

## WYKORZYSTANIE GIS DO WIZUALIZACJI PRZESTRZENNEJ ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW GLEBY W POWIĄZANIU Z PLONEM

Mirosław Zagórda, Maria Walczyk

*Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

Ryszard Mazurek

*Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

**Streszczenie.** Celem badań było wyznaczenie na 19-hektarowym polu z uprawą kukurydzy na ziarno obszarów o niskich, średnich i wysokich wartościach zwężności i wilgotności, utrzymujących się w danym miejscu przez cały okres wegetacyjny oraz określenie związku pomiędzy nimi, a wysokością plonu na danym obszarze. Wykonano pomiary zwężności i wilgotności objętościowej w trzech fazach rozwoju kukurydzy. Na mapy ich przestrzennego rozmieszczenia, będące wynikiem sumowania danych z trzech okresów badań, nałożono mapę plonu. Stwierdzono, że plony niskie, średnie i wysokie występowały przeważnie na tych obszarach pola, na których przez cały okres utrzymywała się średnia zwężność lub średnia wilgotność.

**Słowa kluczowe:** właściwości gleby, plon, GPS, GIS

### Wstęp

Mapowanie plonów, jako najważniejszy element rolnictwa precyzyjnego, dostarcza pierwszą informację o zmienności plonowania na danym polu.

Zmienność ta zależy jednak od szeregu czynników i może być spowodowana m.in. zmiennością szeroko pojętych właściwości gleby [Kroulík i in. 2004]. Pomiary i mapowanie parametrów glebowych dostarczają zarządzającemu wsparcia informacyjnego w rozpoznaniu czynników limitujących wzrost i plony w różnych częściach pola [Stafford 2000; Rains 2001]. Wiedza z tego zakresu może przyczynić się do znacznej poprawy sposobu użytkowania pola.

W ramach tworzenia bazy informacyjnej dla potrzeb podejmowania decyzji w stosowaniu zasad rolnictwa precyzyjnego, autorzy [Walczykova, Zagórda 2005b] prowadzą na ok. 65 ha automatyczną rejestrację wysokości plonu w systemie D-GPS trzech roślin – pszenicy ozimej, kukurydzy na ziarno oraz rzepaku. Integralną częścią tych badań jest wyznaczenie wybranych właściwości gleby - zarówno chemicznych, jak też fizycznych.

Przedstawione opracowanie dotyczy określenia zmienności przestrzennej zwężności, wilgotności gleby na 19-hektarowym polu z uprawą kukurydzy na ziarno.

Celem wykonanych badań było:

- wyznaczenie na polu obszarów o niskich, średnich i wysokich wartościach zwięzłości i wilgotności, utrzymujących się w danym miejscu przez cały okres wegetacyjny,
- określenie, czy istniał bezpośredni i logiczny związek pomiędzy wysokością plonu na danym obszarze, a występującym na nim przedziałem wartości mierzonych właściwości gleby.

Zakres pracy obejmował:

- Pomiary zwięzłości i wilgotności w trzech fazach rozwoju kukurydzy, wykonanie map ich przestrzennego rozmieszczenia oraz sumowanie za cały okres badań.
- Rejestrację plonu kukurydzy wraz z ukształtowaniem terenu w systemie D-GPS i nałożenie map ich przestrzennego rozmieszczenia na sumowane mapy wyznaczonych właściwości gleby.

## Metodyka

Pomiary zwięzłości i wilgotności w warstwie 0-0,20 m przeprowadzono w charakterystycznych fazach rozwoju kukurydzy: po siewie, w fazie 6 – 8 liści oraz w fazie wykształcenia łodygi. Wilgotność objęściową oznaczano przy pomocy sondy TDR, zaś zwięzłość mierzono penetrometrem stożkowym z elektroniczną rejestracją danych. Pomiary wykonano w siatce 76 punktów. Na jeden hektar przypadły 4 próby, każda z nich stanowiła średnią z trzech powtórzeń [Walczykova, Zagórda 2005a]. Na podstawie uzyskanych danych sporządzono mapy przestrzennego rozmieszczenia wartości danego parametru dla każdego etapu badań, a następnie mapy będące sumą z całego okresu, dla których, operując wartością średnią i odchyleniem standardowym, przyjęto następujące przedziały wartości: niska ( $0; \bar{x} - \sigma$ ); średnia ( $\bar{x} - \sigma; \bar{x} + \sigma$ ); wysoka ( $\bar{x} + \sigma; \infty$ ).

Zbiór wykonano kombajnem Claas Lexion 430 [Walczykova, Zagórda 2005b]. Wartość średnia plonu wynosiła  $5,69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a odchylenie standardowe  $0,93 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Do sumowania z mapami parametrów gleby przyjęto 5 przedziałów wartości plonu (rys. 1, tab. 1).



