4, a dla MSS-7: 25,1.

Pozostałe elementy pokrycia terenu zajmują niewielkie powierzchnie rzędu, rzędu 1-2% całości badanego terenu.

Klaster reprezentujący łąki liczy 32 punkty, ryc.16C. Większe ich powierzchnie występują w obrębie dna doliny Wisły, w obrębie Pojezierza Gostynińskiego, Lasów Gostynińskich i na terenie Równiny Raciążskiej. Poszczególne punkty klastra choć występują w znacznym rozproszeniu to jednak układają się wzdłuż osi, określanej równaniem:  $y=0,58x+9,58$ . Środek klastra określają średnie wartości stopnia jasności: dla MSS-5: 20,7 i dla MSS-7: 19,0.

W obrębie analizowanego terenu wyróżniono 33 pola podstawowe, w których co najmniej połowę powierzchni zajmują otwarte powierzchnie wodne. Reprezentujący je klaster, ryc.16D, charakteryzuje się znacznym rozproszeniem punktów, zlokalizowanych w przestrzeni określanej wartościami stopnia jasności: dla MSS-5: 15,1 do 24,5 i dla MSS-7: 14,6 do 29,0. Układają się one wzdłuż osi, której kierunek wyznacza równanie:  $y=0,47x+10,68$ . Średnie wartości stopnia jasności wynoszą, dla MSS-5: 21,6 i dla MSS-7: 23,2.

Tereny o nadmiernej wilgotności zlokalizowane są głównie w południowej części badanego terenu. Reprezentuje je klaster liczący 21 punktów, ryc. 16E. Punkty te są w większości zlokalizowane wzdłuż osi określanej równaniem:  $y=0,39x+13,55$ . Stopień jasności przyjmuje skrajne wartości, dla MSS-5: 18,0 do 25,7 a dla MSS-7: 10,6 do 21,6. Środek największego zagęszczenia punktów zlokalizowany jest według wartości  $T_s$ , dla MSS-5: 20,0 a dla MSS-7: 17,0. Wymienione wartości wskazują na prawidłowość odwzorowania tego elementu pokrycia terenu w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej. Niska wartość w kanale MSS-7 świadczy o znacznym udziale roślinności zielonej na tych powierzchniach, co jest zgodne z ogólnymi obserwacjami tych terenów.

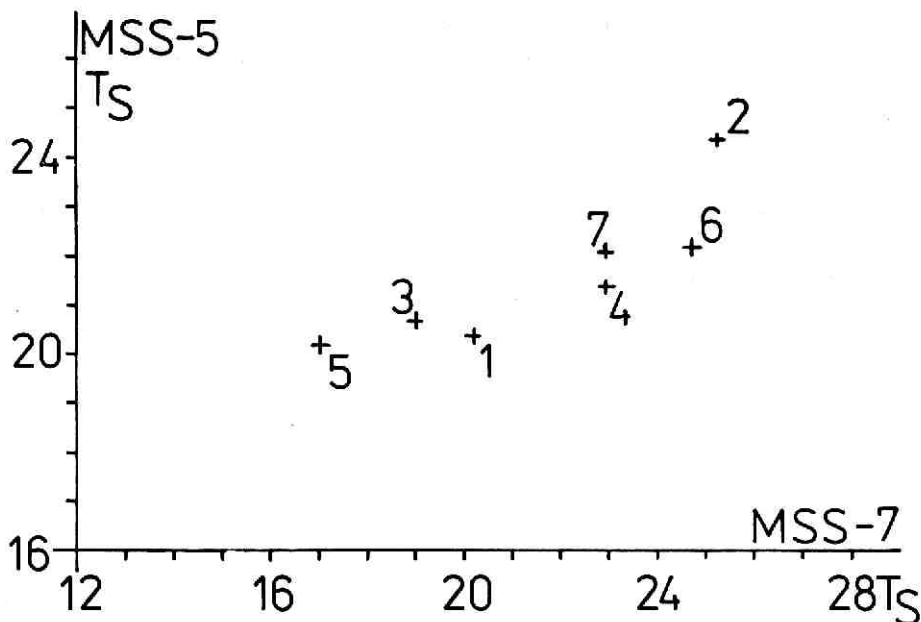
Odnotowano kilkanaście pól podstawowych o przewodzie w ich powierzchni terenów trwale zabudowanych. Są to głównie tereny miast: Płock, Włocławek, Lipno, Gostynin,



Kowal. Reprezentujący te tereny klaster liczy 15 punktów, ryc. 16F, rozrzuconych wzdłuż prostej:  $y=0,81x+0,96$ . Skrajne wartości stopnia jasności wynoszą, dla MSS-5: 16,3 do 24,1, a dla MSS-7: 20,9 do 29,9. Średnia wartość  $T_S$  wynosi dla MSS-5: 21,7, a dla MSS-7 25,0.

Część pól podstawowych charakteryzowała się różnym i równomiernym udziałem powierzchni kilku elementów pokrycia terenu. Zróżnicowanie wartości stopnia jasności tej grupy pól podstawowych pokazuje ryc. 16G.

Podsumowując tę część rozważań należy stwierdzić, że ich obraz jest bardziej zróżnicowany w kanale MSS-7 niż w kanale MSS-5. Uwzględniając położenie środków największego zagęszczenia punktów w wyżej wymienionych klastrach, ryc. 17, zauważa się, że skrajne pozycje zajmują lasy, które na obrazach negatywowych charakteryzują się największymi wartościami stopnia jasności w obu kanałach i tereny o zwiększonej wilgotności (bagna), które charakteryzują się najniższymi wartościami  $T_S$ . Wysokie wartości  $T_S$  w kanale MSS-7 mają również tereny zabudowane i wody, natomiast dość niskie łąki i grunty orne. Zgodnie z oczekiwaniami pośrednią pozycję zajmują tereny zaklasyfikowane jako „różne”. Tak więc, jak wynika z ryc. 17, wśród elementów pokrycia terenu, zdecydowanie, pod względem fototonalnym, wyróżniają się następujące elementy pokrycia terenu, od najjaśniejszych do najciemniejszych (w pozytywowej wersji obrazu): tere-



Ryc. 17. Położenie środków klastrów dla poszczególnych typów użytkowania ziemi: 1 – grunty orne, 2 – lasy, 3 – łąki, 4 – wody, 5 – tereny podmokłe („bagna”), 6 – tereny zabudowane, 7 – tereny o zróżnicowanym użytkowaniu

Fig. 17. Two-dimensional diagram showing position of the central points clusters analysed land use types. 1 – plough areas, 2 – forest areas 3 – permanent grasslands, 4 – water areas, 5 – marshes, 6 – built-up areas, 7 – variously used areas

ny o zwiększonej wilgotności (5), tereny rolnicze (1), łąki (3), wody (4), tereny zabudowane (6) i lasy (2).

Wbrew oczekiwaniom, poszczególne klastry reprezentujące elementy pokrycia terenu nie są zbyt zwarte, tym niemniej poprzez położenie środków największego zagęszczenia punktów w poszczególnych klastrach, główne typy pokrycia terenu dość dobrze różnicują się w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej. Tak więc wpływ użytkowania terenu na fototon obrazów satelitarnych jest wyraźny w odniesieniu do takich użytków jak lasy i inne użytki, a dobry w pozostałych przypadkach.

## FOTOTON JEDNOSTEK FOTOMORFICZNYCH

W przedstawionych powyżej badaniach starano się wskazać, które z elementów geśrodowiska w istotny sposób wpływają na zróżnicowanie fototonalne obrazów satelitarnych.

W przypadku analizy fototonu jednostek fotomorficznych chodzi o wskazanie na ile fototon wyodrębnionych jednostek fotomorficznych (Oleđzki, 1992) ma istotne znaczenie przy wyróżnianiu tych jednostek oraz wskazanie przez wspólną cechę („wspólny mianownik”, jakim jest tu fototon), geograficznego charakteru wyodrębnionych jednostek fotomorficznych.

