

## Badania porównawcze metod oceny wytrzymałości kinetycznej granulatu

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań wytrzymałości kinetycznej granulatu paszowego ze śruty słonecznikowej. Badania wytrzymałości kinetycznej granulatu wykonano zgodnie z normą PN-R-64834:1998 metodą Holmena i Pfosta. W trakcie badań oznaczano wpływ czasu testu na wytrzymałość kinetyczną granulatu. Otrzymane wyniki wskazują, że wzrost czasu testu Holmena z 30 do 120 s powoduje spadek wytrzymałości kinetycznej granulatu o 0,53%. Otrzymana w trakcie testu wartość wytrzymałości kinetycznej granulatu wyznaczona metodą Pfosta jest o ok. 1% niższa od wartości oznaczonej metodą Holmena.

**Słowa kluczowe:** granulaty paszowe, jakość, wytrzymałość kinetyczna

## Comparative investigations of evaluation methods of the kinetic durability of pellets

### Summary

The paper presents the results of investigations of kinetic durability of the fodder pellets from bruised grain sunflower. The investigations of kinetic durability of the fodder pellets were executed according to PN standard peaceably - R-64834:1998 using Holmen's and Pfo's method. During the investigations was marked the influence of time of the test on the value of kinetic durability of the pellets.

The received results show, that the growth of time of the Holmen's method test from 30 to 120 s causes the fall of the kinetic durability of pellets about 0,53%. The received value of kinetic durability of pellets appointed with Pfo's method is about 1% lower than value appointed with Holmen method.

**Key words:** fodder pellets, quality, kinetic durability

### Wykaz oznaczeń

$P_{ik}$  - wytrzymałość kinetyczna granulatu [%];  
 $t$  - czas testu [s];  
 $R^2$  - współczynnik korelacji [-].

### Wprowadzenie

Stosowanie w żywieniu zwierząt paszy granulowanej umożliwia uzyskanie większej wydajności w produkcji zwierzęcej w porównaniu do paszy sypkiej. Wzrost przyrostu ściśle związany jest jednak z jakością paszy granulowanej (Grienger, Rynkiewicz 2005). Według wielu badaczy (Thomas i in. 1997; Thomas i in. 1998; Walczyński 2004), dobry jakościowo granulaty poprawia efektywność żywienia zwierząt niezależnie od gatunku. Stosowanie zaś granulatu o niskiej jakości obniża wyniki produkcyjne.

Według Grochowicza (1996) najważniejszą cechą jakości paszy granulowanej jest jej wytrzymałość kinetyczna. Wysoka wartość wytrzymałości kinetycznej oznacza, że pasza jest bardziej trwała, granule nie ulegają uszkodzeniu podczas transportu (Rynkiewicz 2007). Potwierdzają to inni badacze m.in. Hejft (Hejft 2002), który twierdzi, że jednym z podstawowych kryteriów oceny granulatu jest ich trwałość tzn. zachowanie kształtu podczas transportu, przechowywania, składowania, zadawania do skarmiania (przy jednoczesnym uwzględnieniu wymogów spożywania przez zwierzęta).

Jak podają Grynder i Rynkiewicz (Grienger, Rynkiewicz 2005) wytrzymałość kinetyczną paszy granulowanej można regulować

poprzez zmianę ciśnienia pary podawanej do kondycjonera granulatora lub użycie komponentów o różnym stopniu rozdrobnienia. Grochowicz (1996) podaje, że chłodzenie granulatu wpływa na wzrost wytrzymałości kinetycznej granulatu, jednak zbyt intensywne chłodzenie może wywoływać na powierzchniach granule powierzchniowe pęknięcia.

Znajomość trwałości granulatu (twardości, wytrzymałości kinetycznej, wytrzymałości na zrzut, wytrzymałości na ścinanie, itp.) jest niezwykle istotna, chociaż bywa niedoceniana przez polskich producentów pasz granulowanych (Walczyński 1997b). Test wytrzymałości granulatu daje odpowiedź na pytanie: czy granulaty jest dostatecznie dobry i czy po skierowaniu go do sprzedaży nie narazimy się na późniejsze reklamacje oraz wynikające z tego tytułu obciążenia finansowe (Walczyński 1997b).

