

Teledetekcja satelitarna wtórnych lasów na gruntach porolnych na przykładzie Zaborskiego Parku Krajobrazowego

*Remote sensing methods of secondary forests on post-agricultural soils:
The case study of Zabory Landscape Park*

Mieczysław KUNZ, Andrzej NIENARTOWICZ, Miłosz DEPTUŁA

Satellite imagery Landsat TM was used for the evaluation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) on Zabory Landscape Park. On the basis of satellite imagery it was stated that spatial change of index is correlated with the range of forests in the past presented on old topographic maps and utilisation of the area. To define the influence of the previous land-use on NDVI value the comparison analyses was made on four sites. Two of them on areas which were deforested in the past and then reforested again at the end of 19th and 20th century. Two other sites were localised in areas where forest

existence was not interrupted by the temporary agricultural usage of the area. It was stated that NDVI value on pine plantations on the post-agricultural soils is much lower than on pine forests on land that was not agricultural in the past. Obtained index values for forest areas with a different history were compared to the defined in literature Chlorophyll Index values (CI) and states of green biomass in forest and peat bog communities of Zabory Landscape Park and NDVI values for pine plantations in wide geographical range.

Wstęp

Wtórne lasy na gruntach porolnych zajmują w Polsce ponad 1,4 mln ha, co stanowi około 16,7% całej powierzchni leśnej. W wyniku degradacji gleby wieloletnim użytkowaniem rolniczym ich biomasa roślinna, produkcja pierwotna, wskaźnik chlorofilu i różnorodność gatunkowa jest najczęściej niższa niż w lasach odtwarzanych na zrębach, wkrótce po wycięciu poprzedniego pokolenia drzew. W położonym w północnej Polsce nadleśnictwie Przymuszewo (Zaborski Park Krajobrazowy) lasy na byłych terenach rolnych stanowią ponad 40% jego powierzchni. Zalesień terenów znajdujących się czasowo w użytkowaniu rolniczym dokonały głównie władze pruskie na przełomie XIX i XX w., m.in. w ramach akcji politycznej Kulturkampf. Po włączeniu tych ziem do Rzeczypospolitej w 1920 roku również polska administracja leśna zaczęła wprowadzać system wielkoobszarowej gospodarki leśnej. W okresie międzywojennym

zalesiono też znaczną część terenów użytkowanych rolniczo w prywatnych majątkach ziemskich. Przekształcenie gruntów rolnych w lasy nasiliło się po 1945 roku, kiedy to w ramach reformy rolnej rozparcelowano i zalesiono wiele dużych majątków ziemskich. Procesowi zwiększania powierzchni leśnej towarzyszyło wprowadzanie metody rębni zupełnej w celu zintensyfikowania produkcji biomasy i pozyskania drewna. Badania przeprowadzone na tym obszarze przez Barcikowskiego (1992) oraz Barcikowskiego i Michalską (1988) wykazały, że wskaźnik chlorofilu w uprawach sosny na siedlisku boru świeżego *Leucobryo-Pinetum* jest wyższy niż w plantacjach tego gatunku na siedlisku boru suchego *Cladonio-Pinetum*, dominującego na gruntach porolnych. Dotyczy to zarówno fitocenozy dojrzałych, jak i wszystkich faz regeneracyjnych lasu po zrębach. Ponadto w plantacjach rosnących na siedlisku *Leucobryo-Pinetum* ilość chlorofilu w przeliczeniu na m² fitocenozy jest wyższa niż w zbiorowiskach *Pinus-Calluna* powstałych po zale-

sieniu pastwisk, a także w zbiorowiskach *Pinus sylvestris-Deschampsia flexuosa*, które powstały po wprowadzeniu sosny na siedliska lasów liściastych lub na odłogi na żyzniejszych glebach brunatnych. Ponieważ wskaźnik chlorofilu w lasach na gruntach porolnych jest znacznie niższy niż w plantacjach sosny na siedlisku boru świeżego *Leucobryo-Pinetum* oraz w naturalnych borach wilgotnych *Molinio-Pinetum*, borach bagiennych *Vaccinio uliginosi-Pinetum* i na torfowiskach założono, że będą one rozpoznawalne na zdjęciu satelitarnym po określeniu wskaźnika NDVI. Celem niniejszej pracy, wykonanej przy wsparciu finansowym Komitetu Badań Naukowych (grant P04F 01313) i UMK (grant 445G) było porównanie rozkładu przestrzennego i średnich wartości NDVI na powierzchniach porośniętych wtórnymi lasami na gruntach porolnych oraz na obszarach, gdzie istnienie lasu było tylko przerwane zrębami, które wkrótce były zalesiane, najczęściej sosną.

Obszar badań

Obszar badań położony jest na północ od miasta Chojnice i na zachód od miasta Brusy (ryc. 1). Po ostatnim podziale administracyjnym Polski park został włączony do województwa pomorskiego. W 1996 roku w południowej części Zaborskiego Parku Krajobrazowego utworzono Park Narodowy Bory Tucholskie. Rozległe kompleksy leśne terenu badań wchodzi w skład Nadleśnictwa Przymuszewo, które podlega Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Toruniu. Jedynie lasy zajmujące północno-zachodni skraj kwadratu należą do Nadleśnictwa Osusznica, podległego Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinku.

