

STANISŁAW BROŻEK

## Liczbowa wycena „jakości” gleb – narzędzie w diagnozowaniu siedlisk leśnych\*

Soil quality numerical valorisation – a tool in forest site diagnosis

### ABSTRACT

Brożek S. 2007. Liczbowa wycena „jakości” gleb – narzędzie w diagnozowaniu siedlisk leśnych. Sylwan 2: 35-42.

The numerical valorisation of soil quality is based on the determination of a set of soil properties adjusted to a given soil function in the ecosystem. The obtaining of an index is based on: determination of soil properties, their conversion into abstract numbers called indicators, index calculation and its practical application. The first proposal of a forest soil quality index was the Forest Soil Trophism Index – ITGL calculated for the soils presented in the Atlas of forest soils in Poland. The calculation of the ITGL was based on the following soil properties: percentage share of very fine sand and coarse silt fraction ( $\varnothing$  0.1-0.02 mm) and silt and clay particles ( $\varnothing$  <0.02mm), reaction, sum of exchangeable bases and organic matter decomposition degree, content of skeletal parts. Its variability in the forest soils of Poland oscillates between 6.0 and 43.0 and its application in the valorisation of forest sites is multidirectional.

### KEY WORDS

Numerical valorisation of soils, index, soil valorisation, site valorisation

### ADDRESSES

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

## Wprowadzenie

Doskonalenie metod analitycznych dokumentujących gleby rozwija się bardzo szybko. Coraz łatwiej i taniej można określić bardzo różnorodne i coraz liczniejsze właściwości gleb. Jednym ze znaczniejszych problemów z tym związanych jest interpretacja uzyskanych wyników. W przypadku gospodarki leśnej o charakterze wielkoobszarowym problem ten urasta do wagi podstawowej. Kartowanie siedlisk leśnych to bowiem setki profili glebowych, które powinniśmy wycenić pod kątem możliwości produkcyjnych i zaproponować typ siedliska i typ lasu. Co więcej powinniśmy te profile zwaloryzować również między sobą, bo diagnoza siedlisk to waloryzacja i ranking od najłabszych borów do najlepszych lasów. Dotychczasowe doświadczenia w zakresie waloryzacji i rankingów indywidualnych gleb w obrębie dużych grup są skromne. Wynika to ze złożoności organizmu zwanego glebą, ale również z przyzwyczajenia do klasycznego jej pojmowania, gdzie ustalenie jednostek klasyfikacji jest celem głównym. Każdy profil może być charakteryzowany kilkoma, kilkunastoma lub jeszcze większą liczbą właściwości, często o przeciwwstawnym wpływie na rośliny. Jak zatem podsumować np. kilkanaście właściwości w kilku poziomach w jednym profilu i stwierdzić, że są one korzystniejsze dla danej funkcji gleby w porównaniu z drugim profilem? Podejmowane próby w skali świata są najczę-

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

ściej związane z koncepcją „soil quality”, czyli jakością gleb. Pojęcie to funkcjonuje powszechnie w języku potocznym, ale nie doczekało się dotychczas wymiernego określenia. Najkrótsza definicja tego pojęcia to zdolność gleby do wypełniania danej funkcji w ekosystemie. Koncepcja ta powstała z potrzeby znalezienia narzędzi do kontroli stanu gleby intensywnie użytkowanej w celu wypracowania takich systemów gospodarowania glebą, które zapewniłyby jej trwałe i zrównoważone funkcjonowanie w rolnictwie [Karlen i in. 1997; Andrews i in. 2003]. Jest ona oparta na wyznaczaniu zestawu właściwości gleb, które najlepiej pokażą zmiany w czasie pod wpływem gospodarki i środowiska, następnie powtarzanie w czasie tych oznaczeń celem wykazania zmian. Zapoczątkowano ją dla gleb uprawnych, ale od kilku lat równolegle zastosowano również na terenach leśnych [Schoenholtz i in. 2000; Page-Dumroese i in. 2000; Brożek 2001; Woolery i in. 2002]. Monitorowanie gleb różnie użytkowanych za pomocą różnych wskaźników znajduje coraz szersze zastosowanie w Europie [Spiegel i in. 2005; Winwarter 2005; Huber 2005]. Jest to możliwe w granicach warunków naturalnych lub gospodarczo modyfikowanych. Głównym celem jest trwała i zrównoważona gospodarka w leśnictwie, trwała produkcja roślinna i zwierzęca w rolnictwie, co w konsekwencji poprawi funkcjonowanie środowiska. „Soil quality”, aby być czytelnym pojęciem, jest reprezentowana indeksem, który liczbowo reprezentuje ilościowe właściwości gleb (kwantyfikacja).

