

**STANISŁAW BROŻEK, MACIEJ ZWYDAK, TOMASZ WANIC, PIOTR GRUBA,  
JAROSŁAW LASOTA**

## **Kierunki doskonalenia metod rozpoznawania siedlisk leśnych\***

Improvement methods in forest site diagnosis techniques

### **ABSTRACT**

Brożek S., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Lasota J. 2007. Kierunki doskonalenia metod rozpoznawania siedlisk leśnych. Sylwan 2: 26-34.

On 127 experimental plots were classified into different forest site types according to vegetational criteria, 16 main soil properties were analysed and their content in a 100 × 100 × 150 cm soil lump was calculated. The expert system and the linear discriminant analysis showed different soil properties and their groups enabling stronger or weaker division of the examined sites into forest site types. The content of 0.1-0.02 mm fraction, the content of <0.02 mm fraction, the concentration of H<sup>+</sup> ions as pH reaction in H<sub>2</sub>O and the content of mobile N were pointed to as those which better distinguish coniferous forest (B) from mixed coniferous forest (BM), mixed coniferous forest from mixed broadleaved forest (LM) and mixed broadleaved forest from broadleaved forest (L). The other soil properties in the expert system showed a weaker strength in differentiating the examined sites into different forest site types according to vegetational criteria.

### **KEY WORDS**

forest site classification, soil properties significance, expert system, discriminant analysis

### **ADDRESSES**

Stanisław Brożek – Katedra Gleboznawstwa Leśnego; Akademia Rolnicza;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlbrozek@cyf-kr.edu.pl

Dr inż. Maciej Zwydak – Katedra Gleboznawstwa Leśnego; Akademia Rolnicza;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Tomasz Wanic – Katedra Gleboznawstwa Leśnego; Akademia Rolnicza;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Piotr Gruba – Katedra Gleboznawstwa Leśnego; Akademia Rolnicza;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Jarosław Lasota – Katedra Gleboznawstwa Leśnego; Akademia Rolnicza;  
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

## **Wprowadzenie**

Waloryzacja siedlisk leśnych jest wykonywana na podstawie właściwości gleby, roślinności runa leśnego oraz składu gatunkowego drzewostanu i jego bonitacji wzrostowej. Zgodnie z założeniami elementy morfologii, geologii i gleb powinny najsilniej wpływać na diagnozę siedliska, lecz instrukcje wykonawcze nie potwierdzają tego założenia [Siedliskowe podstawy... 2004; Brożek 2007]. Wyróżnia się 4 główne typy siedlisk leśnych: bory (B), bory mieszane (BM), lasy

\* Referat wygłoszony na konferencji pt. „Zadania siedliskoznawstwa dla trwale zrównoważonej gospodarki leśnej i ochrony siedlisk przyrodniczych” (DGLP, Sulęczyno 1-3 czerwca 2005)

mieszane (LM) i lasy (L). Wyróżnione typy są klasyfikowane w różnych wariantach uwilgotnienia: suchy, świeży, wilgotny i bagienny. Dla każdego typu siedliska ustala się typ lasu, czyli skład gatunkowy odnawianego drzewostanu. Skład gatunkowy drzewostanu wynikający z właściwości siedlisk to warunek wstępny do trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej. Takie podejście do waloryzacji lasu odpowiada jego wielofunkcyjnemu znaczeniu w środowisku i jest realizacją wielu ekologicznych celów związanych z naturalną lub zbliżoną do naturalnej szatą roślinną.

Na małym obszarze, jakim jest nadleśnictwo czy obręb na nizinach lub wyżynach, wpływ klimatu na życie drzew jest podobny i o zmienności siedlisk, a w konsekwencji o składzie gatunkowym drzewostanów decydują warunki glebowe [Kowalkowski 1999; Nambiar 1996; Schoenholtz i in. 2000].

