

OSAD POFERMENTACYJNY ORAZ JEGO WYKORZYSTANIE

Katarzyna Pontus

InnoBaltica, Gdańsk

Streszczenie: Osad pofermentacyjny jest substancją powstającą w procesie beztlenowego rozkładu substancji organicznej i jest bogaty w substancje odżywcze. Składa się z nieprzefermentowanego materiału oraz z obumarłych bakterii. Istnieje wiele metod zagospodarowania osadu pofermentacyjnego, jednak najczęściej stosowanymi są obróbka termiczna oraz wykorzystanie rolnicze.

Wprowadzenie

Poferment jest materiałem pozostałym po procesie beztlenowego rozkładu materii organicznej, bogatym w składniki odżywcze. Podczas rozkładu beztlenowego materii organicznej składniki roślin ulegają procesowi mineralizacji. Azot oraz fosfor zostają zmineralizowane do NH_4^+ oraz PO_4^{3-} , a w tej postaci są one znacznie łatwiej przyswajalne dla roślin niż w postaci sprzed procesu fermentacji. Poferment stanowi 90–95% początkowej objętości wkładu do reaktora. Kolejnym istotnym aspektem procesu fermentacji jest redukcja patogenów.

Duże ilości osadu pofermentacyjnego wymagają specjalnych metod utylizacji. Jednak mimo to poferment powinien być traktowany nie jak odpad lecz jako cenne źródło składników mineralnych i energii.

Istnieje wiele metod zagospodarowania osadu pofermentacyjnego. Każda z nich posiada zalety, jak i wady oraz ma zróżnicowany wpływ na środowisko naturalne. Metody mogą być dobierane w zależności od składu pofermentu, charakterystyki oraz usytuowania geograficznego obszaru jego zastosowania, tak aby były zarówno bezpieczne, jak i opłacalne.

Dzieli się na: wykorzystanie rolnicze, utylizację termiczną oraz składowanie na składowisku odpadów. Graf poniżej przedstawia procentowy udział każdej z tych metod w ogólnym zagospodarowaniu pofermentu [1]. Najczęściej stosowanymi metodami zagospodarowania pofermentu są utylizacja termiczna oraz wykorzystanie rolnicze.

Celem niniejszego opracowania jest przegląd obecnie stosowanych metod wykorzystania osadu pofermentacyjnego, a jednocześnie pokazanie korzyści wynikających z zagospodarowania pofermentu.



Rys. 1. Procentowy udział każdej z metod w ogólnym zagospodarowaniu pofermentu

I. Spalanie pelletu powstałego z osadu pofermentacyjnego

Przykładowa biogazownia o mocy 500 kW produkuje ponad 10 000 t osadu pofermentacyjnego rocznie. Tak duża ilość osadu nie może być często zagospodarowana lokalnie w całości ze względu na ograniczenia związane z rolniczym wykorzystaniem pofermentu. Jednym z tych ograniczeń jest ilość osadu jaka może być użyta na jeden metr kwadratowy ziemi.

Ponadto, istnieje wiele innych ograniczeń rolniczego wykorzystania osadu jako nawozu naturalnego a jego magazynowanie wymaga przeznaczenia dużej powierzchni terenu oraz powoduje niedogodności związane z emisją odorów. W dodatku miejsce magazynowania materiału tego typu powinno być specjalnie przystosowane tzn. powinno być pokryte z zewnątrz w celu ograniczenia straty składników mineralnych oraz ograniczenia zanieczyszczeń spowodowanych emisją amoniaku oraz metanu [2].

Poferment w celu rolniczego wykorzystania, może zostać przetransportowany, jednak nie zawsze jest to ekonomiczne. Jeśli odległość jest większa niż 5–10 km to koszt transportu przewyższa wartość nawozu. Dlatego też stale poszukuje się innych metod wykorzystania osadu pofermentacyjnego. Jedną z obiecujących propozycji wykorzystania osadu jest jego użycie do produkcji pelletu grzewczego na cele paliwowe. W takiej postaci może być on transportowany i magazynowany stosunkowo małym kosztem [3].

