

# WSTĘPNE OPRACOWANIE I OCENA WŁAŚCIWOŚCI POLEPSZACZA DO GLEBY W POSTACI GRANULATU

## PRELIMINARY STUDY AND EVALUATION OF SOIL IMPROVER PROPERTIES IN THE PELLETS FORM

Anna Choińska-Pulit, Amelia Zielińska, Dominka Kufka - "Poltegor-Institut" Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

*Proces granulacji jest jedną z najczęściej stosowanych metod otrzymywania stałych nawozów rolniczych i polepszaczy gleby. Ze względów praktycznych i ekonomicznych istotne jest wytworzenie produktu o odpowiedniej konsystencji, trwałości i zdolności do rozkładu w warunkach uprawy. Celem badań było przygotowanie granulatu polepszacza gleby o pożądanych właściwościach fizycznych i reologicznych. W badaniach wykorzystano 8 wariantów materiałów scalających w postaci zawiesiny/roztworu oraz w postaci proszku: bentolizer S, bentolizer SN, bentolizer SN extra, bentolizer H, karboksymetyloceluloza (CMC), klej skórny, hydrolizat kolagenowy i skrobia, których optymalne stężenie określono eksperymentalnie. Oceniono plastyczność uzyskanej masy oraz kształt granulek. Oszacowano również ekonomiczny aspekt ich wykorzystania w rolnictwie. Zbadano grubość, twardość i suchą masę otrzymanych granul, a także przeprowadzono testy doniczkowe na wybranych wariantach w warunkach atmosferycznych.*

**Słowa kluczowe:** polepszacz glebowy, basalt, pellet

*The granulation process is one of the most common methods used to obtain solid agricultural fertilizers and soil improvers. It is important for practical and economic aspects to produce a product with the appropriate consistency, durability and ability to decompose under cultivation conditions. The aim of the research was to prepare soil improver pellets with the desired physical and rheological characteristics. The study used 8 variants of integrating materials in the form of suspension / solution and in the form of a powder: bentolizer S, bentolizer SN, bentolizer SN extra, bentolizer H, carboxymethylcellulose (CMC), skin glue, collagen hydrolyzate and starch, the optimal concentration of which was determined experimentally. The plasticity of the obtained mass and the shape of the pellets were assessed. Additionally the economic aspect of their use in agriculture was estimated. The thickness, hardness and dry weight of the obtained pellets were tested, and pot tests were carried out on selected variants in atmospheric conditions*

**Keywords:** soil improver, basalt, pellet

### Wprowadzenie

Intensywna uprawa roślin wywołuje w dłuższym okresie czasu, niekorzystny wpływ na glebę, co prowadzi do zmniejszenia plenności roślin uprawnych i większej podatności upraw na szkodniki i choroby. Obserwuje się pogorszenie aktywności mikrobiologicznej drobnoustrojów, zmniejszenie się pH i zawartości wapnia w glebie. W związku z tym zaleca się, w takich przypadkach, regularne stosowanie nawozów, kondycjonerów oraz polepszaczy glebowych [1].

W rolnictwie najczęściej używane są sztuczne nawozy, które niekorzystnie oddziałują na środowisko naturalne, a ich stosowanie wiąże się z dużymi nakładami finansowymi, dlatego poszukiwane są ekologiczne i ekonomiczne alternatywy dla sztucznych dodatków do gleby. Jedną z takich możliwości jest zastosowanie polepszacza glebowego, zdefiniowanego jako produkt nawozowy z oznakowaniem CE przeznaczonego do dodawania do gleby w celu zachowania, poprawy lub ochrony właściwości fizycznych lub chemicznych, struktury lub aktywności biologicznej gleby [2]. Obecnie prowadzonych jest

wiele badań nad możliwościami zastosowania polepszaczy glebowych, których aplikacja wpływa na zmniejszenie zakwaszenia gleby, a tym samym na neutralizację szkodliwego oddziaływania glinu oraz uaktywnienie zubożonej w takich warunkach flory bakteryjnej oraz liczebności dżdżownic [3]. Wśród polepszaczy można wyróżnić organiczne czyli materiały pochodzenia biologicznego, a także nieorganiczne [2]. Interesującą alternatywą dla organicznych polepszaczy glebowych są nieorganiczne materiały takie jak mączki mineralne (mączki skalne). Zawierają one wiele składników mineralnych i mikroelementów w kompozycjach i proporcjach najczęściej spotykanych w naturze, dzięki czemu stanowią ekologiczne źródło niezbędnych składników polepszających żyzność gleb. Ich dodatkowym atutem jest bezpieczeństwo stosowania, ponieważ ze względu na stopniowe uwalnianie składników mineralnych nie ma możliwości ich przedawkowania czy wykorzystania w niewłaściwej proporcji. Na glebach, które regularnie posypuje się mączką tworzą się trwalsze guzeczki glebowe, wzrasta zawartość cennych substancji organicznych, lepiej zatrzymywana jest woda w warstwie próchnicznej, przez co polepsza się wymiana jonów. Ma to ogromne znaczenie w procesach odżywiania roślin i rozwoju pożądanej mikroflory glebowej. Mączka również pełni rolę sanitarną zapobiegającą rozszerzaniu się chorób i szkodników, zwiększając rezerwy składników pokarmowych dla uprawianych roślin. Ponadto, mączka może być stosowana łącznie z nawozami jak biohumus czy obornik. Zaletą mączek skalnych, a szczególnie bazaltowej jest również poprawa zdolności gleby do zatrzymywania wody i składników pokarmowych. Bazalty (bazaltoidy) to powszechnie występujące skały wydobywane na dużą skalę i znajdujące różnorodne zastosowanie m.in. do produkcji kruszyw łamanych, jako surowiec dla hutnictwa staliwego czy w rolnictwie. Dostarczenie zubożonej glebie bazaltu, w łatwej do chemicznego rozłożenia, pylastej postaci powoduje kompleksową „remineralizację” podłoża glebowego, gdyż w związku ze swoim złożonym składem chemicznym skała ta dostarcza zarówno szeregu makro- i mikroelementów. Istotnymi atutami mączki bazaltowej jest także jej nietoksyczność, brak terminu przydatności do stosowania czy maksymalnego okresu przechowywania. Ponadto, co istotne, ten dodatek do gleby nie podlega wymywaniu przez wody gruntowe [4]. Jednym ze sposobów