W obrębie badanego terenu znajduje się piętnaście jednostek fotomorficznych, ryc. 18, z których tylko trzy mieszczą się w całości, pozostałe mieszczą się tu tylko większymi lub mniejszymi fragmentami swych powierzchni. Zróżnicowanie fototonu tych jednostek w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej przedstawiono na ryc. 19.

Kujawy Zachodnie reprezentuje klastery liczący 51 punktów, znacznie rozproszonych, ale układających się wzdłuż prostej opisywanej równaniem:  $y=0,46x+13,03$ . Największe zagęszczenie punktów jest wokół środka przestrzeni określanej wartościami  $T_s$  wynoszących: dla MSS-5: 23,4 i dla MSS-7: 22,2, ryc. 19A.

Kujawy Wschodnie reprezentuje klastery złożony z 71 punktów, ryc. 19B. Skupione one są dookoła punktu o wartości  $T_s$ , dla MSS-5: 22,0 i dla MSS-7: 23,2. W stosunku do poprzedniej jednostki, klastery ten ma zarys zbliżony do koła.

Pojezierze Kujawskie reprezentuje klastery 181 punktów układających się w obrębie pola o owalnym zarysie, którego dłuższa oś opisywana jest równaniem  $y=0,55x+10,59$ , ryc. 19C. Największa koncentracja punktów jest wokół wartości stopnia jasności dla MSS-5: 20,1 i dla MSS-7: 17,1.

Wysoczyzna Kłodawska w obrębie badanego terenu występuje dwoma niewielkimi fragmentami. Charakterystyczny tę jednostkę klastery, ryc. 19D liczy 33 punkty, które są rozproszone wzdłuż prostej opisywanej równaniem  $y=0,74x+6,52$ . Znaczne rozproszenie punktów w klastery świadczy o obecności w jednostce fotomorficznej elementów silnie zróżnicowanych pod względem fototonalnym. Średnia wartość stopnia jasności wynosi dla MSS-5: 22,5, a dla MSS-7: 17,2.

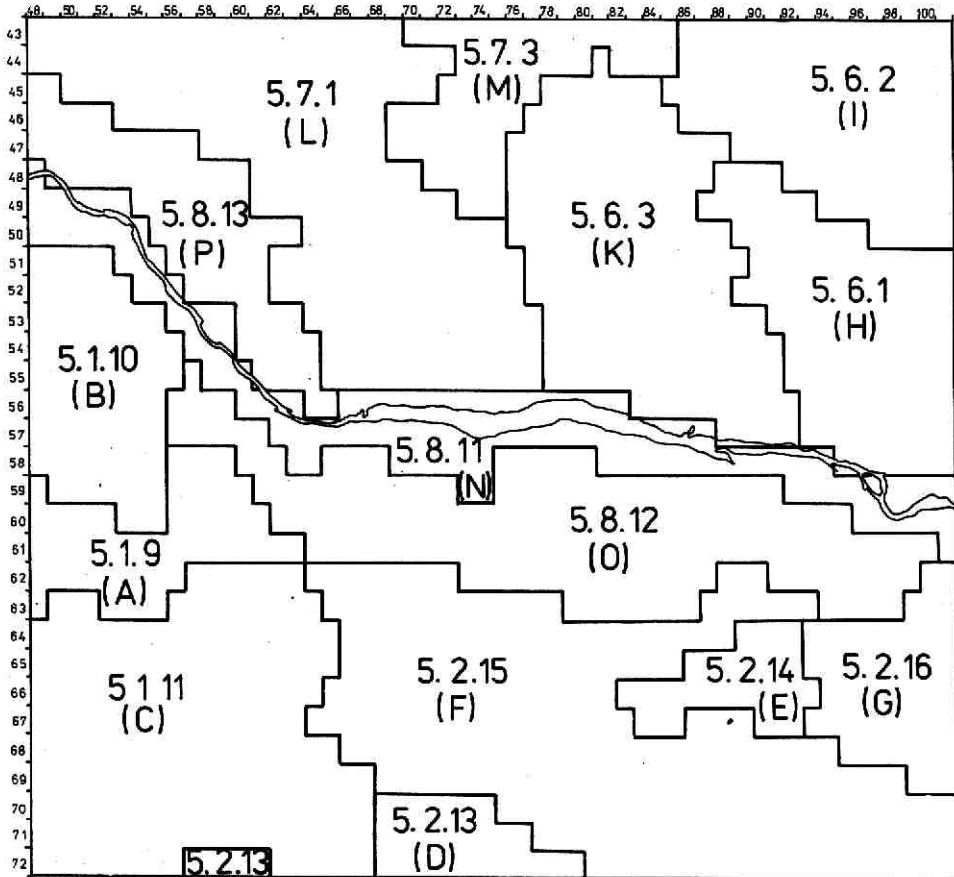
Równie zróżnicowane fototonalnie są Lasy Gostynińskie. Reprezentujący jednostkę klastery liczy 29 punktów, ryc. 19E. Są one rozproszone wzdłuż prostej opisywanej równaniem  $y=1,018x+1,3$ . Średnia wartość stopnia jasności wynosi dla MSS-5: 21,2 i dla MSS-7: 21,9.

Równina Kutnowska, zajmująca znaczną część badanego terenu reprezentowana

jest przez klastery liczący 250 punktów, ryc. 19F. Największe ich skupienie występuje w przestrzeni określonej wartościami  $T_s$  dla MSS-5: 17,0 — 22,0 i dla MSS-7: 15,0 — 23,0. Charakterystyczną cechą tego klastra jest stosunkowo znaczne skupienie punktów w środkowej jego części, jednocześnie przy znacznym ich rozproszeniu w części peryferyjnej.