Podjęto więc badania nad związkiem diagnoz siedliskowych wykonanych na podstawie runa leśnego i drzewostanu a właściwościami gleb w terenach nizinnych i wyżynnych. Badania zmierzają do wyznaczenia właściwości gleb, które najlepiej rozdzielałyby 4 podstawowe kategorie troficzne lasu: B, BM, LM i L. Zestaw właściwości gleb wyznaczany do tych celów może być odpowiednikiem równolegle powstającej w świecie koncepcji „soil quality” zapoczątkowanej w latach dziewięćdziesiątych jako narzędzie szacowania i kontroli trwałości zasobów glebowych intensywnie użytkowanych w rolnictwie [Karlen i in. 1997; Andrews i in. 2003].

Dotychczasowe propozycje wyznaczenia z wielu możliwych właściwości gleby mniejszej ich liczby, ale dobrze wyrażających zmienność gleb są bardzo zróżnicowane. Wypracowane głównie dla obszaru rolnictwa kształtują się od kilku do kilkunastu fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleby [Barbiroli i in. 2004; Brejda i in. 2000; Andrews i in. 2003]. Uwzględnianie bardzo wielu cech jest możliwe na ograniczoną i głównie eksperymentalną skalę. Właściwości gleb stosowane do waloryzacji siedlisk w praktyce leśnej ze względu na wielkoobszarowość muszą być łatwo mierzalne i tanie w uzyskaniu [Schoenholtz i in. 2000; Brożek 2001]. Celem kontroli zmienności gleb w czasie powinny być cechy rejestrujące łatwo zmienne właściwości gleby (np. pH, składniki pokarmowe ekstrahowane w słabych roztworach). Natomiast dla waloryzacji siedlisk leśnych, głównie ze względu na wieloletnie życie drzew, oprócz wymienionego wymagania, wydaje się celowe włączenie również trwałych właściwości gleby (np. uziarnienie). W waloryzacji siedlisk leśnych metoda powtarzania pomiarów w czasie typowa dla rolniczej koncepcji „soil quality” może być zastępowana powtarzaniem pomiarów w przestrzeni. Daje to obraz zróżnicowania gleb kartowanego obiektu.

W świetle tych uwag celem niniejszych badań jest próba wyznaczenia zestawu właściwości gleb, które lepiej determinują 4 podstawowe typy siedlisk leśnych klasyfikowanych wcześniej według wskaźników roślinnych. Celem pracy jest także próba wykazania, które właściwości gleb, oznaczane w procesie powstawania operatu glebowo-siedliskowego nadleśnictwa, mają większy, a które mniejszy wpływ na wydzielenie płatów siedlisk różnych typów.

## Metodyka

Do badań wytypowano 127 powierzchni reprezentujących typowe bory (B), bory mieszane (BM), lasy mieszane (LM) i lasy (L) terenów nizinnych i wyżynnych Polski. Bory (B) były najuboższą grupą powierzchni, gdzie runo tworzyły wyłącznie rośliny oligotroficznych siedlisk z dominacją borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus*), brusznicy (*Vaccinium vitis-idaea*), śmiałką darniowego (*Deschampsia flexuosa*) oraz mchów z rodzaju *Pleurozium*, *Dicranum*, *Leucobryum*. Drzewostan na siedliskach borów tworzyła sosna niskiej bonitacji (II,5 – IV), czasem z domieszką brzozy i świerka. Jeżeli w takich drzewostanach spotykano dęby, pełniły one funkcję

biocenotyczną, wzrastając w podszyciu. Tę grupę siedlisk tworzyły głównie gleby bielcowe, rzadziej najuboższe gleby rdzawe i inicjalne luźne, wykształcone najczęściej z piasków wydmych. Wilgotniejsze odmiany siedlisk spotykano na glebach glejobielcowych. Na tych powierzchniach (B) potencjalnym zbiorowiskiem jest kontynentalny lub subkontynentalny bór świeży (*Leucobryo-Pinetum*, *Peucedano-Pinetum*), zaś na wilgotniejszych glebach bór wilgotny (*Molinio-Pinetum*).