Porównanie pelletu drzewnego i tego z pofermentu dokonał w 2010 roku M. Kratzeisen, praca ta miała na celu pokazanie zalet oraz wad pelletu pochodzącego z pofermentu [3].

1) Wartość odżywcza

Pellet z osadu pofermentacyjnego zawiera duże stężenie azotu, siarki oraz chloru, wielokrotnie przewyższające dopuszczalne wartości. Zawartość cynku nieznacznie przewyższa dozwolone wartości, natomiast zawartości arsenu, rtęci czy

też kadmu są zbliżone do dopuszczalnych. Duża zawartość siarki oraz azotu powoduje utrudnienia podczas spalania. Emisja pyłu, CO oraz NO_x jest wyższa niż w przypadku tradycyjnego pelletu. Tabela 1 przedstawia analizę pierwiastkową pelletu grzewczego otrzymanego z pofermentu w porównaniu do pelletu z drewna.

Tabela 1.

Porównanie pelletu grzewczego otrzymanego z pofermentu i z drewna [3]

Pierwiastek	Pellet grzewczy z pofermentu	Pellet drzewny	Wartość dopuszczalna
% sucha masa			
C	45.3	49.7	-
N	2.9	0.13	0.3
O	28.4	43.3	-
H	5.2	6.3	-
P	1.3	0.03	-
S	0.9	0.02	0.08
K	1.4	0.1	-
Cl	0.84	0.01	0.03
[mg/kg] sucha masa			
As	0.93	0.48	0.8
Cd	0.29	0.23	0.5
Cr	13.2	6.8	8
Cu	58.8	3.5	5
Pb	4.4	2.17	10
Hg	0.07	0.04	0.05
Zn	304	35	100

2) Zawartość popiołu

Zawartość popiołu pozostałego po spalaniu pelletu z pofermentu jest znacznie wyższa niż w przypadku pelletu drzewnego. Natomiast zawartość metali ciężkich jest niższa. Tylko stężenie niklu oraz chromu jest trzy razy wyższe od średniej wartości odniesienia.

Analiza pierwiastków mineralnych (duże stężenie fosforu i potasu) i metali ciężkich w popiele pokazuje iż materiał ten może być używany jako nawóz, przy wcześniejszej redukcji zawartości niklu oraz chromu. W celu redukcji tych stężeń stosuje się metody, takie jak wyplukiwanie oraz obróbka termiczna.

Tabela 2.

Porównanie składu popiołu pelletu uzyskanego z pofermentu
w porównaniu z pelletem z drewna [3]

Tlenki pierwiastków [%]	Popiół po procesie spalania pelletu z pofermentu	Popiół po procesie spalania pelletu drzewnego	Wartość dopuszczalna
P	26.7	2.6	-
K	15.5	6.4	-
Mg	8.4	6	-
Na	0.8	0.7	-
Ca	13.6	41.7	-
Si	30.4	25	-
S	0.9	1.9	-
Fe	1.8	2.3	-
Al	1.2	4.6	-
[mg/kg]			
As	1.1	4.1	40
Pb	2.3	13.6	150
Cd	< 0.5	1.2	1.5
Cr	184	325.5	2
Ni	285	66	80
Hg	< 0.1	0.01	1

3) Wartość opalowa

Pellety grzewcze otrzymane z pofermentu posiadają wysoką wartość opalową równą 15 MJ/kg przy zawartości wody 9,9%. Dla porównania wartość ta dla pelletu drzewnego wynosi 16,3 MJ/kg przy zawartości wody 12%. Parametr ten dla podanych dwóch rodzajów pelletu ma podobną wartość, jednak produkcja pelletu z osadu pofermentacyjnego związana jest z wieloma problemami dotyczącymi procesów odwadniania i suszenia materiału. Dopiero po odwodnieniu i osuszeniu osadu do zawartości wody 15–20%, może on być użyty do produkcji pelletu [3].