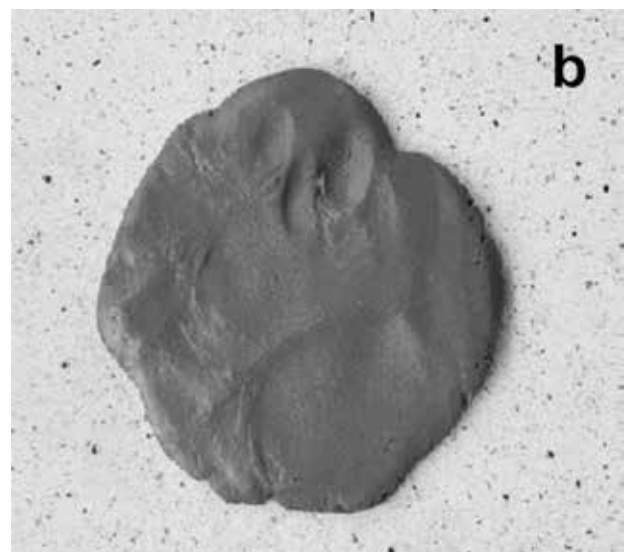
zwiększenia efektywności agronomicznej mączek bazaltowych scalających są bentolizery, które pozwalają uzyskać odpowiednie właściwości reologiczne produktu, który następnie poddawany jest granulacji. Taki produkt ulega w glebie przemianom w następstwie aktywizacji procesów mikrobiologicznych [5]. Do zalet polepszacza gleby w postaci granulatu można zaliczyć: wyższą koncentrację składników aktywnych, ułatwiony transport i przechowywanie. W związku z tym przygotowanie polepszacza glebowego w formie granulatu na bazie bazaltu wiąże się z licznymi korzyściami, w tym przede wszystkim, ze zwiększeniem plenności roślin jak i aspektem ekonomicznym.

Celem niniejszej pracy było opracowanie metodyki przygotowania granulatu polepszacza glebowego z odpadowego materiału mineralnego – bazaltu w połączeniu z siarką i materiałem scalającym ekologicznie przyjaznym środowisku. W badaniach zastosowano 8 wariantów materiałów scalających w postaci zawiesin i proszków. Otrzymane granulaty poddano wstępnym badaniom określającym ich właściwości reologiczne. Ponadto przedstawiono analizę ekonomiczną uzyskanych materiałów.

## Materiały i metody

### Metodyka przygotowania granulatu

Materiał badawczy stanowił pył bazaltowy, siarka oraz wybrane materiały scalające: karboksymetyloceluloza (CMC), bentolizer S (BS), bentolizer SN ekstra (BSN extra), bentolizer SN (BSN), bentolizer H (BH), klej skórny (KS), skrobia pszenna (SKR) i hydrolizat kolagenowy (HK). W skład mieszanki poddanej granulacji wchodził bazalt (98%) i siarka (2%) oraz wybrany materiał scalający (bądź kilka materiałów scalających). Przygotowywano mieszanki bazaltu i siarki, które następnie zwilżano wodą wodociągową, bądź roztworem wybranego materiału scalającego, aż do uzyskania plastycznej masy, która nie ulegała kruszeniu (rys. 1 a). Tak przygotowaną masę przeciskano przez otwory o średnicy 7 mm. Uzyskane granulki pozostawiano w temperaturze pokojowej do wyschnięcia (rys. 1 b). We wstępnych etapach doświadczenia wykonane zostały mieszanki z wybranymi stężeniami składników scalających do osiągnięcia pożądanej konsystencji produktu.



Rys. 1. a) masa uzyskana po zwilżeniu mieszanki bazaltu i siarki wodą wodociągową; b) wygląd granulek  
Fig. 1. a) the mass obtained after wetting a mixture of basalt and sulfur with tap water; b) the appearance of the granules

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i zawiesiny bentolizera**

Sporządzono 2, 5 i 7% (m/m) zawiesiny (woda wodociągowa) wybranych bentolizerów: S, SN, SN ekstra i H, których stężenie wybrano na podstawie danych literaturowych [7]. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano 23 ml - 27 ml zawiesiny bentolizera (uśtalone doświadczalnie).

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i roztworzonego w wodzie kleju skórniego**

Sporządzono 1, 5, 10 i 15% (m/m) roztwory kleju skórniego. Roztwór wyjściowy przygotowano przez zmieszanie 50 g kleju skórniego z 50 ml wody wodociągowej, które ogrzewano przez 1 h w łaźni wodnej w temperaturze 70°C. Następnie wykonano odpowiednie rozcieńczenia, wykorzystując do tego celu wodę wodociągową podgrzaną do 70°C. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano 25 ml - 27 ml zawiesiny materiału scalającego.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i roztworu CMC**

Sporządzono 0,1; 0,5; 1 i 2% (m/m) (woda wodociągowa) roztwory CMC, które rozpuszczano na gorąco w temperaturze 80°. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano 28 ml-31 ml zawiesiny materiału scalającego.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i roztworu hydrolizatu kolagenowego**

Sporządzono 1, 5, 10 i 15% (m/m) (woda wodociągowa) roztwory hydrolizatu kolagenowego, które rozpuszczano w temperaturze pokojowej. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano 20 ml-24 ml zawiesiny materiału scalającego.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i roztworu skrobi ziemniaczanej**

Przygotowano wrzącą wodę w osobnych słoiczkach (po 70 ml), do których wiano 30 ml zawiesiny skrobi o wybranym stężeniu, tak aby powstały roztwory 1, 2 i 5% m/v (odpowiednio 1, 2 i 5 g). Sporządzono zawiesinę skrobi o stężeniu 1, 2 i 5%, którą następnie ogrzano w temperaturze 70°C w celu uzyskania kleiku skrobiowego. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano 27 ml - 28 ml zawiesiny materiału scalającego.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i mieszanki dwóch wybranych materiałów scalających w postaci zawiesiny: bentolizera SN i CMC/skrobi**