Metody badania jakości brykietów i granulatu przedstawione są między innymi w pracach (Laskowski 1986; Thomas, van der Poel 1996; Walczyński 1997a; Hejft, Demianiuk 2001), a dotyczą one badań twardości granulatu, badań wytrzymałości kinetycznej granulatu oraz innych metod określania trwałości granulatu.

Istnieją następujące metody badania twardości granulatu (Obidziński 2005): twardościomierzem Kahla, testerem Schleunigera, za pomocą testera wahadłowego, z wykorzystaniem Instrona, aparatem Kramera.

Obecnie istnieje kilka metod i przyporządkowanych im urządzeń pomiarowych, za pomocą których określa się wytrzymałość kinetyczną granulatu (Obidziński 2005): meto-

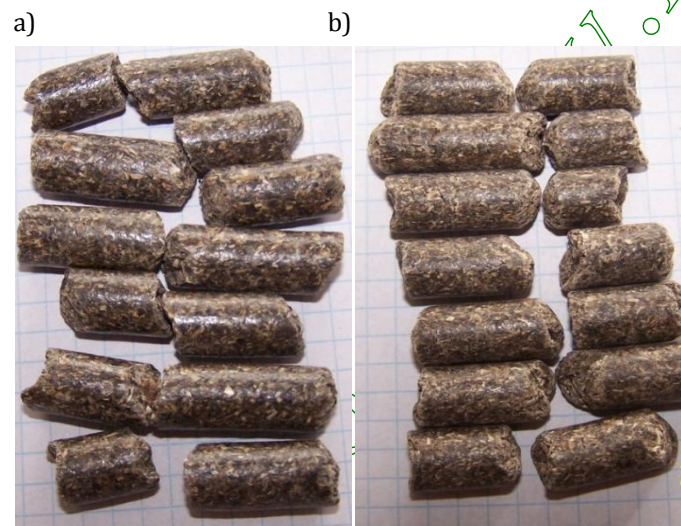
da „Handling system“; metoda Schattera, metoda Pfosta, zmodyfikowana metoda Pfosta, metoda Holmena, za pomocą Ligno Testera, wytrzymałość granulatu na zrzut. Poza w/w badaniami granulatu istnieją inne metody określania trwałości (wytrzymałości) granulatu: badanie wytrzymałości statycznej, badanie wytrzymałości na ścinanie.

Najpopularniejszymi metodami oznaczania jakości granulatu jest oznaczanie wytrzymałości kinetycznej metodą Pfosta i metodą Holmena. W metodzie Pfosta do testera wprowadzana jest 500 gramowa próbka granulatu. Komora testera obraca się przez 10 min z prędkością 50 obr/min. Po teście oddziela się na sicie cząstki, które uległy rozkruszeniu. Wytrzymałość kinetyczną granulatu  $P_{dx}$  określa się jako stosunek masy próbki po teście do masy próbki zasypanej do testera. W innych państwach mogą być przyjęte inne parametry testu, np. w USA granulat jest „bębnowany” przez 30 min (Hejft 2002).

W metodzie Holmena do komory testera wprowadzana jest próbka granulatu o masie 100 g, która wprowadzana jest w strumień powietrza i cyrkulując w nim uderza między innymi o znajdującą się tam metalową przegrodę. Po upływie standardowego czasu (30 lub 60 s), zależnego od średnicy granulatu, pozostałość na sicie jest ważona i wówczas można wyliczyć wytrzymałość kinetyczną granulatu (Thomas, van der Poel 1996; Walczyński 1997).  $P_{dx}$  według Holmena określa się, jako stosunek masy próbki po teście do masy próbki przed testem zasypanej do testera.

## Cel pracy

Celem prowadzonych badań było porównanie wartości współczynnika wytrzymałości kinetycznej granulatu paszowego, oznaczonego metodami Holmena i Pfosta.