II. Wykorzystanie rolnicze pofermentu

Osad pofermentacyjny uznawany jest za cenny nawóz naturalny. Obecnie jest on używany coraz częściej jako substytut sztucznych użyźniaczy gleby. Jest wiele pozytywnych skutków wynikających z rolniczego wykorzystania osadu, ale z drugiej strony również jest wielu przeciwników tejże metody. Swoje racje argumentują oni strachem przed bakteriami i patogenami obecnymi w pofermencie. Innym argumentem przeciw stosowaniu osadu do nawożenia jest odór wynikający z rozproszenia osadu na polu.

Tabela 3 zawiera charakterystykę gleby w odniesieniu do innych zastosowanych substancji nawozowych [4].

Tabela 3.

Charakterystyka gleby w odniesieniu do użytych użyźniaczy [4]

Parametr	Gleba kontrolna	Gnojowica bydlęca	Poferment	Nawóz mineralny
pH	7.9	7.8	7.7	n. d.
	8	7.9	7.9	7.9
	8.1	8	8	8.1
	7.8	7.8	7.8	7.7
	8.1	8	8	8
EC (dS/m)†	0.12	0.14	0.16	n. d.
	0.16	0.25	0.23	0.24
	0.13	0.14	0.14	0.13
	0.23	0.24	0.22	0.31
	0.12	0.14	0.14	0.14
TN (g/kg)	1.7	2.1	2	n. d.
	1.5	1.8	1.3	1.3
	1.5	1.3	1.2	1.1
	1.6	1.8	1.3	1.5
	1.3	0.9	1	1.1
NH ₄ - N (mg/kg)	1.5	1.4	1.7	n. d.
	0.1	3	3.2	0.2
	15.4	14	7.5	14
	1.8	1.1	1.3	1.5
	5	4.3	3.4	3.8
NO ₃ - N (mg/kg)	14.5	25.1	64.7	n. d.
	2.8	2.9	3.2	7.2
	1.4	1.6	1.5	1.7
	6.9	9.2	8.9	11.3
	2.4	2.8	4.4	3.8
Dostępny - P (mg/kg)	28.5	36.3	36.7	n. d.
	24.2	37.4	48.2	32.2
	24.8	42.4	54.8	32.9
	39.7	53.5	75.8	59.4
	38.3	27.8	34.6	46.4

Tabela ta umożliwia porównanie wpływu gnojowicy bydlęcej, pofermentu oraz nawozu mineralnego na właściwości gleby przy kilkukrotnym jej podaniu. Właściwości tej gleby porównywane są do gleby kontrolnej niezawierającej żadnego środka nawozowego.

Warto zauważyć, że dodatek gnojowicy jak i pofermentu powodują największe stężenie azotu całkowitego po pierwszym stosowaniu nawozu. W kolejnych podaniach różnice były już małe i nieznaczące.

Stężenie $\text{NH}_4\text{-N}$ w glebie nawożonej przy wykorzystaniu gnojowicy, jak i pofermentu było wyższe niż w przypadku zastosowania nawozu mineralnego czy w przypadku gleby kontrolnej. Generalnie wartości te były niskie. Tylko w próbce 3 wartości te były bardzo wysokie, co oznacza, że proces nityfikacji zaszedł tylko częściowo. Zatrzymanie procesu nityfikacji spowodowane mogło być przez substancje zawarte w próbce, które były toksyczne dla bakterii z grupy *Nitrosomonas* [5].

Pierwszy dodatek pofermentu spowodował gwałtowny wzrost stężenia azotanów w glebie, ale nie było większych różnic w stężeniu dla gleb nawożonych innymi substancjami podczas kolejnych dodatków substancji nawożących. Podobnie stężenie fosforu było wyższe po pierwszym dodatku pofermentu niż w glebie kontrolnej, jednak na koniec wartość ta zmalała, spadając poniżej wartości dla gleby kontrolnej.

Tabela 4.