Przygotowano granulaty z dodatkiem dwóch wybranych materiałów scalających: bentolizera SN i CMC/skrobi, dodawanych w postaci zawiesiny. Bentolizer zastosowano w stężeniu 5%, natomiast CMC zastosowano w stężeniach: 0,5, 1 i 2%, a skrobię w stężeniu 5%.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i bentolizera w postaci proszku**

Sporządzono mieszanki wybranych bentolizerów w formie sypkiej: S, SN, SN ekstra i H, których stężenie wybrano na podstawie wyników uzyskanych w testach z zawiesinami opisanymi powyżej. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano 5% (m/m) danego bentolizera. Dodatkowo dla bentolizera SN przygotowano mieszanki z następującą zawartością materiału scalającego: 0,5%, 1%, 2% i 7%.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i CMC w postaci proszku**

Sporządzono 0,025; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2 i 5% (m/m) mieszaniny CMC z bazaltem i siarką. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano naważki CMC i odpowiednią ilość wody.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i hydrolizatu kolagenowego w postaci proszku**

Sporządzono 1,5% (m/m) mieszaniny hydrolizatu kolagenowego z bazaltem i siarką. Do mieszanki bazalt-siarka dodawano naważki hydrolizatu i odpowiednią ilość wody.

**Przygotowanie granulatu z bazaltu, siarki i mieszanki dwóch wybranych materiałów scalających w postaci proszku: bentolizera SN i CMC/skrobi**

Przygotowano granulaty z dodatkiem dwóch wybranych materiałów scalających: bentolizera SN i CMC/skrobi, dodawanych w postaci proszku. Bentolizer zastosowano w stężeniu 5%, natomiast CMC zastosowano w stężeniach: 0,5; 1 i 2%, a skrobię w stężeniu 5%.

**Oznaczanie suchej masy granulek**

Wykonano oznaczenie suchej masy uzyskanego granulatu w wybranych przedziałach czasowych w celu oceny przebiegu procesu suszenia produktu w temperaturze pokojowej. Suchą masę wyznaczano metodą wagową w temperaturze 105°C.

**Porównanie wybranych cech materiałów scalających**

Zestawiono wybrane cechy granulatów wytworzonych przy udziale materiałów scalających w celu wytypowania najlepszych wariantów pod względem: plastyczności uzyskanej masy, kształtu granulek oraz kosztu zastosowania danego materiału scalającego (oszacowane na podstawie cen rynkowych). Stosowano dwu- i trzypięniową skalę, na podstawie której oceniano daną cechę według następującego schematu:

Plastyczność masy:

- 1 pkt: masa trudno się formuje (klejąca, zwarta)
- 2 pkt: masa średnio się formuje (kruszy się przy wyciskaniu granulek)
- 3 pkt: masa dobrze się formuje (nie kruszy się przy wyciskaniu granulek)

Kształt granulek:

- 1 pkt: granulki nieforemne (nie zachowują kształtu matrycy)
- 2 pkt: granulki foremne (zachowują kształt matrycy)

Kryterium ceny:

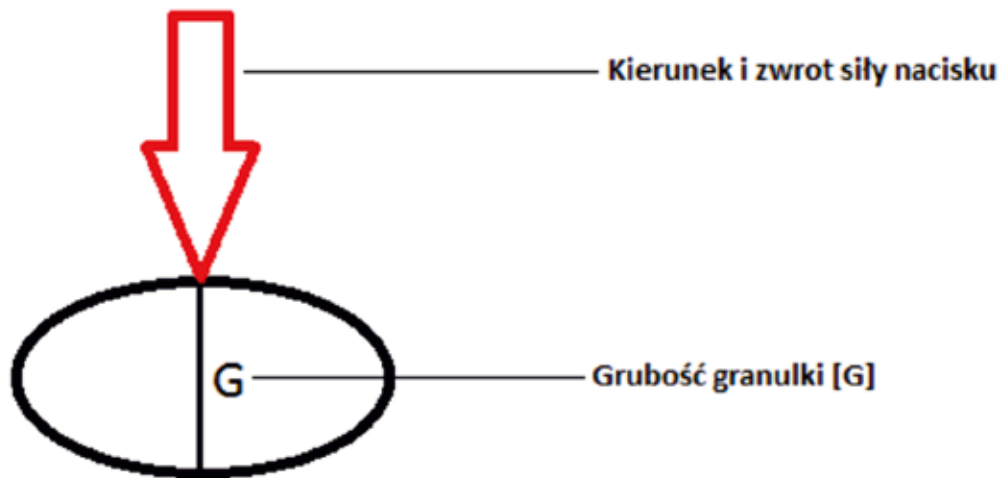
- 1 pkt: >1000 zł/t
- 2 pkt: 100-1000 zł/t
- 3 pkt: 0-99 zł/t

**Badanie wytrzymałości statycznej (twardości)**

Oznaczenie twardości polegało na pomiarze siły nacisku, pod którą granulka polepszacza ulegała rozkruszeniu. Umieszczoną na wadze granulkę naciskano bagietką szklaną, której średnica była nieznacznie większa od średnicy granuli. W momencie skruszenia granuli na elektronicznej wadze odczytywano nacisk wywarty na granulkę polepszacza glebowego (N/gran). Suwmiarką mierzono grubość granul

przed pomiarem nacisku. Ze względu na nieregularny kształt granuli, mierzono ich grubość (G) w miejscu przyłożenia siły zgodnie z rysunkiem 2. Dla każdego wariantu wykonano 9 pomiarów, wynik stanowiła średnia. Wytrzymałość statyczną (siłę nacisku) wyrażano w N/gran.

tów zastosowania poszczególnych materiałów scalających dodanych w postaci zawiesiny/granulatu, które wykazały, że przy wybranych stężeniach, wykorzystanie kleju skórnoego jest nieopłacalne, gdyż jego cena jest kilka-kikadzieści razy wyższa w porównaniu z pozostałymi badanymi lepiszczami



Rys. 2. Rysunek poglądowy przedstawiający sposób wyznaczania grubości granulki oraz miejsce przyłożenia siły nacisku  
Fig. 2. Illustrative drawing showing the method of determining the thickness of the pellets and the place of applying the compressive strength

### Testy doniczkowe

Wybrane warianty granulatu poddano testom doniczkowym w warunkach atmosferycznych. Doniczki wypełnione zostały glebą oraz granulatem, w proporcji odpowiednio 97% i 3%, następnie podlano 20 ml wody wodociągowej i pozostawiono na 48 h w warunkach atmosferycznych. Po tym czasie obserwowano stopień dezintegracji granulek, kontrolę stanowiły granulki przygotowane z dodatkiem wody wodociągowej.

