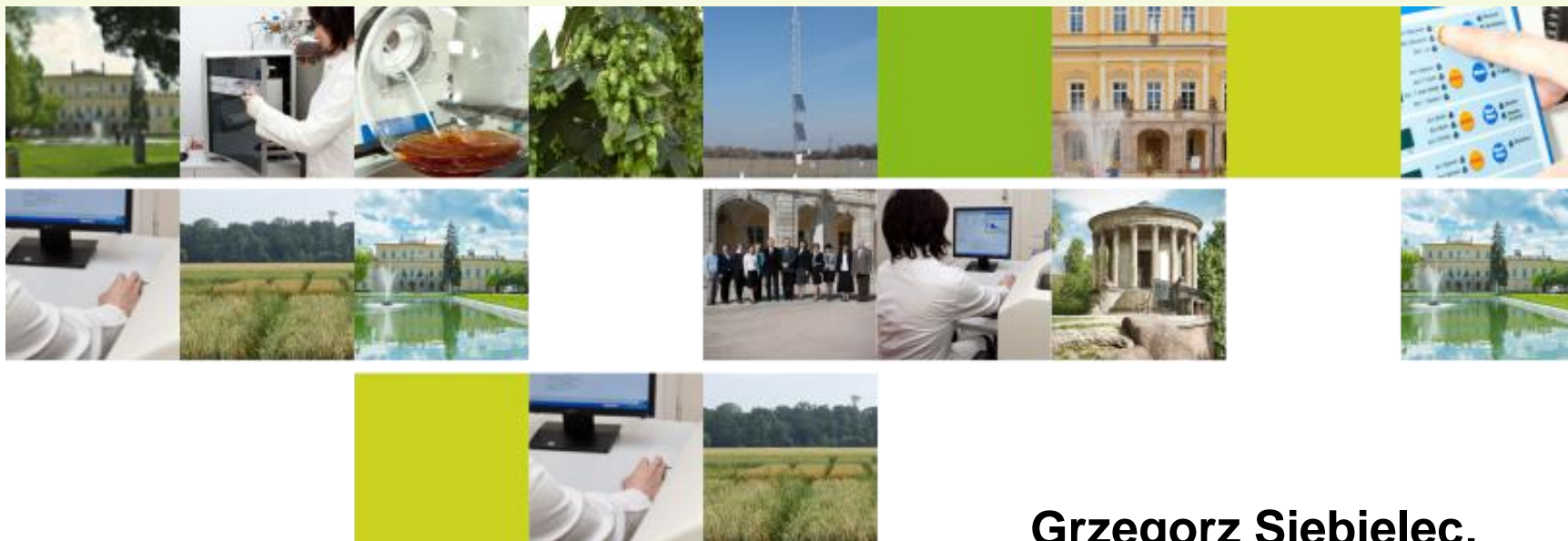


# Środowiskowe aspekty stosowania kompostu i osadów ściekowych w procesach nawożenia i rekultywacji gleb



**Grzegorz Siebielec,**

**Jachranka, 24-26.05.2017**

**Konferencja: XVI Ogólnopolskie Forum Wymiany Doświadczeń "Eksploatatorzy dla Eksploatatorów"**



Instytut Uprawy  
Nawożenia i Gleboznawstwa

# Funkcje materii organicznej (próchnicy):

- ❑ Materia organiczna gleb jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleb decydującym o ich właściwościach fizykochemicznych, takich jak zdolności sorpcyjne i buforowe
- ❑ Decyduje o procesach biologicznych, ważnych z punktu widzenia funkcjonowania siedliska
- ❑ Wysoka zawartość próchnicy w glebach jest czynnikiem stabilizującym ich strukturę, zmniejszającym podatność na zagęszczenie i erozję, oraz poprawiającym zdolność gleby do zatrzymywania wody.
- ❑ Zachowanie zasobów próchnicy glebowej jest istotne nie tylko ze względu na utrzymanie produkcyjnych funkcji gleb, ale również z punktu widzenia roli gleb w wiązaniu dwutlenku węgla z atmosfery.



# Materia organiczna gleb w Polsce

Legenda  
Ocena zawartości materii organicznej w glebie

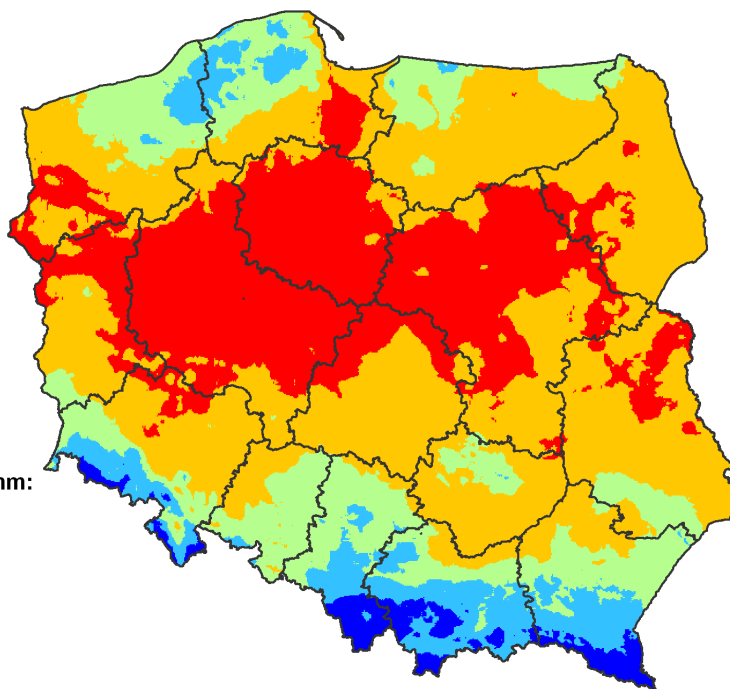
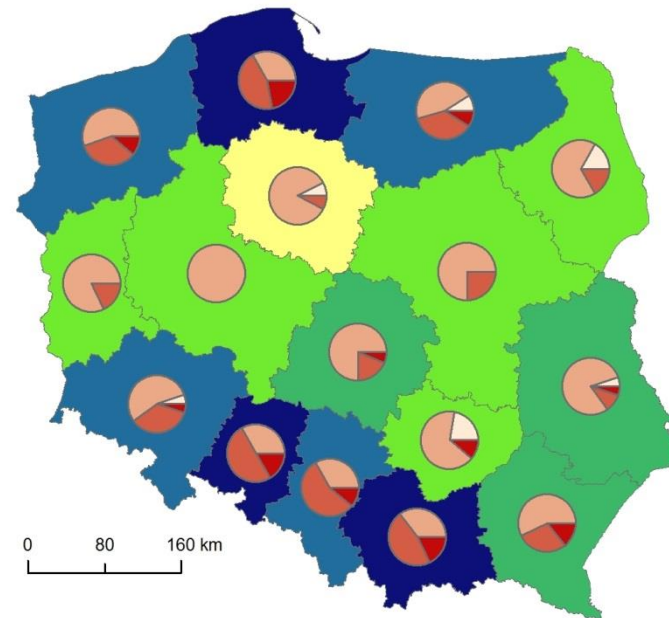


