

OCENA ZMIENNOŚCI PRZESTRZENNEJ WILGOTNOŚCI GLEBY NA PODSTAWIE MAP KONDUKTYWNOŚCI ELEKTRYCZNEJ. CZĘŚĆ II

Kazimierz Rutkowski

Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Akademia Rolnicza w Krakowie

Katarína Kollárová, Jozef Krajčo, Marián Plačko

Katedra Maszyn i Systemów Produkcji, Słowacki Uniwersytet Rolniczy w Nitrze

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono wyniki badań pomiarów wilgotności gleby metodą konduktywności elektrycznej. Pomiary przewodności gleby wykonywane były przy pomocy zawieszanego na ciągniku konduktometru KTN-6. Badania prowadzone były na poletku o powierzchni 14,27 ha. Uzyskane wyniki porównano z tradycyjną metodą grawimetryczną. Na bazie uzyskanych wyników prowadzono ocenę zastosowanej metody. Zastosowana metoda oparta na pomiarze konduktywności elektrycznej wykazuje wysoka korelację w stosunku do wilgotności objętościowej. Zależność ta jest wyższa przy pomiarach na glebach lżejszych.

Słowa kluczowe: konduktywność, wilgotność gleby, pomiar, metoda grawimetryczna

Wstęp

Zasadniczym celem rolnictwa precyzyjnego jest takie postępowanie z przestrzenią rolniczą które nie naruszałoby w sposób trwały lub długookresowy istniejących biosystemów. Wymaga to optymalizacji zabiegów agrotechnicznych na podstawie porównania plonów i ich zróżnicowania ze zmiennością przestrzenną występującą na polu [Roszkowski 1998]. Jak podaje Ala Iloraki [1993] prowadzenie szczegółowych badań terenowych oraz doskonalenie metod jest właściwym krokiem prowadzącym do optymalizacji układu pojazd-gleba zmierzającym do maksymalizacji szeroko rozumianej efektywności energetycznej przy minimalizacji degradacji gleby. Istotnym czynnikiem w procesie rolnictwa precyzyjnego jest uzyskanie wiarygodnych wyników w możliwie najkrótszym czasie. Dokładna charakterystyka gleby w jednakowych warunkach jest zadaniem dosyć trudnym, albowiem wymaga zebrania dużej ilości danych w krótkim czasie ze względu na zmienność warunków pogodowych. Wykorzystywane nowoczesnej techniki pomiarowej wspomaganą techniką mikroprocesorową pomagają sprostać temu zadaniu, albowiem pozwalają znacznie skrócić czas prowadzenia badań, zapewniając coraz większą dokładność uzyskiwanych wyników w stosunku do dotychczasowych metod tradycyjnych. Mapowanie wielkości plonów, które stanowi pierwszą informację o danym polu musi być uzupełnione szeregiem informacji określających jak największą ilość czynników mających wpływ na uzyskany efekt. Jak podaje Kroulik i in. [2004] glebę cechuje duża zmienność właściwości, która

może być podstawą do zróżnicowanej uprawy (doboru maszyn, urządzeń i ich nastaw), nawożenia, nawadniania. Różnice w właściwościach fizycznych gleby na danym polu są również głównym powodem zmienności parametrów eksploatacyjnych, m. in. siły uciążu i zużycia paliwa [Krolik 2001; Schutte Kutzach 2004]. Właściwa interpretacja map przestrzennego rozkładu np. siły uciążu, wymaga informacji dotyczącej m. in. wilgotności, zwięzłości, gęstości objętościowej oraz składu granulometrycznego gleby. Jak podaje Rains [2001] analiza właściwości gleby znacząco wpływa na sposób użytkowania pola i winna stanowić podstawowe założenie rolnictwa precyzyjnego.

Celem przeprowadzonych badań jest ocena metody pomiaru wilgotności gleby z wykorzystaniem przewodności elektrycznej. Jako urządzenie do pomiaru konduktywności elektrycznej użyto mobilny konduktometr KTN-6.

Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem badań jest pole o powierzchni 14,27 ha, którego dokładną charakterystykę przedstawiono w artykule Kollarova i in. [2007].