### Omówienie wyników i dyskusja

Wykonano oznaczenie suchej masy uzyskanego granulatu w wybranych przedziałach czasowych (1-11 dób) w celu oceny przebiegu procesu suszenia produktu w temperaturze pokojowej. Uzyskane wyniki wykazały, że po osiągnięciu suchej masy na poziomie  $\geq 98\%$  zawartość wody w granulach istotnie się nie zmieniała ( $> 1,2\%$  wartości wyjściowej). W większości wariantów ten poziom wilgotności osiągnąć było po dwóch dobach suszenia w warunkach pokojowych. W kolejnych badaniach wykorzystywano granulki powietrznie suche, których wilgotność była  $\leq 2\%$ , jak ustalono doświadczalnie.

Porównano przygotowane warianty mieszanek bazalt-siarka-materiał scalający pod kątem plastyczności uzyskanej masy, kształtu granulek oraz kosztu zastosowanych materiałów scalających, co przedstawiono w tab. 1 i 2. Na podstawie analizy tych trzech kryteriów opisanych w 2- i 3 stopniowej skali wytypowano najlepsze warianty granulatu z dodatkiem następujących materiałów scalających: CMC 1 i 2% (roztwór), skrobia 2% (zawiesina), bentolizer SN 5% i CMC 1% (zawiesina), bentolizer SN 5% i CMC 2% (zawiesina), BSN 5 i 7% (proszek), bentolizer SN 5% i CMC 1% (proszek), bentolizer SN 5% i CMC 2% (proszek). Przeprowadzono analizę koszt-

(430-800 zł). Najbardziej ekonomicznym materiałem scalającym dodawanym w formie zawiesiny jest bentolizer S i SN, jednak uzyskane przy ich udziale granulki mają stosunkowo niską wytrzymałość statyczną (42-49 N/gran). Zastosowanie materiałów scalających w postaci sypkiej wiąże się z ich większym zużyciem materiału scalającego. Jedynie w przypadku skrobi czy CMC dodanych w formie proszku wzrost zużycia materiału może być rekompensowany przez zmniejszenie kosztów ponoszonych przy rozpuszczaniu danego składnika „na gorąco” (co jest konieczne w przypadku otrzymywania roztworów). Ceny mączek bazaltowych w postaci granulatu cechuje duża rozpiętość, wahają się w granicach ok. 360 zł-7000 zł/t.

Otrzymane wyniki badań wskazują, iż korzystniejsze jest zastosowanie sproszkowanej formy materiałów scalających, ponieważ użycie zawiesin/roztworów i proszków daje porównywalne efekty (tab. 1, tab. 2). Ponadto zastosowanie sproszkowanej formy materiału scalającego jest ekonomicznie uzasadnione, gdyż zmniejsza koszty procesu, szczególnie w przypadku karboksymetylocelulozy, skrobi i kleju skórnoego, gdzie wymagane jest rozpuszczanie materiału w temperaturze  $> 60^{\circ}\text{C}$ . Najlepsze efekty granulacji uzyskano przy zastosowaniu bentolizera SN, CMC i skrobi. W związku z tym wykonano i przetestowano również mieszanki tych materiałów scalających. Najbardziej plastyczną masę, która najłatwiej poddawała się formowaniu i granulacji uzyskano przy zastosowaniu mieszanki bentolizera SN 5% i CMC 2%, dodanych w postaci proszków.

Badania grubości granulatu wykazały, że największe granulki uzyskano przy zastosowaniu bentolizera H w stężeniu 5% (w postaci zawiesiny) oraz hydrolizatu kolagenowego w stężeniu 1,5% (w postaci proszku) (rys. 3 i 5). Nie zaobserwowano natomiast związku między stężeniem danego materiału scalającego a wielkością uzyskanych granulek. Z kolei najtwardsze granulki uzyskano przy zastosowaniu zawiesiny

Tab. 1. Porównanie wybranych cech materiałów scalających w formie zawiesin/roztworów

Tab. 1. The comparison of features of selected integrating materials in solutions form

Material scalający		Plastyczność masy	Kształt granulek	Koszt	Suma
ZAWIESINY/ROZTWORY	Woda (kontrola)	2	1	3	6
	Bentolizer S 2%	2	1	3	6
	Bentolizer S 5%	2	2	3	7
	Bentolizer S 7%	2	2	3	7
	Bentolizer SN 2%	2	1	3	6
	Bentolizer SN 5%	2	1	3	6
	Bentolizer SN 7%	2	1	3	6
	Bentolizer SN ekstra 2%	2	1	3	6
	Bentolizer SN ekstra 5%	2	1	3	6
	Bentolizer SN ekstra 7%	2	1	3	6
	Bentolizer H 2%	1	1	3	4
	Bentolizer H 5%	2	1	3	6
	Bentolizer H 7%	2	1	3	6
	Klej skórny 1%	2	1	3	6
	Klej skórny 5%	2	1	2	5
	Klej skórny 10%	3	2	2	7
	Klej skórny 15%	3	1	1	5
	CMC 0,1%	2	2	3	7
	CMC 0,5%	3	1	3	7
	CMC 1%	3	2	3	8
	CMC 2%	3	3	2	8
	Hydrolizat kolagenowy 1%	1	1	2	4
	Hydrolizat kolagenowy 5%	1	1	1	3
	Hydrolizat kolagenowy 10%	1	1	1	3
	Hydrolizat kolagenowy 15%	1	1	1	3
	Skrobia 1%	3	1	3	7
	Skrobia 2%	3	2	3	8
	Skrobia 5%	1	2	3	6
	Bentolizer SN 5% i CMC 0,5%	1	1	3	5
	Bentolizer SN 5% i CMC 1%	3	2	3	8
Bentolizer SN 5% i CMC 2%	3	3	2	8	
Bentolizer SN 5% i skrobia 5%	1	1	2	4	