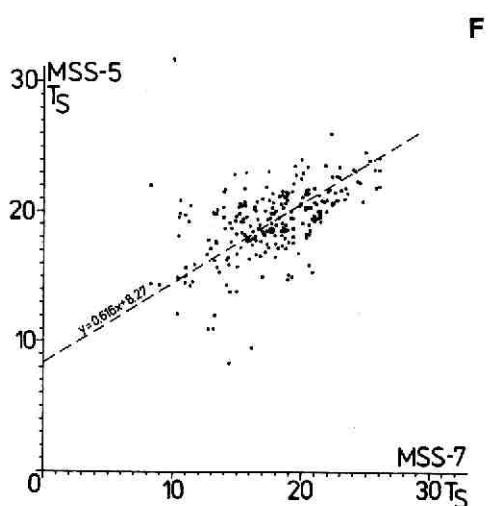
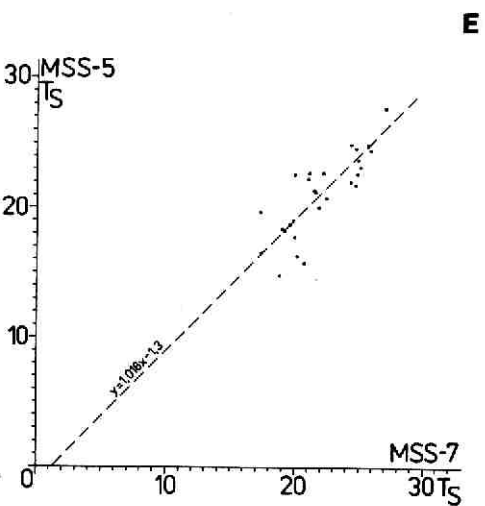
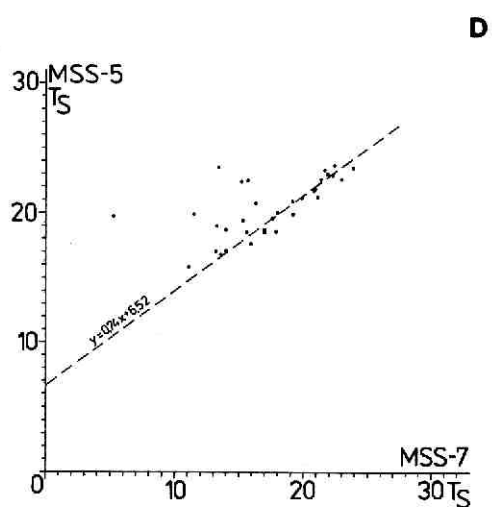
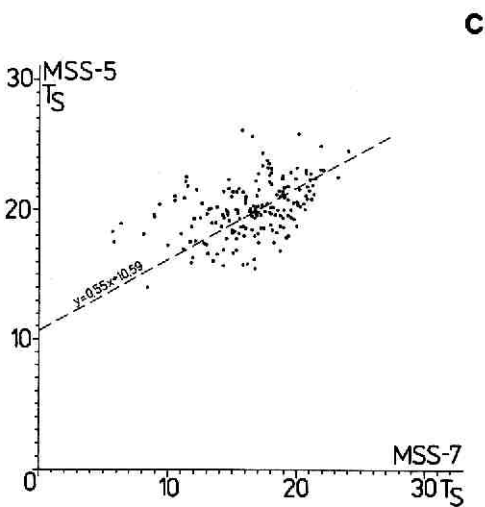
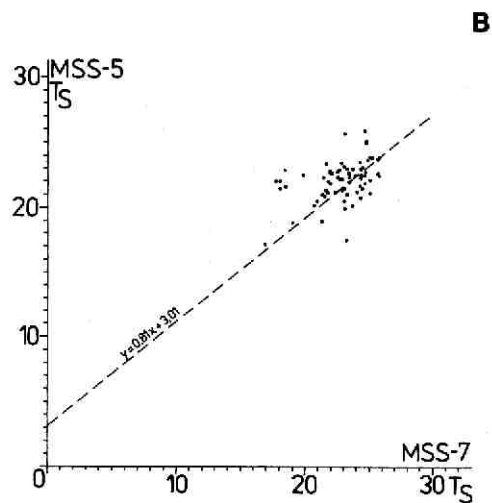
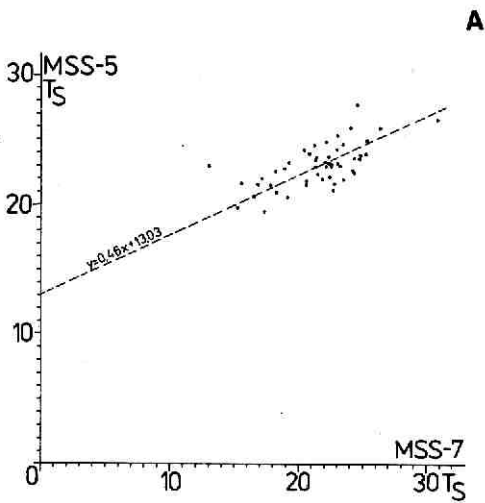
We wschodniej części badanego terenu występuje niewielki fragment Równiny Sochaczewskiej. Reprezentujący ją klastery składa się z 50 punktów, ryc. 19G. Są one bardzo rozproszone. Zaznaczająca się niewielka ich koncentracja opisywana jest wartościami  $T_s$ : dla MSS-5: 18,7 — 20,3 i dla MSS-7: 19,4 — 21,2.

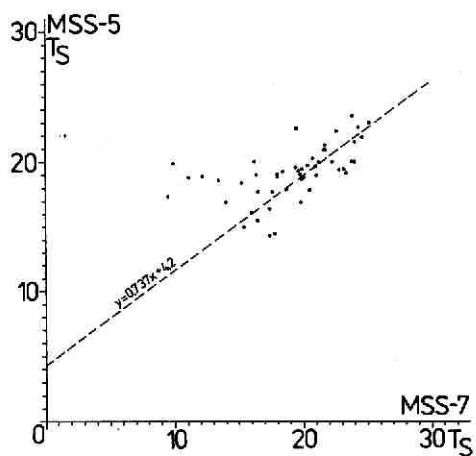
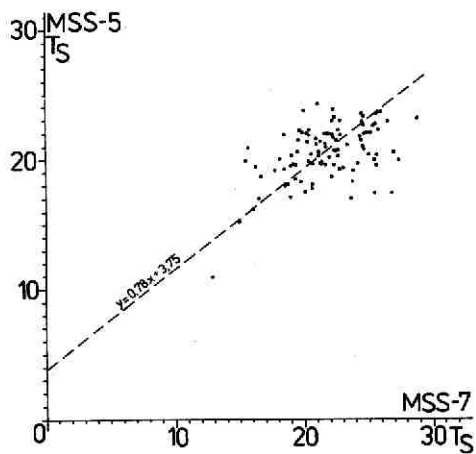
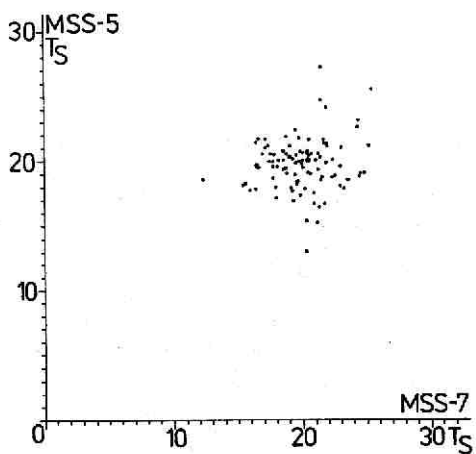
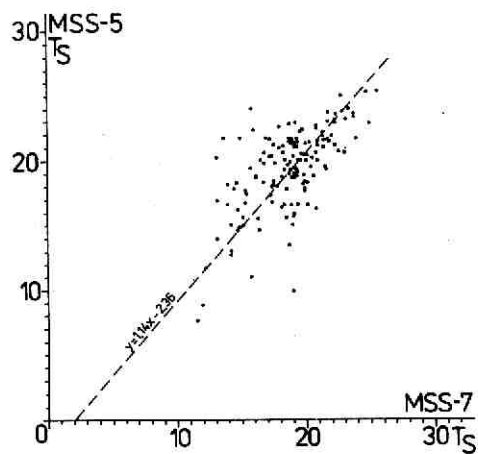
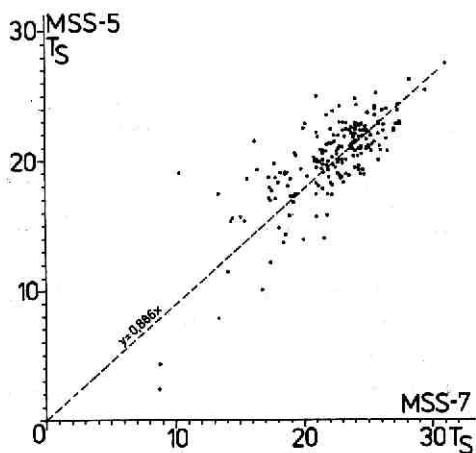
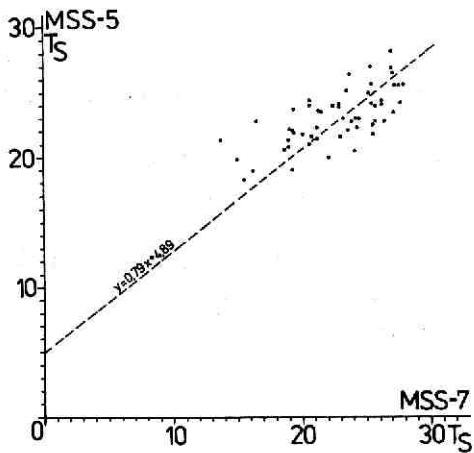
Wysoczyzna Płocka, występująca na północ od doliny Wisły charakteryzuje się