Bory mieszane (BM) to grupa powierzchni o nieco bogatszej roślinności runa, wśród której poza gatunkami oligotroficznych siedlisk spotykano wskaźniki siedlisk oligo-mezotroficznych: orlicę pospolitą (*Pteridium aquilinum*), konwalijkę dwulistną (*Maianthemum bifolium*) szczawika zajęczego (*Oxalis acetosella*), nerecznicę krótkoostną (*Dryopteris carthusiana*), konwalię majową (*Convallaria majalis*) i trzcinika leśnego (*Calamagrostis arundinacea*). W drzewostanach tych siedlisk panowała sosna wysokiej (I-II) bonitacji, z domieszkami świerka, dębu, buka niskiej jakości, występujących głównie w niższym piętrze drzewostanu. W tej grupie siedlisk występowały przede wszystkim gleby bielcowe oraz uboższe gleby rdzawe – właściwe i bielcowane. Wilgotniejsze warianty towarzyszą najczęściej glebom glejobielcowym. Gleby te powstały z luźnych piasków wodnolodowcowych, eolicznych, a również uboższych piasków zwałowych. W takich warunkach na glebach świeżych wykształcają się zbiorowiska bogatszych wariantów borów (*Leucobryo-Pinetum* i *Peucedano-Pinetum* z *Oxalis acetosella*) oraz uboższe warianty boru mieszanego z dębem bezszypułkowym (*Quercetum petraeae-Pinetum*). Na glebach wilgotniejszych wykształca się uboższa forma wilgotnego boru mieszanego (*Quercu roboris-Pinetum moliniosum*).

Lasy mieszane (LM) to powierzchnie z drzewostanami sosnowo-dębowymi, jak również dębowymi, w których dąb wykazywał II-III klasę bonitacji, w dolnym piętrze pojawiały się pojedynczo grab oraz lipa. Rzadko w grupie tej spotykano ubogie drzewostany bukowe czy bukowo-dębowe. Roślinność runa w takich warunkach wykazywała nieco bogatsze złożenie gatunkowe. Poza dominującymi jeszcze gatunkami siedlisk borowych notowano tu wskaźniki mezotroficznych siedlisk: zawilca gajowego (*Anemone nemorosa*), gwiazdnicę gajową (*Stellaria holostea*), sałatnika leśnego (*Mycelis muralis*), jastrzębce (*Hieracium murorum*, *Hieracium umbellatum*, *Hieracium sabaudum*), dąbrówkę rozłogową (*Ajuga reptans*), wiechlinę gajową (*Poa nemoralis*) czy perlówkę zwisłą (*Melica nutans*). W warunkach świeżych i umiarkowanie wilgotnych na powierzchniach tych występowały gleby rdzawe i uboższe gleby brunatne kwaśne. Gleby te powstają z piasków różnej genezy, głównie sandrowych i zwałowych, często z zasobniejszymi warstwami w głębszych poziomach, jak również z piasków i glin zwałowych. Wilgotniejsze odmiany towarzyszyły mezotroficznym glebom opadowoglejowym czy gruntowoglejowym, rzadko glejobielcowym, również wykształconym na głębokich, ale zasobniejszych piaskach. Badane powierzchnie LM ze względu na możliwość pełnienia przez dęby roli gatunku współpanującego obok sosny, łączyć należy z bogatszymi formami lasów sosnowo-dębowych (*Quercu roboris-Pinetum*), uboższymi postaciami grądów (*Tilio-Carpinetum calamagrostietosum*), acidofilnymi dąbrowami (*Calamagrostio-Quercetum petraeae*, *Fago-Quercetum petraeae*) oraz kwaśnymi buczynami (*Luzulo pilosae-Fagetum*).