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 1. Przestrzenne rozmieszczenie plonu kukurydzy  
 Fig. 1. Spatial distribution of the corn yield

Tabela 1. Założone przedziały wysokości plonu oraz ich procentowy udział na obszarze pola  
 Table 1. Assumed yield intervals and their share in the field area

Plon	Przedział plonu [t·ha <sup>-1</sup> ]	Obszar		Obszar > 305 m n.p.m.	
		[ha]	%	[ha]	%
Bardzo niski	3,33–4,30	0,58	3,0	0,07	0,4
Niski	4,30–5,23	5,11	26,9	2,17	11,4
Średni	5,23–6,16	9,06	47,7	6,30	33,00
Wysoki	6,16–7,09	2,98	15,7	2,01	10,5
Bardzo wysoki	7,09–11,15	1,27	6,7	0,53	2,8

*Źródło: obliczenia własne autorów*

W legendzie na mapie wynikowej (rys. 2 b, rys. 3 b) cyfry na miejscu dziesiętnym i jedności oznaczają odpowiednio przedział plonu i przedział badanej wartości. Jednocześnie z pomiarem plonu rejestrowano również wysokość n.p.m., na podstawie której powstał obraz ukształtowania terenu. Nałożenie poziomnic na mapę plonu (rys. 1) pozwala stwierdzić, że powyżej średniej wysokości na polu, tj. 305 m n.p.m., znajduje się 58,1% powierzchni pola, na której dominowały plony z przedziału wartości wysokich i średnich (tab. 1).

Wszystkie mapy, jak również współczynniki korelacji pomiędzy plonem a mierzonymi właściwościami gleby, wyznaczono w programie ArcView 3.3. Obliczenia przeprowadzono na podstawie danych zawartych w poszczególnych pikselach mapy, tutaj o wymiarach 10 m x 10 m, otrzymanych z interpolacji wyników z punktów pomiarowych rozmieszczonych na polu.

## Wyniki

### Zwięzłość

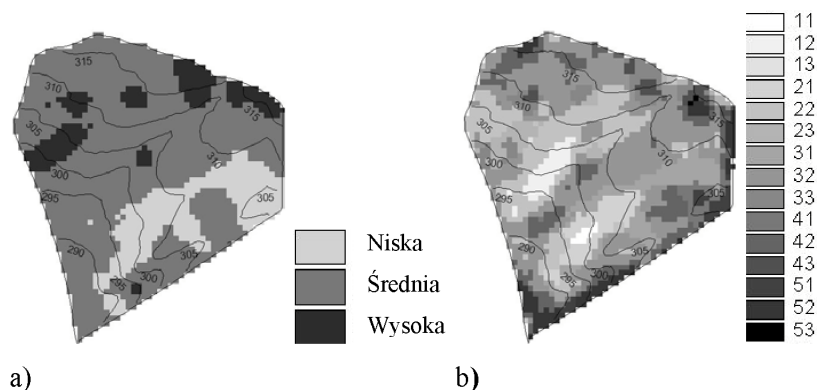
Na podstawie map przestrzennego rozmieszczenia zwięzłości, wyznaczonej w przyjętych fazach rozwoju, wykonano zestawienie danych charakteryzujących zagęszczenie gleby (tab. 2). Średnia zwięzłość przyjmowała coraz wyższe wartości - od siewu do wykształcenia się łądygi wzrosła o ponad 57%. Różnice te są skutkiem wpływu czynników naturalnych, a przede wszystkim niższych wilgotności w drugiej i trzeciej fazie pomiarów (tab. 4).

Obliczone odchylenia standardowe wskazują, że współczynnik zmienności przez cały okres badań utrzymywał się na poziomie ok. 35% (tab. 2). Obszary odznaczające się zwięzłością z przedziału średnich wartości zajmowały w każdej fazie rozwoju ponad 60% powierzchni.

Tabela 2. Zwięzłość gleby w warstwie 0,0 – 0,2 m  
 Table 2. Cone index at the depth of 0,0 – 0,2 m

Okres pomiaru		I	II	III
Obliczenia statystyczne	Średnia $\bar{X}$ [Mpa]	0,722	0,976	1,136
	Odchylenie standardowe $\sigma$ [Mpa]	0,254	0,318	0,394
Procentowy udział powierzchni dla przedziałów wartości [%]	Niska	21,0	20,3	11,9
	Średnia	64,0	60,5	73,9
	Wysoka	15,0	19,2	14,2

Źródło: obliczenia własne autorów



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 2. Przestrzenne rozmieszczenie obszarów o różnej zwięzłości: a) mapa wynikowa z trzech okresów, b) suma mapy wynikowej a) oraz plonu z rysunku 1