### Koncepcja, metodyka obliczania i wykorzystanie indeksu „jakości gleby” w leśnictwie

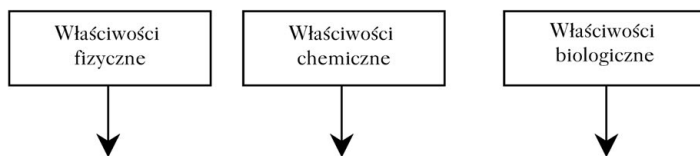
Wypracowany indeks reprezentujący liczbowo „jakość gleby” może być narzędziem do jej wyceny, porównań i rankingów, zarówno indywidualnych profili glebowych i ich grup. Metodyczne podejście do indeksu jakości gleb oparto na trzykrokowym modelu [Brożek 2001; Karlen i in. 2003], do którego dopisano ostatnio krok 4 (ryc. 1).

- Krok 1. Wyznaczenie właściwości gleb, które dobrze pokażą ich przekształcanie pod wpływem danej funkcji lub pokażą zmienność w przestrzeni. Są to łatwo zmienne cechy glebowe do pokazania zmian w czasie (monitoring) lub cechy łatwo zmienne i trwałe do wykazania trwalszej „jakości gleby” w przestrzeni (klasyfikacja).
- Krok 2. Transformacja wyznaczonych i oznaczonych właściwości gleby wyrażonych w różnych jednostkach na liczby niemianowane zwane wskaźnikami. Może to być realizowane według założonej funkcji prostoliniowej lub krzywoliniowej. Często stosowany jest jeden z trzech sposobów: (1) „więcej znaczy lepiej, (2) mniej znaczy lepiej lub (3) rozkład zbliżony do normalnego, czyli początkowo więcej znaczy lepiej, osiągnięcie optimum i dalszy przyrost znaczy to samo lub gorzej”.
- Krok 3. Wyliczenie z wytypowanych wskaźników indeksu liczbowego reprezentującego dany profil gleby.
- Krok 4. Praktyczne zastosowanie wyliczonego indeksu w diagnozowaniu siedlisk leśnych, w projektowaniu typów lasu czyli potencjalnej roślinności naturalnej, w wykazaniu naturalnych i antropogenicznych zmian w glebie.

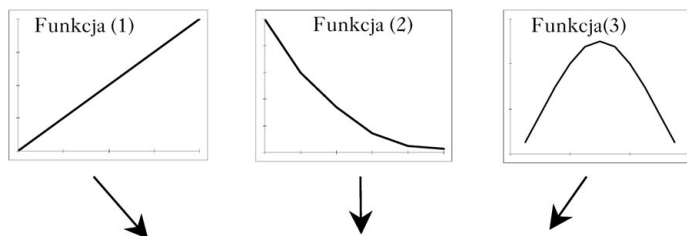
Koncepcja „soil quality” gleb uprawnych obejmuje w głównym zakresie kontrolę ich stanu przez „powtórzenia oznaczeń w czasie”, w terenach leśnych zastosowano również ten model, a także „powtórzenia oznaczeń w przestrzeni”. Powtarzanie pomiarów w przestrzeni w tym samym czasie daje szansę uzyskania różnorodności glebowej na testowanym obszarze.

Pierwszą próbą ujęcia trofizmu gleby w liczbę wskaźnikową wykonano w Polsce na terenie Puszczy Białowieskiej [Prusinkiewicz, Kowalkowski 1964], opierając ją na zawartości składników

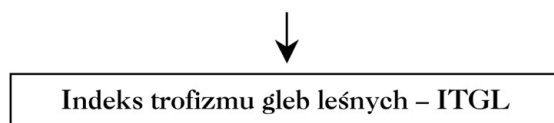
**Krok 1. Wybór zestawu właściwości gleb**



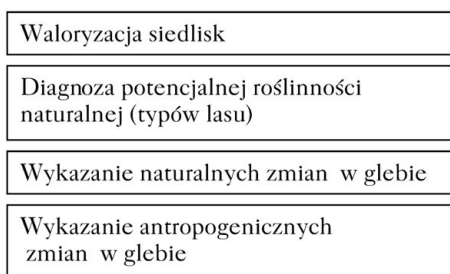
**Krok 2. Transformacja danych analitycznych na wskaźniki**