kleju skórny w stężeniu 15% (243,67 N/gran) i zawiesiny hydrolizatu kolagenowego w stężeniu 10% (265,56 N/gran) (rys. 4). Uzyskane wartości były jednak znacznie wyższe od parametrów uzyskiwanych dla nawozów komercyjnych, dla których wytrzymałość statyczna nie przekracza 120 N/gran (Malinowski i wsp., 2013[7]). Parametr ten powinien przyjmować wartości w zakresie 40-140 N/gran. Kryterium to spełniły mieszanki zawierające w swym składzie następujące zawiesiny: bentolizer S 5%, bentolizer SN 5%, bentolizer SN 5%, klej skórny 5%, CMC 0,5-2%, bentolizer SN 5% i CMC 1%, bentolizer SN 5% i CMC 2% oraz bentolizer SN 5% i skrobię 5% (rys. 4). Zarówno dodatek CMC jak i skrobi przyczynił się do poprawy cech reologicznych badanych granulek.

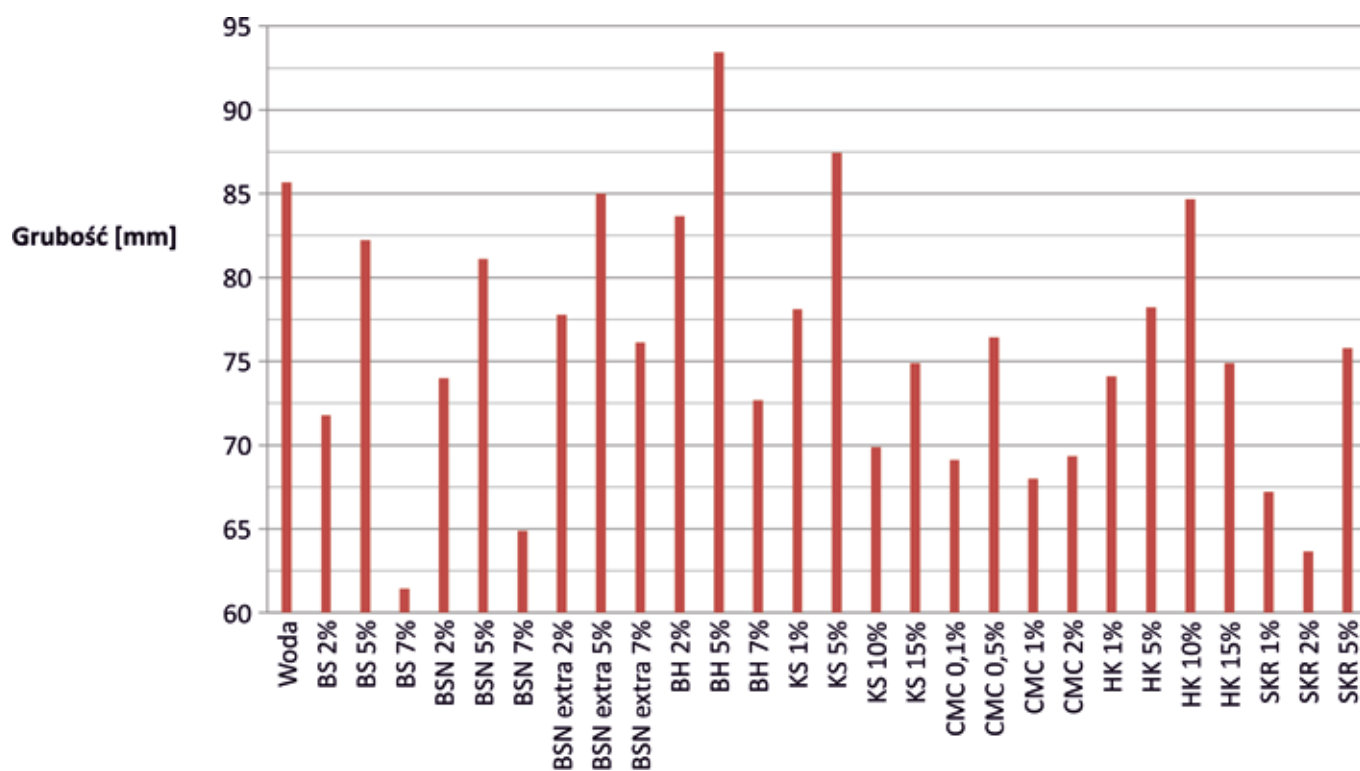
Podobnie jak w przypadku materiałów scalających dodanych w postaci zawiesin/roztworów, najlepsze wyniki uzyskano dla wariantu z dodatkiem CMC, gdzie przy zawar-

tości tego składnika w przedziale od 1-5% uzyskano granulki o wytrzymałości statycznej na poziomie 116-267 N/gran (rys. 6). Z kolei dodatek skrobi nie miał korzystnego efektu na właściwości reologiczne wytworzonych granulek. Dzięki łącznemu zastosowaniu bentolizera SN w ilości 5% wraz z CMC w ilości 2% uzyskano produkt o pożądanej wytrzymałości statycznej na poziomie 73 N/gran (rys. 6).