Fig. 2. Spatial distribution of zones with different CI: a) resultant map from 3 stages, b) result of overlapping the CI map a) and the yield from Figure 1

Nałożenie map zwięzłości zmierzonych na poszczególnych trzech etapach uwidocznilo trwale utrzymujące się w danym sezonie obszary o niskiej i wysokiej zwięzłości (rys. 2 a). Zajmowały one odpowiednio ok. 17% i 10,9% (tab. 3). Obszary o wysokiej zwięzłości znajdowały się częściowo na uwrociach, zaś do powstania obszarów o niskich wartościach mogło się przyczynić nachylenie pola, występujące w danym miejscu. W celu wyjaśnienia, czy zjawisko ma charakter sezonowy, czy trwałe, prowadzone są pomiary w kolejnym okresie wegetacyjnym.

W wyniku nałożenia mapy plonu (rys. 2 b) stwierdzono, że plony z zakresu od 4,30 do 7,09 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 1), a więc z przedziałów wartości niskich, średnich i wysokich, zebrano

przeważnie z obszarów pola, na których przez cały okres utrzymywała się średnia zwieźłość (tab. 3). Udział tej powierzchni wynosi ogółem 64,5%. Rozproszenie wysokości plonów, jakie wystąpiło na pozostałej części pola upoważnia do stwierdzenia, że zarówno niska, jak też wysoka zwieźłość nie sprzyjają dobremu plonowaniu.

Tabela 3. Wyniki nałożenia mapy zwieźłości z całego okresu oraz plonu - udział zajmowanej powierzchni (%)

Table 3. Results of overlapping the overall CI map and the yield - share of the occupied area (%)

Plon	Przedziały	Bardzo niski (1)	Niski (2)	Średni (3)	Wysoki (4)	Bardzo wysoki (5)	Razem
Zwieźłość	Niska (1)	0,5	5,0	7,6	2,2	1,7	17,0
	Średnia (2)	2,8	18,3	35,1	11,1	4,9	72,1
	Wysoka (3)	0,1	3,4	5,1	2,1	0,2	10,9

Źródło: obliczenia własne autorów

### Wilgotność objętościowa

Najwyższą średnią wilgotność i najwyższą zmienność średnio dla całego pola zarejestrowano w okresie siewu (tab. 4). W kolejnych fazach udział powierzchni o wysokiej wilgotności zmalał o ponad połowę. We wszystkich analizowanych etapach rozwoju rośliny, wilgotnością z przedziału wartości średnich  $(\bar{x} - \sigma; \bar{x} + \sigma)$  odznaczało się od ok. 62 do 72% obszaru pola.

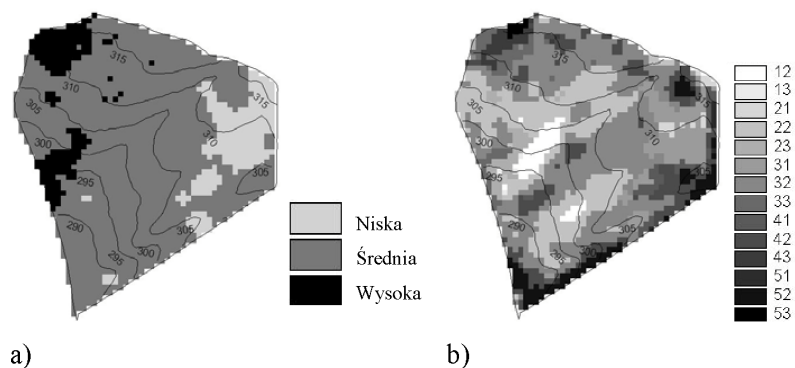
Tabela 4. Wilgotność gleby w warstwie 0,0-0,2 m

Table 4. Moisture content at the depth 0,0-0,2 m

Okres pomiaru		I	II	III
Obliczenia statystyczne	Średnia $\bar{x}$ [%]	30,30	23,48	17,75
	Odchylenie standardowe $\sigma$ [%]	5,62	1,95	2,12
Procentowy udział powierzchni dla przedziałów wartości [%]	Niska	10,4	15,5	20,5
	Średnia	62,1	71,8	65,7
	Wysoka	27,5	12,7	13,8

Źródło: obliczenia własne autorów

Z nałożenia map wilgotności z poszczególnych okresów pomiarowych wynika (rys. 3a), że obszary o wysokiej i niskiej wilgotności, utrzymujące się przez cały okres wegetacyjny, zajmowały odpowiednio 9,1 oraz 12% powierzchni (tab. 5). Z uwagi na brak oczywistych przyczyn występowania obszarów przesuszonych i podmokłych, podobnie jak w przypadku zwieźłości prowadzone są dalsze pomiary, by móc wnioskować co do ich charakteru.