Niska  
Średnia  
Wysoka  
Bardzo wysoka

Średnia % zawartość materii organicznej w glebie

< 1,4  
1,4 - 1,7  
1,8 - 2,1  
2,2 - 2,5  
> 2,5

— Granica województwa



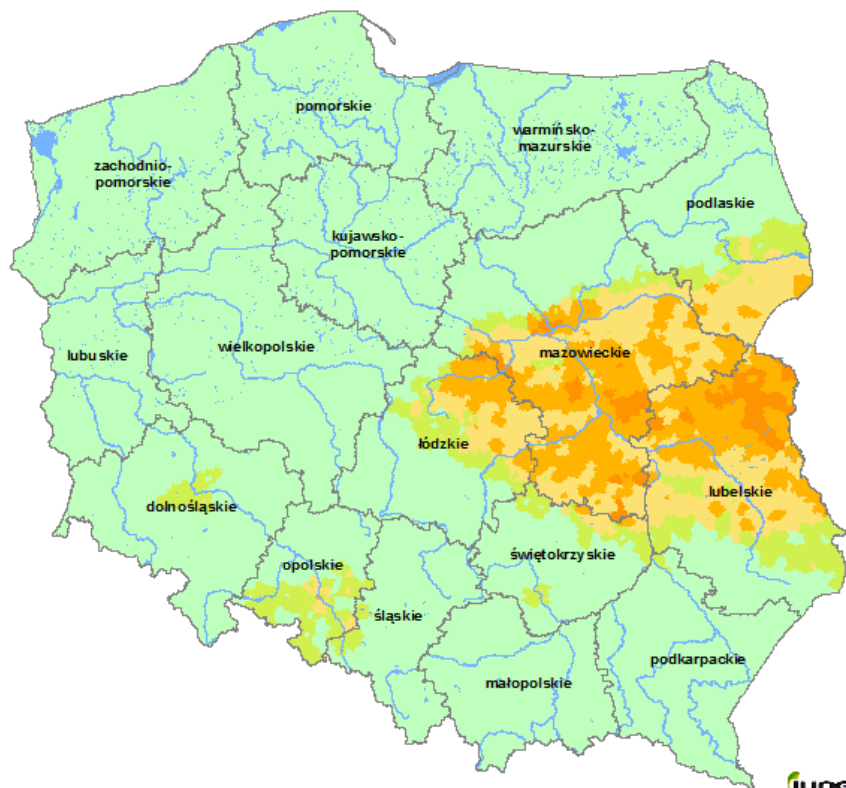
Średni roczny KBW w mm:

>300  
100 - 300  
0 - 100  
-100 - 0  
< -100



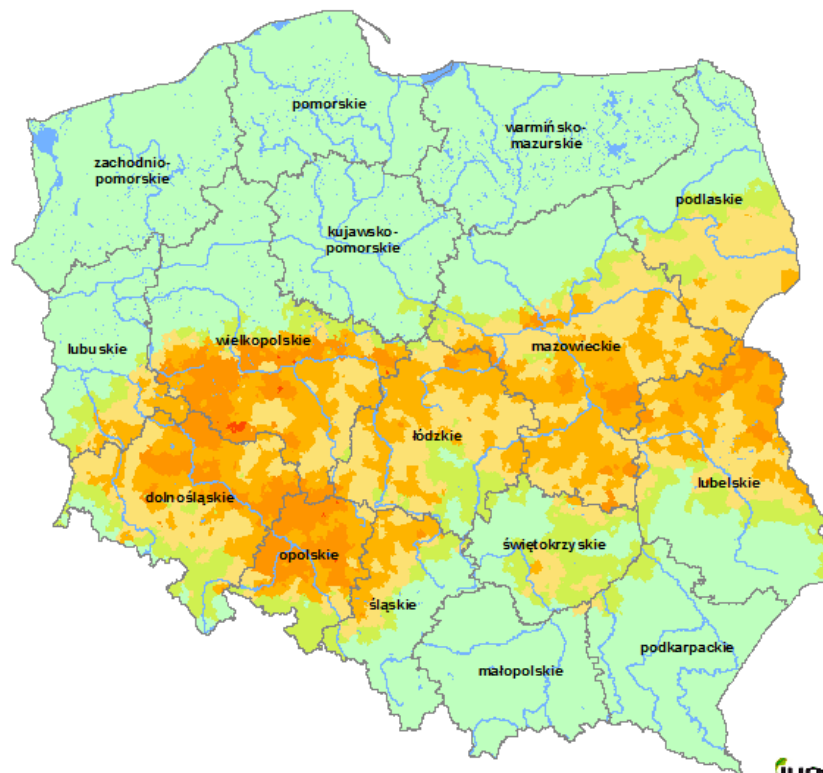
# Ryzyko wystąpienia suszy glebowej

**Rok: 2015; okres: 09 (21.VI - 20.VIII) - Burak cukrowy**



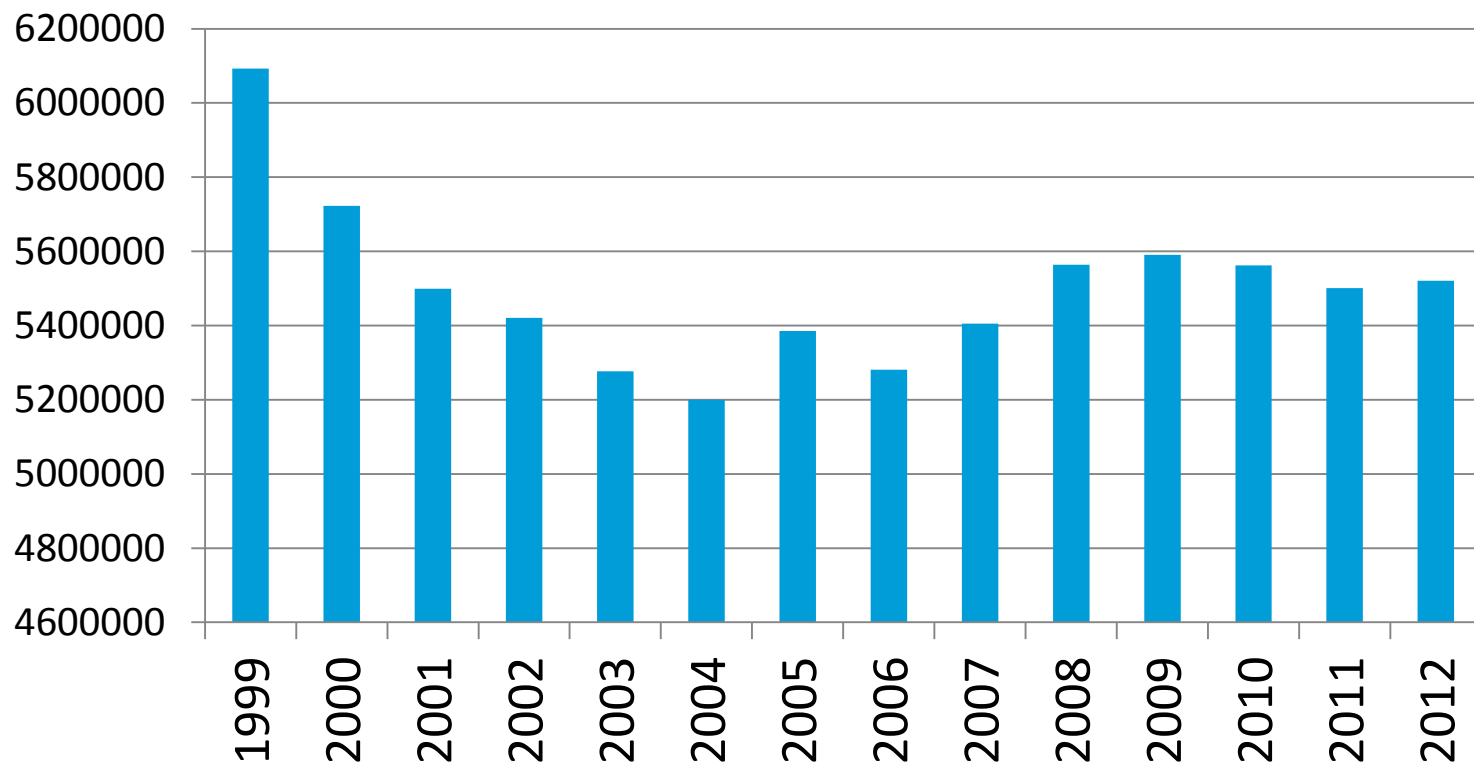
iung  
21.08.2015  
Puławy

**Rok: 2015; okres: 12 (21.VII - 20.IX) - Burak cukrowy**



iung  
22.09.2015  
Puławy

# Spadek nawożenia organicznego



**Pogłowie bydła w Polsce**

Lista najbardziej korzystnych praktyk (uprawa roli, zmianowanie, egzogenna materia organiczna) sprzyjających ochronie lub gromadzeniu materii organicznej w glebach obejmuje:

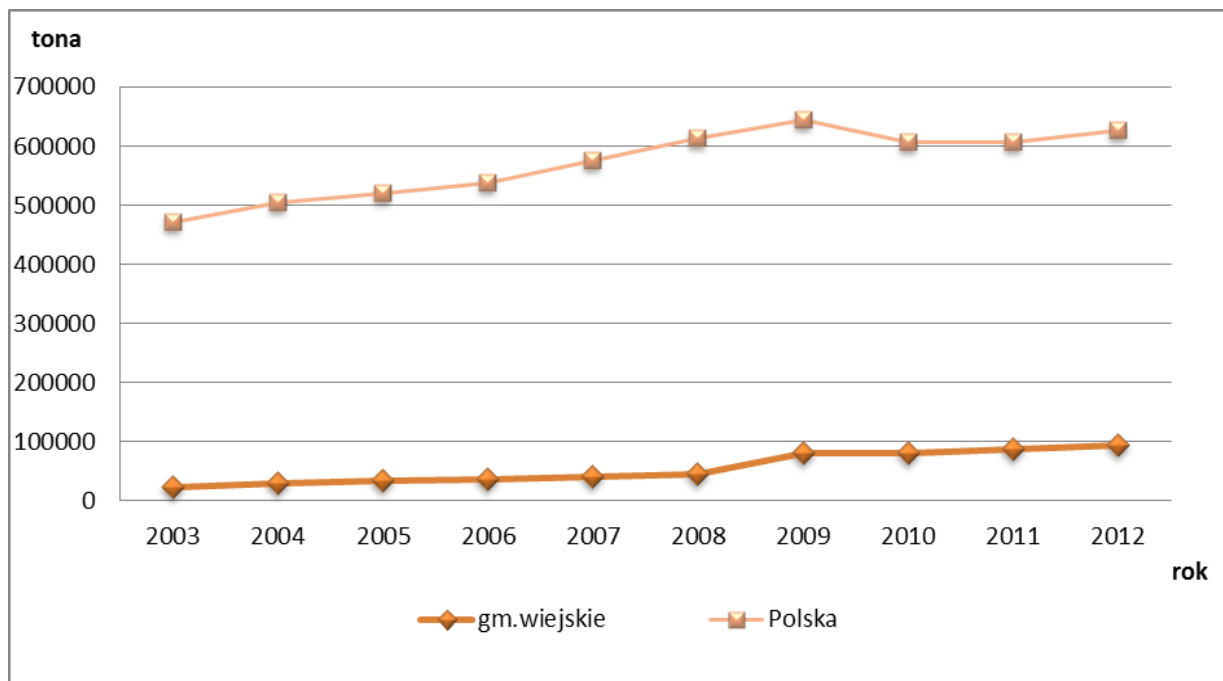
- Dywersyfikacja rotacji roślin
- Rotacja z bobowatymi
- Stosowanie wsiewek
- Rotacja z międzyplonem
- Rotacja z zielonymi nawozami
- Trwałe użytki zielone
- Stosowanie egzogennej materii organicznej**
- Przyorywanie resztek pozbiorowych
- Uprawa bezorkowa i uproszczona

# Potencjalne egzogenne źródła węgla

- ▶ Obornik
- ▶ Osady ściekowe
- ▶ Komposty
- ▶ Biowęgiel
- ▶ Odpad z biogazowni
- ▶ Odpady z przemysłu spożywczego



- ▶ Ilość komunalnych osadów ściekowych przeliczonych na suchą masę wyprodukowanych w Polsce na koniec 2012 roku wynosiła około 513 tys. ton.
- ▶ Prognozy Krajowego Planu Gospodarki Odpadami z 2014r. mówiły, że liczba ta w roku 2015 miała wzrosnąć do 642,4 tys. ton s.m., a opierając się na założeniach i dalszych prognozach demograficznych szacuje się, że w roku 2018 liczba ta może sięgnąć nawet 706,6 tys. ton s.m. osadu.



Wielkość produkcji osadów ściekowych w Polsce i na obszarach wiejskich w okresie 2003-2012

(dane: Bień, 2012; GUS, 2014).

# UREGULOWANIA PRAWNE

- ▶ Wskaźniki jakościowe jakie muszą spełniać komunalne osady ściekowe dla ich rolniczego wykorzystania określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r.
- ▶ Wymogi te zostały ustalone w odniesieniu do takich parametrów, jak:
  - ✓ zawartość pierwiastków śladowych (kadm, ołów, rtęć, nikiel, cynk, miedź, chrom),
  - ✓ obecność bakterii chorobotwórczych (z rodzaju Salmonella)
  - ✓ oraz łączna liczba jaj pasożytów jelitowych (Ascaris spp., Trichuris spp., Toxocara spp.).
- ▶ Ponadto Rozporządzenie wymaga oznaczenia w osadach wilgotności, odczynu, zawartości substancji organicznej, azotu ogólnego, azotu amonowego oraz całkowitej zawartości fosforu, wapnia i magnezu, nie precyzując jednak dla nich liczb granicznych.