Lasy (L) to powierzchnie z drzewostanami grabowo-dębowymi, bukowymi, rzadziej bukowo-dębowymi, w których gatunki te osiągały wysokie bonitacje wzrostowe (I-II klasa bonitacji). Drzewostany te odznaczały się dobrze rozwiniętą bujną pokrywą runa, w której poza gatunkami siedlisk mezotroficznych licznie występowały rośliny siedlisk eutroficznych: marzanka wonna (*Galium odoratum*), gajowiec żółty (*Galeobdolon luteum*), kopytnik (*Asarum europaeum*), żywce (*Dentaria bulbifera*, *Dentaria glandulosa*), szczyr (*Mercurialis perennis*), miodunka

(*Pulmonaria obscura*). Gleby na tych powierzchniach należały głównie do typu gleb brunatnych właściwych i wylugowanych, płowych, rzadziej bogatych gleb brunatnych kwaśnych, powstających z różnorodnych piasków i glin lodowcowych, utworów pyłowych czy piasków naglinowych. Potencjalne zbiorowiska mogące kształtować się na omawianych siedliskach należą do rozmaitych odmian grądów środkowoeuropejskich (*Galio-Carpinetum*), grądów subkontynentalnych (*Tilio-Carpinetum*) typowych i niskich, a w granicach naturalnego zasięgu buka – żyzna buczyna niżowa (*Melico-Fagetum*).

Na wytypowanych powierzchniach diagnozowano typy siedlisk według roślinności runa, według składu gatunkowego drzew i ich bonitacji. Próby gleb do analiz pobrano z poziomów genetycznych. Metodami standardowymi stosowanymi w urzędzaniu lasu wykonano oznaczenia następujących składników: procentowy udział frakcji ziaren glebowych, C organiczny, N całkowity, N ruchliwy, zawartość jonów  $H^+$  oznaczaną jako odczyn pH w  $H_2O$  i pH w 1M KCl oraz kwasowość hydrolityczną, zawartość rozpuszczalnych w 1M  $CH_3COONH_4$  – Ca, Mg, K, Na, liczono też ich sumę  $Ca+Mg+K+Na$  i gęstość objętościową. Obliczano proporcje C/N i pojemność kompleksu sorpcyjnego. Wszystkie cechy wyrażano jako ich zawartość w kg na bryłę objętości gleby o wymiarach  $100 \times 100$  cm i do głębokości: 25, 50, 100 i 150 cm (0,25, 0,5, 1,0 i 1,5  $m^3$  gleby). Jest to próba odejścia od konwencjonalnego sposobu przedstawiania danych glebowych. Objętościowe przedstawienie charakterystyki gleby wydaje się być bardziej odpowiednim dla przybliżania warunków, w jakich żyją korzenie drzew. Systemem eksperckim i metodą dyskryminacji liniowej szukano składników glebowych lepiej różnicujących wydzielone grupy siedlisk. Badane cechy są powszechnie stosowane w praktyce leśnej w procesie diagnozowania siedlisk leśnych w Polsce, jak również oznaczano dodatkowe cechy, które uznano za niezbędne – gęstość objętościowa i azot ruchliwy. W eksperckim systemie wyboru składników kierowano się zarówno dobrym poznaniem gleby, jak i możliwością zastosowania w wielkoobszarowej gospodarce leśnej, które wymuszają niską cenę i niewielki nakład pracy.

## Wyniki

W systemie eksperckim wytypowano 16 składników i właściwości opisujących glebowe warunki życia roślin. Metodą analizy dyskryminacji szukano, które z oznaczonych składników gleby rozdzielają lepiej analizowany zbiór 127 stanowisk na 4 podstawowe grupy: B, BM, LM i L. Rozkład normalny, współczynnik zmienności w obrębie zmiennych oraz korelacje pomiędzy cechami (tab. 1) wyeliminowały szereg składników gleby z modelu dyskryminacji. W ostatecznie przyjętym modelu pozostały: zawartość frakcji 0,1-0,02 mm, zawartość frakcji <0,02 mm, zawartość azotu całkowitego, zawartość azotu ruchliwego, ważona proporcja C/N, całkowita zawartość jonów  $H^+$  oraz zawartość  $H^+$  oznaczana jako odczyn pH w  $H_2O$ . Zapasy wymienionych składników wyliczone dla bryły gleby o wymiarach  $100 \times 100$  cm i do głębokości 50, 100, 150 cm wykazały bardzo podobne rezultaty analizy dyskryminacji. Jedynie poziom 0-25 cm, który zawsze jest bardziej zróżnicowany, odbiegał od wyników w pozostałych poziomach. Jako ostateczny wynik analizy zamieszczono w pracy dane zasobów glebowych do głębokości 150 cm (tab. 2). Wynika z nich, że badany zbiór powierzchni silniej rozdzielają na B, BM, LM i L następujące cechy glebowe: zawartość frakcji 0,1-0,02 mm, zawartość frakcji <0,02 mm, zawartość  $H^+$  oznaczana jako odczyn pH w  $H_2O$  oraz zawartość N ruchliwego. Są to więc zarówno łatwo zmienne jak i trwałe właściwości gleby. Pozostałe cechy gleby proponowane w systemie eksperckim w analizie dyskryminacji wykazały mniejszą siłę rozdzielania badanego zbioru siedlisk leśnych na B, BM, LM i L.

