

Norbert Marks, Zygmunt Sobol, Dariusz Baran  
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej  
Akademia Rolnicza w Krakowie

## WPLYW WILGOTNOŚCI NA ENERGOCHŁONNOŚĆ PROCESU ROZDRABNIANIA ZIARNA ZBÓŻ

### Streszczenie

Praca prezentuje wyniki badań wpływu poziomu wilgotności materiału ziarnistego na energochłonność procesu rozdrabniania. Zakres badań obejmuje ustalenie relacji pomiędzy energochłonnością rozdrabniania a rodzajem i wilgotnością materiału wykorzystanego w doświadczeniu. Badaniom podano dwa gatunki zbóż ozimych, pszenicę oraz żyto, którym nadano przyjęte poziomy wilgotności. Przeprowadzona analiza wykazała istotny statystycznie wpływ badanych czynników na energochłonność rozdrabniania ziarna.

**Słowa kluczowe:** wilgotność, energochłonność, rozdrabnianie, ziarno zbóż

### Wprowadzenie

Jak potwierdzają badania [Laskowski i in. 1998 i 2001] procesy rozdrabniania surowców pochodzenia biologicznego wymagają znacznych nakładów energetycznych. Proces ten z punktu widzenia optymalizacji nakładów energetycznych jest bardzo skomplikowany. Trudności w rozdrabnianiu materiałów ziarnistych wynikają między innymi ze zmian właściwości fizycznych i biologicznych tych materiałów. W procesie rozdrabniania zachodzą istotne relacje pomiędzy energochłonnością rozdrabniania a rodzajem i wilgotnością materiału oraz parametrami technicznymi użytych maszyn [Opielak 1995, 1996; Laskowski i Łysiak 1997]. Romański i Łuczycka [1999] badając pracę gniotownika dwuwalcowego stwierdzili, że energia jednostkowa podczas zgniatania ziarna zmniejsza swoją wartość wraz ze wzrostem wilgotności. Zwiększenie wilgotności z 14% do 20% powoduje zmniejszenie zużycia energii, zarówno dla jęczmienia jak i pszenicy, o około 30%. Z kolei Kowalik i Opielak [2002] wskazują na istnienie liniowej zależności pomiędzy jednostkowym zużyciem energii przez rozdrabniacz żarnowy a wilgotnością rozdrabnianego zboża. Autorzy zarejestrowali wzrost jednostkowego zużycia energii wraz ze wzrostem wilgotności ziarna (z 10,5% do 17,5%) nawet o około

Norbert Marks, Zygmunt Sobol, Dariusz Baran

280%. Ze zmianą wilgotności ziarniaka zmienia się szereg jego cech takich jak twardość, moduł sprężystości, współczynniki tarcia wewnętrznego i zewnętrznego itp. Należy więc dążyć do ustalenia odpowiedniego poziomu wilgotności w aspekcie energochłonności rozdrabniania, jak również jakości uzyskanych produktów.

### **Cel, zakres i przedmiot pracy**

Celem pracy jest określenie wpływu poziomu wilgotności materiału ziarnistego na energochłonność procesu rozdrabniania. Zakres badań obejmuje ustalenie relacji pomiędzy energochłonnością rozdrabniania a rodzajem i wilgotnością materiału wykorzystanego w doświadczeniu. Badaniom poddano dwa gatunki zbóż ozimych, pszenicę 'Mikula' oraz żyto 'Walec'. Próbkom nadano przyjęte poziomy wilgotności: 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 oraz 14,0%.