- ✓ Pomimo uregulowań prawnych dotyczących stosowania osadów ściekowych w rolnictwie, istnieje wiele kontrowersji i uprzedzeń ograniczających ich szersze stosowanie.
- ✓ Kontrowersje głównie wynikają z braku pełnej informacji odnośnie korzyści, zagrożeń oraz obecności zanieczyszczeń w osadach ściekowych i ich wpływu na środowisko glebowe, a także braku zrozumienia roli składników osadu (np. Al, Fe, P) w ograniczaniu biodostępności Cd, Pb i innych metali.

**Niezbędne jest wytworzenie lub upowszechnienie nowej wiedzy dla ewentualnej weryfikacji przepisów, w tym np. dopuszczalnych dawek i koniecznych analiz osadów ściekowych przed ich dopuszczeniem do stosowania.**

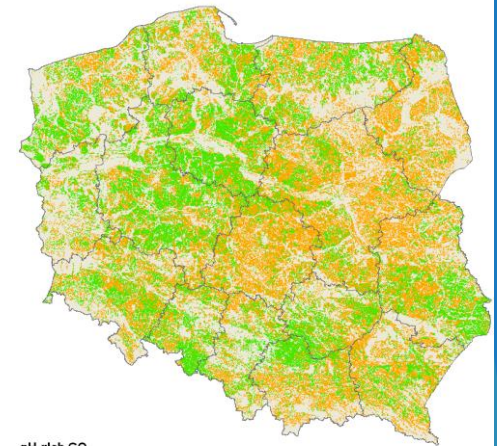
# Potencjał stosowania osadów ściekowych



gleby GO bardzo lekkie i organiczne  
pozostałe gleby GO



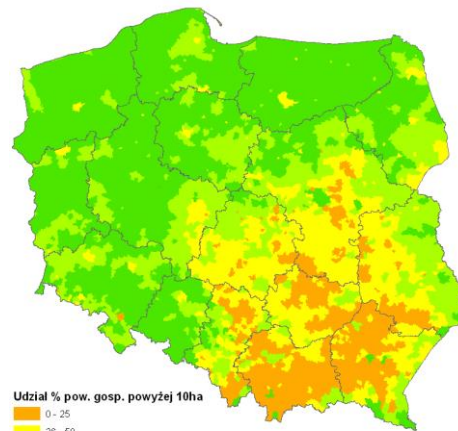
% próchnicy w glebach GO  
0,00 - 2,00  
2,01 - 9,72



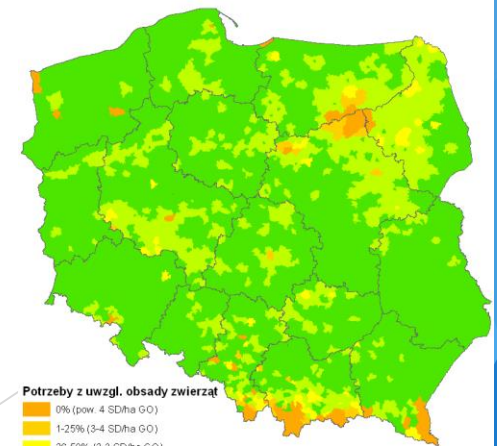
pH gleb GO  
3,2 - 5,5  
5,6 - 7,8



poz wody grunt 0-2 m



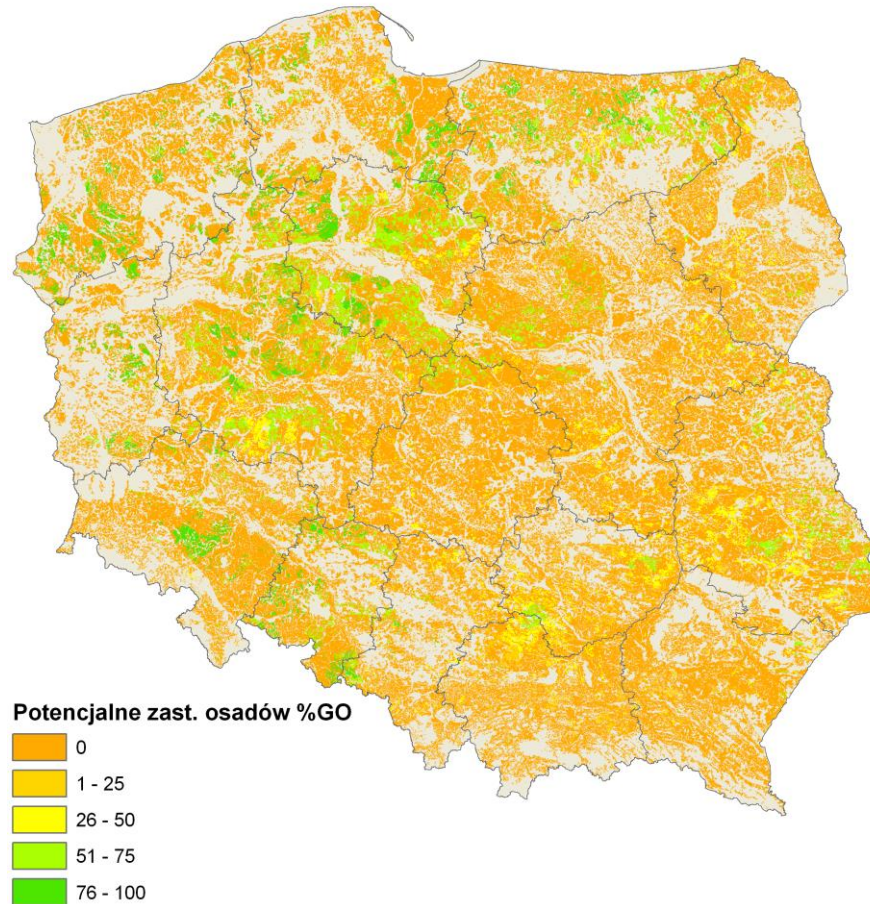
Udział % pow. gosp. powyżej 10ha  
0 - 25  
26 - 50  
51 - 75  
76 - 100



Potrzeby z uwzgl. obsady zwierząt  
0% (pow. 4 SD/ha GO)  
1-25% (3-4 SD/ha GO)  
26-50% (2-3 SD/ha GO)  
51-75% (1-2 SD/ha GO)  
76-100% (0-1 SD/ha GO)



# Przestrzenny rozkład gleb o dużym potencjale wykorzystania osadów ściekowych do nawożenia



**Potencjalne obszary zastosowania osadów ściekowych obejmują 8,4% GO w Polsce co stanowi obszar około 0,905 mln ha (GO = zasiewy + uprawy trwałe wg PSR2010 stanowią 10,826 mln ha)**