Według podziału fizycznogeograficznego Polski Kondrackiego (1978), badany obszar wchodzi w skład makroregionu Pojezierze Południowopomorskie i mezoregionu Równina Charzykowska. Pod względem geobotanicznym teren badań należy do Krainy Pojezierze Pomorskie i Okręgu Kartuskiego (Szafer, Zarzycki, 1972). Badany obszar leży w zlewni rzeki Zbrzycy i jej dopływów — Kulawej i Kłonecznicy. Zbrzyca po przepłynięciu przez szereg jezior eutroficznych (Parzyn, Milachowo, Laska, Księżę, Parszczenica, Długie, Śluza) wpada do Brdy. Na badanym terenie występuje też szereg jezior lobeliowych oraz kilka rezerwatów przyrody (jeziora Nawionek i Laska, Dolina rzeki Kulawej, Bagno Stawek, Jeziora Rynnowe).

Osady ludzkie zlokalizowane są głównie w dolinach obu rzek i jezior. Największymi skupiskami ludności na tym terenie są położone nad Zbrzycą miejscowości Kaszuba, Rolbik i Laska oraz wieś Kruszyn zlokalizowana nad Jeziorem Kruszyńskim. Część osiedli i wsi istniejących tu w drugiej połowie XIX wieku wyludniła się i wkrótce opuszczone tereny zostały zalesione. Znikły takie osady jak Zielonki, Lisewo, Polaszek, Piecki, Nowa Laska, Belfort czy Kramarska.

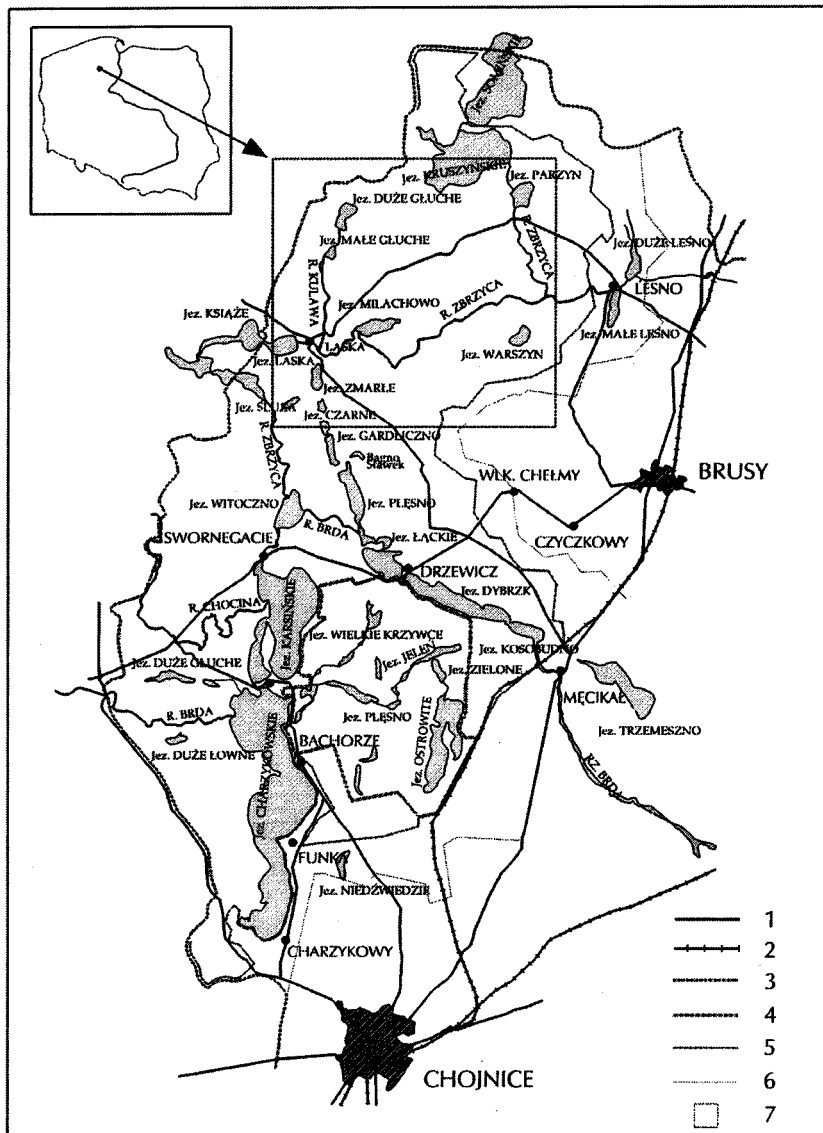
Teren badań w końcu ubiegłego stulecia wszedł w skład nadleśnictw Zwangshof i Laska. Pierwsze z nich powstało w 1890 roku w wyniku odkupienia przez rząd pruski dużego majątku ziemskiego. Połowę odkupione-

go terenu stanowiły odłogi i halizny. Pruskie nadleśnictwo Laska powstało wcześniej. W połowie lat dziewięćdziesiątych XIX wieku obie jednostki gospodarcze liczyły około 10 000 ha powierzchni. W latach 1894–1920 pruska administracja leśna wykupiła jeszcze 1788 ha, głównie terenów rolniczych należących do największych na Pomorzu majątków ziemskich. Dalsze powiększanie obszarów leśnych nastąpiło głównie po 1920 roku, tj. po włączeniu tych ziem do II Rzeczypospolitej oraz po roku 1945 w wyniku przeprowadzonej wówczas reformy rolnej. Parcelacji uległo wówczas kilka majątków położonych nad jeziorem Kruszyńskim oraz w dolinie Zbrzycy, w pobliżu wsi Kruszyn, Kaszuba i Rolbik. Zalesianie terenów rolniczych i związane z tym zastępowanie upraw rolnych głównie borami suchymi trwa również dzisiaj. Zalesiane są niewielkie pola, które do niedawna dzierżawili głównie robotnicy leśni. Zmianę zasięgu lasów na obszarze badań przedstawiono na rycinie 2.