Tabela 1.

Zawartość, zmienność i korelacje właściwości gleby [Brożek i in. 2005]

Contents, variability and correlations of soil analytical data [Brożek et. al. 2005]

Właściwości gleby	Frakcje [mm]		N ogółem	Corg	C:N	H <sup>+</sup> jako kwasowość hydrolytyczna	H <sup>+</sup> pH H <sub>2</sub> O	H <sup>+</sup> pH KCl	N <sub>niechlwy</sub>	Rozpuszczalne w 1M CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>					
	Ø 0,1-0,02	Ø <0,02								Ca	K	Mg	Na	Ca+K+Mg+Na	
X	304,21	140,52	61,83	9,04	0,46	13,35	58,9	0,11	0,55	0,0033	0,43	0,03	0,06	0,03	0,53
Min	31,29	11,29	0,00	3,08	0,15	0,73	13,73	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,04
Max	1196,93	1390,33	814,24	27,34	0,95	32,22	321,46	0,35	2,31	0,0078	5,69	0,41	1,88	0,10	5,90
Sd	233,5	203,7	106,34	3,88	0,15	6,22	38,43	0,07	0,35	0,0016	0,93	0,05	0,18	0,02	1,01
v, %	76,8	145	172	43	32,1	46,6	65,3	70,5	64,3	49,7	214,4	140,4	323,3	77,80	191,30
Korelacje pomiędzy zmiennymi															
Ø 0,1-0,02	1,00														
Ø <0,02	0,44														
Ø <0,002	0,35														
C	-0,06														
N	0,09														
C:N	-0,23														
H <sup>+</sup> całkowity	0,21														
H <sup>+</sup> pH H <sub>2</sub> O	-0,15														
H <sup>+</sup> pH KCl	0,20														
N <sub>niechlwy</sub>	-0,17														
Ca	0,27														
K	0,36														
Mg	0,19														
Na	0,30														
Ca+K+Mg+Na	0,35														

Zawartość składników w 1,5 m<sup>3</sup> (100 × 100 × 150 cm): średnia (X), minimum (Min), maksimum (Max), odchylenie standardowe (Sd) i zmienność (V); n=127

Contents of elements in 1,5 cubic metre (100 × 100 × 150 cm): mean values (X), minimum (Min), maximum (Max), standard deviation (Sd) and variability (V); n=127

Tabela 2.

Wyniki analizy dyskryminacji [Brożek i in. 2005]

Discriminant function quality measures [Brożek et. al. 2005]

	Lambda Wilks'	Częściowa Lambda	F(3,117)	Poziom istotności p	Tolerancja	1-tolerancja
$\emptyset$ 0,1-0,02	0,2834	0,8855	5,0408	0,0025	0,9016	0,0984
$\emptyset$ <0,02	0,3548	0,7073	16,1386	0,0000	0,6463	0,3537
N <sub>całkowity</sub>	0,2576	0,9743	1,0277	0,3830	0,7187	0,2813
C:N	0,2583	0,9716	1,1408	0,3356	0,8732	0,1268
H <sup>+</sup> <sub>całkowity</sub>	0,2589	0,9692	1,2390	0,2988	0,6446	0,3554
H <sup>+</sup> pH H <sub>2</sub> O	0,2986	0,8405	7,4023	0,0001	0,7499	0,2501
N <sub>ruchliwy</sub>	0,2847	0,8815	5,2450	0,0020	0,6687	0,3313