# Właściwości osadów ściekowych

## *Biosolids properties*

<b>Parametr</b>	<b>Śred/mean (Mediana)</b>	<b>Zakres</b>	<b>SD (%)</b>
OM - Organic matter (%)	42.2 (43.3)	13.6 – 65.1	33
Humic acids (mgC <sub>KH</sub> /100g)	2163 (2139)	293 – 5385	44
Fulvic acids (mgC <sub>KF</sub> /100g)	3898 (3938)	404 – 6727	36
pH w H <sub>2</sub> O	6.79 (6.73)	5.7 – 13.4	14
CEC (cmol(+)/kg)	56.3 (54.1)	14.4 – 113.3	42
Pot. CEC (cmol(+)/kg)	66.2 (63.7)	16.6 – 117.7	35
N - Nitrogen (%)	2.61 (2.48)	0.55 – 5.64	49
P -Phosphorus (%)	1.83 (1.75)	0.14 – 4.08	47
Ca - Calcium (%)	3.93 (3.82)	0.81 – 19.9	62
Fe - Iron (%)	2.67 (2.11)	0.63 – 8.51	60
Mg - Magnesium (%)	0.58 (0.55)	0.01 – 1.70	73
K - Potassium (%)	0.25 (0.21)	0.09 – 0.87	57
Na - Sodium (%)	0.06 (0.05)	0.01 – 0.15	50
Mn - Manganese (mg kg <sup>-1</sup> )	539 (451)	128 – 1949	68

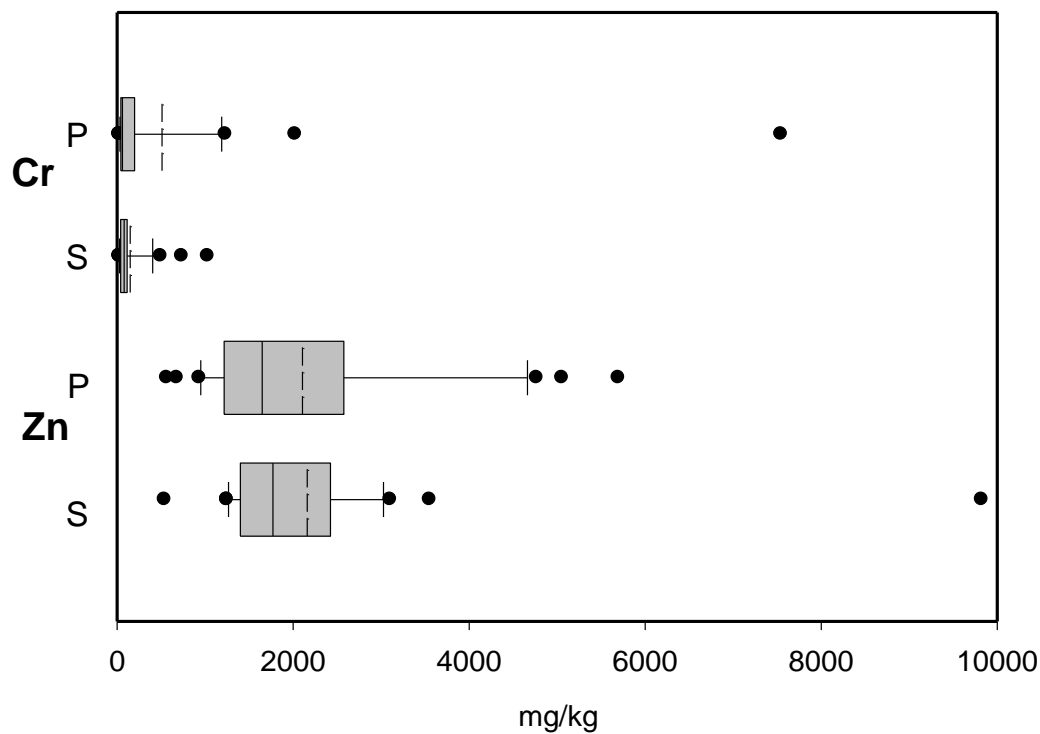
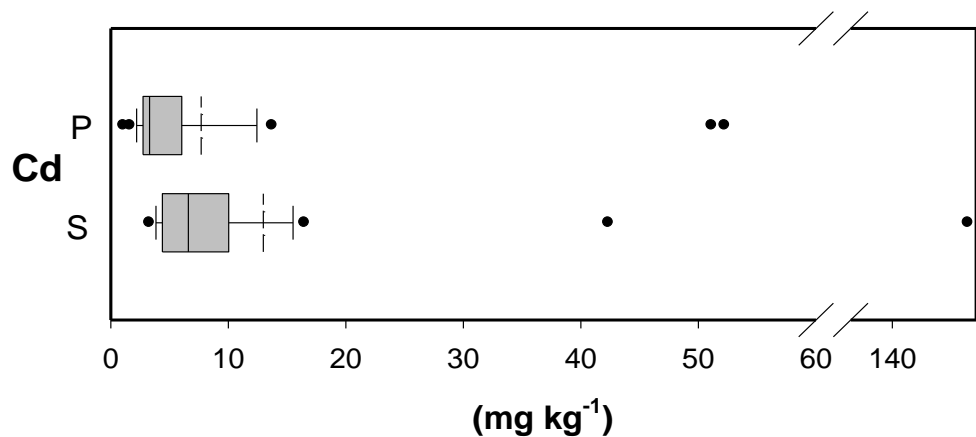