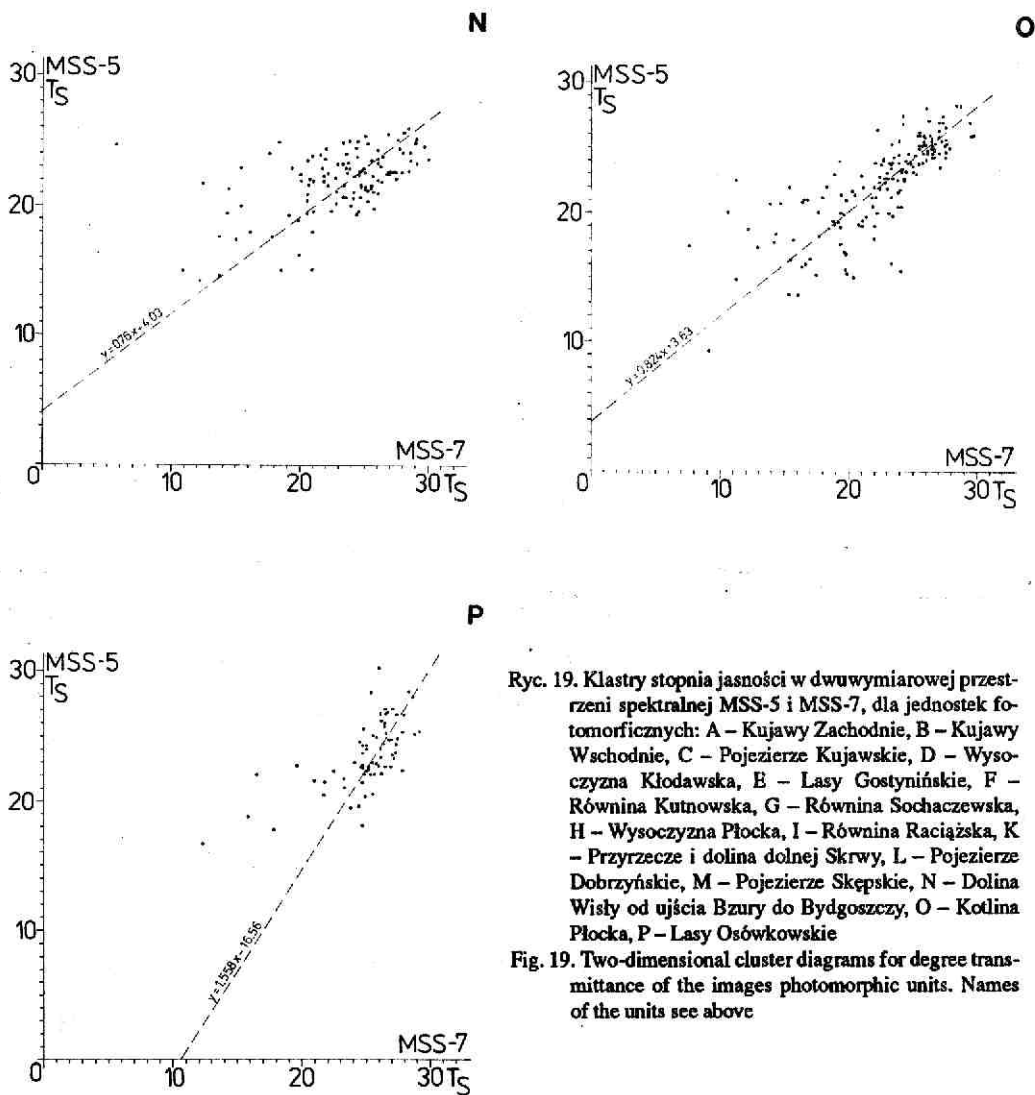


Ryc. 18. Jednostki fotomorficzne wyróżnione w obrębie sceny płockiej (Oleńdzki, 1992): A – Kujawy Zachodnie, B – Kujawy Wschodnie, C – Pojezierze Kujawskie, D – Wysoczyzna Kłodawska, E – Lasy Gostynińskie, F – Równina Kutnowska, G – Równina Sochaczewska, H – Wysoczyzna Płocka, I – Równina Raciążska, K – Przyrzecze i dolina dolnej Skrwy, L – Pojezierze Dobrzyńskie, M – Pojezierze Skępskie, N – Dolina Wisły od ujścia Bzury do Bydgoszczy, O – Kotlina Płocka, P – Lasy Osówkowskie

Fig. 18. Photomorphic units separated within of the Płock subsene (Oleńdzki, 1992). Names of the units see above



**G****H****I****K****L****M**



Ryc. 19. Klasyfikacja stopnia jasności w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej MSS-5 i MSS-7, dla jednostek fotomorficznych: A – Kujawy Zachodnie, B – Kujawy Wschodnie, C – Pojezierze Kujawskie, D – Wysoczyzna Kłodawska, E – Lasy Gostynińskie, F – Równina Kutnowska, G – Równina Sochaczewska, H – Wysoczyzna Płocka, I – Równina Raciążska, K – Przyrzecze i dolina dolnej Skrzy, L – Pojezierze Dobrzyńskie, M – Pojezierze Sępolskie, N – Dolina Wisły od ujścia Bzury do Bydgoszczy, O – Kotlina Płocka, P – Lasy Osówkowskie

Fig. 19. Two-dimensional cluster diagrams for degree transmittance of the images photomorphologic units. Names of the units see above

względnie równomierną zmiennością fototonu. Jej klastery składają się z 100 punktów, ryc. 19H. Największe ich skupienie występuje w przestrzeni opisywanej wartościami  $T_s$ , dla MSS-5: 19,4 — 22,4 i dla MSS-7: 20,4 — 23,4.

Równinę Raciążską charakteryzuje klastery złożony z 101 punktów, ryc. 19I, rozproszonych na powierzchni o kolistym zarysie. Ich największe skupienie jest wokół punktu o współrzędnych  $T_s$ , dla MSS-5: 19,8 i dla MSS-7: 19,2. Taki charakter klastra świadczy o stosunkowo niewielkim zróżnicowaniu fototonu w obrębie całej jednostki fotomorficznej.

Przyrzecze i dolina dolnej Skrzy reprezentowana jest przez klastery liczący 147 punktów, ryc. 19K. Cechuje go znaczne rozproszenie wartości  $T_s$  w obu kanałach spektralnych. Poszczególne punkty układają się jednak wzdłuż prostej opisywanej równaniem:

$y=1,14x+2,36$ . Największe zagęszczenie punktów występuje w przestrzeni opisywanej wartościami  $T_s$ , dla MSS-5: 18,7 — 21,7 i dla MSS-7: 18,4 — 20,2.

Pojezierze Dobrzyńskie charakteryzuje klaster o wydłużonym wzdłuż osi ( $y=0,886x$ ) zarysie, ryc. 19L. Klaster liczy 200 punktów. Są one dość znacznie rozproszone, a więc fototon w obrębie jednostki jest dość zróżnicowany. Obserwuje się zagęszczenie punktów klastra szczególnie w przestrzeni wokół wartości  $T_s$ , dla MSS-5: 22,3 i dla MSS-7: 24,3.

Fragment Pojezierza Skępskiego reprezentuje klaster liczący 57 punktów, ryc. 19M. Są one dość znacznie rozproszone i układają się wzdłuż osi opisywanej równaniem:  $y=0,79x+4,89$ , a jego środek określają wartości  $T_s$ , dla MSS-5: 23,1 i dla MSS-7: 22,8.

Dolina Wisły od ujścia Bzury do Bydgoszczy reprezentowana jest przez klaster liczący 118 punktów, występujących w znacznym rozproszeniu, ryc. 19 N. Największe ich zagęszczenie ograniczone jest do przestrzeni opisywanej wartościami stopnia jasności, wynoszącymi dla MSS-5: 20,0 — 24,3 i dla MSS-7: 21,8 — 27,4.