Dzisiaj na badanym terenie przeważają lasy państwowe. Prywatne tereny rolnicze i leśne drobnych farmerów występują jedynie w dolinie Zbrzycy. Większe prywatne gospodarstwa rolne występują nad jeziorem Księżę, w pobliskim Leśnie oraz w Dużych i Małych Chełmach, tj. na obszarze rolniczym „wyspy bruskiej” graniczącej z analizowanym kompleksem leśnym.

W drzewostanach badanego terenu dominuje sosna zwyczajna. Na niewielkich powierzchniach dominują inne gatunki, np. *Pinus strobus* i *Pinus nigra*. Z drzew liściastych zwarte drzewostany tworzy tylko na dnach zatorfionych dolin rzek i jezior olsza czarna *Alnus glutinosa* oraz buk zwyczajny *Fagus sylvatica* na zboczach tych dolin. Ten ostatni gatunek występuje często jako podrost w starszych drzewostanach sosnowych na siedlisku *Leucobryo-Pinetum*. Inne gatunki, jak brzoza brodawkowata *Betula verrucosa* i lipa drobnolistna *Tilia cordata* występują jako domieszka w drzewostanach sosnowych. W runie suchych borów sosnowych dominują porosty z rodzaju *Cladonia*, natomiast w runie świeżych borów sosnowych największe pokrycie osiąga chamefity jak borówka czernica *Vaccinium myrtillus* i borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea* i wrzos pospolity *Calluna vulgaris* oraz trawa *Deschampsia flexuosa* i mchy *Pleurozium schreberi* i *Dicranum undulatum*. Dość często występują chronione *Lycopodium clavatum*, *L. complanatum*, *L. annotinum*, *Empetrum nigrum* a nawet *Linnaea borealis*. W młodnikach sosnowych na siedlisku *Leucobryo-Pinetum* dominują wymienione gatunki mchów.

Sokołowski (1965) podaje, że wyróżnione według fitosocjologii klasycznej bory świeże badanego terenu różnicują się na cztery warianty: *typicum*, *cladonietosum*, z *Pteridium aquilinum* i z *Frangula alnus*, natomiast zespół *Cladonio-Pinetum* na dwa warianty: *typicum* i z *Vaccinium myrtillus*. Świadczy to o istnieniu znacznego continuum pomiędzy sosnowymi borami świeżymi i suchymi. Przyczyną zróżnicowania fitocenoz w obrębie zespołu jest wilgotność podłoża i powietrza. Wpływ na kształtowanie się wartości obu parametrów mają: wysokość względna stanowiska, ekspozycja terenu oraz odległość od jezior.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań: 1 — drogi, 2 — koleje, 3 — granica województwa, 4 — Park Narodowy Bory Tucholskie, 5 — Zaborski Park Krajobrazowy, 6 — otulina parku, 7 — obszar badań

Fig. 1. Situation of study area: 1 — roads, 2 — railways, 3 — boundary of province, 4 — Bory Tucholskie National Park, 5 — Zabory Landscape Park, 6 — protection zone, 7 — study area

Metody

Zmiany zasięgu lasów na badanej powierzchni określono na podstawie starych map topograficznych z lat: 1875 i 1921 oraz na podstawie map gospodarczych z lat: 1874, 1926, 1947, 1953, 1966, 1976 i 1988. Do charakterystyki odbicia lasów na glebach porolnych i nie-porolnych użyto zdjęcia satelitarnego Landsat TM wykonanego 28 lipca 1990 roku. Przy użyciu programu ERDAS wykonano kompozycje trójbarwne oraz obliczono znormalizowany wskaźnik wegetacji obszaru Zaborskiego Parku Krajobrazowego wg następującego wzoru:

$$NDVI = \frac{[IR - RED]}{[IR + RED]}$$

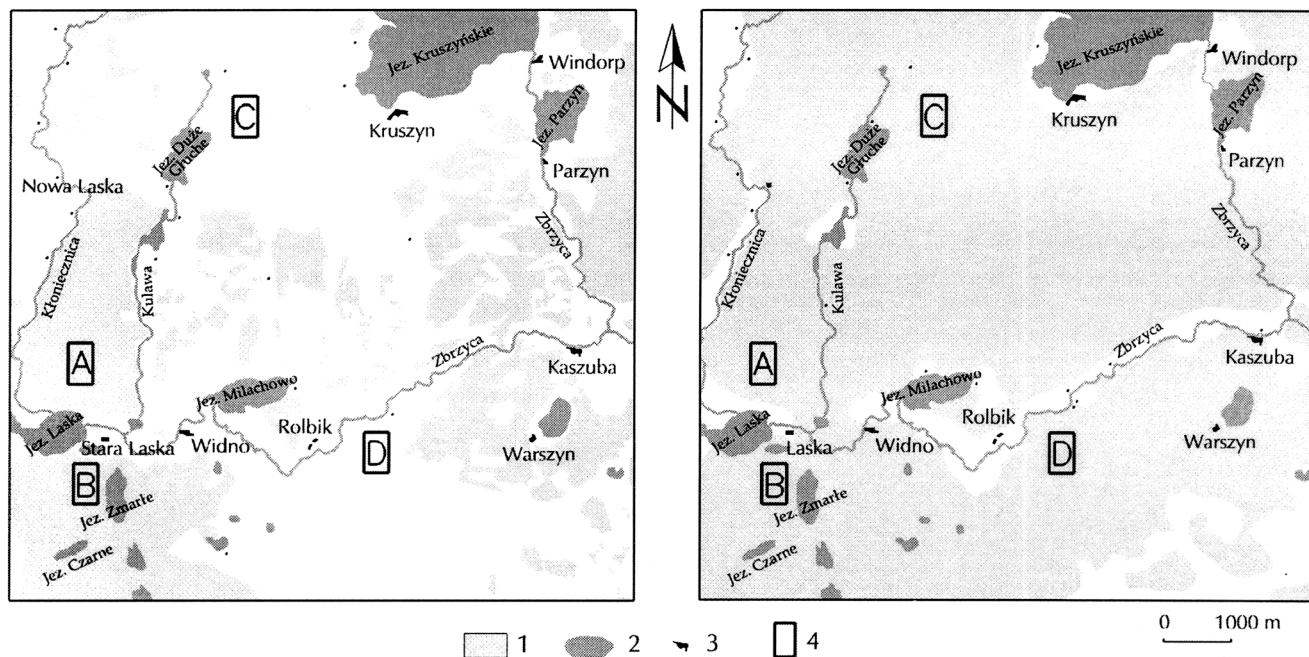
gdzie: RED odpowiada zakresowi spektralnemu kanału

3 (630–690 nm) skanera TM, a IR zakresowi kanału 4 (760–900 nm).

Przy użyciu tego programu sporządzono mapę przestrzennego rozmieszczenia indeksu NDVI dla kwadratu o boku 10 km obejmującego powierzchnię przedstawioną na jednym arkuszu pruskiej mapy topograficznej (ryc. 2). Rozmieszczenia przestrzenne wskaźnika NDVI obliczono też dla czterech powierzchni wewnątrz tego kwadratu różniących się wyraźnie sposobem użytkowania terenu w przeszłości. Oznaczenia i historia lasów dla tych powierzchni przedstawia się następująco:

A. powierzchnia położona na wysoczyźnie po północnej stronie jeziora Laska, gdzie teren nie był w przeszłości użytkowany rolniczo,

B. powierzchnia niżej położona w pobliżu jezior



Ryc. 2. Zasięg lasów w 1874 i 1998 roku: 1 — lasy, 2 — jeziora, 3 — zabudowania, 4 — powierzchnie badawcze (300 × 500 m)

Fig. 2. Forest ranges in 1874 and 1998: 1 — forests, 2 — lakes, 3 — built-up areas, 4 — plots

Zmarłe i Piecki, tj. w miejscu, w którym rozwój lasu był przerwany jedynie zrębami a nie dłuższym użytkowaniem rolniczym,

C. powierzchnia na wysoczyźnie pomiędzy jeziorami Duże Głuche i Kruszyńskie, gdzie przed wtórnym zalesieniem terenu na początku XX wieku istniały pola uprawne,

D. powierzchnia, na której przed zalesieniem istniały wilgotne pastwiska.

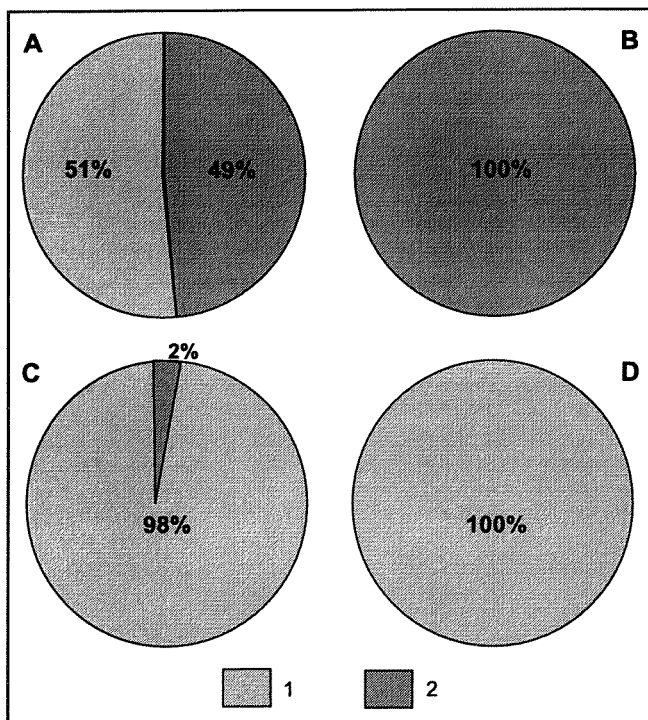
Wielkość każdej powierzchni wynosiła około 135 ha, tzn. każda z nich obejmowała około 1500 pikseli. Przy sporządzaniu map zakres wskaźnika NDVI w przedziale od -1,0 do 1,0 podzielono na 20 klas, którym przypisano barwy użyte przy sporządzaniu map. Przy wykorzystaniu informacji zawartej w operatach leśnych oraz korzystając z informacji o zabiegach hodowlanych i pozyskaniu drewna obliczono udział lasów i innych typów roślinności oraz strukturę wiekową drzewostanów i strukturę siedliskową lasów na porównywalnych powierzchniach. Po wykonaniu mapy przestrzennego rozmieszczenia NDVI sporządzono histogramy wartości wskaźnika oraz obliczono jego średnią wartość i odchylenie standardowe dla każdej powierzchni.