Zmiany w parametrach gleby po zastosowaniu różnych substancji nawożących [4]

Parametr	Gleba kontrolna	Gnojowica bydlęca	Poferment	Nawóz mineralny
TOC (g/kg)	9	10.4	9.4	Nd
	9.4	9.7	9.4	9.1
	9.2	9.8	9.6	9.3
	8.8	10.4	8.5	9.1
	9.4	10.7	9.2	9.3
WSC (mg/kg)	51	70	55	Nd
	44	49	46	45
	77	93	73	76
	78	114	79	89
	40	59	49	41
B_c ($\mu\text{g/g}$)	109	149	116	Nd
	98	128	122	126
	80	136	107	91
	141	176	157	161
	123	179	184	175
B_n ($\mu\text{g/g}$)	20.8	26.2	12.3	Nd
	18.7	25.6	22.1	24.4
	16	23.3	19	16.7
	17	23.4	18.9	20.2
	19.8	29.2	30.4	29.4

CO ₂ - C (µg/Cg*d)	8.3	13.4	8.1	Nd
	6.7	9.9	8.1	7.6
	7.7	11.1	8	7.7
	7.6	8.8	8.5	9.3
	7.4	11.3	10	9
B _c / TOC	1.21	1.43	1.24	Nd
	1.05	1.32	1.3	1.39
	0.88	1.41	1.11	0.99
	1.61	1.7	1.85	1.78
	1.34	1.88	1.68	2

TOC: total organic carbon; WSC: water-soluble organic carbon; B_c: soil microbial biomass carbon; B_n: microbial biomass nitrogen; gCO₂: biomass specific respiration rate

Dodatek pofermentu do gleby nie spowodował żadnej znaczącej zmiany w zawartości całkowitego węgla organicznego w porównaniu z glebą kontrolną, oraz tej gdzie zastosowany został sztuczny nawóz mineralny. Z drugiej strony dodatek gnojowicy bydłowej związany jest ze znacznym wzrostem TOC oraz WSC. W dodatku nawożenie przy wykorzystaniu tej substancji powoduje również wzrost parametrów takich jak B_c, B_n, jak i C-CO₂ w porównaniu z glebą kontrolną.

Wpływ nawożenia gnojowicą jak i pofermentem był badany również w produkcji arbuźów jak i kalafiora. Plony po dodatku substancji nawożących były wskaźnikiem wpływu nawozów na glebę [4].

Plony arbuza otrzymane po nawożeniu nawozem mineralnym, jak i pofermentem były wyższe niż w przypadku gnojowicy, jak i gleby bez nawożenia. Wielkość owoców była podobna we wszystkich przypadkach, jednak całościowo plony były znacznie lepsze w przypadku nawozu mineralnego oraz pofermentu.

Widoczne były również różnice w zawartości składników pokarmowych w liściach owoców. Owoce hodowane na glebie nawożonej nawozem mineralnym miały wyższą zawartość azotu jak i potasu [4].

Tabela 5.

Porównanie produkcji arbuza
w zależności od zastosowanego środka nawozowego [4]

Nawożenie	Plon do sprzedaży (Mg/ha)	Plon nienadający się do sprzedaży (Mg/ha)	Średnia waga (kg na owoc)
Pierwszy rok			
Gleba kontrolna	32.1	0.6	2.27
Gnojowica bydłowa	37.7	1.8	2.34
Poferment	47.9	2.7	2.56
Nawóz mineralny	42	2.4	2.1

Drugi rok			
Gleba kontrolna	31.6	0.6	2.29
Gnojowica bydłęca	31.2	1.4	1.9
Poferment	41.9	0.6	2.13
Nawóz mineralny	56.6	0.0	2.2

Wpływ środków nawozowych był również badany na podstawie wzrostu różnych roślin.



Fot. 1. Wyniki otrzymane na podstawie wzrostu zboża [6]

Wazon 7 oraz 11 zawierały glebę nawożoną pofermentem, 15 nawożona była surową gnojowicą, natomiast w wazonie numer 3 była gleba kontrolna. Łatwo zauważalny jest pozytywny wpływ stosowania osadu pofermentacyjnego na właściwości gleby a tym samym na wzrost roślin [6]. Wielkość plonów uzyskanych przy zastosowaniu osadu pofermentacyjnego jest znacznie wyższa niż w przypadku pozostałych wazonów.