Jak już wyżej nadmieniono wilgotność gleby jest jednym z ważniejszych parametrów fizycznych mających wpływ na proces uprawy a w konsekwencji na wzrost i plonowanie roślin.

Wilgotność gleby określana jest chwilową zawartością wody w glebie w wagowych bądź objętościowych procentach w stosunku do gleby wysuszonej w temperaturze 105°C.

Powyższą definicję uznaje się jako wzorcową, często nazywaną tradycyjną. Tradycyjny pomiar wilgotności polegający na pobraniu próbek i określeniu wilgotności metodą suszarkową wymaga dużych nakładów robocizny i jest czasochłonny stąd też coraz częściej korzysta się z metod wykorzystujących pomiar innych wielkości których wartość jest skorelowana z wilgotnością gleby. Do takich metod należy przewodność elektryczna (*Electrical conductivity, EC*) która definiowana jest jako właściwość danego materiału do przewodzenia prądu elektrycznego i wyraża się ją w miliSiemensach na metr ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$). Właściwości te są różne dla każdego typu gleby. Przewodność w głównej mierze zależy od wilgotności oraz struktury gleby. Na przewodność elektryczną ma wpływ zawartość części ilastych. Wysoka przewodność gleby świadczy o dużej zawartości części ilastych które są w stanie zatrzymać znaczne ilości wody.

Sporządzone mapy przewodności gleby stanowią informację o zróżnicowanych własnościach gleb. Do pomiaru EC najczęściej wykorzystywane są dwie metody: indukcji elektromagnetycznej oraz metoda bezpośredniego pomiaru. Do czynników mających wpływ na przewodność elektryczną zaliczamy: zdolność zatrzymywania wody w glebie, głębokość warstwy ornej, pojemność kationową, udział masy organicznej oraz składników mineralnych, zasolenie, możliwości odprowadzenia wody oraz charakterystykę podglebia.

Bezpośredni pomiar konduktywności gleby możliwy jest przez zastosowanie sond wciśkanych do gleby na określoną głębokość i odległość, lub wykorzystanie urządzeń w których obrotowe tarcze ustawione w odpowiednich odległościach, zagłębiają się w glebę i między nimi mierzona jest wielkość przewodności elektrycznej gleby.

W celu przeprowadzenia szerszej oceny wskazań tarczowego przyrządu pomiarowego zawieszanego na ciągniku o nazwie konduktometr KTN-6 przyjęto do badań poletko o zróżnicowanym składzie.

Wyróżniono następujące strefy;
A – gleba piaszczysto–gliniasta,
B – gleba gliniasta,
C – gleba ilasto gliniasta.

W każdej z wydzielonych stref znajdowały się trzy punkty z których pobierano po 10 próbek w celu przeprowadzenia analizy wilgotności gleby metodą suszarkową. Które uznano jako punkt odniesienia przy ocenie wskazań konduktometru tarczowego

Wyniki badań i ich analiza

Pomiar konduktywności elektrycznej gleby dokonywano mobilnym, kontaktowym konduktometrem KTN-6, który wyposażony jest w trzy pary tarczowych tnących elektrod. Urządzenie to pracuje na zasadzie pomiaru spadków napięcia elektrycznego między zasilanym a odbierającym krojem stanowiącym elektrody konduktometru mierzącego opór elektryczny badanej gleby. Pomiar spadku napięcia dokonywany był w dwóch warstwach badanego profilu (0–30 cm i 0–90 cm). Zestaw pomiarowy tworzył ciągnik Zetor 7711 oraz konduktometr KTN-6, przy czym jego położenie geograficzne było zapisywane przy pomocy GPS. Namierzone wielkości spadku napięcia oraz położenie zestawu pomiarowego na polu zapisywane było w pamięci mikroprocesora w 5 sekundowych przedziałach. Zestaw pomiarowy poruszał się po poletku sposobem czułekowym o rozstawie między równoległymi przejazdami 36 m.