Różnice pomiędzy badanymi powierzchniami pod względem wielkości wskaźnika NDVI określono metodą klasyfikacji numerycznej. Cechami poszczególnych powierzchni była liczebność pikseli użytych w analizie klas zakresu NDVI. Jako miarę różnic zastosowano odległość euklidesową. Dendrogram sporządzono metodą średniej odległości pomiędzy elementami klastra (Orłóci, 1978). Ponadto w celu scharakteryzowania zmienności NDVI na każdej powierzchni dla liczebności pikseli w histogramach obliczono wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera $H'_{ob} = - \sum p_i \log_2 p_i$ oraz równomierność $e =$

H'_{ob}/H'_{max} . W powyższych wzorach p_i oznacza liczbę pikseli w i -tej klasie wskaźnika NDVI ($i = 1, 2, 3, \dots, s$), s — liczbę klas, H'_{ob} — obserwowaną wartość wskaźnika różnorodności a H'_{max} jego teoretyczną wartość maksymalną. Wartość maksymalna występuje wówczas, gdy liczebność pikseli w poszczególnych klasach zakresu NDVI jest jednakowa. W tym przypadku równomierność, która przyjmuje wartości z zakresu $0 \leq e \leq 1$, osiąga wartość maksymalną. W obliczaniu wskaźników H'_{ob} oraz e , a także do sporządzenia dendrogramu użyto programu MVSP (Kovach, 1993).

Wyniki

Na podstawie analizy danych zawartych w operatach stwierdzono, że na powierzchni A dominują bory świeże oraz zbiorowiska przejściowe pomiędzy borem świeżym a suchym (ryc. 3). Lasy tej powierzchni należą najczęściej do II klasy wieku, tj. 20–40 lat (43%). Lasy w wieku 60–80 lat zajmują 13%, a lasy w wieku 100–120 lat 10%. Na powierzchni B bór świeży jest jedynym typem siedliskowym, zaś w strukturze wiekowej drzewostanu dominują lasy w wieku 20–40 lat (29%). Na powierzchni tej występują jednak najstarsze drzewostany. Udział lasów w wieku 100–120 lat wynosi 22%, a w wieku 120–140 lat 18%. Na powierzchniach C i D porośniętych wtórnymi lasami na glebach porolnych dominują bory suche. Ich udział w strukturze siedlisk wynosi odpowiednio 98% i 100% (ryc. 3). W strukturze wiekowej na powierzchni C dominują lasy II klasy wieku, tj. 20–40 lat, zajmując 40%. Lasy w wieku 60–80 lat zajmowały 25%, a w wieku 80–100 lat 14%. Na powierzchni D największy obszar (61%) zajmowały lasy w wieku 80–100 lat.



Ryc. 3. Struktura siedliskowa na badanych powierzchniach A, B, C i D: 1 — bory suche, 2 — bory świeże

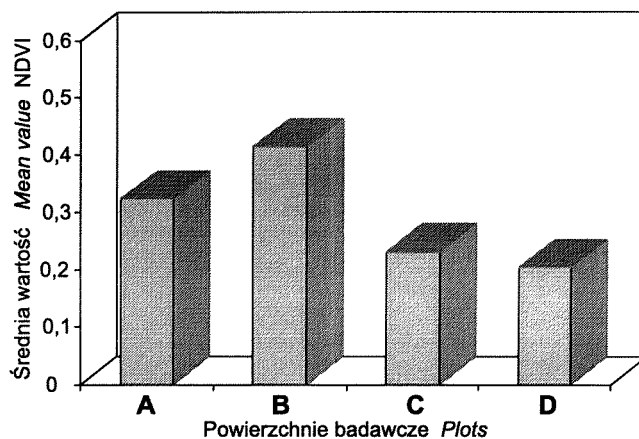
Fig. 3. Structure of forest habitats in plots A, B, C, D: 1 — dry pine forest, 2 — fresh pine forest

Lasów w wieku 60–80 lat było 7%, a wieku 20–40 lat 15%.

Z analizy wartości wskaźników NDVI na poszczególnych stanowiskach wynika, że najwyższe wartości tego parametru osiągnęła powierzchnia B (ryc. 4 i 5), na której udział siedlisk boru świeżego był najwyższy. Na powierzchni tej występowały też najstarsze drzewostany. Najniższe wartości badanego parametru osiągnęła natomiast powierzchnia D, na której dominowały bory suche. Średnia wartość NDVI na tych powierzchniach wynosiła odpowiednio 0,365 oraz 0,155. Na powierzchni A, gdzie istnienie lasów nie było przerwane uprawą rolną wskaźnik NDVI osiągnął wartość 0,262, zaś na powierzchni porolnej C jego wartość wynosiła 0,183.

