

---

KOMITET TECHNIKI ROLNICZEJ PAN  
POLSKIE TOWARZYSTWO INŻYNIERII ROLNICZEJ

---

# INŻYNIERIA ROLNICZA

Rok **XV**

**3(128)**

---

Kraków 2011

## RADA PROGRAMOWA

czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Janusz Haman – przewodniczący  
czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Rudolf Michałek – wiceprzewodniczący  
prof. dr hab. inż. Małgorzata Bzowska-Bakalarz  
prof. dr hab. inż. Stanisław Pabis  
prof. dr hab. inż. Tadeusz Rawa  
prof. dr hab. inż. Józef Szlachta  
prof. dr hab. inż. Zdzisław Wójcicki  
prof. dr hab. inż. Jan Dawidowski  
prof. dr hab. inż. Jerzy Weres

## *CZŁONKOWIE ZAGRANICZNI*

prof. Gerard Wiliam Isaacs (USA) – czł. zagr. PAN  
prof. Stefan Cenkowski (Kanada)  
prof. Jürgen Hahn (Niemcy)  
prof. Radomir Adamovsky (Rep. Czeska)  
prof. Oleg Sidorczuk (Ukraina)

## *KOMITET REDAKCYJNY*

czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Rudolf Michałek – redaktor naczelny  
czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Janusz Haman  
prof. dr hab. inż. Janusz Laskowski  
dr inż. Maciej Kuboń – sekretarz

## *RECENZENCI*

Prof. dr hab. Jan Bronisław Dawidowski – ZUT Szczecin  
Prof. dr hab. Aleksander Lisowski – SGGW Warszawa

## *Wydawca*

Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej

## *Praca wykonana*

w Instytucie Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

## *Druk i oprawa:*

S.C. DRUKROL (Kraków, al. 29 Listopada 46) tel. (12) 412 46 50  
Nakład: 150 egzemplarzy

---

**Rozprawy habilitacyjne**

**Nr 33**

---

Paweł Kielbasa

**ZINTEGROWANA METODA OCENY  
NAKŁADÓW ENERGETYCZNYCH  
NA UPRAWĘ PODSTAWOWĄ  
W ASPEKCIE MOZAIKOWATOŚCI GLEBY**

(rozprawa habilitacyjna)

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2008-2011  
jako projekt badawczy habilitacyjny nr NN313154335*

## Spis treści

WYKAZ OZNACZEŃ .....	7
1. WSTĘP.....	9
1.1. Wprowadzenie.....	9
1.2. Analiza stanu zagadnienia z zakresu monitoringu mozaikowatości gleby....	10
1.3. Cel i zakres pracy .....	15
2. PRZEDMIOT I WARUNKI BADAŃ.....	17
2.1. Obiekt i przedmiot badań .....	17
2.2. Warunki badań .....	17
3. METODYKA BADAŃ .....	22
3.1. Struktura badań .....	22
3.2. Badania wybranych właściwości gleby .....	24
3.3. Realizacja pomiarów eksploatacyjnych.....	25
3.4. Sposób prowadzenia narzędzia wzorcowego .....	33
3.5. Pomiar oporów roboczych narzędzia wzorcowego .....	35
3.6. Pomiar głębokości roboczej narzędzia .....	41
3.7. Pomiar prędkości rzeczywistej agregatu.....	44
3.8. Pomiar poślizgu kół napędowych ciągnika.....	46
3.9. Pomiar zużycia paliwa.....	47
3.10. Wyznaczanie współczynnika wykorzystania mocy .....	49
3.11. Nakład energetyczny .....	50
3.12. Pomiar zwięzłości i wilgotność gleby.....	50
3.13. Metodyka pobierania prób do badań laboratoryjnych.....	53
3.14. Wyznaczanie współczynników sferyczności bulw .....	53
3.15. Wyznaczenie zewnętrznego współczynnika tarcia kinetycznego bulw .....	56
3.16. Tworzenie map cyfrowych przestrzennego zróżnicowania mierzonych wielkości.....	59
3.17. Badania właściwe I etap .....	60
3.18. Analiza statystyczna i rachunek błędów pomiarowych.....	62
4. WYNIKI BADAŃ.....	64
4.1. Wybrane właściwości gleby pól doświadczalnych w Top Farms Głubczyce.....	64
4.2. Badania właściwe I Etap .....	66
4.2.1. Charakterystyka warunków glebowych.....	66
4.2.2. Parametry eksploatacyjne agregatu stanowiącego narzędzie wzorcowe.....	67
4.2.3. Nakłady energetyczne głęboszowania agregatem wzorcowym .....	69
4.2.4. Parametry eksploatacyjne wybranych agregatów uprawowych.....	69