Kotlina Płocka reprezentowana jest przez klaster liczący 161 punktów, ryc. 19O, koncentrujących się wzdłuż prostej opisywanej równaniem  $y=0,824x+3,63$ . Najwięcej punktów jest skupionych w przestrzeni o współrzędnych, dla MSS-5: 24,3 — 27,0 i dla MSS-7: 25,3 — 27,8.

Lasy Osówkowskie reprezentuje klaster liczący 71 punktów, ryc. 19P. Najwięcej skupia się ich w przestrzeni określonej wartościami stopnia jasności: dla MSS-5 : 22,0 — 27,0 i dla MSS-7: 24,5 — 27,8.

Podsumowaniem tej części szczegółowej analizy jest ryc. 20. Pokazuje ona położenia środków największych koncentracji punktów w wyżej scharakteryzowanych klastrach. Można na niej wyróżnić trzy grupy takich punktów, z możliwością dalszego wyróżnienia kilku podgrup.

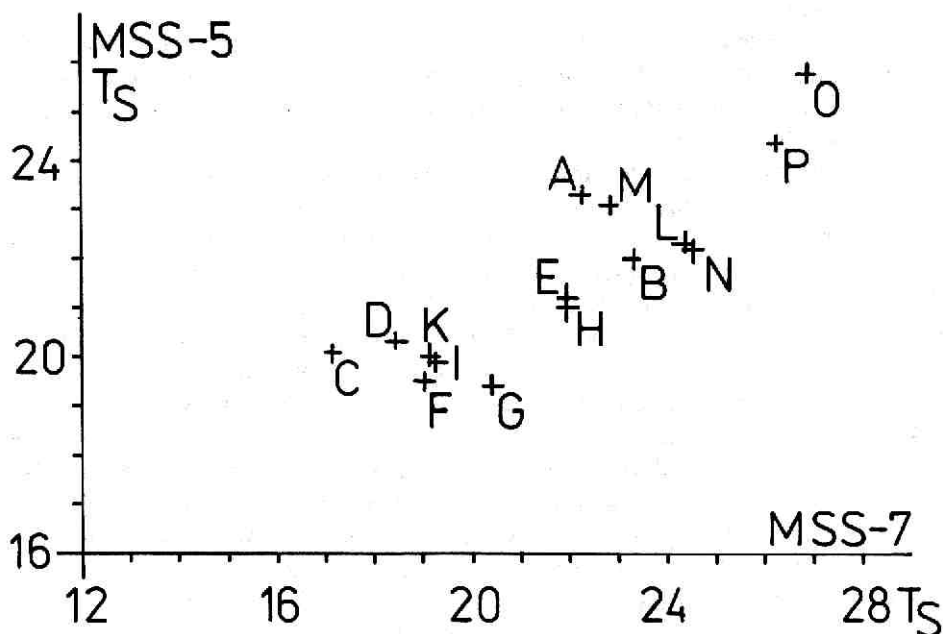
I tak w pierwszej grupie jednostek, o największych wartościach stopnia jasności znalazły się: Kotlina Płocka i Lasy Osówkowskie. W grupie drugiej o pośrednich wartościach stopnia jasności znalazło się siedem jednostek. Można tu wyróżnić cztery podgrupy. Wśród nich największymi wartościami stopnia jasności charakteryzują się: Pojezierze Dobrzyńskie i Dolina Wisły od ujścia Bzury do Bydgoszczy. W następnej podgrupie znalazły się Kujawy Wschodnie. Do trzeciej podgrupy, o najniższych wartościach stopnia jasności w obu kanałach spektralnych zaliczono Lasy Gostynińskie i Wysoczyznę Płocką. W czwartej podgrupie, charakteryzującej się wyższymi wartościami stopnia jasności w kanale MSS-5, znalazły się Kujawy Zachodnie i Pojezierze Skępskie. Do trzeciej grupy o najniższych wartościach stopnia jasności zaliczono sześć jednostek fotomorficznych, które na podstawie zróżnicowania wartości stopnia jasności w kanale MSS-7 można podzielić na trzy podgrupy. W pierwszej z nich o najwyższych wartościach stopnia jasności w kanale MSS-7, znalazła się Równina Sochaczewska. Do drugiej podgrupy zaliczono Równinę Raciążską, Przyrzeczce i dolinę dolnej Skrwy, Równinę Kutnowską i Wysoczyznę Kłodawską. W trzeciej podgrupie znalazło się Pojezierze Kłodawskie.

Śledząc rozmieszczenie środków klastrow zaznaczonych na ryc. 20, oraz biorąc pod uwagę mapę geomorfologiczną tego terenu można zauważyć przestrzenne nawiązywanie zróżnicowania stopnia jasności do wieku rzeźby w poszczególnych jednostkach fotomorficznych. Pomijając pierwszą grupę jednostek, których stopień jasności nawiązuje do charakterystyk spektralnych rosnących tu lasów, zauważa się, że dla terenów o rzeźbie

młodo-glacialnej wartości stopnia jasności są na ogół wyższe, czyli na obrazie pozytywnym tereny te będą z reguły przedstawiane w ciemniejszym fototonie. Obszary staro-glacialne będą na takich obrazach charakteryzowały się względnie jaśniejszymi fototonami.

Zdając sobie sprawę ze złożonego charakteru kształtu poszczególnych klastrow reprezentujących analizowane jednostki fotomorficzne, które to kształty są wynikiem współwystępowania w jednej jednostce różnych elementów środowiska, podjęto próbę oceny relacji jaka zachodzi między fototonem jednostek fotomorficznych a fototonem głównych, w danej jednostce elementów środowiska. W tym celu wybrano trzy jednostki fotomorficzne, po jednej z trzech wyżej wyróżnionych, grup i zestawiono te części ich klastrow, które charakteryzują się największym zagęszczeniem punktów, z podobnymi częściami klastrow głównych elementów środowiska, wyróżnianych na terenie każdej z trzech analizowanych jednostek fotomorficznych.

Z grupy jednostek o najwyższych wartościach stopnia jasności wybrano Kotlinę Płocką, ryc. 190, Charakter optyczny tej jednostki kształtowany jest głównie przez fototon rosnących tu lasów, a pośrednio przez gleby bielcowe wytworzone z piasków luźnych. Pokrywanie się zasięgów największego zagęszczenia punktów w analizowanych



Ryc. 20. Położenie środków klastrow dla poszczególnych jednostek fotomorficznych: A – Kujawy Zachodnie, B – Kujawy Wschodnie, C – Pojezierze Kujawskie, D – Wysoczyzna Kłodawska, E – Lasy Gostynińskie, F – Równina Kutnowska, G – Równina Sochaczewska, H – Wysoczyzna Płocka, I – Równina Raciążska, K – Przyrzecze i dolina dolnej Skrwy, L – Pojezierze Dobrzyńskie, M – Pojezierze Sępolskie, N – Dolina Wisły od ujścia Bzury do Bydgoszczy, O – Kotlina Płocka, P – Lasy Osówkowskie

Fig. 20. Two-dimensional diagram showing position of the central points clusters analysed photomorphic units.



klastrach, ryc. 21A, świadczy, z jednej strony o jednolitości charakteru optycznego badanej jednostki, z drugiej zaś o jej homogeniczności środowiskowej i ścisłych zależnościach między elementami i komponentami środowiska na terenie tej jednostki.

Grupę jednostek o najniższych wartościach stopnia jasności reprezentuje Równina Kutnowska, ryc. 19F. Jest to jedna z wielu jednostek fotomorficznych, w których dominuje rolnicze użytkowanie ziemi. Tak więc nie może ono być jedynym czynnikiem kształtującym zewnętrzną fizjonomię jednostki i odróżniającym ją od innych jednostek o podobnym charakterze wykorzystania ziemi. Świadczy o tym również i to, że granica największego zagęszczenia punktów w klastrze reprezentującym grunty orne znacznie wybiega poza granicę największego zagęszczenia punktów w klastrze reprezentującym tę jednostkę fotomorficzną, ryc. 21B. Elementem środowiska, który na podstawie tej analizy wydaje się najbardziej wpływać na wydzielenie tej jednostki fotomorficznej, nie jest użytkowanie ziemi, ale jeden z elementów rzeźby, a mianowicie — zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej. Reprezentujący je klastr najbardziej nawiązuje do klastra tej jednostki fotomorficznej.