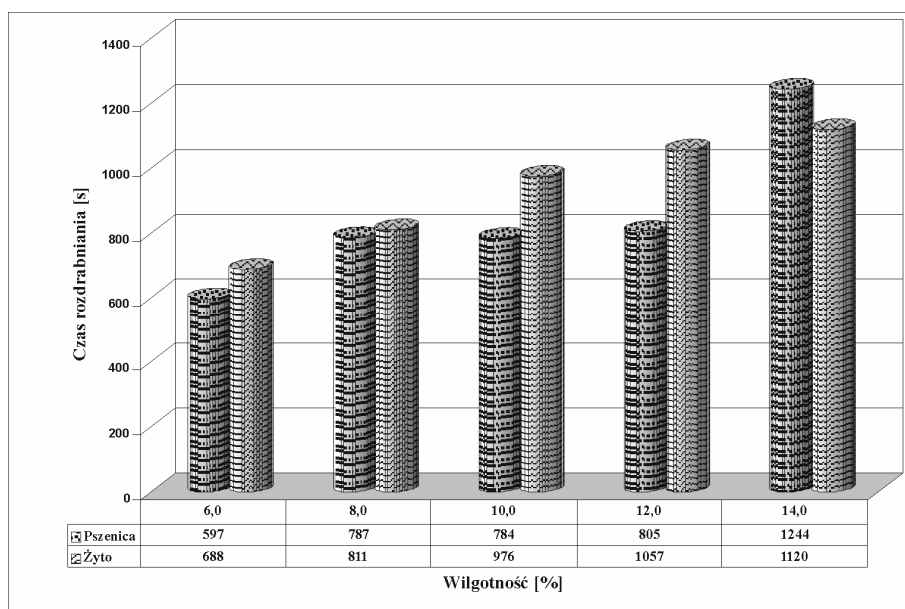
### **Metodyka badań**

Materiał przeznaczony do badań poddano pomiarowi wilgotności, dokonanego przy pomocy wagosuszarki typu WPS 210S. Po zbadaniu wilgotności próbki doprowadzono do przyjętych poziomów wilgotności poprzez dosuszenie lub nawilżenie. Tak przygotowany materiał przechowywano w szczelnie zamkniętych pojemnikach przez okres co najmniej 12 godzin. W celu osiągnięcia równomiernego rozkładu zawartości wody w pojemniku próbki okresowo mieszano. Bezpośrednio przed rozdrabnianiem sprawdzono ponownie wilgotność materiału badawczego. Z każdego poziomu wilgotności przygotowano 150 gramowe próbki, w pięciu powtórzeniach. Badania energochłonności rozdrabniania prowadzono na stanowisku badawczym, składającym się z młynka laboratoryjnego SŻ-1, miernika cyfrowego METEX oraz jednostki komputerowej. Młynek laboratoryjny SŻ-1 jest przedstawicielem rozdrabniaczy tarczowych posiadających możliwość regulacji szczeliny roboczej. Pomiary przeprowadzono przy szczelinie wynoszącej 0,05 mm. W trakcie badań rejestrowano w przedziałach jednosekundowych (z wykorzystaniem programu MultiView) czas pomiaru oraz parametry prądu zasilającego silnik młynka takie jak: napięcie, natężenie oraz współczynnik mocy. Rejestrację parametrów rozpoczynano dla biegu jałowego silnika a kończono po uzyskaniu przez silnik mocy z początku pomiaru. Za efektywny czas rozdrabniania uznawano przedział czasowy, w którym silnik pobierał z sieci moc wyższą od mocy biegu jałowego. W celu określenia wydatku energetycznego ponoszonego na rozdrobnienie materiału ziarnistego obliczono iloczyn efektywnego czasu rozdrabniania próbki i różnicy zarejestrowanych wartości mocy chwilowych silnika pracującego pod obciążeniem oraz na biegu jałowym. Energochłonność wyznaczono poprzez odniesienie wydatku energetycznego ponoszonego w czasie rozdrabniania do masy badanej próbki. Po rozdrobnieniu ziarna przygotowywano 100 gramowe próbki

mlewa, które następnie poddawano analizie sitowej na odsiewaczu laboratoryjnym SZ-1. Zespół przesiewający stanowił układ sit o wymiarach oczek: nr 1 - 265  $\mu\text{m}$ ; nr 2 - 150  $\mu\text{m}$ ; nr 3 - 120  $\mu\text{m}$ ; nr 4 - 104  $\mu\text{m}$ ; nr 5 - 95  $\mu\text{m}$ . Masę poszczególnych frakcji zatrzymanych na sitach oraz przesiew przez ostatnie sito, osadzony na dnie odsiewacza, określono z dokładnością 0,1 g na wadze WPE 2000. Podczas wykonywania analiz statystycznych prowadzono wnioskowanie przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

### Wyniki badań

Wyniki pomiarów czasu rozdrabniania badanych próbek, odniesione do 1 kg, przedstawiono na rys. 1.