4.2.5. Nakłady energetyczne podczas pracy agregatów uprawowych .....	70
4.3. Badania właściwe II Etap .....	71
4.3.1. Obiekt I .....	71
4.3.1.1. Charakterystyka warunków glebowych.....	71
4.3.1.2. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego .....	74
4.3.1.3. Wyznaczanie podeszwy płużnej na ściernisku po zbiorze przedplonu pod ziemniaki .....	77
4.3.1.4. Wpływ mozaikowości gleby na plon ziemniaków.....	79
4.3.1.5. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego po zbiorze ziemniaków .....	87
4.3.2. Obiekt II.....	91
4.3.2.1. Charakterystyka warunków glebowych.....	91
4.3.2.2. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego .....	92
4.3.2.3. Wyznaczanie podeszwy płużnej na polu po zbiorze cebuli.	97
4.3.2.4. Wpływ mozaikowości gleby na plon ziemniaków.....	99
4.3.2.5. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego po zbiorze ziemniaków .....	105
4.3.3. Obiekt III.....	108
4.3.3.1. Charakterystyka warunków glebowych.....	108
4.3.3.2. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego .....	109
4.3.3.3. Wyznaczanie podeszwy płużnej na ściernisku po zbiorze przedplonu pod ziemniaki .....	113
4.3.3.4. Wpływ mozaikowości gleby na plon ziemniaków.....	115
4.3.3.5. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego po zbiorze ziemniaków .....	121
4.3.4. Obiekt IV .....	122
4.3.4.1. Charakterystyka warunków glebowych.....	122
4.3.4.2. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych agregatu wzorcowego .....	123
4.3.4.3. Wyznaczanie podeszwy płużnej na ściernisku po zbiorze przedplonu pod ziemniaki .....	126
5. DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI .....	128
BIBLIOGRAFIA.....	132
SUMMARY .....	139

## BIBLIOGRAFIA

- Abbaspour Y., Haghghat S.** 2011. Extended Octagonal Ring Transducers for Measurement of Tractor Implement Forces, Instruments and Experimental Techniques. Vol. 54(1). s. 136–140.
- Adamchuk V.I., Hummel J., Morgan M., Upadhyaya S.** 2004. On-the-go soil sensor for precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture. Vol 44. s. 71-91.
- Alakukku L.** 1996: Persistence of soil compaction due to high load traffic. I
- Al-Jalil H.F., Khdair A., Mukahal W.** 2001. Design and performance of an adjustable three-point hitch dynamometer. Soil & Tillage Research. Vol 62. s. 153-156.
- Al-Janobi A.** 2000. A data-acquisition system to monitor performance of fully mounted implements. J. Agricult. Eng. Res. Vol. 75(2). s. 167-175.
- Bajla J., Walczykova M., Štrba M., Benda I.** 2005. Ocena poziomego oporu gleby z wykorzystaniem teorii procesów stochastycznych. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(70). s. 13-21.
- Banasiak J.** 2008. Przegląd pojęć i definicji w projektowaniu procesów produkcji rolniczej. Inżynieria Rolnicza. Nr 4(102). s. 53-62.
- Bergeijk J., Goense D., Speelman L.** 2001. Soil Tillage Resistance as a Tool to map Soil Type Differences. J. Agric. Engng Res. Vol. 79(4). s. 371-387.
- Błażejczak D., Tomaszewicz T., Śnieg M.** 2005. Fizyczne właściwości warstwy podornej gleby gliniastej dla dwóch wybranych systemów uprawy. Inżynieria Rolnicza. Nr 3(63). s. 87-94.
- Borowiec M.** 1972. Wpływ zagęszczenia roli na właściwości fizyczne gleby oraz plonowanie ziemniaków. Rocznik Nauk Rolniczych. T. 69-C-3. s. 7-26.
- Budyn P.** 1993. Badanie wybranych właściwości powierzchniowych bulw ziemniaka z punktu widzenia ich znaczenia w procesie zbioru i obróbki pozbiorowej. Zesz. Nauk. AR., nr 178.
- Budyn P., Kielbasa P., Nykliński A.** 2003a. Bezstykowy pomiar głębokości pracy narzędzi i prędkości roboczej agregatów do uprawy i zbioru ziemniaków. Inżynieria Rolnicza. Nr 12(54), s. 47-55.
- Budyn P., Kielbasa P., Nykliński A.** 2003b. Pomiar metodą tensometryczną oporów roboczych narzędzi i maszyn do uprawy i zbioru ziemniaków. Inżynieria Rolnicza. Nr 12(54), s. 57-65.
- Budyn P., Kielbasa P., Nykliński A.** 2003c. Pomiar poślizgu kół napędowych ciągnika. Inżynieria Rolnicza. Nr 11(53). s. 35-44.
- Buliński J.** 2000. Agrotechniczne aspekty uprawy gleby maszynami aktywnymi. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej. Nr 1. s. 2-5.
- Buliński J.** 2006. Możliwości ograniczenia ugniatania gleb kołami pojazdów rolniczych. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 4. s. 31-42.
- Buliński J., Gach S., Waszkiewicz Cz.** 2009. Energetyczne i jakościowe aspekty procesu uprawy gleby narzędziami biernymi. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4. s. 51-57.
- Buliński J., Majewski Z.** 1998. Ocena rozbieżności wyników pomiaru zwięzłości gleby w różnych warunkach wykonywania badań, Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2. s. 5-12.
- Byszewski W., Haman J.** 1977. Gleba – maszyna – roślina. PWN, Warszawa.
- Cacko J., Bily M., Bukovec J.** 1984. Meranie, vyhodnocovanie a simulacia prevadzkoých nahodných procesov. 1, wyd., Bratislava: Veda, s. 210.
- Campbell J.** 1982. A Review of the Clod Problem in Potato Production. J. agric. Engng. s. 373-395.
- Campbell R.H., Rawlins S.L., Han S.** 1994. Monitoring methods for potato yield mapping. ASAE Paper No. 94-1584. St. Joseph, MI. USA: 7 ss.
- Clark R.L., McGuckin R.L.** 1996. Variable Rate Application Equipment for Precision Farming. [http://www.engr.uga.edu/research/groups/precisionfarming/clark\\_vrt.html](http://www.engr.uga.edu/research/groups/precisionfarming/clark_vrt.html).
- Demmler D.** 1995. Herbsdamme verminden Knollenbeschädigung. Kartoffelbau 46(6). s. 250-253.