**Krok 3. Obliczenie indeksu z uzyskanych wskaźników**



**Krok 4. Zastosowanie ITGL**



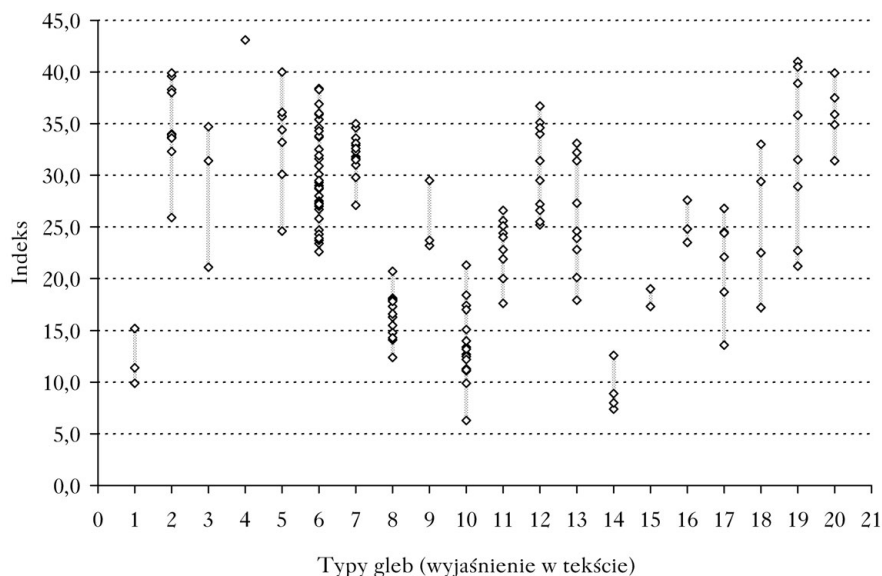
**Ryc. 1.**

Koncepcje, powstanie i zastosowanie ITGL  
 Concept, origin and usage of ITGL

pokarmowych oraz na liczbie roślin naczyniowych. Kilka wybranych cech ujętych w jeden wskaźnik było podstawą klasyfikacji gruntów pokopalnych na potrzeby rekultywacji [Skawina, Trafas 1971]. Natomiast pierwsze szersze zastosowanie indeksu jakości gleb leśnych wykonano korzystając z Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych – ITGL gleb prezentowanych w „Atlasie gleb leśnych Polski” [Brożek 2001; Brożek, Zwydak 2003]. Obliczenia ITGL oparto na następujących właściwościach gleby: procentowy udział frakcji pyłu ( $\emptyset$  0,1-0,02 mm) i części spławianych ( $\emptyset$  <0,02 mm), odczyn, suma zasad wymiennych i stopień rozkładu materii organicznej, zawartość części szkieletowych. Są to właściwości gleby powszechnie oznaczane w pracach operatorów glebowo-siedliskowych. Wymienione właściwości gleb są transformowane na wskaźniki, czyli liczby z zakresu od 0-10, a szkielet od 0-5. Przeliczenie właściwości gleb na wskaźniki wykonano

zgodnie z funkcją krzywoliniową [Brożek 2001]. Końcowy ITGL to średnia ważona sumy wskaźników w całym profilu, a wagą są miąższości poziomów. Szczegóły pierwszego projektu obliczania ITGL zawierają już cytowane publikacje, a jego zmienność w glebach leśnych Polski (1 – Arenosole, 2 – Rędziny, 3 – Pararędziny, 4 – Czarnoziem wylugowany, 5 – Czarne ziemie, 6 – Brunatne, 7 – Płowe, 8 – Rdzawe I (nizinne), 9 – Rdzawe II (górskie), 10 – Biellicowe I (nizinne), 11 – Biellicowe II (górskie), 12 – Gruntowoglejowe, 13 – Opadowo-glejowe, 14 – Torfowe I (wysokie), 15 – Torfowe II (przełajowe), 16 – Torfowe III (niskie), 17 – Murszowe, 18 – Murszowate, 19 – Deluwialne, 20 – Mady rzeczne) przedstawia rycina 2. Metodyka uzyskania wskaźników z właściwości gleb, jak i metodyka obliczania indeksu dla danego profilu gleby, są przedmiotem dalszych badań.