## Dyskusja

Próby prac nad bardziej precyzyjnym ujęciem właściwości gleby dla celów praktycznych w rolnictwie i leśnictwie są obecnie często łączone z pojęciem „soil quality index”. Wynika to z potrzeby znalezienia narzędzi do kontroli stanu gleby intensywnie użytkowanej w celu wypracowania i zastosowania najlepszych wzorców gospodarczych, które będą skutkować trwałym i zrównoważonym rozwojem rolnictwa i leśnictwa. Prace te wykazują także potrzebę indeksu jakości gleb opartego na ich właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych, jako narzędzia określającego zmiany w glebie w wyniku ludzkiej działalności, który służyłby celom badawczym i praktycznym [Granatstein, Bazdiecek 1992; Karlen i in. 2003].

W obszarze leśnictwa koncepcję tę można zastosować do klasyfikacji siedlisk na podstawie gleby, to jest na podstawie tego najtrwalszego komponentu lasu [Carmean 1975 za Woolery i in. 2002; Brożek 2001; Brożek, Zwydak 2003]. Wyznaczanie właściwości gleb niezbędnych do ich charakterystyki i oceny pod kątem przydatności do wyróżniania typów siedlisk leśnych zwykle opiera się na „systemie eksperckim” i wskazuje dużą ich liczbę. Najczęściej są to podstawowe właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne zróżnicowane regionalnie [Page-Dumroese i in. 2000; Woolery i in. 2002]. Właściwości te przekształcone we wskaźniki są następnie wykorzystywane do konstrukcji modeli oceny stanu gleby [Karlen i in. 1997; Burger, Keltling 1999; Brożek 2001].

Zanim wprowadzono pojęcie „soil quality index” przez całe dziesięciolecia funkcjonowały zróżnicowane podejścia do określania żyzności, produktywności, trofizmu i przydatności gleb do różnych potrzeb, głównie na podstawie ich różnorodnych właściwości. Wprowadzenie do badań metod statystycznych, ze względu na ich wymagania, ogranicza liczbę właściwości gleby uwzględnianych w modelu. Stosując analizę dyskryminacji w badaniach regionu półsuchego Ameryki Północnej wykazano, że 4 cechy – C i N, trwałość wodna agregatów i zasolenie, są najlepszymi wskaźnikami jakości gleby użytkowanych rolniczo [Brejda i in. 2000]. Najbardziej rozbudowany zestaw właściwości gleby dla konstrukcji „rolniczego wskaźnika jakości gleby” – obejmuje ponad 30 cech gleby: pH, zawartość całkowita CaCO<sub>3</sub>, pojemność kompleksu sorpcyjnego, V%, wymienny K, zasolenie, materia organiczna, C/N, przyswajalny P, bakterie fosforowe, przyswajalna S, bakterie utleniające siarkę, bakterie wiążące azot, bakterie amonifikujące, bakterie nityfikujące, bakterie rozkładające celulozę i ligninę, bakterie uczestniczące w przemianach Cu, Zn, Fe, Mn, B, Mo, Cl, wymienny Na, udział Pb, Ni, Cd, Al, aktywny CaCO<sub>3</sub>, bakterie redukujące siarkę, denitryfikatory [Barbiroli i in. 2004].

W celu wyceny trofizmu siedlisk leśnych, jak również dla wykazania zmian o charakterze antropogenicznych w glebach leśnych, są proponowane następujące wskaźniki: całkowita zawartość C, N, P, K, Ca i MG w ukorzenionej warstwie gleby w nawiązaniu do pH i form próchnicy, formy kationów rozpuszczalne w 1M  $\text{NH}_4\text{Cl}$  oraz bioelementy przepływające przez las wraz z roztworem glebowym [Rehfuess 1999].