- Desbiolles J. M. A., Godwin R. J.; Kilgour J., Blackmore B. S.** 1999. Prediction of Tillage Implement Draught using Cone Penetrometer Data. *J. Agric. Engng Res.* Vol. 73. s. 65-76.
- Dexter A.R., Czyż E.A.** 2000. Soil physical quality and the effects of management. In: *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. Red.: M.J. Wilson, B. Maliszewska-Kordybach, Kluwer Academic Publishers, Netherlands. s. 153-165.
- Dobek T.** 2005. Energetyczna i ekonomiczna ocena różnych technologii przygotowania roli do siewu rzepaku ozimego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(63). s. 133-140.
- Dreszer K. A.** 2005. Globalny system pozycjonowania i możliwości wprowadzenia go w polskim rolnictwie. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(70). s. 57-63.
- Drummond P.E., Christy C.D., Lund E.D.** 2000. Using an automated penetrometer and soil EC probe to characterize the rooting zone. s. 8. [www.veristech.com/pdf\\_files](http://www.veristech.com/pdf_files).
- Ehler D., Algerbo P.A.** 2000. Ertragskartierung bei Kartoffeln. *Landtechnik* 55. s. 463-437.
- Ehrl M., Demmel M.R., Auernhammer H., Stempfhuber W.V., Maurer W., Wunderlich T.** 2002. Spatio-temporal quality of Precision Farming Applications. ASAE: Paper No. 02-3084. St. Joseph, MN, USA: 8 ss.
- Faber A.** 1998. System Rolnictwa Precyzyjnego. II. Analiza i interpretacja map plonów. *Fragm. Agron.* Nr1(57). s. 16-28.
- Faber A.** 1998a. System rolnictwa precyzyjnego szansą na ograniczenie zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. *Frag. Agron. T.* 79, z. 3. s. 52-64.
- Faber A.** 1998b. System Rolnictwa Precyzyjnego. I. Mapy plonów. *Fragm. Agron.* Nr 1(57). s. 4-16.
- Faber A.** 1998c. System rolnictwa precyzyjnego. II. Analiza i interpretacja map plonów. Praca przeglądowa. *Fragmenta Agronomica (XV)*. Nr 1(57). s. 16-27.
- Faber A.** 1999. Doskonalenie jakości map plonów w technologii precyzyjnego rolnictwa. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1(7). s. 7-16.
- Faber A., Jadczyzyn T.** 2001. Ocena zmienności przestrzennej plonów pszenicy ozimej w zależności od sposobu zbioru. *Fragm. Agron.* Nr 1. s. 23-30.
- Fleszer J., Fabian H.** 1993. Badanie zależności wymiarowo masowych bulw ziemniaka. *Zeszyt Naukowy Wydz. Mechanicznego WSiInż. Koszalin*. Nr 15. s. 21-28.
- Fotyma M., Faber A., Czajkowski M., Kubisiak K.** 1997. Preliminary experience concerning precision agriculture in Poland *Statford J.V. (Ed), Precision Agriculture 97, Bios. Sci. Publ., Oxford*. s. 111-118.
- Gazdowski D., Samborski S., Sioma S.** 2007. *Rolnictwo precyzyjne*. SGGW. Warszawa ISBN 978-83-7244-858-3.
- Gilewicz K.** 1979. Analiza kształtu i wymiarów kłębów ziemniaczanych, jako cech rozdzielczych w procesie sortowania. *Rocz. Nauk Rol., C-74-1*.
- Gliński J., Lipiec J.**, 1990. *Soil physical conditions and plant roots*. Boca Raton Florida: CRC Press Inc., 250.
- Gomółka L., Jantos J., Mamala J.** 2008. Analiza przebiegu siły napędowej ciągnika rolniczego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(104). s. 57-62.
- Grant W. J. Epstein E.** 1973. Minimum cultivation for potatoes. *Am. Potato J.*, 50: 193-203.
- Greenland D. J.**, 1977. Soil management and soil degradation. *J. Soil Sci.*, 32, 301-322.
- Greń J.** 1982. *Statystyka matematyczna modele i zadania*. PWN, Warszawa.
- Hache K.** 2003. Site-specific Crop Response to Soil Variability in an Upland Field: Master thesis. Publications about precision farming [online]. [dostęp 17-01-2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.cpf.kvl.dk/Papers>.
- Havlíček M., Bauer F.** 2005. Wpływ parametrów pracy agregatu do orki na ekonomiczność silnika ciągnikowego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(63). s. 197-202.
- Herbert R. J.** 1993 *Agi-sort*. Engineering LTD.