Na podstawie uzyskanych wyników badań do testów wazonowych wytypowano następujące warianty granulatu: woda (kontrola), bentolizer SN 5% (proszek), CMC 2% (proszek) i bentolizer SN 5% i CMC 2% (proszek). Po dwóch dobach ekspozycji na warunki atmosferyczne, granulki kontrolne z wodą oraz granulki z 5% dodatkiem BSN zmiękły i zaczęły się rozpuszczać jak widać na rysunkach 7B i 7D. Natomiast w pozostałych badanych wariantach zaobserwowano pęcznienie granulek i ich częściowe rozpuszczenie. Zbyt szybkie

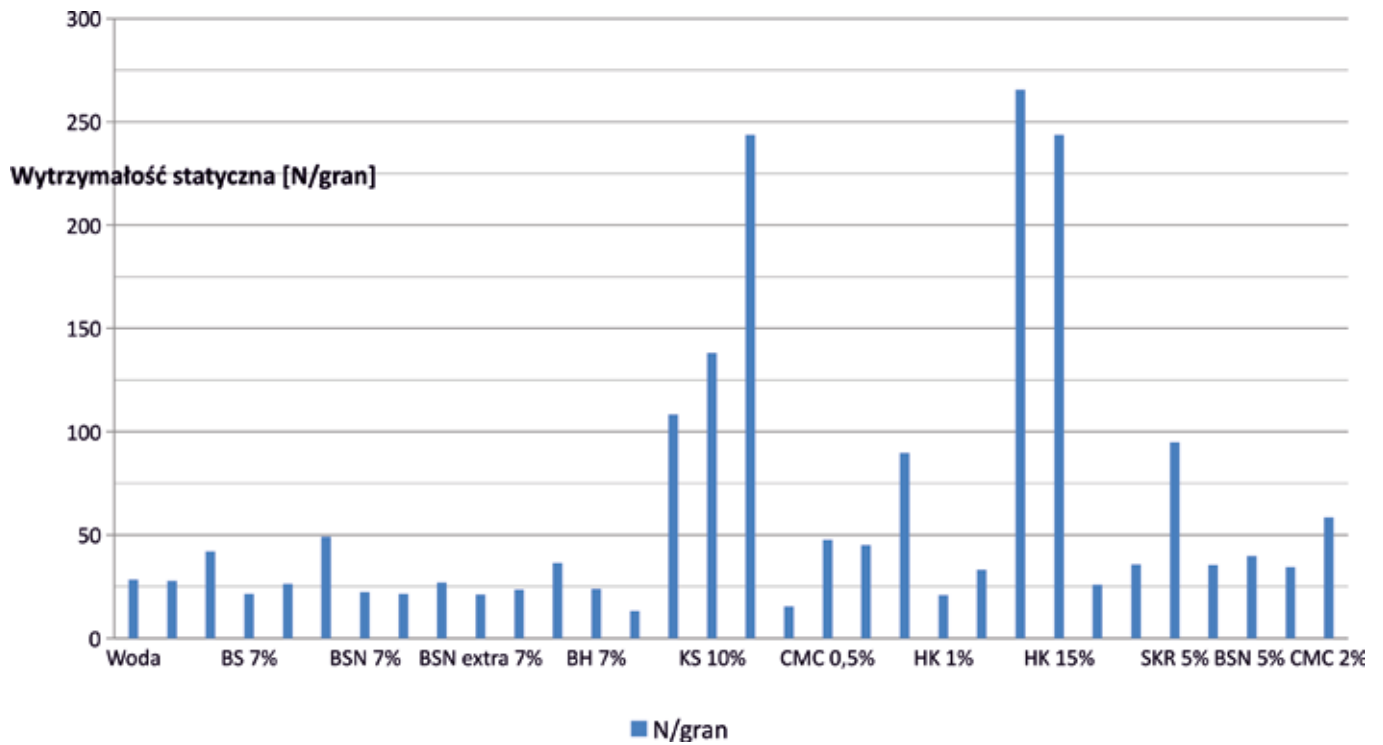
Tab. 2. Porównanie wybranych cech materiałów scalających w formie proszków  
 Tab. 2. The comparison of features of selected integrating materials in powders form

PROSZKI	Bentolizer S 5%	1	1	3	5
	Bentolizer SN extra 5%	2	2	3	7
	Bentolizer H 5%	1	1	3	5
	Bentolizer SN 0,5%	2	1	3	6
	Bentolizer SN 1%	2	1	3	6
	Bentolizer SN 2%	3	1	3	7
	Bentolizer SN 5%	3	2	3	8
	Bentolizer SN 7%	3	2	3	8
	CMC 0,025%	1	1	3	5
	CMC 0,05%	1	1	3	5
	CMC 0,1%	1	1	3	5
	CMC 0,5%	2	1	3	6
	CMC 1%	2	1	2	5
	CMC 2%	2	2	2	6
	CMC 5%	3	2	2	7
	Skrobia 0,5%	2	1	3	6
	Skrobia 1%	2	1	3	6
	Skrobia 2%	2	1	2	5
	Skrobia 5%	2	1	2	5
	Hydrolizat kolagenowy 1,5%	1	1	1	3
	Bentolizer SN 5% i CMC 0,5%	2	3	2	7
	Bentolizer SN 5% i CMC 1%	3	3	2	8
	Bentolizer SN 5% i CMC 2%	3	3	2	8
	Bentolizer SN 5% i Skrobia 5%	3	2	2	7