Rys. 1. Widok badanego granulatu paszowego ze śruty słonecznikowej: a) przed testem, b) po teście

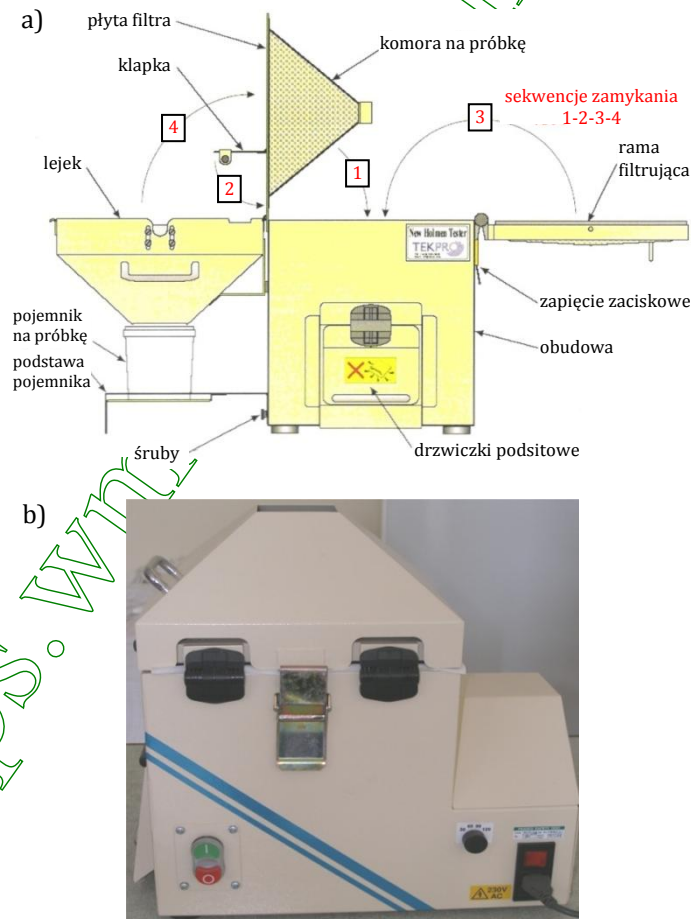
Fig. 1. View of the fodder pellets from sunflower meal: a) before the test, b) after test

## Metodyka badań

Do badań wytrzymałości kinetycznej wykorzystano granulat ze śruty słonecznikowej produkowanej przez zakład Provimi Polska Sp. z o.o. w Białymstoku. Widok badanego granulatu przed testem i po teście przedstawiono na rysunku 1.

Badany granulat miał średnicę 10 mm. Badania wytrzymałości kinetycznej granulatu wykonano po miesiącu od momentu opuszczenia układu roboczego przez granulat.

Badania wytrzymałości kinetycznej granulatu wykonano zgodnie z normą PN-R-64834:1998 metodą Holmena i Pfosta (Obidziński 2005). Stanowisko do badania wytrzymałości kinetycznej granulatu metodą Holmena przedstawiono na rysunku 2.



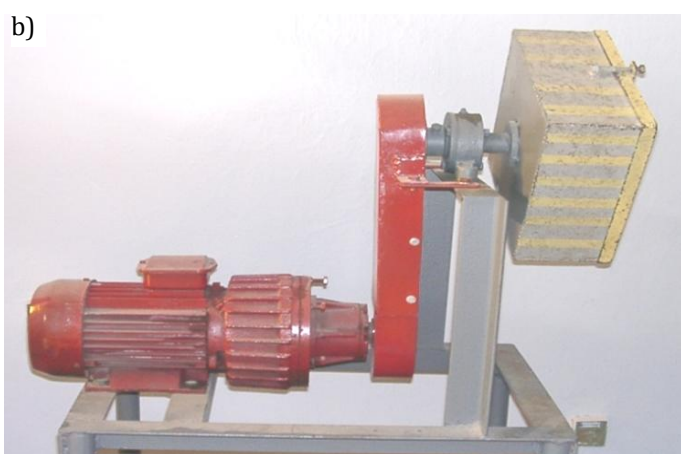
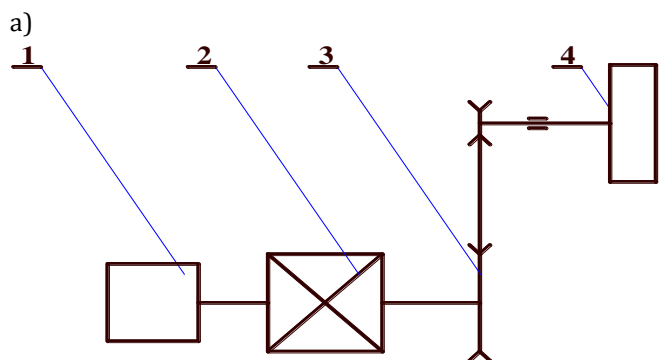
Rys. 2. Stanowisko do pomiaru współczynnika wytrzymałości kinetycznej  $P_{dx}$  granulatu metodą Holmena: a) schemat stanowiska, b) widok testera

Fig. 2. Stand for measurement of kinetic durability coefficient of pellets  $P_{dx}$ , using Holmen's method: a) stand scheme, b) tester view

W trakcie badań metodą Holmena do komory testera wprowadzano za każdym razem próbkę granulatu o masie 100 g, którą w komorze testera wprowadzana była w strumień powietrza i cyrkulując w nim uderzała o metalowe perforowane ścianki testera.