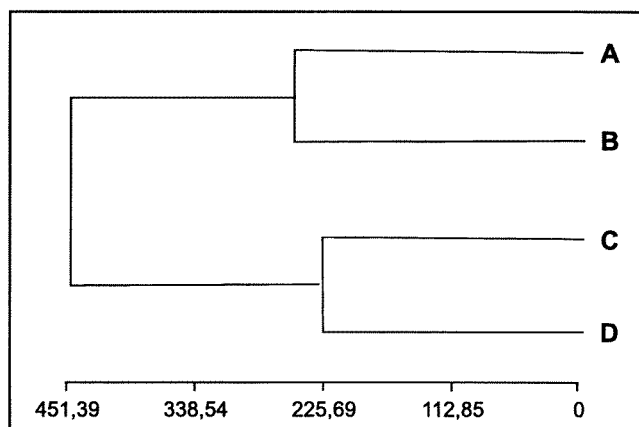
Na podstawie analizy zmienności przestrzennej NDVI na poszczególnych stanowiskach stwierdzono, że najbardziej jednorodna była powierzchnia D. Zanotowane na niej wartości NDVI obejmowały 10 klas. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera tej powierzchni wynosił 2,3670, a równomierność 0,7126. Najbardziej heterogeniczne były powierzchnie A i C. Ich wartości NDVI należały do 13 klas, wskaźnik różnorodności wynosił 2,7211 i 2,8671, a równomierność odpowiednio 0,7489 i 0,7748. Wartości NDVI pikseli powierzchni B obejmowały 12 klas. Wskaźnik różnorodności dla tej powierzchni wynosił 2,8384, a równomierność 0,7917.

Na dendrogramie sporządzonym na podstawie liczebności pikseli w poszczególnych przedziałach wskaźnika NDVI zaznacza się wyraźnie odrębność powierzchni leśnych na gruntach porolnych od powierzchni z lasami



Ryc. 4. Histogram średniej wartości NDVI dla badanych powierzchni A, B, C i D

Fig. 4. Mean value histogram of NDVI for plots A, B, C, D



Ryc. 5. Dendrogram podobieństw badanych powierzchni A, B, C i D

Fig. 5. Dendrogram of similarity between plots A, B, C, D

porastającymi gleby nieużytkowane rolniczo. Obie pary powierzchni tworzą bowiem odrębne klastry (ryc. 6).

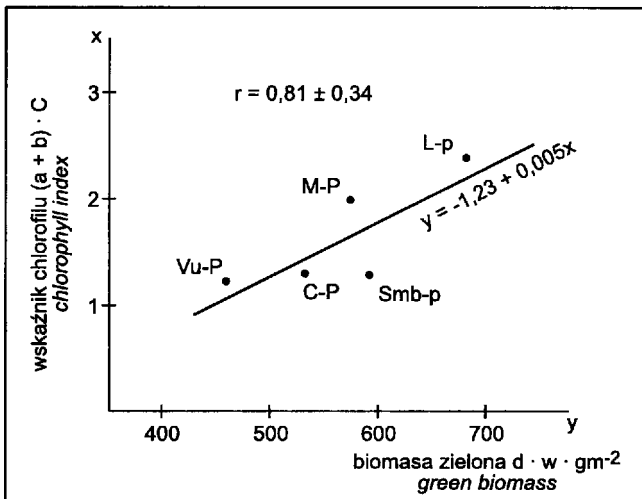
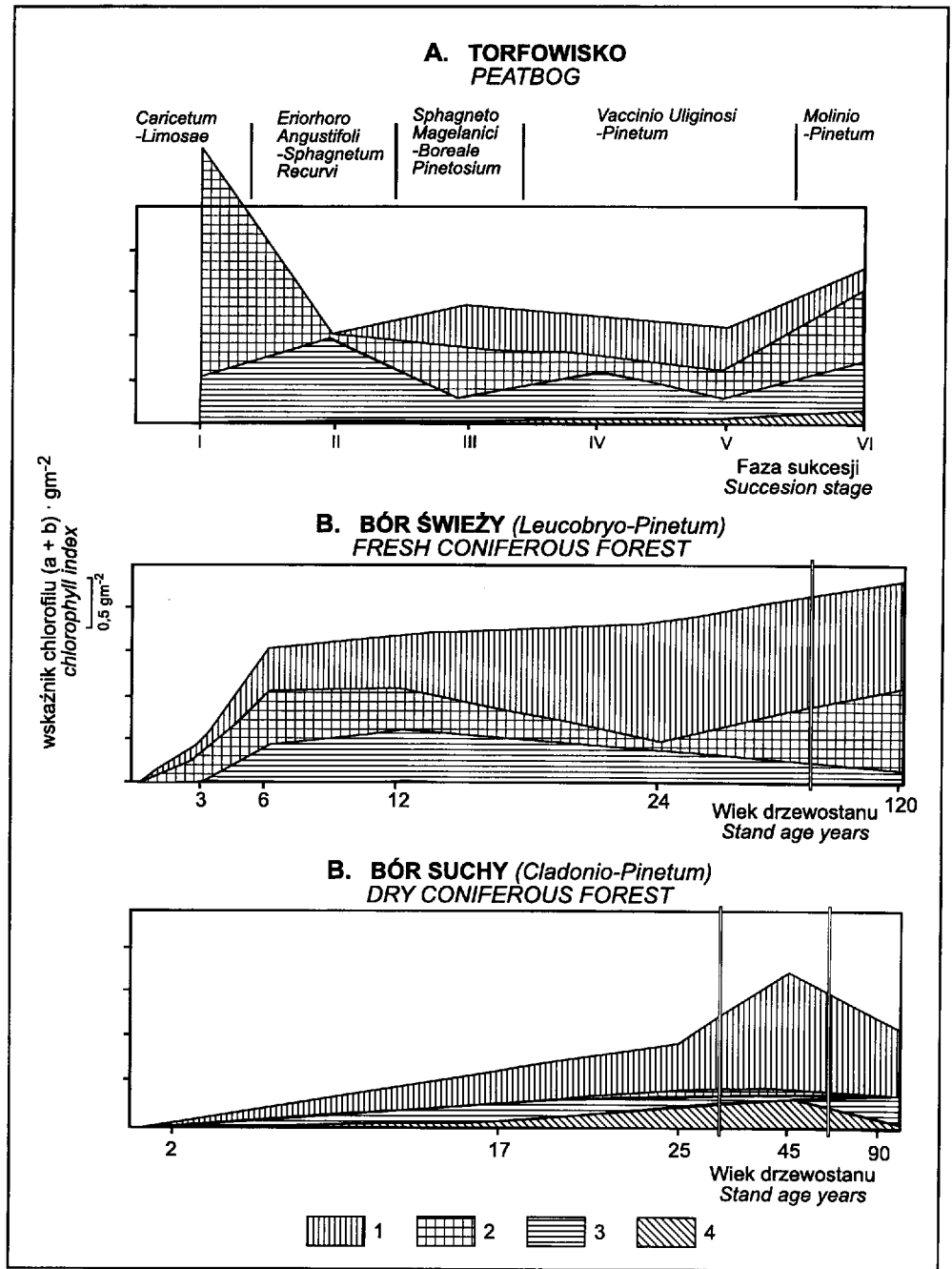
Wnioski