- Holownicki R** 2003. Rolnictwo precyzyjne szansą na ograniczenie zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. *Fragmenta Agronomica* (XX), 3(79). s. 52-64.
- Holownicki R.** 2008. Przed agroinżynierią stoją nowe zadania. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(102). s. 13-24.
- Jabłoński K.** 1997. Technika rzędowego nawożenia ziemniaków i efekty agrotechniczne. *Probl. Inż. Rol.*, 1: 29-38.
- Jabłoński K.** 2006. Agrotechniczne i ekonomiczne efekty uproszczonej uprawy roli pod ziemniaki. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(78). s. 21-20.
- Jabłoński K.** 2009. Nowe elementy w technice i technologii produkcji ziemniaków. Cz. I. Uprawa gleby, nawożenie i sadzenie. *Technika Rolnicza i Leśna*. Nr 4.
- Jadczyzsyn T.** 1998. System rolnictwa precyzyjnego. III. Nawożenie w rolnictwie precyzyjnym. Praca przeglądowa. *Fragmenta Agronomica* (XV). Nr 1 (57). s. 28-38.
- Jadczyzsyn T.** 2001. Podstawy systemu wspierania decyzji w zakresie precyzyjnego nawożenia. *Pamiętnik Puławski – Materiały konferencyjne*, zesz. 124. s. 211-219.
- Kęska W., Jankowiak S., Pomianowski R.** 2005a. Zestaw do wykonywania map plonu ziarna instalowany na kombajnie zbożowym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(68). s. 135-142.
- Kęska W.** 2005b. Metoda statystycznej obróbki danych pomiarowych w modelowaniu i wizualizacji map plonu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 14(74). s. 163-168.
- Kielbasa P.** 2007. Pomiar wybranych parametrów eksploatacyjnych agregatu uprawowego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(95). s. 79-86.
- Kielbasa P.** 2010. Wpływ zanieczyszczenia elementów roboczych głębosza na parametry eksploatacyjne agregatu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(122). s. 107-114.
- Kielbasa P.** 2011. Wpływ nawadniania plantacji na ziemniaków na właściwości fizyczne bulw. *Acta Agrophysica*. Nr 17(1). s. 89-103.
- Kielbasa P., Budyn P.** 2005a. Zastosowanie techniki wideo komputerowej przy wyznaczaniu cech fizycznych bulw. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(68). s. 143-152.
- Kielbasa P., Budyn P., Rad M.** 2005b. Program komputerowy do pomiaru parametrów eksploatacyjnych agregatów rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(70), s. 161-170.
- Kielbasa P., Budyn P., Nykliński A., Grodny K.** 2005c. Stanowisko skalowania sił w ciągłach trzypunktowego układu zawieszenia narzędzi. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(70). s. 151-159.
- Kielbasa P., Budyn P., Rad M.** 2008. Wykorzystanie elektronicznego układu pomiarowego do oceny wybranych cech fizycznych plodów rolnych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(105). s. 93-100.
- Klikocka H.** 2000. Badania nad wprowadzeniem nowych technologii uprawy ziemniaków. *Pam. Puł. - Mat. Konf.*, 120. s. 217-224.
- Klute A., Dirksen C.**, 1986. Water retention. Laboratory methods. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. SSA Book Series: 5.
- Kogut Z.** 1998. Metoda pomiarów głębokości pracy redlic siewników rzędowych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 4. s. 23 – 38.
- Kolator B.** 2008. Metoda określenia sił działających na ciągnik przy współpracy z narzędziem zawieszonym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(102). s. 381-388.
- Konstantinović** 2007. In-Soil Measuring of Sugar Beet Yield Using UWB Radar Sensor System. vorgelegt im Mai 2007 von Dipl.-Ing. M.Sc.mech.eng. Miodrag Konstantinović aus Novi Sad, Serbien Institut für Landtechnik Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Nussallee 553115 Bonn [hss.ulb.uni-Bonn.de/2007/1103/1103.pdf]
- Kroulík M., Kumbála 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.
- Kroulík M., Prošek V.** 2000. Uplatnění se možnost lokálně diferencovaného zpracování pudy. *Mechanizace zemědělství. Mechanizace zemědělství*, 3.
- Kuczewski J.** 1974. Podstawy eksploatacji agregatów rolniczych. PWRiL, Warszawa.