W trakcie badań oznaczano wpływ czasu testu na wytrzymałość kinetyczną granulatu. Granulat przebywał w komorze kolejno: 30, 60, 90 i 120 s. Po upływie tego czasu pozostałość granulatu z komory testera wprowadzano na sito, przesiewano i ważono. Dla każdego z czasów próbę powtarzano trzykrotnie. Wytrzymałość kinetyczną granulatu dla poszczególnych czasów obliczano jako średnią arytmetyczną z trzech prób ze stosunku masy granulatu po teście do masy granulatu przed testem.

Stanowisko do badania wytrzymałości kinetycznej granulatu (pelletu) metodą Pfosta przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Stanowisko do pomiaru współczynnika wytrzymałości kinetycznej  $P_{dx}$  granulatu metodą Prosta (Hejft 2002, Obidziński 2005): a) schemat stanowiska: 1 - przemiennik częstotliwości, 2 - silnik elektryczny, 3 - przekładnia pasowa, 4 - komora testera, b) widok stanowiska

Fig. 3. Stand for measurement of kinetic durability of pellets  $P_{dx}$ , using Prosta's method (Hejft 2002, Obidziński 2005): a) stand scheme: 1 - frequency converter, 2 - electric motor, 3 - belt gear, 4 - the chamber of tester, b) stand view

Stanowisko to zostało zbudowane (wg PN-R-64834:1998) w Katedrze Maszyn i Urzędzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Białostockiej. Obrotowy tester 4 posiada komorę o wymiarach 285×285×120mm, w której umieszczona jest stalowa płytką o wymiarach 230×50×2 mm. Napęd testera 4 realizowany jest poprzez silnik elektryczny 2 i przekładnię pasową 3. Silnik elektryczny 2 połączony jest z przemiennikiem częstotliwości 1, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie wymaganej prędkości obrotowej testera. W czasie testu tester obraca się z prędkością obrotową 50 obr/min. Test trwa 10 min.

### Wyniki badań i dyskusja

W tabeli 1 oraz na rysunku 4 przedstawiono uzyskane podczas pomiarów wartości wytrzymałości kinetycznej granulatu oznaczone metodą Holmena.

Na podstawie przeprowadzonych badań (tab. 1 i rys. 4) można stwierdzić, że wraz ze wzrostem czasu testu Holmena, wartość wytrzymałości kinetycznej spada nieznacznie (0,53%). Wzrost czasu testu z 30 s do 120 s powoduje spadek wytrzymałości kinetycznej granulatu z 99,85% do 99,32%.

Otrzymany do badań granulat był wyprodukowany ok. miesiąc przed wykonaniem badań wytrzymałości kinetycznej.

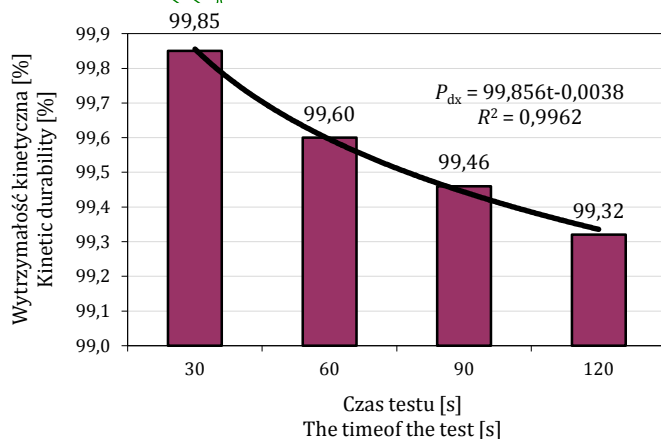
Po tak długim czasie zawarte w śrucie słonecznikowej składniki, w tym białko i skrobia twardnieją w takim stopniu, że nawet bardzo agresywne warunki testu Holmena nie powodują dużych spadków masy granulatu w trakcie testu.