Grupę jednostek o pośrednich wartościach stopnia jasności reprezentuje Pojezierze Dobrzyńskie, ryc. 19L. Stosunek granic największego zagęszczenia punktów w reprezentującym tę jednostkę klastrze do odpowiednich granic w klastrach głównych elementów środowiska występujących w tej jednostce, jest najmniej jednoznaczny, ryc. 21C. Stosunkowo najbardziej charakter optyczny jednostki wydaje się nawiązywać do charakterystyk optycznych takich elementów środowiska jak: wysoczyzna morenowa falista z okresu zlodowacenia bałtyckiego oraz elementów pokrywy glebowej: gleby bielcowe słabogliniaste i gleby brunatne wytworzone z pyłow. Część klastra, dla której na ryc. 21C nie wykazano zbieżności z żadnym z wymienionych elementów środowiska odpowiada przestrzeniom różnych klastrów, między innymi reprezentujących litologię: piaski akumulacji lodowcowej z głazami, spoczywającymi na glinie zwałowej oraz związanych z morenami z wyciśnięcia (patrz ryc. 4F i 4H). Znaczna rozbieżność analizowanych tu zasięgów klastrów, wybranych elementów środowiska z granicą klastra reprezentującego jednostkę fotomorficzną, świadczy o znacznym zróżnicowaniu środowiska w tej jednostce.

Na podstawie przedstawionych tu pokrótce rozważań wydaje się, że można byłoby sformułować następujący wniosek. Otóż tam gdzie charakterystyki optyczne (stopień jasności) jednostki fotomorficznej przyjmują skrajne wartości, tam charakterystyki optyczne jednostki wyraźniej nawiązują do charakterystyk optycznych określonych elementów środowiska. Natomiast w jednostkach fotomorficznych o pośrednich wartościach stopnia jasności, charakterystyka optyczna takiej jednostki tworzona jest przez charakterystyki optyczne wielu elementów środowiska. Jednostka taka ma charakter heterogeniczny. Tak więc, im bardziej jednoznaczne są relacje między stopniem jasności jednostki fotomorficznej i elementów środowiska tym większa jest homogeniczność środowiska w takiej jednostce i bardziej bezpośrednie są związki między elementami środowiska w takiej jednostce.

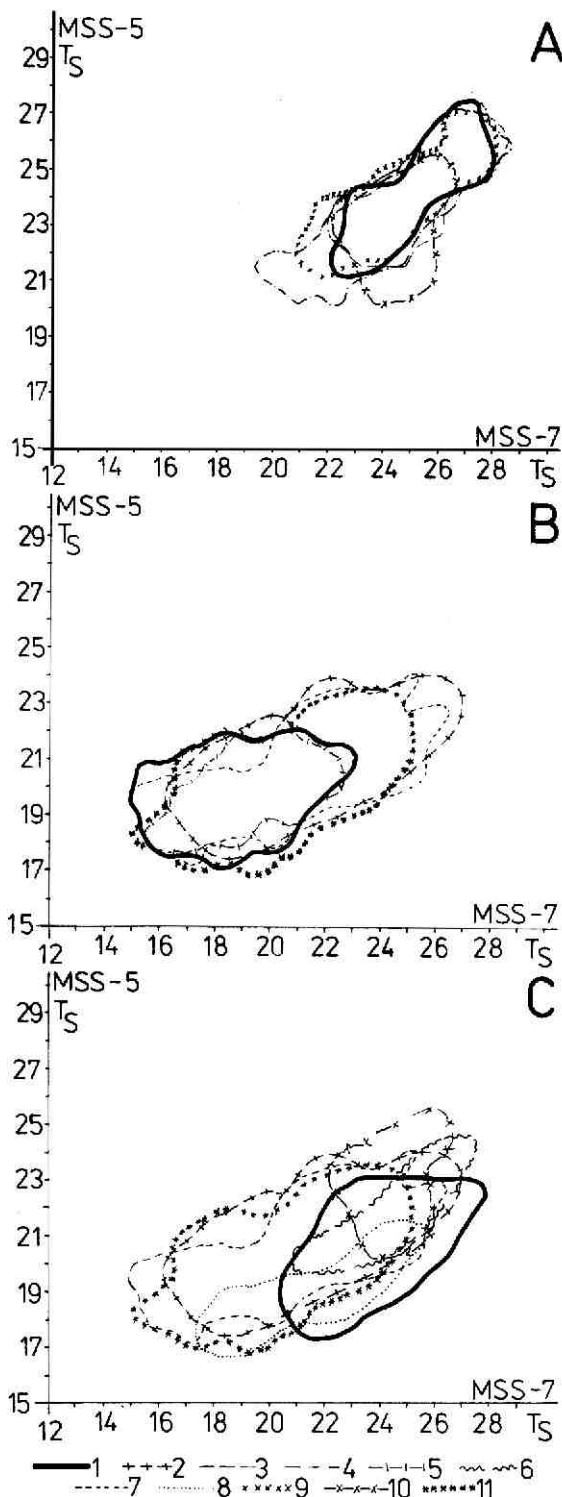
Na zakończenie odpowiedzmy sobie na pytanie postawione na początku tej części rozważań: jaką wartość ma foton jako kryterium wydzielenia jednostek fotomorficznych. Odpowiedź na to pytanie jest na pewno złożona i w różnych okolicznościach geograficznych będzie na pewno różna. Tym niemniej biorąc za punkt wyjścia, do odpowiedzi

na tak postawione pytanie, sytuację przedstawioną na ryc. 20, można zauważyć, że trzy główne grupy stopni jasności wyróżnione w dwuwymiarowej przestrzeni spektralnej kanałów MSS-5 i MSS-7 pozwalają na wyodrębnienie sześciu obszarów fotomorficzných. Odwołanie się do szczegółowego podziału na podgrupy, których jak wyżej wspomniano wyróżniono siedem, znacznie ulepsza ten podział i pozwala wyodrębnić dwanaście obszarów fotomorficzných. Tak więc można przyjąć, że na obrazach satelitarnych z Landsata wykonanych w kanałach MSS-5 i MSS-7 można wydzielić na podstawie fototonu od 40 do 80 % jednostek fotomorficzných. A więc, rola fototonu jest w tym przypadku duża, a co najmniej znaczna.

Podsumowując tę część rozważań należy stwierdzić, że fototon jednostek fotomorficzných, określany stopniem jasności, odzwierciedla względny wiek rzeźby jednostki, świadczy o homogeniczności lub heterogeniczności środowiska w obrębie jednostki, a także o stopniu bezpośrednich powiązań elementów środowiska w danej jednostce fotomorficznej.