Uzyskane wyniki mieszczą się w zakresie podawanym dla plantacji innych gatunków sosny w innych regionach świata. Najwyższa zgodność występuje pomiędzy wartościami NDVI z Zaborskiego Parku Krajobrazowego a plantacjami *Pinus densiflora* w górskich obszarach Japonii. Lee i Nakane (1997) dla tych lasów podają wartości NDVI w zakresie 0,3 do 0,5. Gholz i inni (1997) natomiast, analizując odpowiedź spektralną plantacji *Pinus elliotti var. elliotti* na obszarach leśnych Florydy w USA stwierdzili wyższe wartości: 0,55–0,66. Tak wysokie wartości NDVI w Zaborskim Parku Krajobrazowym osiągają jedynie najstarsze drzewostany o dużym zwarcie na siedlisku boru świeżego.

Zmienność przestrzenną NDVI dobrze wyjaśniają wyniki pomiaru wskaźnika chlorofilu oraz zawartości tego barwnika w jednostce biomasy zielonej poszczególnych typów fitocenozy Zaborskiego Parku Krajobrazowego.

Na podstawie przeprowadzonych porównań stwierdzono, że istnieje korelacja pomiędzy wartościami NDVI

Ryc. 6. Zmiana wskaźnika chlorofilu w fitocenozach podczas sukcesji wtórnej w Borach Tucholskich (wg Barcikowskiego, 1992)
 Fig. 6. Development of the chlorophyll index in phytocenoses with secondary succession in Tuchola Forest (after Barcikowski, 1992)



Ryc. 7. Krzywa regresji wskaźnika chlorofilu (CI) w zależności od biomasy zielonej wybranych zespołów roślinnych w Borach Tucholskich (L-p — *Leucobryo-Pinetum*, M-P — *Molinio-Pinetum*, Vu-P — *Vaccinio uliginosi-Pinetum*, Smb-p — *Sphagneto magellanici-boreale pinetosum*, C-P — *Cladonio-Pinetum*) (wg Barcikowskiego, 1992)

Fig. 7. Regression of the chlorophyll index (CI) depending on green biomass in selected associations of Tuchola Forest (L-p — *Leucobryo-Pinetum*, M-P — *Molinio-Pinetum*, Vu-P — *Vaccinio uliginosi-Pinetum*, Smb-p — *Sphagneto magellanici-boreale pinetosum*, C-P — *Cladonio-Pinetum*) (after Barcikowski, 1992)

uzyskanymi w niniejszej pracy oraz wynikami standardowych analiz przeprowadzonych przez Barcikowskiego (1992) oraz Barcikowskiego i Michalską (1998) nad zawartością chlorofilu w zbiorowiskach roślinnych badanego terenu (ryc. 6 i 7). Wynika z tego, że metoda satelitarna może być stosowana do wykrywania powierzchni dziś porośniętych borami suchymi, na których przed odtworzeniem lasów prowadzono uprawę rolną. Jednakże precyzyjne stosowanie metod satelitarnych wymaga przeprowadzenia dalszych porównań nad poziomem chlorofilu i wartości NDVI w borach suchych powstałych zarówno w wyniku sukcesji naturalnej, jak i na gruntach porolnych. Badania porównawcze należałoby też przeprowadzić w borach świeżych i w zbiorowisku *Pinus sylvestris-Deschampsia flexuosa*, które powstało w wyniku zalesiania dawnych pól uprawnych o żyzniejszej glebie lub w wyniku wprowadzenia sosny na siedliska lasów liściastych. Charakterystykę spektralną pokrycia roślinnego w Zaborskim Parku Krajobrazowym utrudnia bardzo duże zróżnicowanie wiekowe drzewostanów. W celu precyzyjnego określenia wpływu rolniczego użytkowania gleb na kondycję odtworzonych lasów byłoby wskazane przeprowadzenie podobnej analizy przy zastosowaniu wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych i większych zbiorów pikseli, które obejmowałyby uprawy tego samego wieku występujące na tym samym siedlisku i w miejscach o podobnym użytkowaniu terenu w przeszłości.