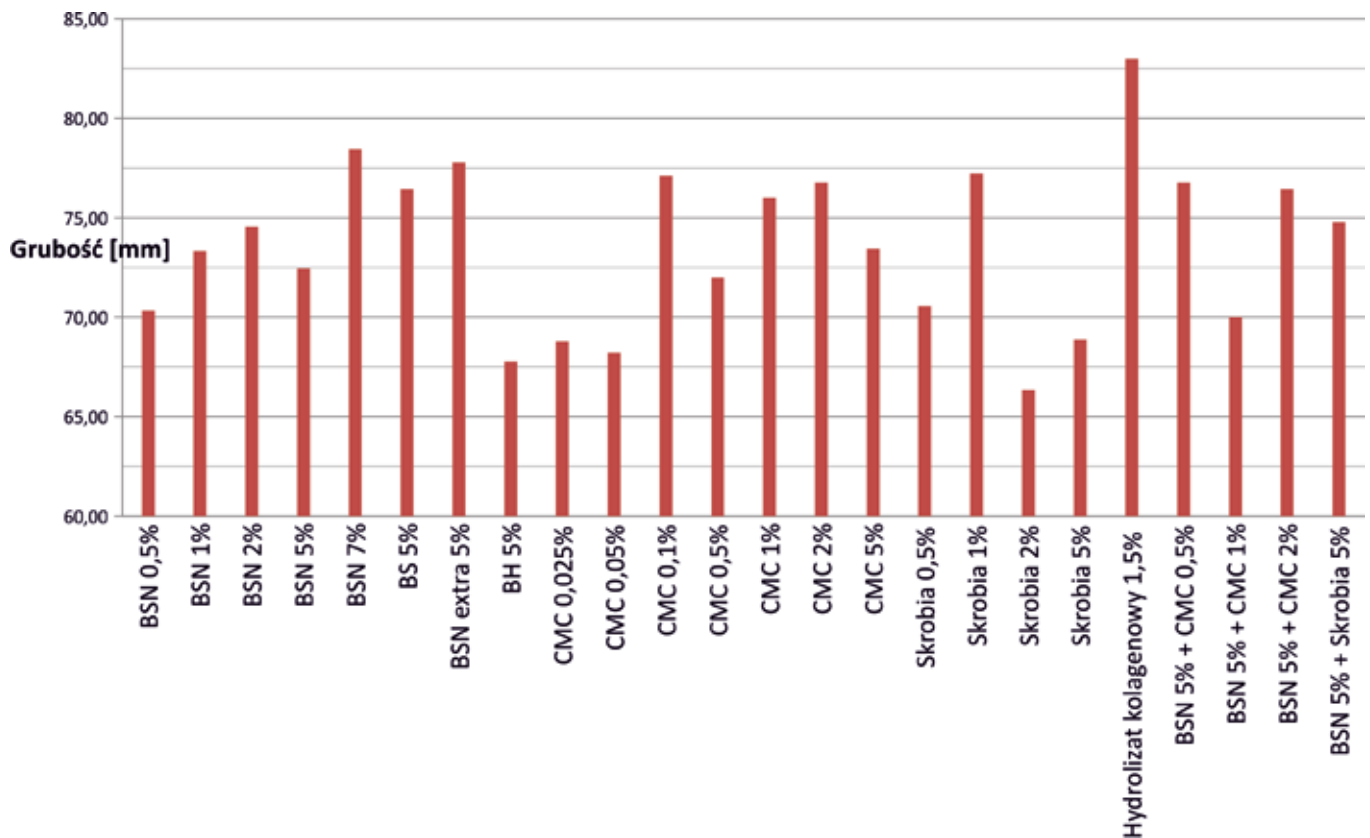
Rys. 3 Grubość granulek [mm] przygotowanych przy udziale wybranych materiałów scalających w postaci zawiesiny/roztworu wraz z próbką kontrolną (woda)

Fig. 3 Thickness of granules [mm] prepared with the selected integrating materials in a suspension/solution form with a control sample (water)



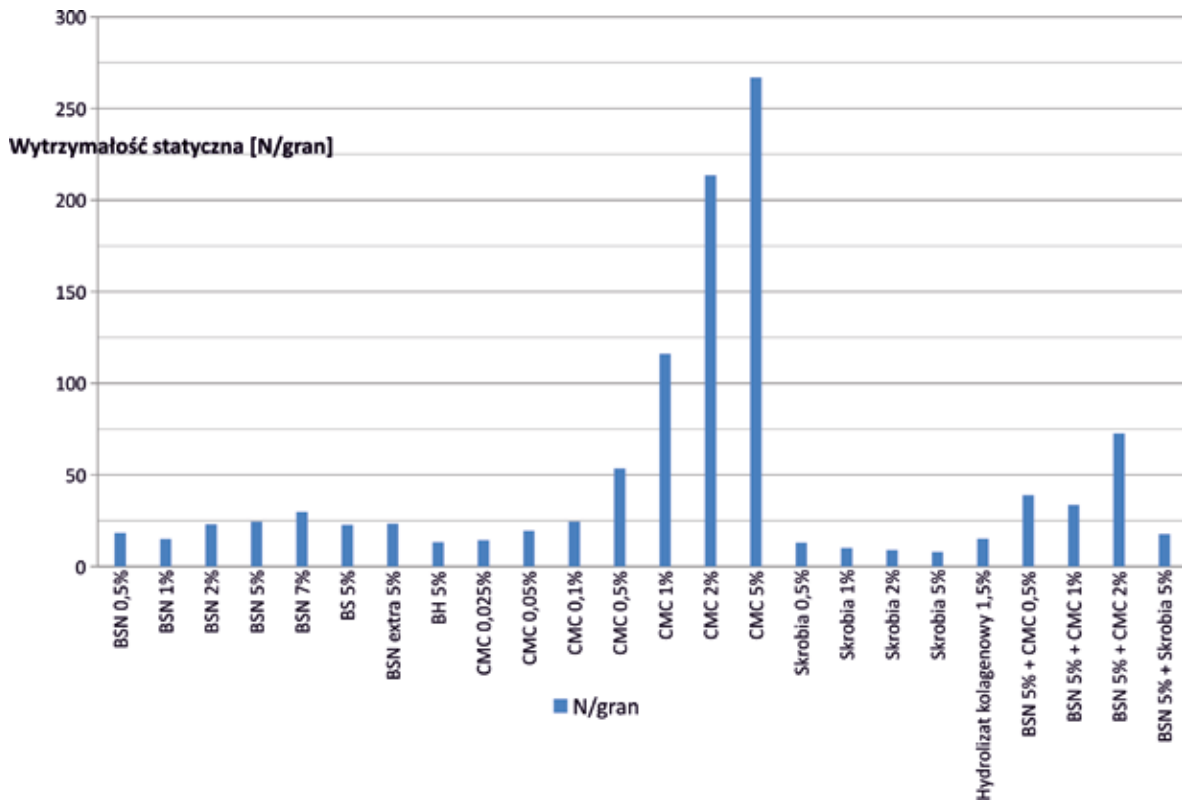
Rys. 4. Wytrzymałość statyczna granulek przygotowanych z udziałem wybranych materiałów scalających w postaci zawiesiny/roztworu wraz z próbką kontrolną (woda). Czerwona linia wskazuje wielkość siły nacisku uzyskaną w próbce kontrolnej