## ZAKOŃCZENIE

Określenie wpływu wybranych komponentów geosrodowiska na zróżnicowanie fototonu jest trudne do bez-



Ryc. 21. Porównanie klastrow wybranych jednostek fotomorficzných z klastrami elementów geośrodowiska występujących w danej jednostce fotomorficznej: A – Kotlina Płocka, B – Równina Kutnowska, C – Pojezierze Dobrzyńskie. 1 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze danej jednostki fotomorficznej, 2 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „grunty orne”, 3 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „lasy”, 4 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „równiny tarasowe plejstocenijskie z okresu zlodowacenia bałtyckiego”, 5 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „zdenudowane wysoczyzny morenowe oraz akumulacji rzeczno-lodowcowej”, 6 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „wysoczyzna morenowa falista”, 7 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „wysoczyzna morenowa płaska”, 8 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „gleby brunatne wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia”, 9 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „gleby biellicowe wytworzone z piasków – luźne”, 10 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „gleby biellicowe wytworzone z piasków – słabogliniaste”, 11 – granica największego zagęszczenia punktów w klastrze „gleby biellicowe wytworzone z glin zwałowych oraz piasków naglinowych i naitłowych – lekkie i średnie”

Fig. 21. Comparison of the clusters selected photomorphical units with the clusters of the environmental features occurrence within the given photomorphical unit. A – Kotlina Płocka, B – Równina Kutnowska, C – Pojezierze Dobrzyńskie. 1 – limit of the extreme compaction points on the cluster given photomorphical unit. 2 – limit of the extreme compaction points on the cluster „plough areas”, 3 – limit of the extreme compaction points on the cluster „forest areas”, 4 – limit of the extreme compaction points on the cluster „pleistocene terrace plains from the Baltic (Würm) glaciation period” 5 – limit of the extreme compaction points on the cluster „denuded morainic and fluvio-glacial plateaux within the Middle Polish (Riss) glaciation”, 6 – limit of the extreme compaction points on the cluster „undulant moraine plateaux from the Baltic (Würm) glaciation period”, 7 – limit of the extreme compaction points on the cluster „flat moraine plateau from the Baltic (Würm) glaciation period”, 8 – limit of the extreme compaction points on the cluster „brown soils developed from silt”, 9 – limit of the extreme compaction points on the cluster „podzolic soils developed from sands – loose”, 10 – limit of the extreme compaction points on the cluster „podzolic soils developed from sands – poorly-loamy”, 11 – limit of the extreme compaction points on the cluster „Podzolic soils developed from boulder clay and sands lied on the loam or clay – light and medium”

pośredniej oceny. Trudność ta wiąże się z tym, że za każdym razem do jednego pola o określonym stopniu jasności odnosi się inny element środowiska. Za każdym więc razem, ta sama wartość stopnia jasności ma odzwierciedlać inną cechę środowiska. Przy litologii mówi on o rodzaju utworów geologicznych, przy analizie rzeźby — o genezie i morfometrii form, przy analizie stosunków wodnych, w tym przypadku — o głębokości występowania wód podziemnych, a częściowo o wilgotności gruntu, przy glebach o ich typie i rodzaju i wreszcie przy użytkowaniu ziemi o rodzaju pokrycia terenu. Tak więc wartość stopnia jasności należy traktować jako wyraz związku wzajemnie na siebie oddziałujących elementów geośrodowiska. Że związki takie istnieją i pomimo znacznego przeobrażenia antropogenicznego badanego terenu funkcjonują prawidłowo, można było się przekonać śledząc, w jednostkach fotomorficznych, relacje między fototonem a wybranymi komponentami środowiska. Istnienie i funkcjonowanie wzajemnych powiązań między elementami środowiska umożliwia więc traktowanie fototonu, wyrażanego stopniem jasności, jako wskaźnika informacji zarówno o kompleksie zjawisk przyrodniczych jak i każdym z oddzielnych składników środowiska. Konieczne jest jedynie uświadomienie sobie w jakim zakresie, w danej analizie, przekazywana jest informacja.

Efektywność fototonu w przekazywaniu informacji o elementach środowiska zależy

od tego jak silny jest wpływ danego komponentu geosrodowiska na zróżnicowanie fototonu obrazu, a tym samym wydzielenie odrębnych jego części o specyficznym fototonie, odpowiadającym poszczególnym elementom danego komponentu środowiska.

Tak więc im więcej elementów danego komponentu charakteryzuje się specyficznym fototonem, tym większy jest wpływ takiego komponentu na zróżnicowanie obrazu satelitarnego, a tym samym większa efektywność fototonu jako nośnika informacji o tym komponencie. Jeszcze jednym miernikiem tej efektywności może być względna zwartość poszczególnych klastrów. Im bardziej są one zwarte tym informacja niesiona przez stopień jasności (fototon) jest bardziej jednoznaczna i efektywna.

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że w przypadku litologii ośmiu wyróżnionych na mapie i poddanych analizie klastrowej zespołów litologicznych odpowiada pięć klas optycznych. A więc zgodnie z powyższym założeniem efektywność wpływu tego komponentu na zróżnicowanie fototonu obrazów satelitarnych można ocenić na 62%. Dwudziestu wyróżnionych zespołom form rzeźby odpowiada osiem klas optycznych, a więc efektywność wpływu rzeźby na zróżnicowanie fototonu analizowanych obrazów można ocenić na 40%. Pięciu wyróżnionych, na badanym terenie kategoriom głębokości występowania wód podziemnych odpowiada dwie klasy optyczne. A więc wpływ tego komponentu na fototon obrazu można ocenić na 40%. W obrębie pokrywy glebowej wyróżniono 18 rodzajów gleb. Natomiast odrębne własności optyczne tych gleb można ująć w dziewięć klas. A więc wpływ tego komponentu środowiska na fototonalne zróżnicowanie obrazu można ocenić na 50%. Użytkowanie ziemi na badanym terenie podzielono na siedem kategorii. Pod względem optycznym odpowiada im sześć klas fototonalnych. A więc wpływ tego komponentu na zróżnicowanie fototonu obrazu jest bardzo duży i wynosi 86%. Tak więc ważność wpływu analizowanych komponentów na zróżnicowanie fototonu byłaby następująca:

1. Użytkowanie ziemi — 86%,
2. Litologia — 62%,
3. Gleby — 50%,
- 4-5. Rzeźba; Wody podziemne — 40%,

Tabela 1  
Table 1

Zróżnicowanie wartości stopnia jasności (Ts) dla badanych komponentów środowiska i jednostek fotomorficznych

Differentiation of the degree transmittance (Ts) of the images analysed environment components and photomorphic units

Kanale spektralne Spectral bands	Geologia Geology	Rzeźba Relief	Wody podziemne Phreatic water	Gleby Soils	Użytkowanie ziemi Land use	Jednostki fotomorficzne Photomorphic units
MSS-5	16,2	11,7	19,3	10,5	10,2	13,4
MSS-7	20,2	13,6	22,1	14,8	14,9	16,5

Natomiast efektywność fototonu przy wyróżnianiu jednostek fotomorficznych można ocenić na 53%, piętnastu jednostkom fotomorficznym odpowiada osiem klas fototonalnych.

Wyżej wspomniano, że zwartość klastrów może również świadczyć o istotności wpływu danego komponentu środowiska na zróżnicowanie fototonalne obrazów. Im zwartość ta jest większa, tym większy jest wpływ reprezentowanego przez ten klaster elementu geosrodowiska na zróżnicowanie fototonu obrazu satelitarnego, a tym samym na możliwość wnioskowania o istnieniu tego elementu na podstawie analizy fototonu. Dane na ten temat zawarte w opisowej części niniejszego opracowania zestawiono w tabeli 1. Przytoczone w niej liczby obrazują, średnią dla danego komponentu rozpiętość wartości stopnia jasności w obu kanałach MSS. Uszeregowanie tych danych w sekwencji wzrastającej wartości liczbowej tego wskaźnika ukazuje hierarchię ważności badanych komponentów dla zróżnicowania fototonalnej fizjonomii obrazów satelitarnych, a także wskazuje na łatwość czytelności, na podstawie fototonu, badanych elementów środowiska. I tak, dla obrazu w kanale MSS-5 sekwencja ta jest następująca: użytkowanie ziemi → gleby → rzeźba → geologia → wody podziemne, a dla kanału MSS-7: rzeźba → gleby → użytkowanie ziemi → geologia → wody podziemne.

Myślę, że rozważania te potwierdziły geoinformacyjne znaczenie fototonu, nie tylko w stosunku do form pokrycia terenu (użytkowania ziemi), ale również i do innych, w pewnym sensie ukrytych przed bezpośrednią obserwacją, elementów geosrodowiska.