Widok badanego granulatu po teście przedstawiono na rysunku 1b. Z rysunku 1 widać, iż granulat po teście nie ma już błyszczącej, lśniącej powierzchni. Jego powierzchnia jest matowa, a krawędzie granulatu są lekko zaokrąglone. To właśnie z nich pochodziły nieznaczne ubytki masy powstałe w trakcie testu.

Tabela 1. Wyniki badań wytrzymałości kinetycznej granulatu ze śruty słonecznikowej oznaczonej metodą Holmena

Table 1. The investigations results of kinetic durability of the fodder pellets from sunflower meal determined Holmen's method

Lp. No.	Czas testu [s] The time of the test [s]	Wytrzymałość kinetyczna granulatu [%] Kinetic durability of pellets [%]
1.	30	99,85
2.	60	99,60
3.	90	99,46
4.	120	99,32



Rys. 4. Zależność wytrzymałości kinetycznej granulatu ze śruty słonecznikowej od czasu testu otrzymana w trakcie testu Holmena dla granulatu

Fig. 4. Dependence of the kinetic durability of the fodder pellets from sunflower meal determined Holmen's method from time of the test

Zależność wytrzymałości kinetycznej granulatu  $P_{dx}$  od czasu testu badanego granulatu opisano równaniem funkcji potęgowej:

$$P_{dx} = 99,856t - 0,0038 \quad R^2 = 0,9962 \quad (1)$$

gdzie:

$t$  – czas testu [s].

W tabeli 2 przedstawiono uzyskane podczas pomiarów wartości wytrzymałości kinetycznej granulatu oznaczone metodą Pfosta.

Na podstawie przeprowadzonych badań wytrzymałości kinetycznej metodą Pfosta (tab. 2), można stwierdzić, wysoką porównywalność wyników przeprowadzonego testu. Otrzymana w trakcie testu wartość wytrzymałości kinetycznej granulatu wynosi 99,66%.

Oznaczenie wytrzymałości kinetycznej granulatu metodą Pfosta (tab. 2), pozwala stwierdzić niewielkie różnice w porównaniu z metodą Holmena (tab. 1 i rys. 4).

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałości kinetycznej granulatu ze śruty słonecznikowej wyznaczonej metodą Pfosta

Table 2. The investigations results of kinetic durability of the fodder pellets from sunflower meal determined Pfost's method

Lp. No.	Wytrzymałość kinetyczna granulatu [%] Kinetic durability of pellets [%]	Odchylenie standardowe [%] Standard deviation [%]
1.	98,89	0,15
2.	98,55	
3.	98,63	
4.	98,51	
5.	98,71	
śr	98,66	

Tabela 3. Wytrzymałości kinetyczne granulatu otrzymanego z mieszanek paszowych dostępnych na polskim rynku (Walczyński 2001)

Table 3. The kinetic durabilities of pellets received from fodder mixtures accessible on Polish market (Walczyński 2001)

Mieszanka/ Średnica granulatu -/[mm] Mixture/ Pellets diameter -/[mm]	Wytrzymałość kinetyczna [%] Kinetic durability [%]	
	Tester Pfosta Pfost's tester	Tester Holmesa Holmen's tester
	DKA - F/5,0	91,2
DKM - 2/5,0	92,8	79,0
DJ - 1/5,0	97,8	95,0
CJ - 1/5,0	97,5	97,3
B/5,0	96,9	93,5
PT - 1/5,0	97,3	96,0
IB - 3/4,8	86,9	80,1
LSM/4,8	97,0	95,5
LSK/4,8	96,5	91,8

Otrzymane wyniki badań wytrzymałości kinetycznej granulatu obydwoma metodami dla granulatu ze śruty słonecznikowej różnią się nieznacznie (ok. 1%) Wyznaczona wartość wytrzymałości kinetycznej granulatu metodą Holmena zgodnie z PN-R-64834:1998 przy czasie testu 60 s (czas zalecany dla granulatu o średnicy od 6 do 10 mm) wynosi 99,60% a wytrzymałość kinetyczna wyznaczona metodą Pfosta, wynosi 98,66%.