Zestaw wskaźników jest inny w pracach badawczych, a inny gdy stosuje się go w wielkoobszarowym gospodarstwie leśnym. Zastosowanie w wielkoobszarowej gospodarce leśnej zestawu właściwości wymusza ograniczanie liczby wybranych cech ze względu na koszty. W niniejszych badaniach systemem eksperckim wyznaczono 16 cech. Do analizy dyskryminacji natomiast wytypowano 7 cech, a ta wskazała 4 z nich jako te, które posiadają większą siłę rozdzielania siedlisk na grupy. Ograniczenie ilości cech metodami statystycznymi zawsze będzie dyskusyjne. Są to bowiem analizy matematyczne pozbawione czynnika biologicznego, który wnosi system ekspercki. Przykładem jest tu wyeliminowanie z modelu zawartości węgla organicznego ze względu na dużą korelację wewnętrzną z azotem całkowitym i ruchliwym. Zawartość frakcji <0,02 mm korelowała z zawartością K, Mg, Na i Ca, dlatego w analizowanym modelu kationy metali nie znalazły się. Zmniejszanie liczby cech, które rozdzieliłyby siedliska oczekiwane przez właścicieli lub zarządzających lasem, niesie ze sobą niebezpieczeństwa zbyt daleko idących uproszczeń w tak złożonym organizmie, jakim jest ekosystem leśny. Tak więc nie można zapominać, że analiza dyskryminacji wskazuje cechy, które silniej lub słabiej rozdzielają badany zbiór danych, ale żadna z cech nie jest dyskwalifikowana.

## Wnioski

Dane analityczne 16 cech uzyskane z wszystkich poziomów genetycznych przeliczono na kilogram danego składnika w założonej objętości gleby. System ekspercki i analiza dyskryminacji wskazała różne właściwości i ich grupy silniej lub słabiej rozdzielającej badane stanowiska na typy siedliskowe lasu. Zawartość frakcji glebowych 0,1-0,02 mm i <0,02 mm, ruchliwy N i zawartość  $\text{H}^+$  oznaczana jako pH w  $\text{H}_2\text{O}$ , wskazano jako te, które silniej rozdzielają B od BM, BM od LM i LM od L. Pozostałe składniki gleby ujęte w systemie eksperckim posiadały mniejszą siłę rozdzielania stanowisk zakwalifikowanych do różnych typów siedlisk według wskaźników roślinnych.

## Podziękowania

Autorzy niniejszej pracy serdecznie dziękują profesorowi Wiktorowi Adamusowi z Uniwersytetu Jagiellońskiego za konsultacje w zakresie statystycznego opracowania wyników badań laboratoryjnych.

## Literatura

- Andrews S. S., Flora C. B., Mitchell, J. P., Karlen D. L. 2003. Grower's perceptions and acceptance of soil quality indices. *Geoderma* 114: 187-213.
- Barbiroli G., Casalicchio G., Raggi A. 2004. A new approach to elaborate a multifunctional Soil Quality Index. *J. Soil & Sediments* 4 (3): 201-204.
- Brejda J. J., Moorman T. B., Karlen D. L., Dao T. H. 2000. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 6: 2115-2124.
- Brożek S. 2001. Indeks trofizmu gleb leśnych. *Acta Agraria et Silvestria*. XXXIX. 17-33.
- Brożek S. 2007. Klasyfikacje siedlisk leśnych – uwagi w sprawie miejsca gleb w zasadach diagnozowania. *Sylwan* 2: 19-25.
- Brożek S., Zwydak M., Lasota J. 2005. „Soil Indicators” – Annual meeting of the Austrian Soil Science Society. 12-13 May 2005. Ljubljana, Slovenian Forestry Institute (in press).
- Brożek S., Zwydak M. 2003. Atlas gleb leśnych Polski. CILP Warszawa 2003. 19-26.