Źródło: badania własne

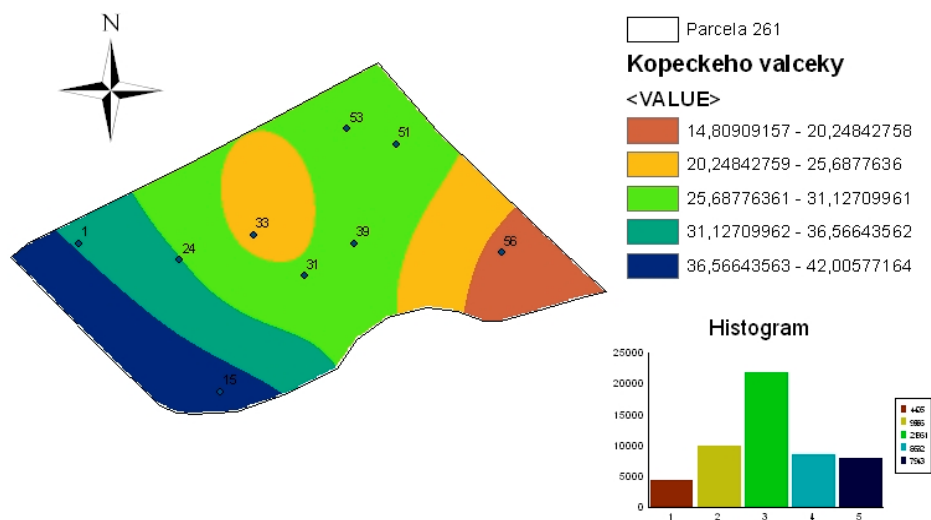
Fig. 1. The KTN-6 conductometer

Rys. 1. Konduktometr KTN-6

Na podstawie uzyskanych wielkości na badanym poletku sporządzono mapy zmienności wilgotności gleby, a także elektrycznej przewodności przy pomocy softweru ArcView GIS wersja 9.

Pomiar przewodności elektrycznej gleby metodą bezpośrednią przeprowadzano na polu o powierzchni 14,27 ha. W omówionych w metodyce trzech strefach wybrano w każdej z nich trzy poletka w kształcie kwadratu o boku 2x2 m. Całkowita ilość objętych badaniami poletek wynosiła 9.

Na każdym z poletek doświadczalnych pobrano po 20 próbek gleby do naczynek Kopeckego w celu określenia wilgotności wagowej metodą suszarkową. Siatka miejsc pobieranych próbek była rozłożona równomiernie (rys. 2).



Źródło: badania własne

Rys. 2. Mapa monitorowanych punktów pomiarowych oraz wilgotność gleby mierzona metodą grawimetryczną na poletku 261

Fig. 2. The map of monitored measuring points, and soil moisture content measured using the gravimetric method in plot no. 261

Pobrane próbki do naczynek Kopeckego poddano analizie laboratoryjnej. Wilgotność gleby określono w oparciu o normę SNT 72 1012

Średnie wartości objętościowej wilgotności gleby przedstawiono w tab. 1. Analizując wilgotność objętościową w poszczególnych strefach zauważa się, że przedstawione średnie wartości zarówno w strefie A jak też B wykazują niską wartość współczynnika zmienności.

Strefa C gdzie występowała gleba piaszczysto - ilasta cechowała się dużym zróżnicowaniem wilgotności. Przyczyna tego stanu mogła być zalegająca duża ilość resztek poźniwnych. Analizując wartości przewodności elektrycznej zauważa się znacznie mniejsze zróżnicowanie w wyżej wymienionej strefie. Pomiar z wykorzystaniem przyrządu KTN-6 dostarcza wyniki w sposób ciągły, stąd też wielkość błędu winna być niższa w porównaniu z metodą manualną.

Ocena zmienności przestrzennej...