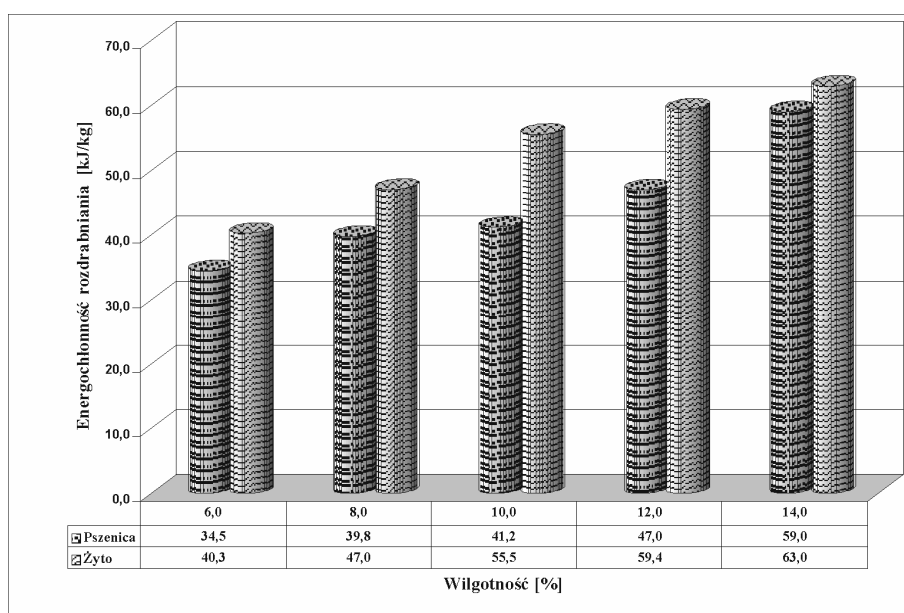


Rys. 1. Czas rozdrabniania 1 kg ziarna w zależności od jego wilgotności  
 Fig. 1. Crushing time to 1 kg seed upon of humidity

Najkrótszy czas przemiału (597 s), czyli największą wydajność, uzyskano dla próbek pszenicy o wilgotności 6%. Najmniejszą wydajność rozdrabniacza zarejestrowano dla pszenicy nawilżonej do 14%. Zanotowany czas przemiału (1224 s) przy tej wilgotności ziarna był ponad 2 razy dłuższy niż przy wilgotności najmniejszej. Test analizy wariancji pozwolił na stwierdzenie istotnego statystycznie zróżnicowania czasu rozdrabniania dla badanych gatunków zbóż i przyjętych poziomów wilgotności. Dla wszystkich (poza najwyższą) wilgotności zarejestrowano dłuższe

czasy przemiału próbek żyta niż pszenicy. Przeprowadzony test Duncana wykazał, w przypadku żyta, istotne zróżnicowanie czasu rozdrabniania pomiędzy wszystkimi poziomami wilgotności. Wraz ze wzrostem wilgotności materiału czas przemiału żyta proporcjonalnie się wydłużał. Przy rozdrabnianiu pszenicy grupę jednorodną pod względem czasu przemiału stanowiły próbki o wilgotności 8, 10 i 12%.

Wpływ wilgotności badanych próbek na energochłonność procesu rozdrabniania ziarna przedstawiono na rysunku 2. Najmniejszą energochłonnością (34,5 kJ/kg) cechował się przemiał pszenicy o najniższej wilgotności. Najbardziej energochłonne (63,0 kJ/kg) okazało się rozdrabnianie żyta o najwyższej badanej wilgotności. Tak więc, nakłady ponoszone w procesie rozdrabniania ziarna o wilgotności 14% są prawie dwukrotnie wyższe niż przy przemiale materiału o wilgotności 6%. Przeprowadzona analiza wariancji wskazuje na istnienie istotnego statystycznie wpływu wilgotności rozdrabnianego ziarna na kształtowanie się energochłonności procesu jego dezintegracji. Test Duncana wykazał istotne zróżnicowanie energochłonności rozdrabniania dla wszystkich przyjętych poziomów wilgotności w przypadku żyta. Przy rozdrabnianiu pszenicy nie stwierdzono istotnego statystycznie zróżnicowania energochłonności procesu dla próbek o wilgotności 8 i 10%.