- Kuczewski J.** 1990. Podstawy użytkowania maszyn w pracach polowych. PWRiL, Warszawa.
- Kuczewski J., Klonowski J.** 1996 Analiza oporu roboczego narzędzia szerokiego o walcowej powierzchni roboczej. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 1. s. 13-18.
- Kusz A., Marciniak A. W.** 2009. Niepewność w reprezentacji zjawisk przestrzennych. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(114). s. 147-154.
- Lapen D. R., Hayhoe H. N., Topp G. C., McLaughlin N. B., Gregorich E. G.** 2002. Measurements of Mouldboard Plow Draft: II. Draft-Soil-Crop and Yield-Draft Associations. Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands, Precision Agriculture 3. s. 237–257.
- Lejman K.** 2005. Opory skrawania gleby narzędziami o kształcie klina prostego i symetrycznego klina ukośnego. Inżynieria Rolnicza. Nr 3 (63), s. 279-288.
- Lejman K.** 2008. Wpływ zwięzłości gleby na wartości sił pionowych działających na narzędzia kultywacyjne. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(103). s. 51-57.
- Lejman K., Owsiak Z.** 1993. Stanowisko do pomiaru sił działających na narzędzia pracujące w glebie, Roczniki Nauk Rolniczych, T. 79-C-4. s. 103 – 106.
- Lejman K., Owsiak Z.** 1996. Analiza parametrów stożka penetrometru. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych. Z. 425. s. 121-126.
- Lipiec J., Pabin J., Tarkiewicz S.,** 1988. Soil compaction in Poland: Assessment and Effects. Proceedings of the 1th workshoep of Concerned Action on Subsoil Compaction, 28-30 May 1998, Wageningen. s. 130-143.
- Lisowski A.** 2005. Technologie rolnictwa precyzyjnego. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 6. s. 51- 61.
- Lisowski A.** 2006. Systemy pomiarowe parametrów gleby stosowane w technologiach rolnictwa precyzyjnego. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 4. s. 19- 29.
- Lisowski A., Szczęsny W.** 1992. Ocena zmienności jednostkowego oporu orki. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej. Nr 10. s. 6-8.
- Lodovicy Ch., Schwaiberger R., Leithold P.** 2001. Precision Farming. DLG Verlag.
- Marks N.** 1986. Wpływ wybranych czynników na powstanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. Zesz. Nauk. AR Kraków nr 108, Mech. i Energ. Roln. Z. 3.
- Marks N.** 1991. Energochłonność, nakłady i koszty produkcji ziemniaków w gospodarstwach indywidualnych woj. Krakowskiego. Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnicztwa. Instytut Ziemniaka, Bonin. s. 130-133.
- Marks N.** 1998. Wpływ techniki uprawy na plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(3). s. 175-185.
- McBratney A., Whelan B., Ancev T., Bouma J.** 2005. Future directions for fungal plant pathogens. Pest Management Science 59. s. 129-142.
- Michalek R.** 1998. Uwarunkowania technicznej rekonstrukcji Rolnictwa. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Kraków. ISBN 83-905219-1-1.
- Miszczak M., Ekielski A., Wróbel J., Nowiński J.** 2002. Wpływ kształtu oraz rozstawienia zębów głębosza biernego na jego opór roboczy. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr. 4. s.11-16.
- Miszczak M.** 2005. Analiza wpływu podstawowych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych spulchniacza rotacyjnego na jednostkowe zużycie paliwa. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(70). s. 311-320.
- Mouazen A.M., Ramon H., Baerdemaeker J.** 2003. Modelling Compaction from On-line Measurement of Soil Properties and Sensor Draught. Precision Agriculture. Vol. 4. s. 203-212.
- Namysłowska-Wilczyńska B.** 2006. Geostatystyka, Teoria i zastosowanie. Politechnika Wrocławska. Wrocław. ISBN 83-7085-928-3.
- Pabin J., Włodek S., Biskupski A.** 1999. Wartości krytyczne gęstości różnych gatunków gleb mineralnych. Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricultura. Nr 195(74). s. 81-86.
- Pawlak J.** 2007. Nakłady i koszty energii w rolnictwie polskim. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4. s. 15-20.