W niniejszej pracy skoncentrowano się na zastosowaniu ITGL do danych analitycznych uzyskanych z nadleśnictw z operatorów glebowo-siedliskowych. Głównym celem jest pokazanie zalet takiego podejścia do gleby, które umożliwi liczbową wycenę każdego profilu. Kilka cech gleby oznaczanych w kilku poziomach genetycznych profilu sprowadza się do jednej liczby zawierającej cząstkę każdej cechy w profilu. Niewątpliwą zaletą modelu jest możliwość ustawienia wszystkich badanych profili na jednej osi, co umożliwi wykonanie prostego rankingu całego zbioru. Wykonany ranking to ustawienie badanych profili w kolejności rosnącej lub malejącej wartości indeksu. Takie ustawienie profili umożliwi wiele ocen. Daje możliwość porównania profili między sobą, np. w zakresie trofizmu, a także wyznaczenia grup o zbliżonym trofizmie. Wyznaczenie grup o podobnym trofizmie to już krok w kierunku waloryzacji gleb dla potrzeb siedliskowych. W literaturze można spotkać następujące grupy gleb o zróżnicowanej przydatności dla produkcji leśnej: dystroficzne, oligotroficzne, mezotroficzne, eutroficzne i hipertroficzne. W „Klasyfikacji gleb leśnych Polski” wydzielono jednostkę zwaną odmianą podtypu gleby, która dobrze koresponduje z grupami troficznymi. Niestety kryteria wydzielania odmian oparte na V% są zawodne, zwłaszcza przy próbie porównywania odmian z różnych typów gleb.



Ryc. 2.

Zmienność ITGL w glebach leśnych Polski [Brożek 2001]

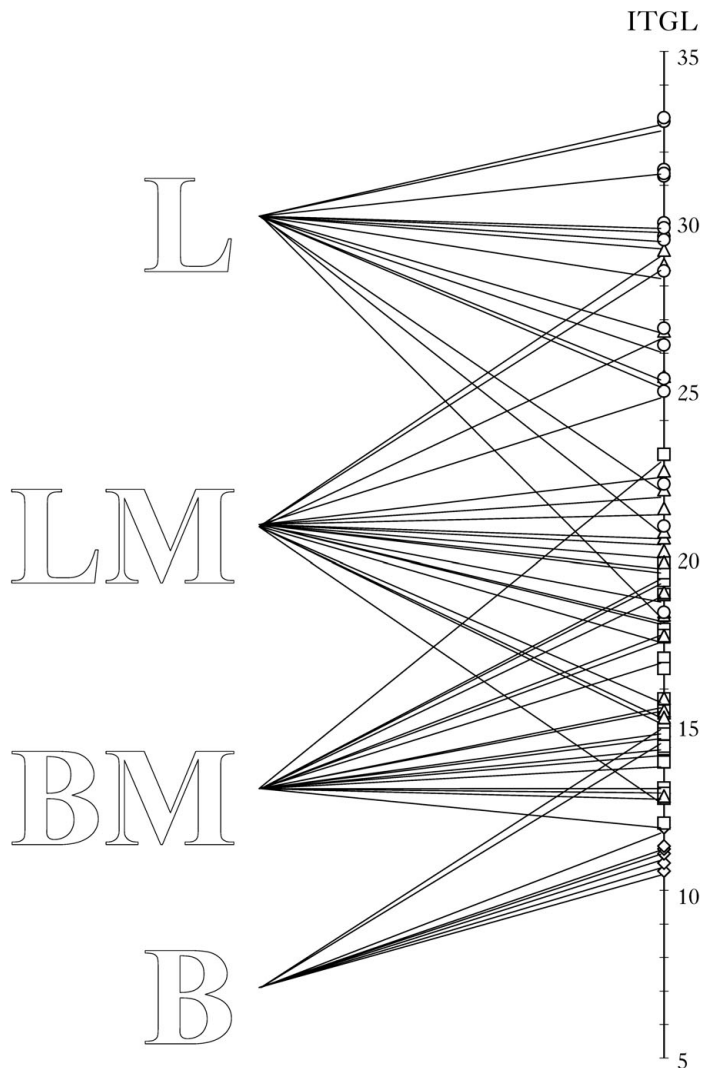
Variability of ITGL in forest soils in Poland [Brożek 2001]

W waloryzacji siedliskowej gleb wymaganie jednorodności kryteriów odmian podtypów powinno być zachowane dla wszystkich jednostek. Ustalenie granic pomiędzy glebami spełniającymi kryteria typów siedlisk wymaga odpowiednio licznej reprezentatywnej liczby wzorcowych powierzchni typologicznych, o które niestety w lasach intensywnie zagospodarowanych jest trudno, ale badania w tym kierunku trwają.