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 3. Przestrzenne rozmieszczenie obszarów o różnej wilgotności: a) mapa wynikowa z trzech okresów, b) suma mapy wynikowej z a) oraz plonu z rysunku 1

Fig. 3. Spatial distribution of zones with different moisture: a) resultant map from 3 stages, b) result of overlapping the moisture map from a) and the yield from Figure 1

Z nałożenia map plonu i wilgotności (rys. 4 b) wynika, że na 78,9% powierzchni pola przez cały okres utrzymywały się wilgotności z przedziału wartości średnich (tab. 5) i z ok. 70% obszarów uzyskano plony niskie, średnie i wysokie, a więc w zakresie wartości od 4,30 do 7,09 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 1).

Tabela 5. Wyniki nałożenia mapy wilgotności z całego okresu oraz plonu - udział zajmowanej powierzchni (%)

Table 5. Results of overlapping the overall moisture map and the yield - share of the occupied area (%)

Plon	Przedziały	Bardzo niski (1)	Niski (2)	Średni (3)	Wysoki (4)	Bardzo wysoki (5)	Razem
Wilgotność	Niska (1)	0,0	0,9	7,7	2,8	0,6	12,0
	Średnia (2)	3,1	23,1	36,8	10,7	5,2	78,9
	Wysoka (3)	0,1	2,8	3,6	2,0	0,6	9,1

Źródło: obliczenia własne autorów

Uzyskane współczynników korelacji (tab. 6) potwierdzają wcześniej prezentowane wyniki, a mianowicie, że na polu przeważały obszary z przedziałów wartości średnich, a udział wartości skrajnych - niskich i wysokich, nie wpłynął znacząco na wysokość plonu. Odnotowania wymaga fakt, iż niższa wilgotność sprzyjała wyższemu plonowaniu.

Tabela 6. Współczynnik korelacji mierzonych właściwości z plonem

Table 6. Coefficients of correlation of the measured properties with the yield

Okres pomiaru	Zwięzłość	Wilgotność
I	-0,122	-0,419
II	-0,136	-0,519
III	-0,112	-0,281

Źródło: obliczenia własne autorów

## Wnioski

1. Na sumowanych mapach przestrzennego rozmieszczenia zwięzłości i wilgotności przeważały obszary o przedziałach wartości średnich – od ok. 60 do 75% powierzchni ogółem.
2. W efekcie nałożenia mapy plonu na mapy wynikowe danego parametru gleby z trzech etapów badań stwierdzono, że plony z przedziałów wartości niskich, średnich i wysokich, występowały przeważnie na tych obszarach pola, na których przez cały okres utrzymywała się średnia zwięzłość i wilgotność. Udział tej powierzchni wynosił ok. 65% dla zwięzłości i 70% dla wilgotności.
3. Skutkiem przewagi średnich plonów na obszarach z przedziałami średnich wartości zwięzłości i wilgotności były niskie współczynniki korelacji plonu z mierzonymi parametrami gleby.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006 - 2008 jako projekt badawczy promotorski nr N310 078 31/3176.*

## Bibliografia

- Kroulík M., Kumhála F., Mimra M., Prošek V.** 2004. Possibilities for determination of interdependence between soil properties and yield. AgEng, Leuven 2004. Book of Abstracts. s. 80-81.
- Stafford J. V.** 2000. Implementing precision agriculture in 21<sup>st</sup> century. J. Agr. Engng Res. 76, 267-275.
- Walczykova M., Zagórda M.** 2005a. Application of 3R-GPS recorder for control of some agricultural machine operations. Proceedings of Int. Conf., Slovak Agricultural University. Dudince 2-3. 06.2005. s. 461-470.
- Walczykova M., Zagórda M.** 2005b. Preparation of yield maps in Agro-Map expert program. Proceedings of Int. Conf., Slovak Agricultural University. s. Dudince 2-3. 06.2005.

## **APPLICATION OF GIS IN VISUALIZATION OF SOIL PARAMETERS SPATIAL DISTRIBUTION IN RELATION WITH THE YIELD**

**Abstract.** The research aimed to fix zones characterized by low, medium and high values of cone index (CI) and moisture content during the whole period of growth, and to find relationship between them and the level of yields. Measurements of penetration resistance (CI) and volumetric moisture content at three stages of the corn growth were carried out. On the maps of their spatial distribution, obtained as a result of superimposition of data from three considered stages, the yield map was overlaid. It was concluded that low, medium and high yields occurred on zones, where medium values of penetration resistance or moisture prevailed during the whole growing season.

**Key words:** soil properties, yield, D-GPS, GIS

**Adres do korespondencji:**

Mirosław Zagórda; e-mail: miroslawzagorda@poczta.fm  
Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116b  
30-149 Kraków