Tabela. 1. Średnie wartości wilgotności oraz przewodności gleby mierzone na poletku doświadczalnym
Table 1. The average values of soil moisture content and conductivity measured in an experimental plot

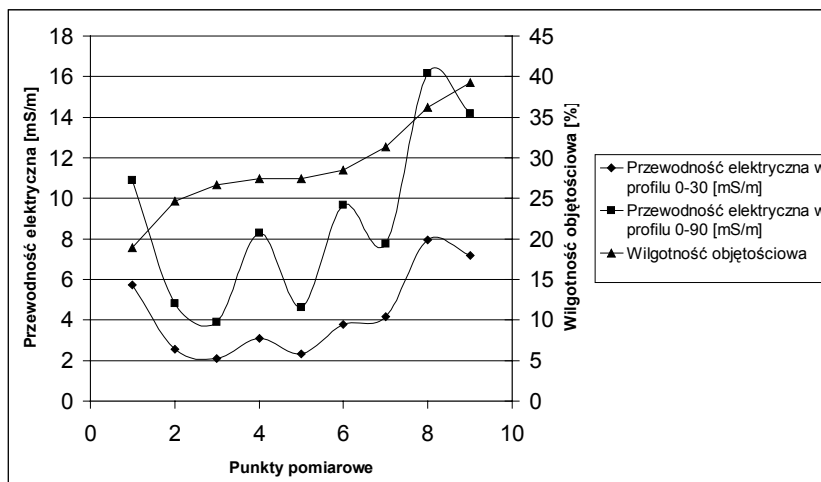
| Punkt pomiarowy | Metoda grawimetryczna [%] | Przewodność elektryczna gleby w profilu 0-30 cm [$\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$] | Przewodność elektryczna gleby w profilu 0-90 cm [$\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$] |
|-----------------|---------------------------|---|---|
| 33A | 24,64 | 2,552 | 4,802 |
| 31A | 26,62 | 2,107 | 3,908 |
| 53A | 27,45 | 2,338 | 4,609 |
| 24B | 31,34 | 4,182 | 7,767 |
| 51B | 28,51 | 3,769 | 9,657 |
| 39B | 27,44 | 3,101 | 8,294 |
| 1C | 36,20 | 7,932 | 16,160 |
| 15C | 39,26 | 7,179 | 14,159 |
| 56C | 18,95 | 5,737 | 10,897 |
| Wartość średnia | 28,93 | 4,322 | 8,917 |

Źródło: badania własne

Śledząc wartości liczbowe przewodności gleby na poletku doświadczalnym zauważa się, że wraz ze zwięzłością gleby powodowaną jej składem występują większe różnice we wskazaniach zarówno wilgotności gleby mierzonej metodą tradycyjną jak też konduktometrem.

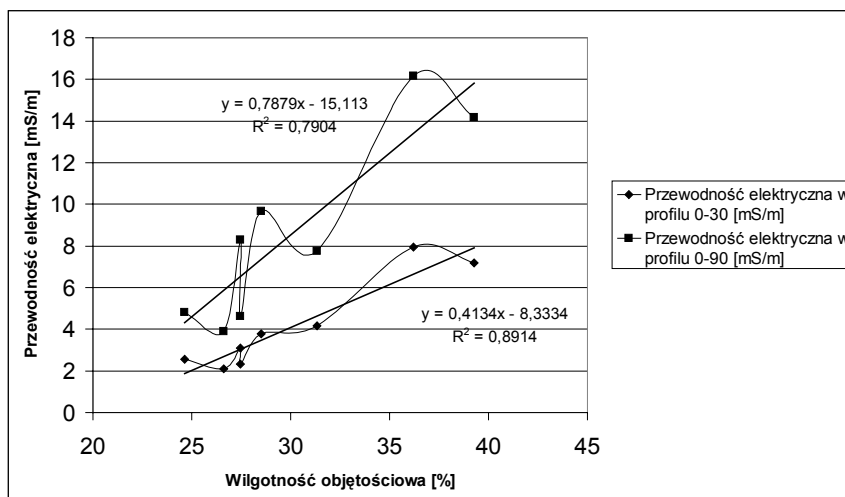
Przedstawione na rys 3 krzywe obrazują uporządkowany wykres wilgotności gleby na badanym poletku mierzonej zarówno metodą tradycyjną jak też konduktometrem. Wartości szczytowe funkcji przedstawionych na wykresie (rys. 3) to wyniki uzyskane z pomiarów na glebie należącej do cięższych. Znacznie mniejsze zróżnicowanie zauważa się przy pomiarze konduktywności w profilu 0–30 cm. Przyczynę tego stanu należy dopatrywać się w tym, że prowadzony pomiar dotyczył płytszej warstwy której wymieniona zwięzłość mniej się uwidoczniła. Śledząc przebieg krzywych uzyskanych z pomiaru konduktometrem dla obu profili zilustrowanych na rys. 3 zauważa się ich podobny charakter. Świadczy to, że badana metoda może być wykorzystywana dla pozyskiwania informacji na temat wilgotności gleby stanowiącej podstawowy czynnik decyzyjny w rolnictwie precyzyjnym.