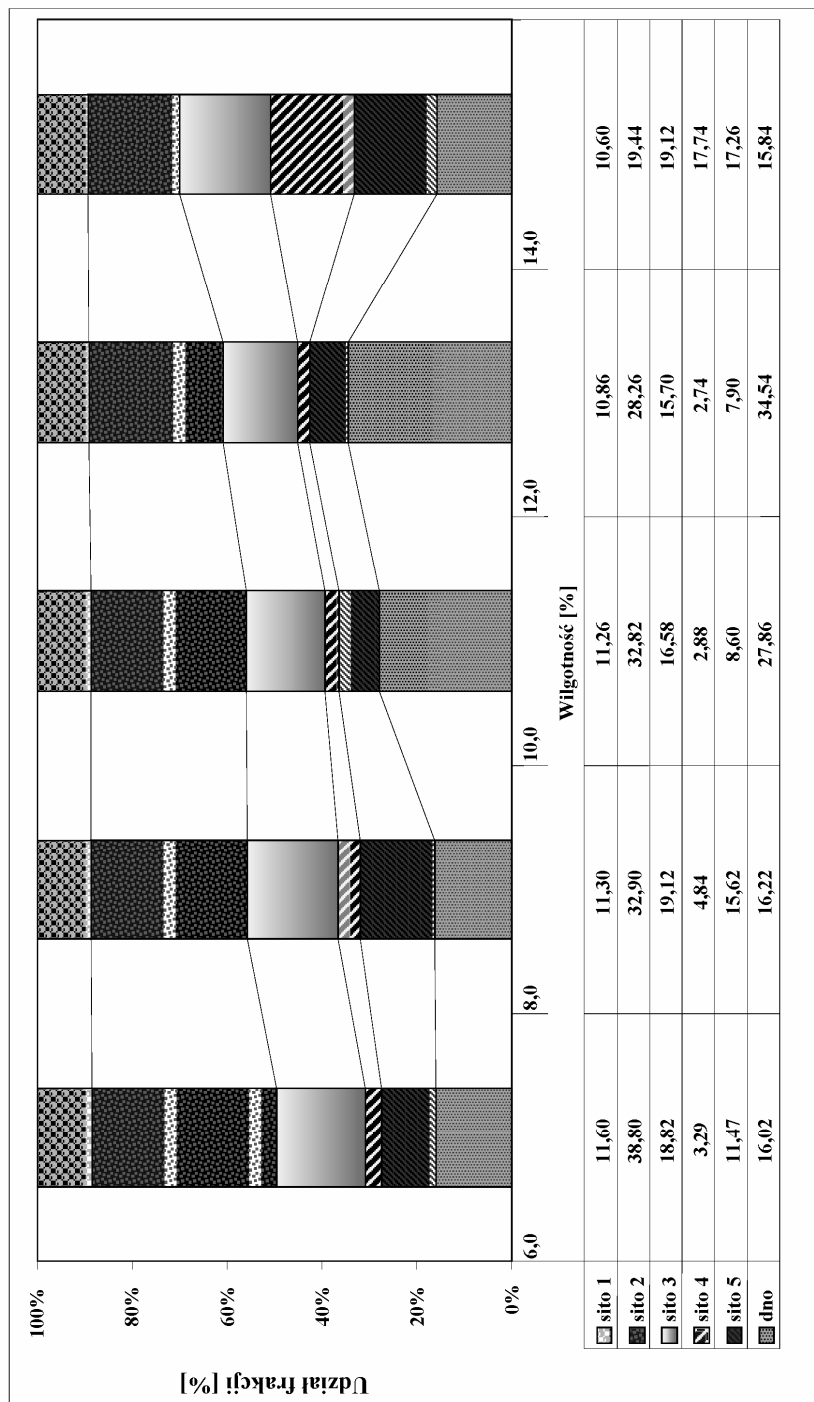
Rys. 2. Energochłonność rozdrabniania ziarna w zależności od jego wilgotności