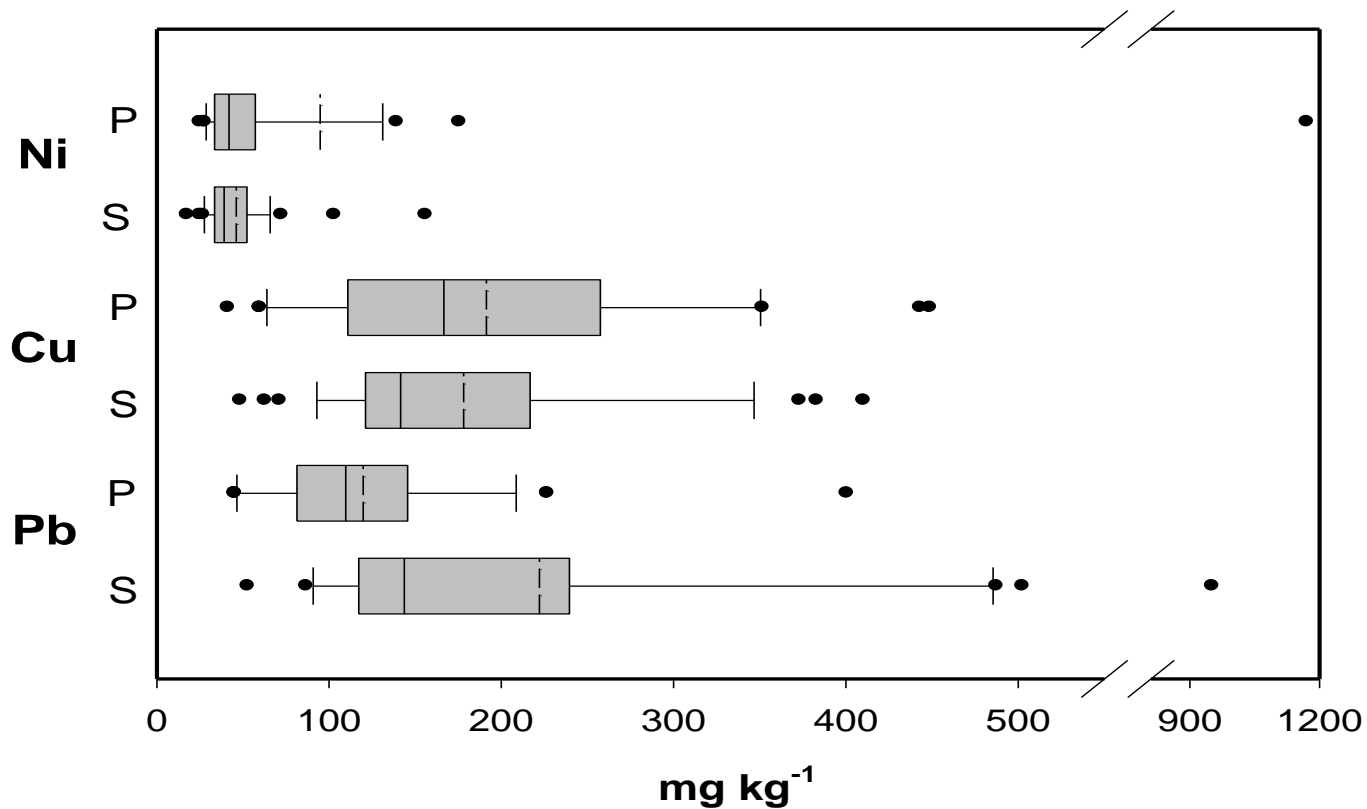
**P - grupa referencyjna**

*Reference group*

**S - grupa śląska**

*Silesia group*





**P - grupa referencyjna**

*Reference group*

**S - grupa śląska**

*Silesia group*

## Odsetek osadów, które spełniają obecne kryteria stosowania w rolnictwie (Siebielec, Stuczyński; 2010)

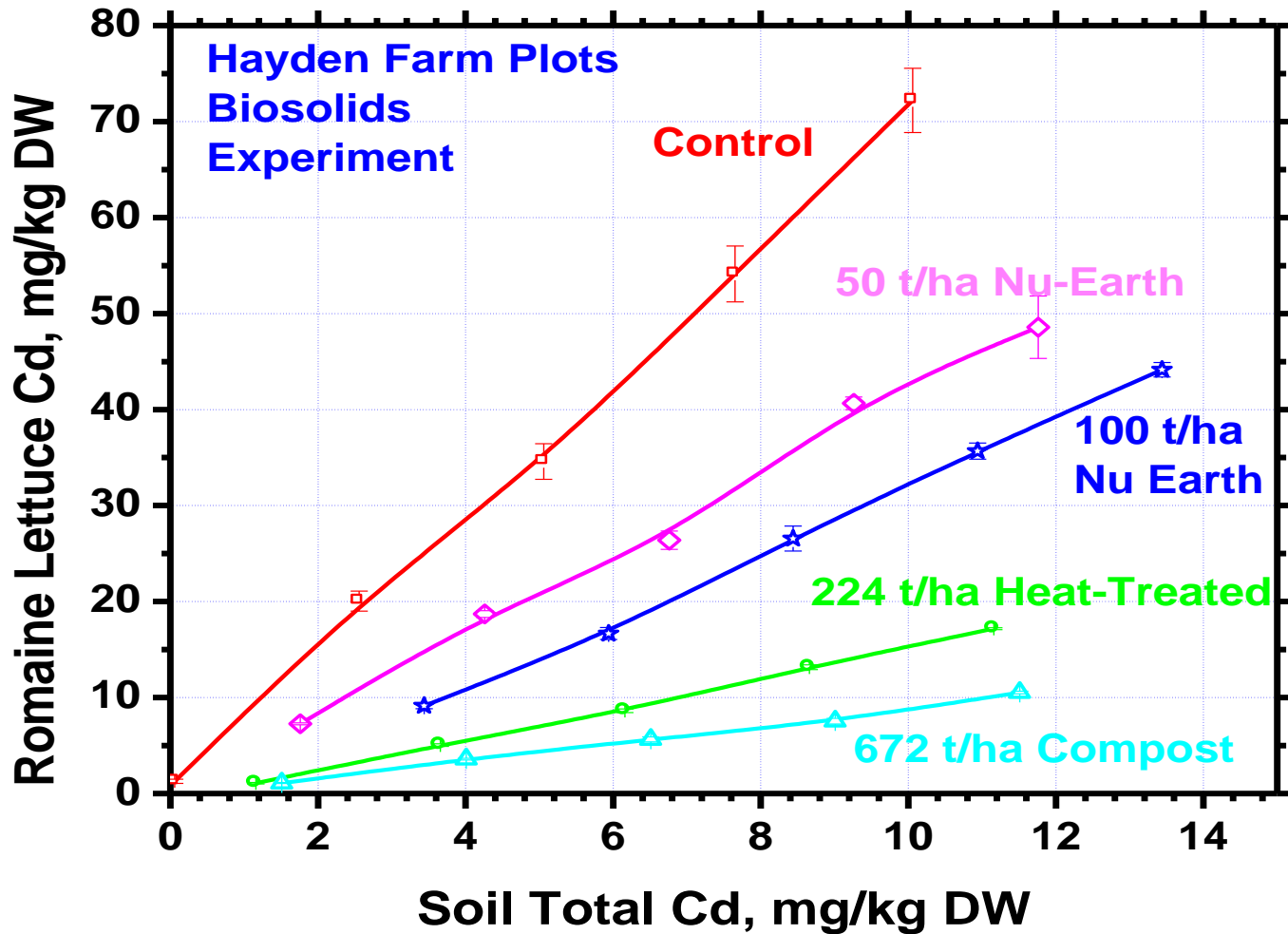
Metal	Limit (mg kg <sup>-1</sup> )	Biosolids that met the metal threshold			
		Industrial (n=30)		Reference (n=29)	
		number	%	number	%
<b>Cadmium</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>93</b>	<b>27</b>	<b>93</b>
<b>Nickel</b>	<b>300</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
<b>Copper</b>	<b>1000</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>
<b>Lead</b>	<b>750</b>	<b>29</b>	<b>97</b>	<b>29</b>	<b>100</b>
<b>Chromium</b>	<b>500</b>	<b>28</b>	<b>93</b>	<b>25</b>	<b>86</b>
<b>Zinc</b>	<b>2500</b>	<b>23</b>	<b>77</b>	<b>21</b>	<b>72</b>
<b>All metals</b>	<b>-</b>	<b>22</b>	<b>73</b>	<b>19</b>	<b>66</b>