Oceniając metodę pomiaru wilgotności gleby przy pomocy konduktometru można stwierdzić, że wykazuje ona wysoką zbieżność przebiegu funkcji na glebach lżejszych (początkowe punkty na wykresie rys. 4) podczas wykorzystywania profilu 0–30 cm. Współczynnik determinacji w tym przypadku wynosi 0,89. Przy pomiarach z wykorzystaniem profilu 0–90 zauważa się większe zróżnicowanie wartości przewodności gleby, stąd też współczynnik determinacji R^2 wynosi 0,79. Na rys. 4 podano postać funkcji które mogą służyć do przeliczania wartości zmierzonej przewodności gleby na wilgotność objętościową.



Źródło: badania własne

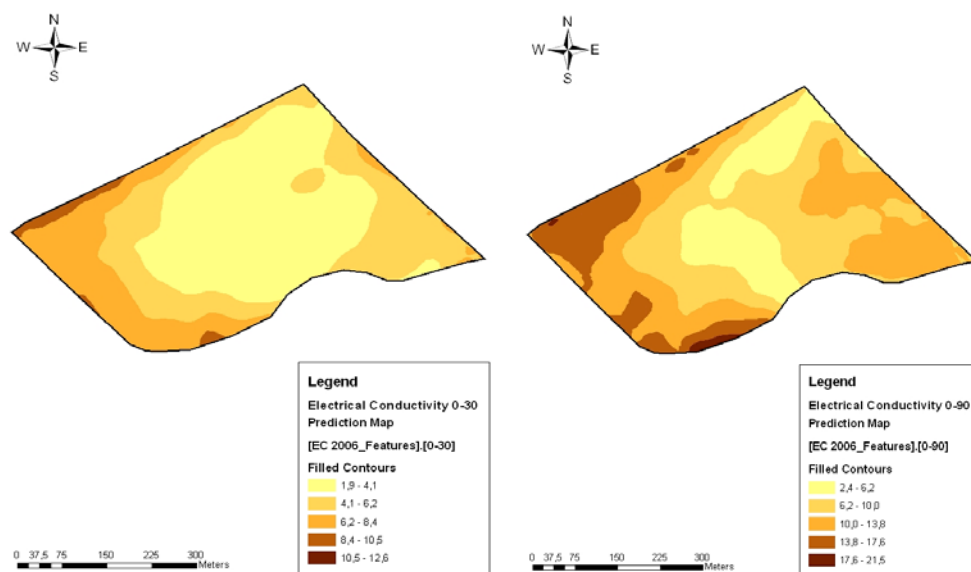
Rys. 3. Uporządkowany przebieg wilgotności mierzony metoda suszarkową oraz przewodności (w dwóch profilach) gleby
 Fig. 3. Ordered trajectories of moisture content measured using the dryer method and soil conductivity (in two profiles)



Źródło: badania własne

Rys. 4. Zależność między wilgotnością objętościową a przewodnością elektryczną gleby
 Fig. 4. Relation between volumetric moisture content and soil electrical conductivity

Uwieńczeniem prowadzonych pomiarów jest sporządzenie mapy wilgotności gleby, która ma służyć jako jeden z sygnałów wejściowych do realizacji celu. Uzyskane mapy konduktywności stanowią zastępczą informację do wymienionego procesu. Przedstawione na rys. 5 mapki konduktywności elektrycznej gleby dotyczą pomiarów wykonanych dla dwóch profili. Analizując ich barwną strukturę zauważa się, że mapa obrazująca wyniki pomiarów w profilu glebowym 0–90 cm zawiera więcej informacji, które w konfrontacji z wyżej wymienioną opinią wydają się być mniej wiarygodne.