Literatura

Barcikowski A., 1992: Differentiation in the structure and energy flow in phytocenoses with primary and secondary succession,



Mgr Mieczysław Kunz ukończył studia magisterskie z zakresu geografii (1996, Uniwersytet Szczeciński) i ekonomii (1998, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu) oraz studia podyplomowe z informatyki (1999, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu). Obecnie pracuje na stanowisku asystenta w Pracowni Teledetekcji i Kartografii Instytutu Geografii UMK w Toruniu. Zajmuje się wykorzystaniem Systemów Informacji Geograficznej (GIS) i teledetekcji dla obszarów chronionych. Przygotowuje rozprawę doktorską na temat wpływu intensywności gospodarowania na heterogenność krajobrazu leśnego na przykładzie Zaborskiego Parku Krajobrazowego. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytut Geografii, Pracownia Teledetekcji i Kartografii, ul. Gagarina 5, 87-100 Toruń, tel. (0-56) 61-14-698, e-mail: met@cc.uni.torun.pl



Dr hab. Andrzej Nienartowicz jest Kierownikiem Pracowni Modelowania Procesów Ekologicznych w Instytucie Ekologii i Ochrony Środowiska UMK w Toruniu. Wykłada m.in. przedmioty: GIS i teledetekcja, taksonomia numeryczna, energetyka ekologiczna, gospodarowanie na obszarach chronionych. Główne zainteresowania badawcze to: energetyka dużych systemów ekologicznych, ekorozwój, systemy informacji geograficznej.

[w]: R. Bohr, A. Nienartowicz, J. Wilkoń-Michalska (eds), *Some ecological processes of biological systems in North Poland*, Copernicus University Press, Toruń.

- Barcikowski A., Michalska T., 1988: Zawartość chlorofilu podczas sukcesji wtórnej boru świeżego *Leucobryo-Pinetum*, *Mat. Acta Univ. N. Copernici* (Toruń) Biol., 29.
- Gholz H.L., Curran P.J., Kupiec J.A., Smith G.M., 1997: Assessing leaf area and canopy biochemistry of Florida pine plantations using remote sensing, [w]: Gholz, H.L. Nakane K., Shimoda H. (eds), *The use of remote sensing in the modelling of forest productivity*, Kulwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- Kondracki J., 1978: *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kovach W.L., 1993: *MVSP — A Multi Variate Statistical Packade for IBM PC's, version 2.1.*, Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales. UK.
- Lee N.J., Nakane K., 1997: Forest vegetation classification and biomass estimation based on Landsat TM data in a Mountain Region of West Japan, [w]: Gholz H.L. Nakane K., Shimoda H. (eds), *The use of remote sensing in the modelling of forest productivity*, Kulwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- Orlói L., 1978: *Multivariate Analysis of Vegetation Research*, Dr. W. Junk Publishers, The Hague. Boston.
- Sokołowski A., 1965: Zespoły leśne nadleśnictwa Łaska w Borach Tucholskich. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*.
- Szafer W., Zarzycki K., 1972: *Szata roślinna Polski*, PWN, Warszawa.
- Wilkoń-Michalska J., Lipnicki L., Nienartowicz, A., Deptuła M. 1998: Rola porostów w funkcjonowaniu borów sosnowych, [w]: Czyżewska K. (red.), *Różnorodność biologiczna porostów*, Wyd. Uniw. Łódź. Łódź.
- Wilkoń-Michalska J., Nienartowicz A., Kunz M., Deptuła M., 1999: Old land-use maps as basis for the interpretation of the contemporary structure of forest communities in Zabory Landscape Park, *Phytocenosis*, vol 11 (N.S.), Supplementum Cartographiae Geobotanicae, *Geobotanical map in nature conservation*, Warszawa-Białowieża.

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska, Pracownia Modelowania Procesów Ekologicznych, ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń, tel. (0-56) 61-14-598, e-mail: nienart@biol.uni.torun.pl



Mgr Miłosz Deptuła pracę magisterską pt: *Kształtowanie się zbiorowisk roślinnych porażarska leśnego na tle stosunków geobotanicznych okolic jezior 'Na Jazach' w Kotlinie Płockiej* obronił w 1996 roku w Zakładzie Taksonomii i Geografii Roślin UMK. Obecnie pracuje na stanowisku asystenta w Pracowni Modelowania Procesów Ekologicznych UMK. Główne zainteresowania: wpływ sposobów użytkowania lasu w przeszłości na stan biomasy fitocenozy leśnych;

degradacja ekosystemów leśnych spowodowana różnym sposobem użytkowania terenu.

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska, Pracownia Modelowania Procesów Ekologicznych, ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń, tel. (0-56) 61-14-598