- Pawlak J.**, 1989. Analiza energochłonności produkcji roślinnej [W:] Organizacyjne i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej w indywidualnych gospodarstwach rolnych. PWRiL Warszawa.
- Pawlik A.** 2000. Spadek oporu pługa na skutek zmniejszenia sił tarcia między jego elementami roboczymi a glebą. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej. Nr 8. s. 4-7.
- Pierce F.J., Gaye Burpee C.** 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes. Soil & Tillage Research vol. 35, s. 135-146.
- Pudelko R.** 2007. Interpolacje map pól. Pamiętnik Puławski. Nr 146. s. 99-111.
- Rembeza J.** 1991. Ekonomiczna i energetyczna efektywność różnych technologii produkcji ziemniaków. Instytut Ziemniaka, Bonin. s. 137-140.
- Richards L. A.**, 1941. A pressure-membrane extraction apparatus for soil solution. Soil Science, 51, 5. s. 377-386.
- Rickman D., Luvall J.C., Shaw J., Mask P., Kissel D., Sullivan D.** 2003. Precision Agriculture: Changing the face of Farming. Geotimes [online]. [dostęp 15-12-2008]. Dostępny w Internecie: [http://www.geotimes.org/nov03/feature\\_agric.html](http://www.geotimes.org/nov03/feature_agric.html).
- Rutkowski K., Kollárová K., Krajčo J., Plačko M.** 2007. Ocena zmienności przestrzennej wilgotności gleby na podstawie map konduktywności elektrycznej. Część II. Inżynieria Rolnicza. Nr 8(96). s. 225-232.
- Shibusawa S.** 2002. Precision farming approaches to small-farm agriculture. Agro-Chemicals report vol. II, no. 4 <http://www.ffc.agnet.org/library/article/tb160.html>.
- Sirjacobs D., Hanquet B., Lebeau F, Destain M.F.** 2002. On-line soil mechanical resistance mapping and correlation with soil physical properties for precision agriculture. Soil & Tillage Research. Vol. 64 s. 231-242.
- Sojka R.E., Westerman D.T., Kincaid D.C., McCann. I.R., Halderson J.L., Thornton, M.** 1993. Zonesubsoiling effects on potato yield and grade. Am. Potato J., Vol. 70. s. 475-484.
- Sommer C.** 1991. Bodenbearbeitung und Bodenschutz – VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik. H.11.
- Steinkampf H.** 1991. Dynamik der Kraftfahrzeuge. – Kraftfahrtechnische Taschenbuch. Robert Bosch GmbH, Stuttgart.
- Styburski W.** 1976. Przetworniki tensometryczne. WNT, Warszawa.
- Sudduth K.** 1999. Engineering technologies for precision farming. USDA-Agricultural research service. [http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/eng\\_tech.pdf](http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/eng_tech.pdf).
- Szeptycki A.** 2002. Efektywność postępu technicznego w technologii towarowej produkcji ziemniaków. Inżynieria Rolnicza. Nr 1(2).
- Ślipek Z., Frączek J., Złobecki A.**, 1987. Pomiar siły tarcia zewnętrznego materiałów roślinnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 321. s. 203-208.
- Talarczyk W., Zbytek Z.** 2006. Wpływ głębokości roboczej agregatu do bezorkowej uprawy gleby na obciążenia eksploatacyjne. Inżynieria Rolnicza. Nr 4 (79). s. 303-312.
- Talarczyk W., Zbytek Z.** 2002. Badania porównawcze zespołów roboczych do jedno i dwuwarstwowej orki. Część II. Opory robocze. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 47(1), s. 62-66.
- Taylor J. H., Brar G. S.** 1991. Effect of soil compaction on root development. Soil & Tillage Research. Vol. 19. No 2-3. s. 111-119.
- Tomaszewska J., Niedźwiecki J.** 2003. Zwięzłość i gęstość gleb, jako czynniki warunkujące ich potencjał produkcyjny. Pamiętnik Puławski – Materiały Konferencji. Z. 132. s. 409-417.
- Tóth J., Bajla J., Čičo M.** 2008. Návrh a popis nosiča snímačov s nožovým meracím zariadením. Nové trendy v konštruovaní a v tvorbe technickej dokumentácie. Vol. 37, No 4, s. 211-222.
- Tóth J., Bajla J., Čičo M., Kučera M.** 2009. The comparison of soil resistance measurements with horizontal and knife penetrometer. Traktori i pogramske mašine, Vol. 14, No 1. s. 59-63.