# Formy metali w osadach – analiza sekwencyjna

## *Metal forms in biosolids - sequential extraction*

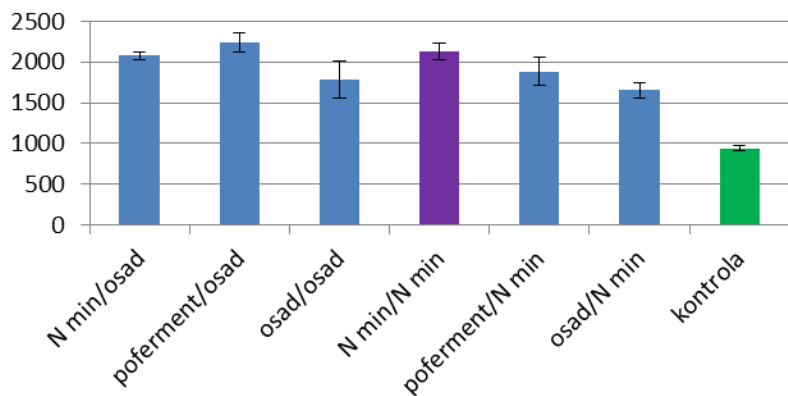
<b>Frakcja/fraction</b>	<b>Cd</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>
F1 Wymienne/Exch.	16,4 (0,9-48,2)	2,8 (0-15,5)	1,3 (0-17,1)	5,4 (0-64,5)	3,4 (0-26,2)	0,9 (0-9,6)
F2 Węglany/Carbonates	12,2 (1,1-28,7)	12,1 (1,8-27,1)	2,4 (0-12,6)	2,1 (0,1-25,2)	11,7 (2,0-41,9)	0,1 (0-1,3)
F3 Tlenki Fe Mn/Fe Mn oxides	43,0 (8,4-92,8)	55,0 (34,2-85,3)	9,5 (0-69,8)	7,9 (1,0-49,2)	29,1 (1,9-57,2)	14,0 (3,0-61,0)
F4 Organiczna/Organic	8,4 (0-42,2)	15,3 (2,0-37,4)	0,8 (0-13,4)	68,0 (0-89,1)	32,3 (9,5-78,2)	45,3 (2,5-78,3)
F5 Pozostałość/Residue	20,1 (0,8-62,9)	14,8 (3,2-40,4)	86,0 (24,3-99,0)	16,6 (3,3-67,8)	23,5 (3,9-57,0)	39,7 (11,7-83,9)

# Biodostępność metali w zależności od źródła

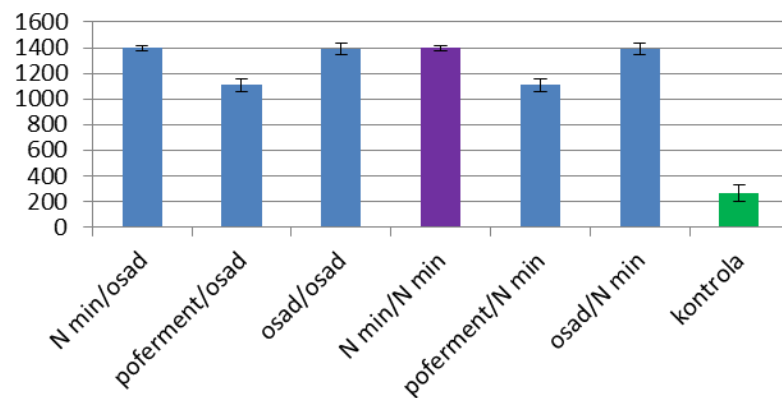


*Chaney et al.. Bioavailability of metals depending on their source*

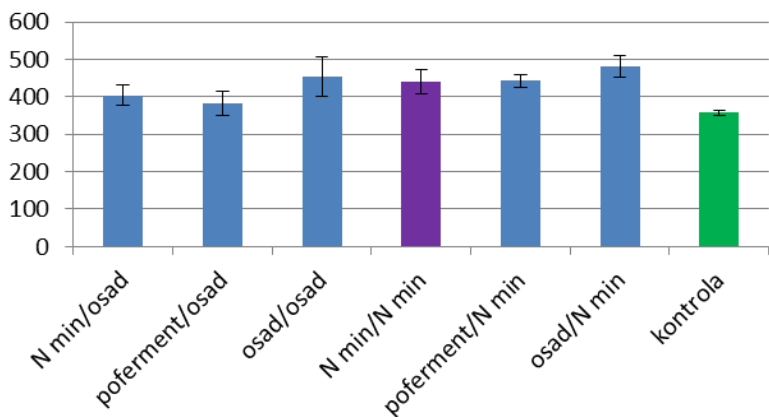
# Plonowanie roślin w doświadczeniu lizymetrycznym



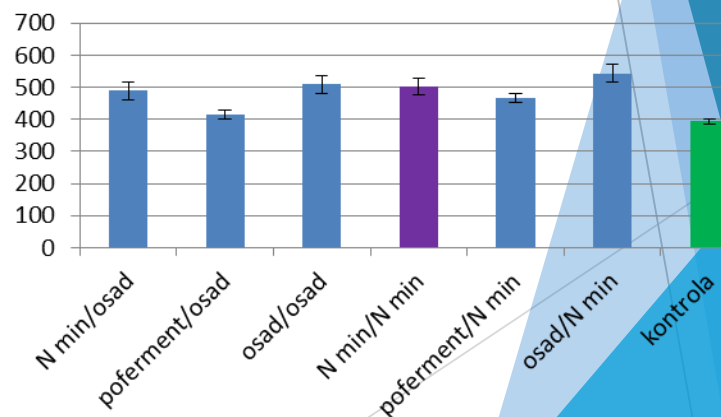
**Biomasa kukurydzy w doświadczeniu lizymetrycznym w zależności od wariantu nawożenia (g/m<sup>2</sup>)**



**Plon ziarna kukurydzy w doświadczeniu lizymetrycznym w zależności od wariantu nawożenia (g/m<sup>2</sup>)**



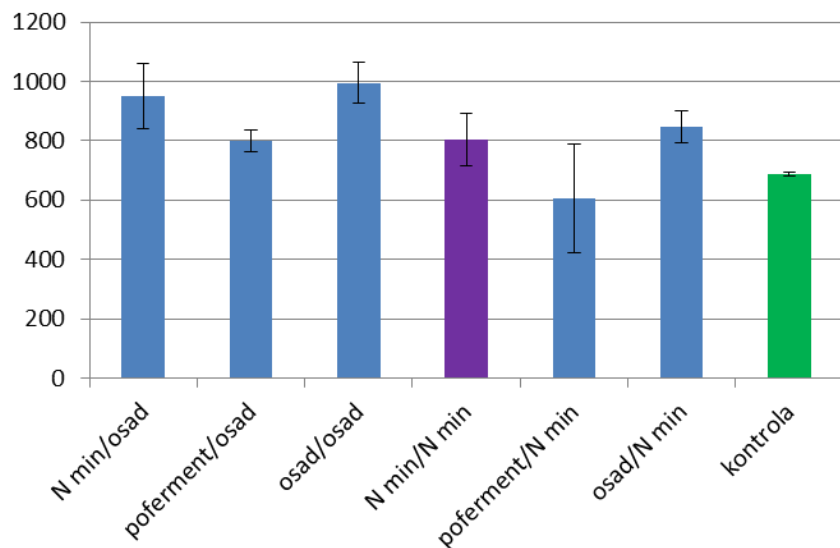
**Plon słomy pszenicy w doświadczeniu lizymetrycznym w zależności od wariantu nawożenia (g/m<sup>2</sup>)**