Na rycinie 3. zestawiono przykładowo obliczony indeks trofizmu (ITGL) profili glebowych analizowanych na wzorcowych powierzchniach typologicznych jednego z wielu nadleśnictw, w którym wykonano „Operat glebowo-siedliskowy”. Każdy z profili był klasyfikowany w ramach wykonywania operatu glebowo-siedliskowego zgodnie z metodą IBL. Następnie każdy z profili zakwalifikowany do jednego z czterech typów siedliskowych lasu B, BM, LM i L został na tej rycinie połączony kreską z punktem na osi x, który odpowiada liczbie ITGL. Z ryciny tej wynikają co najmniej następujące spostrzeżenia:

1. W idealnym modelu linie łączące typy siedlisk (B, BM, LM i L) dochodziłyby do osi x bez przecinania się nawzajem. W prezentowanym modelu większość linii reprezentujących klasyfikowane profile nie przecina się, wykazując zgodność diagnoz wykonanych w operacie glebowo-siedliskowym z obliczonym indeksem ITGL.
2. Pewna (znaczna) liczba stanowisk wykazuje brak zgodności, czego obrazem graficznym są przecinające się linie. Przecinające się linie na rycinie 3 to obraz niekonsekwentnej oceny trofizmu gleb kwalifikowanych do różnych typów siedlisk. Przekładając to na praktyczne wskazania, mamy tu obraz zarówno zawyżania jak i zaniżania siedlisk bez uzasadnienia we właściwościach gleb.
3. Im dalej od osi x linie przecinają się i im więcej przecięć z innymi liniami, tym większa różnica pomiędzy trofizmem gleby a typem siedliska ustalonym w operacie glebowo-siedliskowym i odwrotnie.
4. ITGL, który reprezentuje łącznie kilka najistotniejszych właściwości gleb, daje szansę wypracowania glebowych kryteriów diagnozowania siedlisk leśnych nizinnych i wyżynnych. W terenach górskich ITGL musi uwzględniać czynnik klimatyczny związany z wysokością nad poziom morza i morfologią gór.
5. Takie zestawienie danych analitycznych daje taksatorowi mechanizm kontroli do wyceńny profili pomiędzy sobą i w konsekwencji pomoc w diagnozie typu siedliska.
6. Zestawienie takie daje również narzędzie kontroli odbiorcom operatów glebowo-siedliskowych.

Wykorzystanie ITGL w leśnictwie wykracza poza diagnozowanie stanu gleby i klasyfikację siedlisk. Może on stać się pomocnym narzędziem do projektowania typów lasu, którego optymalnymi wzorcami są potencjalne zbiorowiska roślinne. Na przykładzie profili prezentowanych w „Atlasie gleb leśnych Polski” [Brożek, Zwydak 2003; Brożek i in. 2001] wykonano próbę porównania trofizmu (ITGL) badanych powierzchni z ich diagnozami potencjalnej roślinności naturalnej. W cytowanych pracach ITGL wykazał bardzo zachęcający związek z potencjalną roślinnością naturalną. To pierwsze wstępne spostrzeżenie zachęca do dalszych badań. Może ono być przydatne taksatorom w pracach glebowo-siedliskowych przy projektowaniu typów lasu, może być pomocnym wskaźnikiem przy projektowaniu składu gatunkowego drzewostanu w bieżących pracach odnowieniowych i pielęgnacyjnych. W taki liczbowy sposób liczne i różnorodne właściwości gleb można przetworzyć na narzędzia również do kształtowania szaty roślinnej kraju, co jest priorytetem polityki leśnej państwa. Leśnictwo polskie realizuje ten kierunek już od dziesięcioleci, dysponując funkcjonującym systemem metodycznym, siecią laboratoriów i wykwalifikowaną



Ryc. 3.