- Usovich B., Hajnos M., Sokolowska Z., Józefaciuk G., Bowanko G., Kossowski J., Usovich J.** 2004. Zmienność wybranych cech gleby w skali pola i gminy. Roczniki gleboznawcze. Tom LV. Nr 1. s. 237-247.
- Walczykova M., Walczyk J.** 1992. Zastosowanie techniki komputerowej w badaniach zwięzłości gleby. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Nr 268. s. 3-12.
- Walczyk M.** 1995. Wybrane techniczne i technologiczne aspekty ugniatania gleb rolniczych agregatami ciągnikowymi. Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Nr 202.
- Walczykova M., Zagórda M.** 2005a. Preparation of yield maps in Agro-Map expert program. Proceedings of Int. Conf., Slovak Agricultural University. s. Dudince 2-3. 06.2005.
- Walczykova M., Zagórda M., Aboud Z.** 2005b. Zmienność przestrzenna gleby w aspekcie jej wybranych właściwości fizycznych. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(70). s. 385-394
- Walczykova M., Zagórda M.** 2005c. Zmienne nawożenie mineralne pszenicy ozimej z wykorzystaniem map przestrzennego rozmieszczenia plonów. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(70). s. 375 – 384.
- Waszkiewicz C., Klonowski J.** 2002. Opory robocze pługa wahadłowego. Przegląd Techniki Rolniczej. Nr 6. s. 2.
- Wójcicki Z.** 1981. Energochłonność produkcji rolniczej. Rocznik nauk rolniczych. t.C-75-1.
- Wójcicki Z.** 2001. Metody szacowania energochłonności produkcji rolniczej. Inżynieria Rolnicza. Nr 1(21). s. 379-386.
- Zagórda M., Walczyk M., Mazurek R.** 2008. Wykorzystanie GIS do wizualizacji przestrzennej zmienności parametrów gleby w powiązaniu z plonem. Inżynieria Rolnicza. Nr 7(105). s. 229-236.
- Zalewski P.** 2000a. Agrotechniczne konsekwencje satelitarnej lokalizacji obiektu i komputerowej mikrokartografii pola. Inżynieria Rolnicza. Nr 7(18). s. 197-204.
- Zalewski P.** 2000b. Problemy rolnictwa precyzyjnego. Inżynieria Rolnicza. Nr. 8 (19), s. 15- 23.
- Zawadzki J.** 2005. Wykorzystanie metod geostatystycznych w badaniach środowiska przyrodniczego. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Z. 49. s. 1-134.
- Zbytek Z.** 2010. Wskaźniki jakości pracy i energochłonności uprawy dwuwarstwowej oraz głębokiej orki. Journal of research and applications in agricultural engineering. Vol. 55(1). s. 120-123.
- Zbytek Z., Talarczyk W.** 2008. Wpływ parametrów roboczych wielofunkcyjnego narzędzia uprawowo-pielegnacyjnego na obciążenia eksploatacyjne. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(103). s. 385-393.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.** 1985. Warunki agrotechniczne i przechowalnicze a cechy użytkowe bulw ziemniaka. Biul. Inst. Ziemniaka. Nr 33.
- BN-78/9180-11 Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulo-metryczne.
- PN-ISO 3534-1. 2009. Statystyka – Słownik i symbole – Część 1: Ogólne terminy statystyczne i terminy wykorzystywane w rachunku prawdopodobieństwa
- Ciągnik MF 235 - Instrukcja obsługi. 1978. Nr 1666614M1
- GUS 2010. Rocznik statystyczny rolnictwa. Warszawa 2011