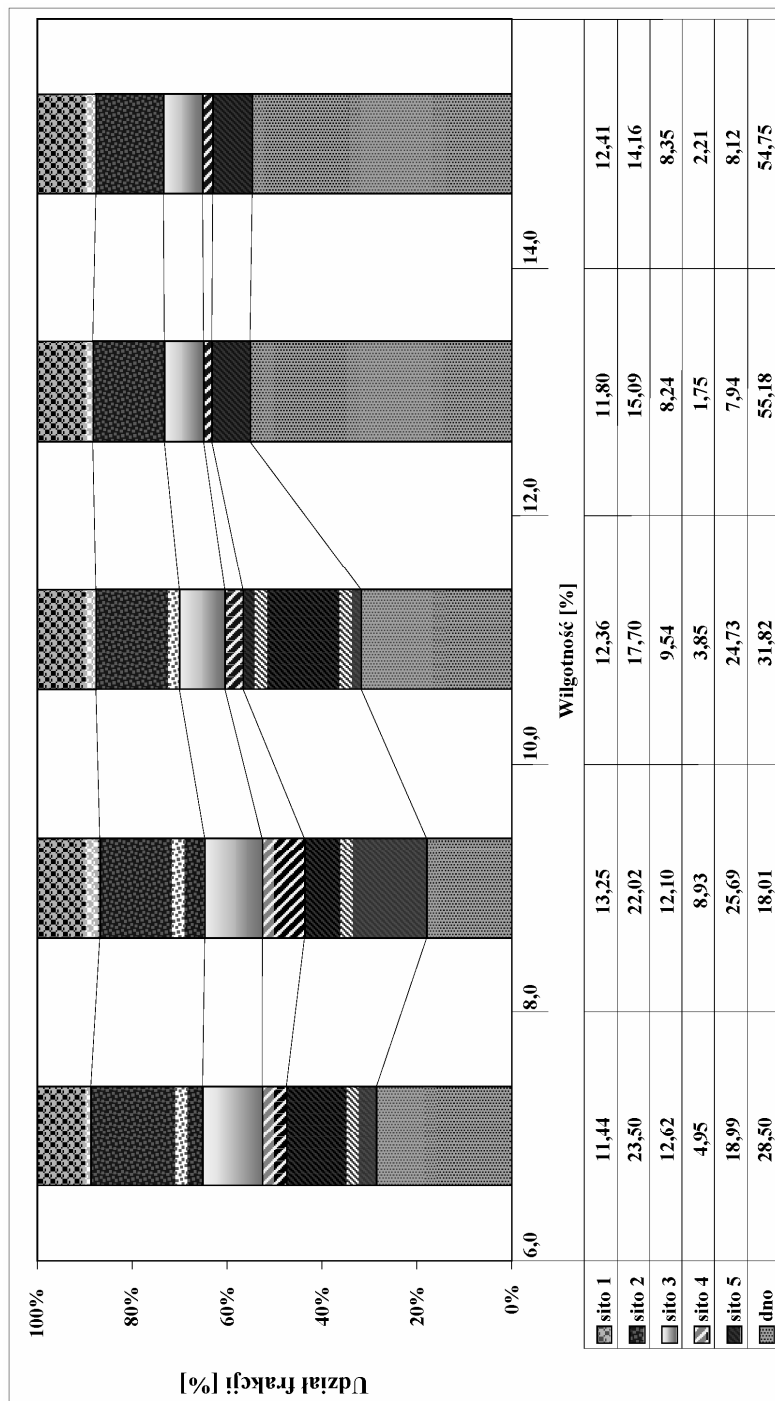
Fig. 2. Energy consumption for seed upon of humidity