Fig. 4. Static strength of pellets prepared with selected integrating materials in a suspension/solution form with a control sample (water). The red line shows the compressive strength obtained in the control sample



Rys. 5. Grubość granulek [mm] przygotowanych przy udziale wybranych materiałów scalających w postaci proszków

Fig. 5. The thickness of pellets [mm] prepared with the selected integrating materials in powders form



Rys. 6. Wytrzymałość statyczna granulek przygotowanych z udziałem wybranych materiałów scalających w postaci proszków. Czerwona linia wskazuje wielkość siły nacisku uzyskaną w próbce kontrolnej

Fig. 6. Static strength of pellets prepared with selected integrating materials in powders form. The red line shows compressive strength obtained in the control sample





Rys. 7. Testy wazonowe granulatów: A) granulaty kontrolny (woda), B) granulaty kontrolny (woda) po 48h, C) granulaty z 5% dodatkiem bentolizera SN (proszek), D) granulaty z 5% dodatkiem bentolizera SN (proszek) po 48h, E) granulaty z 2% dodatkiem CMC (proszek), F) granulaty z 2% dodatkiem CMC (proszek) po 48h, G) granulaty z 5% dodatkiem bentolizera SN i 2% dodatkiem CMC (proszki) po 48h, H) granulaty z 5% dodatkiem bentolizera SN i 2% dodatkiem CMC (proszki) po 48h

Fig. 7. The pot tests of pellets: A) control pellets (water), B) control pellets (water) after 48 h, C) pellets with 5% of bentolizer SN (powder), D) pellets with 5% of bentolizer SN (powder) after 48h, E) pellets with 2% CMC (powder), F) pellets with 2% CMC (powder) after 48h, G) pellets with 5% bentolizer SN and 2% CMC (powders), H) pellets with 5% with bentolizer SN and 2% CMC (powders) after 48h

rozpuszczanie granulek pod wpływem warunków atmosferycznych wskazuje na ich nietrwałość, co może utrudniać transport i przechowywanie tego produktu.

### Podsumowanie

Spośród badanych materiałów scalających najlepsze rezultaty otrzymano dla bentolizera SN, CMC i skrobi. Uzyskane wyniki badań wykazały, że bardziej wskazane jest stosowanie materiałów scalających w postaci proszków, niż w postaci zawiesin/roztworów, których przygotowanie wymaga zastosowania dodatkowych urządzeń (np. mieszalników) a w przypadku CMC i skrobi także podgrzewania mieszaniny materiału scalającego z wodą, co dodatkowo zwiększyłoby koszty produkcji granulatu. Z ekonomicznego punktu widzenia najbardziej korzystne wydaje się być zastosowanie bentolizera SN (proszek) w ilości 5%, ponieważ przy tych wartościach granulki uzyskały założoną twardość na poziomie 49 N/gran. Natomiast najlepsze właściwości reologiczne (konsystencja granulowanej masy,

twardość na poziomie 73 N/gran uzyskano dla granulek sporządzonych z dodatkiem bentolizera BSN 5% i CMC 2% w postaci proszku. Ponadto zaobserwowano, iż granulaty ten wprowadzony do gleby i pozostawiony 48 godzin w warunkach atmosferycznych, uległ częściowej dezintegracji, co uwidoczniło się w zmianie wyglądu granulek (pęcznienie i rozmiękanie). Wstępne badania pozwoliły na otrzymanie mieszanek polepszaczy glebowych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami reologicznymi i fizycznymi do zastosowań rolniczych. W kolejnym etapie badań planuje się, tak uzyskane mieszanki polepszaczy glebowych, poddać granulacji na większą skalę z zastosowaniem pelecarki. Warto podkreślić, iż produkcja granulatu z odpadowego materiału mineralnego jakim jest bazalt, jest wyjątkowo korzystna ekonomicznie, a także wpisuje się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym.

*Publikacja zrealizowana w ramach prac statutowych „Poltegor - Instytut” IGO nr 337001/N*

**Literatura**

- [1] W. ZIELEWICZ, D. SWĘDZYŃSKA, A. SWĘDZYŃSKI: Wpływ zróżnicowanych dawek polepszacza glebowego Soleflor i nawozów mineralnych na skład botaniczny i plonowanie runi trawiasto-bobowatej. *Łąkarstwo w Polsce* 2015, vol. 18, ss. 267-279
- [2] Pakiet dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym, Wniosek dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady określającego zasady udostępniania na rynku produktów nawozowych z oznakowaniem CE i zmieniającego rozporządzenia (WE) nr 1069/2009 i (WE) nr 1107/2009
- [3] L. WOJTALA-ŁOZOWSKA, D. PARYLAK: Porażenie pszenicy ozimej przez choroby podsuszkowe w zależności od przedplonu, zastosowania użyźniacza glebowego i materiału siewnego. *Progress in Plant Protection/Postępy Ochrony Roślin* 2010, vol. 50, nr 4, ss. 2057–2064
- [4] P. ZAGOŹDŻON Mączki bazaltowe w zastosowaniach rolniczych i pokrewnych. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* 2008, nr 123
- [5] J. KORZENIOWSKA, E. STANISŁAWSKA-GLUBIAK, J. HOFFMANN, H. GÓRECKA, W. JÓŹWIAK, G. WIŚNIEWSKA: Ocena efektywności nawozów fosforowo-siarkowych produkowanych na bazie mielonego fosforytu. Część I. *Technologia wytwarzania nawozów. Przemysł Chemiczny*, 2014, vol. 93, nr 5, ss. 803-806
- [6] D. KOWAL: Metody wytwarzania granulowanych nawozów wieloskładnikowych z wykorzystaniem mocznika. *Instytut Technologii Chemicznej nieorganicznej i inżynierii środowiskowej. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej. Praca doktorska* 2009
- [7] P. MALINOWSKI, M. KOŁOSOWSKI, A. BISKUPSKI: Zapewnienie jakości produkcji granulowanych nawozów mineralnych. *Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nysie* 2013



fot. Sławomir Palla

*Kopalnia granitu. Widok na zakład przeróbczy*