Wyniki takie nieco odbiegają od zazwyczaj podawanych wyników innych autorów (Walczyński i in. 1996; Walczyński 1997; Walczyński 2001), według których wyższe wartości wytrzymałości kinetycznej granulatu otrzymuje się przy teście Pfosta.

W tabeli 3 przedstawiono przykładowe wyniki badań wytrzymałości kinetycznej granulatu otrzymanego z wybranych mieszanek paszowych dostępnych na polskim rynku (Walczyński 2001).

## Podsumowanie

1. Wzrost czasu testu Holmena z 30 do 120 s powoduje spadek wytrzymałości kinetycznej granulatu z 99,85 do 99,32% (0,53%).

2. Otrzymana w trakcie testu wartość wytrzymałości kinetycznej granulatu wyznaczona metodą Pfosta wynosi 99,66%.

3. Oznaczona wartość wytrzymałości kinetycznej granulatu metodą Pfosta jest o ok. 1 % niższa od wartości oznaczonej metodą Holmena.

4. Zależność wytrzymałości kinetycznej granulatu  $P_{dx}$  od czasu testu badanego granulatu z zastosowaniem metody Holmena można opisać równaniem funkcji potęgowej.

## Bibliografia

- Hejft R., Demianiuk L. 2001. *Badanie jakości brykietów opałowych z materiału roślinnego. Recykling odpadů V*. Wydawnictwa VSB-TU, Ostrawa, 269-280.
- Hejft R. 2002. *Energetyczno-wytrzymałościowa ocena brykietów paszowych*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego. Nr 1, 28-30.
- Grieger A., Rynkiewicz M. 2005. *Model matematyczny oceny wytrzymałości kinetycznej granulatu*. Inżynieria Rolnicza 3/63. Kraków.
- Grochowicz J. 1996. *Technologia produkcji mieszanek paszowych*. PWRiL, Warszawa.
- Laskowski J. 1986. *Analiza porównawcza metod badania właściwości wytrzymałościowych pasz granulowanych*. Biuletyn Inf. Przem. Paszowego. Nr 1, 3-8.
- Obidziński S. 2005. *Granulowanie materiałów roślinnych w pierścieniowym układzie roboczym granulatora*. Praca doktorska. Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny.
- Rynkiewicz M. 2007. *Ocena wpływu temperatury chłodzenia na wytrzymałość kinetyczną granul*. Inżynieria Rolnicza, 6(94), 223-229. Kraków.
- Thomas M., van der Poel A.F.B. 1996. *Physical quality of pelleted animal feed. 1. Criteria for pellet quality*. Animal Feed Science Technology, 61, 89-112.
- Thomas M., van Zuilichem D.J., van der Poel A.F.B. 1997. *Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions*. Animal Feed Science Technology, 64, 173-192.
- Thomas M., van der Vliet T., Poel A.F.B. 1998. *Physical quality of pelleted animal feed. 3. Contribution of feedstuff components*. Animal Feed Science Technology, 71, 59-78.
- Walczyński S. 2001. *Niektóre właściwości surowców i mieszanek paszowych oraz metody ich oznaczania*. Pasze Przemysłowe, Nr 2/3, 7-9.
- Walczyński S. 2004. *Jakość granulatu ważnym czynnikiem w hodowli zwierząt*. Pasze Przemysłowe, Nr 10, 14-16.
- Walczyński S., Zawiślak K., Podgórska H. 1996. *Wpływ składu mieszanek paszowych i metod granulowania na jakość granulatu*. Biuletyn Nauk. Przem. Pasz., Nr 3/4, 67-78.
- Walczyński S. 1997a. *Jakość granulatu i aparatura pomiarowa do jego oceny*. Pasze Przemysłowe, Nr 2/97, 14-16.
- Walczyński S. 1997b. *Porównanie metod oznaczania wytrzymałości kinetycznej granulatów*. Pasze Przemysłowe, Nr 11/12/97, 17-19.
- PN-R-64834:1998. *Badanie wytrzymałości kinetycznej granul*.

Sławomir Obidziński

Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej  
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska  
Politechnika Białostocka  
e-mail: [s.obidzinski@pb.edu.pl](mailto:s.obidzinski@pb.edu.pl)

Praca wykonana w ramach  
pracy statutowej S/WBiIŚ/0/14.