Z przeprowadzonych badań wynika również, że wilgotność rozdrabnianego ziarna modyfikuje uzyskany skład granulometryczny produktu. Analiza sitowa przeprowadzona dla młewa pszenicy (rys. 3) wskazuje na wzrost stopnia rozdrobnienia ziarna ze wzrostem jego wilgotności. Dla frakcji największej zatrzymanej na sicie nr 1 zanotowano najmniejsze zmiany udziałów dla przyjętych wilgotności (od 11,6% masy dla 6% wilgotności do 10,6% masy dla wilgotności 14%). Udział frakcji zatrzymanej na sicie nr 2 wyraźnie spada ze wzrostem wilgotności pszenicy (od 38,8% dla 6% do 19,44% dla 14%). Frakcja zatrzymana na sicie nr 3 zmniejsza swój udział od 19,12% do 15,7% ze wzrostem wilgotności w zakresie 8-12% i ponownie rośnie do 19,12% dla wilgotności ziarna równej 14%. Udział młewa zatrzymanego na sicie nr 4 waha się od 2,74% do 4,84% dla wilgotności 6-12% i rośnie do 17,74% dla wilgotności 14%. Masa zatrzymana na sicie nr 5 stanowi od 7,9% dla wilgotności 12% do 17,26% całego młewa dla wilgotności 14%. Udział najmniejszej frakcji, zatrzymanej na dnie odsiewacza, rósł od 16,02% dla najniższej wilgotności do 34,54% dla wilgotności 12% a następnie spadł do 15,84% dla najwyższej wilgotności. Wartości wyjaśnienia są nieco odmienne od pozostałych wilgotności udziały frakcji młewa uzyskanego z pszenicy o wilgotności 14%. Już w czasie przemiału pszenicy o najwyższej wilgotności zaobserwowano oklejanie się tarcz młynka młewem. Proces ten nasilił się jeszcze w czasie przesiewania zakłócając pracę sit. Podobny problem, choć nie na taką skalę intensywności stwierdzono przy badaniu próbek żyta o najwyższej wilgotności. Przeprowadzona analiza sitowa dla żyta (rys. 4) również wykazuje wzrost stopnia rozdrobnienia ziarna wraz ze wzrostem jego wilgotności. Istotne zmiany w udziałach poszczególnych frakcji stwierdzono w przedziale wilgotności 8-12%. Skład granulometryczny młewa o wilgotności 6% jest zbliżony do składu młewa uzyskanego z ziarna o wilgotności 8%. Dla wilgotności 14% uzyskane udziały poszczególnych frakcji młewa są niemal identyczne jak o wilgotności 12%.

## **Wnioski**

1. Wzrost poziomu wilgotności ziarna powoduje wydłużenie czasu przemiału. Dla ziarna o wilgotności 14% stwierdzono ponad dwukrotne zmniejszenie wydajności rozdrabniacza w stosunku do materiału nawilżonego do 6%.
2. Ze wzrostem wilgotności rozdrabnianego materiału rośnie zapotrzebowanie energii na dezintegrację ziaren. Wzrost wilgotności od 6 do 14% powoduje prawie dwukrotne zwiększenie energochłonności rozdrabniania.
3. Zwiększenie wilgotności ziarna powoduje wzrost udziału w młewie frakcji mączystych.
4. Zaobserwowano utrudnione przesiewanie młewa przez sita odsiewacza przy najwyższej wilgotności ziarna.





## **Bibliografia**

Kowalik K., Opielak M. 2002. Badanie wpływu wilgotności i rodzaju ziarna zbóż na jednostkowe zużycie energii podczas rozdrabniania. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4 (38), 51-55.

Laskowski J., Łojewska H., Łysiak G. 2001. Zastosowanie równania Walkera do oceny energochłonności rozdrabniania ziarna zbóż w rozdrabniaczu bijakowym. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (22), 179-185.

Laskowski J., Łysiak G. 1997. Relationships between resistance characteristics of barley kernels and energy consumption during grinding on hammer mill. *Int. Agrophysics*, 11 (4), 265-271.

Laskowski J., Łysiak G., Melcion J.P. 1998. Cereal grains resistance analysis in the aspect of energy utilization in the process of disintegration. *Int. Agrophysics*, 12 (3), 205-208.

Opielak M. 1995. Rozdrabnianie materiałów w przemyśle rolno-spożywczym. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej.

Opielak M. 1996. Rozdrabnianie materiałów w przemyśle rolno-spożywczym część II. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej.

Romański L., Łuczycza D. 1999. Analiza wpływu wilgotności ziarna na efekty pracy gniotownika. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, nr 2(24), 39-45.

## **INFLUENCE OF HUMIDITY ON GRAIN SEED CRUSHING ENERGY CONSUMPTION**

### **Summary**

The work presents the research results of the humidity level in the grain material on the energy consumption of the crushing process. The scope of research includes determining the relationship between the crushing energy consumption and the type and humidity of the material used in the experiment. Two species of winter grain, wheat and rye were subject to the research; assumed humidity levels were assigned to them. The conducted analysis revealed a statistically significant influence of the examined factors upon the grain crushing energy consumption.

**Key words:** humidity, energy consumption, crushing process, seed grain