Porównanie diagnoz siedliskowych według metody IBL z trofizmem gleby wyrażonym ITGL (siedliska świeże i umiarkowanie wilgotne)

Comparison of forest site diagnosis dane by IBL techniques with soil quality done by ITGL

kadłą. Indeks ten można również zastosować do wykazania zmian właściwości gleb w czasie, tak naturalnych jak i antropogenicznych. Zmiany te jednak są łatwiej uchwytnie przy doborze innych właściwości, bardziej labilnych, do obliczania innego ITGL.

### Podsumowanie i wnioski

Zapotrzebowanie na liczbowe metody wyceny gleb jest coraz większe. Wypracowanie indeksu reprezentującego liczbowo „jakość gleby” jest narzędziem do jej wyceny, porównań i rankingów, zarówno indywidualnych profili glebowych i ich grup. W pracy przedstawiono koncepcję, metodykę obliczania i wykorzystanie indeksu trofizmu gleb leśnych – ITGL

w siedliskoznawstwie leśnym. Stwierdzono, że pierwszy projekt ITGL może mieć zastosowanie w diagnozowaniu typów siedliskowych lasu, w projektowaniu typów lasu, a także w kontroli zmieniającego się stanu gleb. Prace nad jego uszczegółowieniem trwają.

## 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.
- Brożek S. 2001. Indeks trofizmu gleb leśnych. *Acta Agr. et Silvestria*. XXXIX: 17-33.
- Brożek S., Lasota J., Zwydak M. 2001. Próba zastosowania indeksu trofizmu gleb leśnych do diagnozy siedlisk nizinnych i wyżynnych. *Acta Agr. et Silvestria*. XXXIX: 35-46.
- Brożek S., Zwydak M. 2003. Atlas gleb leśnych Polski. CILP Warszawa. 19-26.
- Huber S. 2005. The Austrian soil indicator set and its development. Soil indicators – Annual meeting of the Austrian Soil Science Society. May 12-13, 2005 Ljubljana.
- 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.
- Karlen D. L., Ditzler C. A., Andrews S. S. 2003. Soil quality: why and how?. *Geoderma* 114: 145-156.
- 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.
- Skawina T., Trafas M. 1971. Zakres wykorzystania i sposób interpretacji wyników badań geologicznych dla potrzeb rekultywacji. *Ochrona Terenów Górniczych*. 16.
- Spiegel H. 2005. Selected indicators for soil quality in Austria. Soil indicators – Annual meeting of the Austrian Soil Science Society. May 12-13, 2005 Ljubljana
- 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.
- Prusinkiewicz Z., Kowalkowski A. 1964. Studia gleboznawcze w Białowieckim Parku Narodowym. *Roczniki Glebozn.* XIV, 2: 162-305.
- 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.
- Winwarter V. 2005. Medieval and early modern soil indicators. Soil indicators – Annual meeting of the Austrian Soil Science Society. May 12-13, 2005 Ljubljana.

## SUMMARY

### Soil quality numerical valorisation – a tool in forest site diagnosis

Every soil profile can be characterised by several, a dozen or so, or even a greater number of properties, frequently having a juxtaposed effect on plants. How then can we summarise e.g. a dozen or so properties on several levels in one profile and state that they are more advantageous for a given soil function in comparison with another profile? The attempts made on a global scale are usually connected with the concept of "soil quality", or its capacity to fulfil a given function in the ecosystem. This concept has arisen from the need to find tools to control the condition of soil intensely used in order to develop such soil management systems that would assure its sustainable and balanced functioning. It is based on the distinguishing of a set of soil properties adjusted to a given soil function in the ecosystem. For transparency, soil quality is represented by an index which numerically represents the quantitative properties of soils (quantification). The obtaining of an index is based on: determination of soil properties, their transformation into abstract numbers called indicators, calculation of index and its practical application (Fig. 1).

The first creation and application of a forest soil quality index was proposed by designing the Forest Soil Trophism Index – ITGL for the soils presented in the Atlas of forest soils in Poland. The calculation of the ITGL was based on the following soil properties: percentage

share of very fine sand and coarse silt fraction ( $\emptyset$  0.1-0.02 mm) and silt and clay particles ( $\emptyset$  <0.02mm), reaction, sum of exchangeable bases and degree of decomposition of organic matter, content of skeletal parts. Its variability in the forest soils of Poland oscillates between 6.0 and 43.0 (Fig. 2) and its application in the classification of forest sites in the implemented soil-site plans is illustrated in Figure 3.