## Streszczenie

Postęp techniczny wymusza (umożliwia) rozwój wysublimowanych technologii produkcji rolniczej, które poprzez swoją innowacyjność i efektywność prowadzą do lepszego wykorzystania potencjału produkcyjnego gleby. W pracy starano się określić powiązania pomiędzy czynnikami agrotechnicznymi i eksploatacyjnymi a wielkością i jakością plonu ziemniaków. W szczególności dotyczy to nakładów energetycznych ponoszonych na uprawę podstawową oraz jej selektywność wynikającą z mozaikowości gleby. Dlatego celem badań było przestrzenne określenie wpływu mozaikowości gleby na wybrane parametry eksploatacyjne agregatu przekładające się na nakład energetyczny uprawy gleby a w efekcie na wielkość i właściwości plonu ziemniaków oraz możliwości technologicznego zróżnicowania uprawy gleby na podstawie map aplikacyjnych sporządzonych narzędziem wzorcowym. Stosowano dwa systemy regulacji głębokości roboczej głębosza: a) kopiujący sytemu regulacji głębokości roboczej głębosza, określono nakład energetyczny wyrażony w bezpośrednich nośnikach energii tworząc mapę cyfrową energochłonności pola, b) siłowy system regulacji głębokości pracy narzędzia, identyfikacja podeszwy płuznej z uwzględnieniem zmienności przestrzennej w obrębie pól, na których przeprowadzono doświadczenie. Badania przeprowadzono w ciągu technologicznym towarowej uprawy ziemniaków (178 ha), których plon oceniano z punktu widzenia cech ilościowo-jakościowych. Stwierdzono istotny związek pomiędzy zwięzłością gleby a oporem roboczym narzędzia wzorcowego pozwalający na wyodrębnienie obszarów w obrębie powierzchni danego pola, które wymagają szczególnego potraktowania w czasie uprawy podstawowej. Odnotowano, że istnieje możliwość wyznaczenia w obrębie danego arealu przestrzennego zróżnicowania nakładu energetycznego odzwierciedlającego mozaikowość eksploatacyjną gleby. Zaobserwowano zregionalizowane związki pomiędzy wybranymi właściwościami fizycznymi bulw a zwięzłością gleby i oporem roboczym agregatu. Uznano że nie jest możliwy selektywny zbiór z uwagi na rzędową technologię produkcji ziemniaków i strukturę mozaikowości przestrzennego rozmieszczenia wyekstrahowanych obszarów. Wykorzystanie siłowego systemu regulacji głębokości pracy narzędzia daje wiarygodne wyniki w identyfikacji podeszwy płuznej potwierdzone penetrometrem stożkowym, co w powiązaniu z plonem pozwala skutecznie eliminować obszary pola o niekorzystnych parametrach.

**Słowa kluczowe:** rolnictwo precyzyjne, opór roboczy narzędzia, mozaikowość gleby, eksploatacja, nakład energetyczny

# AN INTEGRATED ENERGY EXPENDITURE EVALUATION METHOD FOR BASIC CULTIVATION IN THE ASPECT OF SOIL MOSAICITY

## Summary

Technological progress extorts (allows) developing refined agricultural production technologies, leading to better utilisation of soil production potential through their innovative character and efficiency. The work attempts to specify the relations between agrotechnical and operating factors, and potato crop volume and quality. In particular, this applies to energy expenditures related to basic cultivation, and its selectivity resulting from soil mosaicity. Therefore, the purpose of the research was to carry out spatial determination of soil mosaicity impact on selected operating parameters of the unit translating into energy expenditure related to soil cultivation, and as a result into the volume and characteristics of potato crop and possibilities of technological soil cultivation diversification, carried out on the basis of application maps prepared using a standard tool. Two adjustment systems for subsoiling machine working depth were employed: a) copying adjustment system for subsoiling machine working depth - the researchers determined energy expenditure expressed in direct energy carriers, by way of creating a digital map of field energy consumption level, b) force adjustment system for tool working depth - plough soil identification taking into account spatial variability in fields, where the experiment was carried out. The studies were carried out in commercial potato growing process line (178 ha), and the obtained crop was evaluated from the point of view of quantitative and qualitative characteristics. The researchers observed significant relationship between soil compactness and standard tool working resistance allowing to separate areas within the surface of a given field, which would require special treatment during basic cultivation. It was noted that, within a given acreage, there was a possibility to determine spatial diversification of energy expenditure corresponding to working mosaicity of soil. The research allowed to observe regionalised relations between selected physical properties of tubers and soil compactness and the unit working resistance. It has been found that selective harvest is not possible due to row potato production technology and mosaicity structure of spatial layout of extracted areas. Using the force adjustment system for tool working depth gives reliable results in plough soil identification, confirmed by cone penetrometer. This combined with crop allows to effectively eliminate field areas characterised by unfavourable parameters.

**Key words:** precise agriculture, tool working resistance, soil mosaicity, operation, energy expenditure