Źródło: badania własne

Rys. 5. Mapa konduktywności elektrycznej gleby mierzonej na polu nr 261 w profilach 0–30 cm i 0–90 cm

Fig. 5. The map of soil electrical conductivity measured in plot no. 261 in profiles 0–300 mm and 0–900 mm.

Podsumowanie i wnioski

Prezentowane wyniki badań wykazały, że stosowanie pomiaru wilgotności z wykorzystaniem przewodności gleby na obszarze o zróżnicowanym składzie jest zasadne. Na glebach cięższych zauważa się znacznie większą wartość błędu między wynikami uzyskanymi metodą grawimetryczną a wynikami otrzymanymi z pomiarów przewodności gleby. Pomiar konduktywności wykonywany w profilu 0 – 30cm wykazuje lepsze dopasowanie do wyników uzyskanych metodą grawimetryczną.

Artykuł jest częścią realizowanych badań VEGA nr 1/3478/06: „Ekologiczna i energetyczna optymalizacja procesu agrosystemu wspomaganego technologiami informatycznymi i zarządzania” realizowanych w Katedrze Maszyn i Systemów Produkcji Słownackiego Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze w latach 2006–2009.

Bibliografia

- Ala-Hlomaki J.** 1993. A terramechanical approach for evaluating mobility and ground disturbance during skidding and forwarding: preliminary trials. Special Report No SR-86.
- Davis, J.G. et al.** 1997. Using electromagnetic induction to characterize soils. In: Better Crops with Plant Food, v.4. <http://mpac.missouri.edu/pubs/Electromag.pdf>.
- Doerge, T.** 2001. Fitting soil electrical conductivity measurements into the precision farming toolbox. <http://www.soils.wisc.edu/extension/FAPM/proceedings01/Doerge-withPIX.PDF>.
- Kroulik M., Kumala F., Mimra M., Prasek V.** 2004. Possibilities for determination of interdependence between soil properties and yield. AgEng, Leuven 2004, Book of abstracts. s. 80-81.
- Rains G. C.** 2001. Soil sampling issues for precision management of crop production. Cooperative Extension Service, The University of Georgia College of Agric. And Environmental Sciences.
- Roszkowski A.** 1998. Analiza i ocena możliwości wdrożenia zasad rolnictwa precyzyjnego w technologii produkcji roślinnej. IBMER, dok. XXXVII/34, Warszawa. s. 12.
- Schutte B., Kutzbach H.D.** 2004. Tillage draught force as information source for soil variability. AgEng, Leuven 2004, Book of abstracts. s. 54-55.
- Jaynes, D.B. et al.** 1996. Improved soil mapping using electromagnetic induction surveys. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture. s. 169-179.

ASSESSMENT OF SOIL MOISTURE CONTENT SPATIAL VARIABILITY ON THE BASIS OF ELECTRIC CONDUCTIVITY MAPS. PART II

Summary. The paper presents results of a research involving measurement of soil moisture content using the electrical conductivity method. Soil conductivity measurements were carried out using the KTN-6 conductometer suspended on tractor. The tests were carried out in an experimental plot with area of 14.27 ha. Obtained results were compared to the conventional gravimetric method. These results provided the basis to assess employed method. The method in question, based on electrical conductivity measurement proves to have high correlation as regards volumetric moisture content. This relation is higher for measurements carried out in lighter soils.

Key words: conductivity, soil moisture content, measurement, gravimetric method

Adres do korespondencji:

Kazimierz Rutkowski; e-mail: rutkowski@tier.ar.krakow.pl
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków

Katarína Kollárová; e-mail: kkollarova@gmail.com,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Mechanizačná fakulta, Katedra strojov a výrobných systémov
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra
Slovenská republika