## LITERATURA

- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1986: *Interpretacja zdjęć lotniczych*. Wydanie drugie, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa.
- Gilewska S., 1986: *Podział Polski na jednostki geomorfologiczne*. Przegląd geograficzny, T. 58, z. 1-2.
- Gleby Polski, *mapa w skali 1:500 000*, 1972: Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W., 1987: *Remote sensing and image interpretation*. Second edition, John Wiley & sons, N.York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Mapa gleb Polski w skali 1:300 000, arkusz PŁOCK, 1961: Instytut Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa.
- Mapa topograficzna w skali 1:50 000, „układ 65”, 1978: Państwowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne, Warszawa.
- Olędzki J.R., 1984: *Interpretation of some geographical elements on the basis of Landsat MSS images*. Miscelanea geographica, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Olędzki J.R., 1986: *Photomorphic regionalization of Poland*. Miscelanea geographica, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Olędzki J.R., 1992: *Geograficzne uwarunkowania zróżnicowania obrazu satelitarnego Polski i jego podziału na jednostki fotomorficzne*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Owen-Jones E.S., 1977: *Densitometric methods of processing remote sensing data special reference to crop-type and terrain studies*. W: Environmental remote sensing

2, Ed. L.C.Curtis, London, Polskie tłumaczenie w: Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej, 1980, z. 2.

*Przeglądowa mapa geologiczna Polski w skali 1:300 000, arkusz PŁOCK 1947-1952:*

Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

*Przeglądowa mapa geomorfologiczna Polski w skali 1:500 000.* Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.

*Przeglądowa Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:300 000, arkusz PŁOCK 1953-1963:* Instytut Geologiczny, Warszawa.

Tołczelnikow Ju.S., 1974: *Opticzeskije swojstwa łańdşafta*, Nauka, Leningrad.

Wołk-Musiał E., 1985: *Czytelność parametrów fotomorficznych rzeźby młodoglacjalnej na zdjęciach lotniczych.* Fotointerpretacja w geografii, T. 8(18).

Zaręba R., 1986: *Puszcze, bory i lasy Polski.* Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa.

**JAN R. OLĘDZKI**

## **IMPACT OF THE SELECTED ENVIRONMENTAL COMPONENTS ON TONAL DIFFERENTIATION OF MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGES**

### **Summary**

Image tone expressed by different grey levels is dependent on amount and quality of radiation reaching terrain objects, as well as on reflection of absorption properties of these objects. In other words, image tone is visual record of interaction between radiation and illuminated object.

Objective determination of tone value is based on measurements of "brightness" or "darkness" of negative or diapositive. Image brightness has an influence on light transmission ( $T$ ) and hence can be measured.

In order to determine impact of environmental components on differentiation of image tone (and in consequence to solve reverse task — to evaluate role of tone in confirming about differentiation of environment and its components), analysis of LANDSAT satellite image called "Płock scene" was performed. This scene was collected on November 2, 1973. Two spectral bands, i.e. MSS 5 and MSS 7 were taken into analysis.

In order to create data files comprising optical characteristics and particular environmental components, the analyzed fragment of the image was divided into 1.5x2.5 km reference grid. For each cell of this grid brightness level ( $T_s$ ), being function of light transmission value ( $T$ ), has been determined using microphotometric method. With the use of weighting method each cell has been qualitatively evaluated for five analyzed environmental components: lithology, relief, soils, hydrogeology and land use. In addition, relations between image tone and photomorphic units were analyzed within the study

area. Further work was based on comparison of brightness levels ( $T_s$ ) and environmental component in two-dimensional spectral space i.e. MSS 5 and MSS 7. Although conclusions on lithology, relief, soils and hydrogeology were drawn indirectly, the analysis revealed, that image tone, expressed by brightness level ( $T_s$ ), can often inform satisfactorily about differentiation of environmental components. It was also found, that tone of satellite image in LANDSAT MSS 5 band is influenced mainly by land cover (it was evidenced previously) and next by soil cover, relief, lithology and hydrogeology (it was subject of the studies). For LANDSAT MSS 7 the sequence is somewhat different. Unexpectedly relief has the highest rank, next soils and land use, followed by lithology and hydrogeology.

These studies confirmed, that image tone is important for analysis of land cover forms, as well as for some elements of environment, not observed directly by the remote sensors.

Translated by *Z. Bochenek*

**PRACOWNIA FOTOINTERPRETACJI  
GEOGRAFICZNEJ**

**WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW  
REGIONALNYCH**

**UNIwersytet Warszawski**

**KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE 30,  
00-927 WARSZAWA**

tel.: 200-381 wew. 654; fax 261-965

*Pracownia Fotointerpretacji Geograficznej wykonuje opracowania na temat aktualnego stanu środowiska, a także jego przemian w różnych przekrojach czasowych. Opracowania te wykonywane są na podstawie analizy zdjęć lotniczych i satelitarnych.*

*Oprócz opracowań poznawczych wykonujemy badania dla celów praktycznych, obejmujące różne warianty prognostyczne dotyczące przemian środowiska przy różnych założeniach społeczno-ekonomicznego rozwoju danego terenu.*

*Realizujemy także programy inwentaryzacji przyrodniczej, poprzez wykonywanie pilotowych opracowań metodycznych ukazujących stan wybranych komponentów środowiska jak też jego całości, na różnych poziomach generalizacji, z różną szczegółowością, w zależności od potrzeb danego terenu (gmina; województwo; tereny objęte ochroną: parki narodowe i krajobrazowe, strefy krajobrazu chronionego, rezerwy przyrody i t.p.; obszary podlegające szczególnej degradacji wokół aglomeracji miejsko-przemysłowych.*

*Opracowania wykonywane są zarówno w postaci tekstowej jak i kartograficznej. Wyniki badań mogą być przystosowane do zasilania baz danych (gminnych, rejonowych, wojewódzkich i regionalnych) Geograficznych Systemów Informacyjnych.*

**PRZYKŁADY  
WYKONYWANYCH BADAŃ**

- *W zakresie badań rzeźby: Analiza form rzeźby i procesów rzeźbotwórczych; inwentaryzacja szczególnie cennych form rzeźby terenu; przeglądowe mapy geomorfologiczne w skalach 1:100 000 – 1:50 000 (morfometryczne, genetyczne, procesów rzeźbotwórczych, zagrożenia erozją i denudacją) i inne.*
- *W zakresie badania wód: inwentaryzacja zasobów wód powierzchniowych i gruntowych; stan ich czystości; zbilansowanie zasobów; stan urządzeń melioracyjnych; wpływ melioracji na środowisko; relacje między zasobami wodnymi a użytkowaniem i zagospodarowaniem terenu.*
- *W zakresie badań gleb: stan i tendencje przemian w pokrywie glebowej pod wpływem gospodarki człowieka; wilgotność gleb.*
- *W zakresie badania roślinności: kartowanie roślinności rzeczywistej, przemiany w szacie roślinnej pod wpływem różnych procesów antropogenicznych; ocena produktywności wybranych zbiorowisk roślinnych; ocena stanu zdrowotności lasów.*
- *W zakresie badań klimatycznych: mapy topoklimatyczne; mapy temperatur radiacyjnych; mapy bonitacyjne dla potrzeb praktycznych.*
- *W zakresie zagospodarowania środowiska: mapy użytkowania ziemi; mapy infrastruktury technicznej rolnictwa; ocena prawidłowości zagospodarowania terenu.*
- *W zakresie badania warunków społeczno-ekonomicznych: analiza stosunków społeczno-ekonomicznych w różnych aspektach przestrzennych.*

**PRACOWNIA FOTOINTERPRETACJI  
GEOGRAFICZNEJ**

**WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW  
REGIONALNYCH**

**UNIwersytet Warszawski**

**KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE 30,  
00-927 WARSZAWA**

tel.: 200-381 wew. 654; fax 261-965