Dodatek osadu pofermentacyjnego powoduje gwałtowną nityfikację amoniaku. Azotany mogą zostać pobrane bezpośrednio przez rośliny i być wbudowane w ich tkankę. Dlatego też azotany są najlepszą i najłatwiej dostępną formą azotu dla roślin. Z drugiej jednak strony istnieje również duże ryzyko przesiąkania azotanów do gleby, powodując tym samym jej zanieczyszczenie. Proces nityfikacji nie zachodzi tylko w czasie zimy, co spowodowane jest niską temperaturą, tym samym właściwości nawożące pofermentu są wtedy znacznie niższe [5].

Co więcej nawożenie osadem pofermentacyjnym zapewnia łatwo dostępną materię organiczną, degradowalną w krótkim czasie, dzięki czemu nie zwiększa całkowitej zawartości węgla organicznego w glebie [7].

Zawartość materii organicznej w glebie zależna jest od aktywności mikrobiologicznej jak i enzymatycznej, które warunkują zarówno uwalnianie związków pokarmowych, jak i ich dostępność. Dlatego też zmiany w aktywności enzymatycznej gleby wpływają na zmiany w żyzności gleby. Dodatek pofermentu powoduje wzrost w aktywności fosfatazy alkalicznej, dzięki czemu fosforany są łatwo dostępne dla roślin.

Podsumowanie

Istnieje wiele metod zagospodarowania osadu pofermentacyjnego, jednak w Polsce jest on najczęściej utylizowany termicznie lub wykorzystywany w rolnictwie. Znaczna część osadów pofermentacyjnych jest też składowana, jednak ta metoda powinna być pomijana, gdyż nie przynosi żadnych korzyści, a co więcej tracony jest potencjał nawozowy lub energetyczny zgromadzony w tej substancji. Rolnicze wykorzystanie w przeciwieństwie do składowania, jest bardzo korzystne ze względu na odpowiednie właściwości nawozowe osadu pofermentacyjnego. Natomiast termiczne wykorzystanie przyczynia się do wyprodukowania zarówno dodatkowej energii oraz wartościowego popiołu, który poprzez wysoką zawartość składników mineralnych, może być używany jako środek nawozowy.

Podsumowując, materiał organiczny osadu pofermentacyjnego nie zawiera niebezpiecznych substancji – potencjalne zanieczyszczenia wywodzą się z jego składowania (w przypadku kiedy wkład do reaktora pochodzi z segregacji z odpadów komunalnych, może on być zanieczyszczony metalami ciężkimi, jak i będzie posiadał zanieczyszczenia stałe (plastik i inne), które uniemożliwią końcowe rolnicze wykorzystanie osadu pofermentacyjnego.

Literatura

1. Ocena możliwości zagospodarowania osadów ściekowych i innych odpadów ulegających biodegradacji w Polsce w świetle propozycji zmian prawa Unii Europejskiej, Politechnika Częstochowska, Instytut Inżynierii Środowiska, Częstochowa, 2004.
2. Al Seadi, C. Lukehurst, Quality management of digestate from biogas plants used as fertilizer, IEA Bioenergy at www.iea-biogas.net
3. M. Kratzeisen, N. Starcevic, M. Martinov, J. Muller, Applicability of biogas diges-tate as solid fuel, *Fuel*, 89, 2544–2548, 2010.
4. J.A. Alburquerque, C. de la Fuente et al., Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties, *European Journal of Agronomy*, 43, 119–128, 2012.
5. F. Tambone, B. Scaglia, G. D'Imporzano, A. Schievano, V. Orzi, S. Salati, F. Adani, Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from

- anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost, *Chemosphere*, 81, 577–583, 2010.
6. Magdalena Szymańska, *Poferment z biogazowni nawozem dla rolnictwa*, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Kraków 2013 at http://www.biomaster-project.eu/docs/Szyna_aeska.pdf
 7. I.A. Łucka, A.U. Kołodziej, *Rolnicze wykorzystanie masy pofermentacyjnej z bio-gazowni rolniczej*, Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Barzkowicach at <http://www.multichem-eko.pl/uploads/docs/rolnicze-wykorzystanie-masy-pofermentacyjnej-z-biogazowni-rolniczej-technologie-FuelCal.pdf>