- Burger J. A., Kelting D. L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. *For. Ecol. Manage.* 122: 155-166.
- Granatstein D., Bezdicsek D. F. 1992. The need for a soil quality index: Local and regional perspectives. *Amer. J. of Alter. Agric.* 1, 2: 12-16.
- Karlen D. L., Ditzler C. A., Andrews S. S. 2003. Soil quality: why and how?. *Geoderma* 114: 145-156.
- Karlen D. L., Mausbach J., Doran J. W., Cline R. G., Harris R. F. R., Schuman G. E. 1997. Soil Quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.
- Kowalkowski A. 1999. Rola gleboznawstwa i geologii w typologicznej analizie lasu. *Sylvan* 10: 95-117.
- Nambiar S. E. K. 1996. Sustained productivity of forests is a continuing challenge to soil science. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1629-1642.
- Page-Dumroese D. S., Jurgensen M., Elliot W., Rice T., Nesser J., Collins T., Meurisse R. 2000. Soil quality standards and guidelines for forest sustainability in northwestern North America. *Forest Ecology and Management* 138: 445-462.
- Rehfuess K. E. 1999. Indikatoren der Fruchtbarkeit von Waldböden – zeitliche Veränderungen und menschlicher Einfluß. *Forstw. Cbl.* 118: 97-107.
- Schoenholtz S. H., Van Miegroet H., Burger J. A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *For. Ecol. Manage.* 138: 335-356.
- Siedliskowe Podstawy Hodowli Lasu. 2004. Załącznik do Zasad hodowli lasu. Bańkowski J., Cieśla A., Czerepko J., Czępińska-Kamińska D., Kliczkowska A., Kowalkowski A., Krzyżanowski A., Mąkosa K., Sikorska E., Zielony R. (przewodniczący). ISBN 83-913320-6-3 Lasy Państwowe Warszawa. 1-264.
- Woolery M. E., Olson K. R., Dawson J. O., Bolero G. 2002. Using soil properties to predict forest productivity in southern Illinois. *Journal of Soil and Water Conservation.* 57, 1: 37-45.

## SUMMARY

### Improvement methods in forest site diagnosis techniques

The purpose of the study was to determine a set of soil properties which better classify a set of experimental plots into 4 main forest site types in Poland's lowlands and highlands: coniferous forest (B), mixed coniferous forest (BM), mixed broadleaved forest (LM) and broadleaved forest (L). Initially, experimental plots were classified into forest site types according to vegetational criteria, that is the herb layer, as well as the species composition and stand quality (bonitet). The soil samples were taken for analysis from the genetic horizon. Using the standard methods applied in forest management, the following components were determined: percentage share of soil grain fractions, organic C, total N, mobile N, content of  $H^+$  ions as pH reaction in  $H_2O$  and pH in 1M KCl, hydrolytic acidity, content of soluble Ca, Mg, K and Na in 1M  $CH_3COONH_4$ , as well as the total of Ca+MG+K+Na and bulk density. The C/N ratio and capacity of a sorptive complex were also calculated. All the properties were expressed as their content (in kg) per soil lump volume of dimensions 100 × 100 cm and depth down to 25, 50, 100 and 150 cm (0.25, 0.5, 1.0 and 1.5 m<sup>3</sup> of soil). Using the expert system and the linear discriminant method, soil components better differentiating the distinguished site groups were sought.

In the expert system, 16 soil components and their properties were determined. The discriminant analysis method was used to find out which of the marked soil components better classify the analysed set of 127 sites into 4 main groups: B, BM, LM and L. The normal distribution, the coefficient of variation within variables, and correlations between properties (Table 1) eliminated a number of soil components from the discriminant model. In the finally accepted model, the following has remained: content of 0.1-0.02 mm fraction, content of <0.02 mm fraction, content of total nitrogen, content of mobile nitrogen, weighed ratio of C/N, total content of  $H^+$  ions, and content of  $H^+$  ions marked as pH reaction in  $H_2O$ . Data on soil resources down to a depth of 150 cm (Table 2) was quoted in the work as the final analysis result. They show that the examined set of plots is better classified into B, BM, LM and L.



by the following soil properties: content of 0.1-0.02 mm fraction, content of <0.02 mm fraction, content of H<sup>+</sup> ions as pH reaction in H<sub>2</sub>O and content of mobile N. These are both easily variable and permanent soil properties. The remaining soil properties proposed in the expert system, showed a weaker strength in dividing the examined set of sites into B, BM, LM and L in the discriminant analysis.