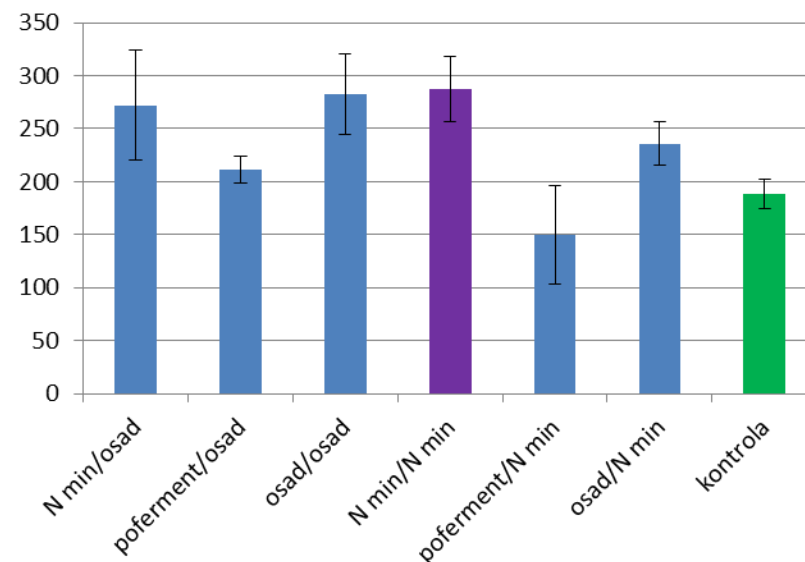
**Plon ziarna pszenicy w doświadczeniu lizymetrycznym w zależności od wariantu nawożenia (g/m<sup>2</sup>)**



# Plonowanie roślin w doświadczeniu lizymetrycznym



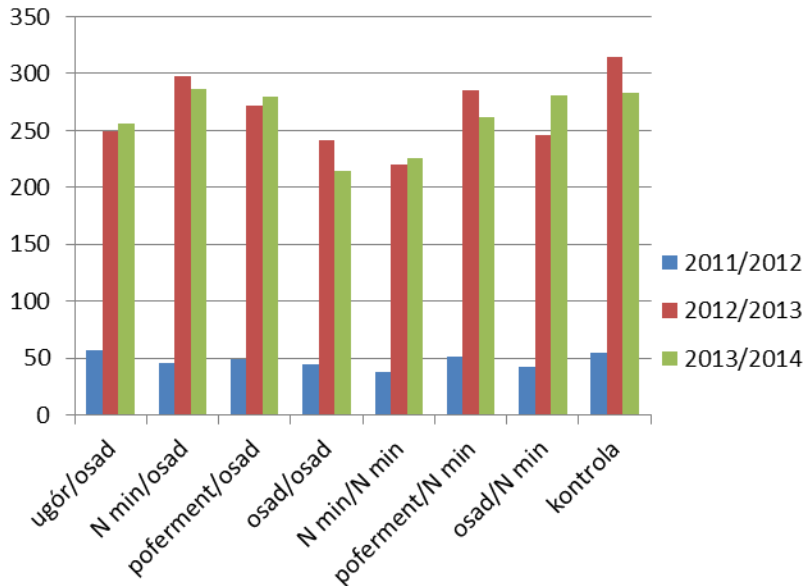
Plon słomy rzepaku w doświadczeniu lizymetrycznym w zależności od wariantu nawożenia (g/m<sup>2</sup>)



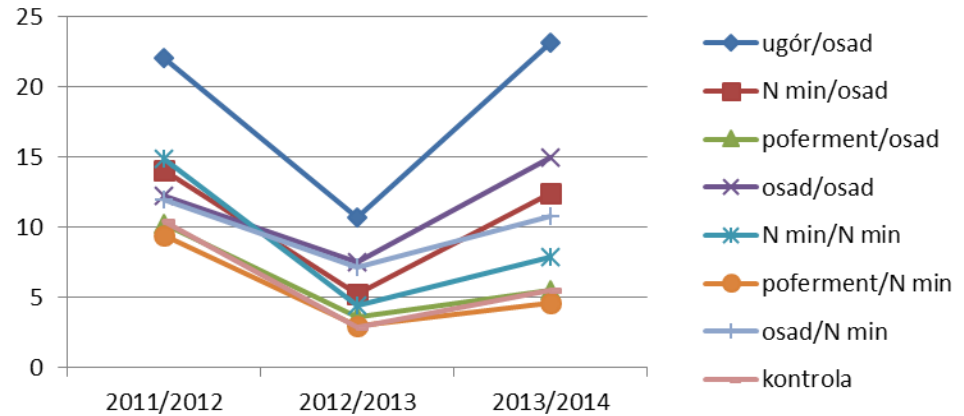
Plon nasion rzepaku w doświadczeniu lizymetrycznym w zależności od wariantu nawożenia (g/m<sup>2</sup>)

# Wpływ osadów ściekowych na jakość wód gruntowych

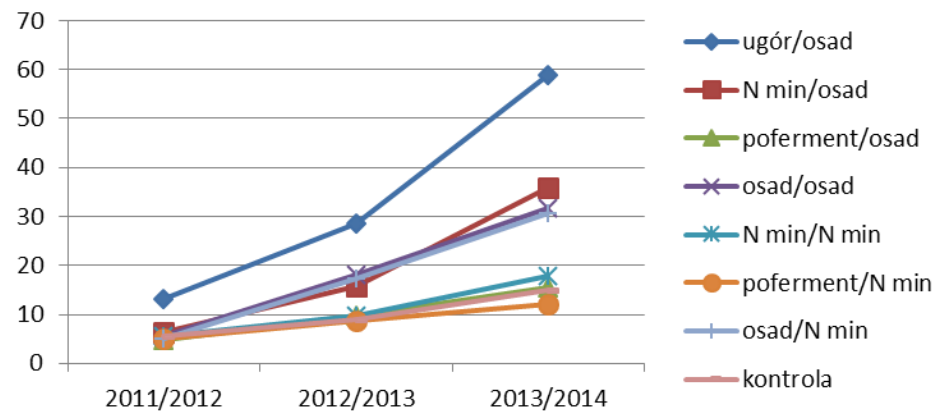
## Azot i fosfor



Roczna suma odcieków w doświadczeniu lizymetrycznym (litr)



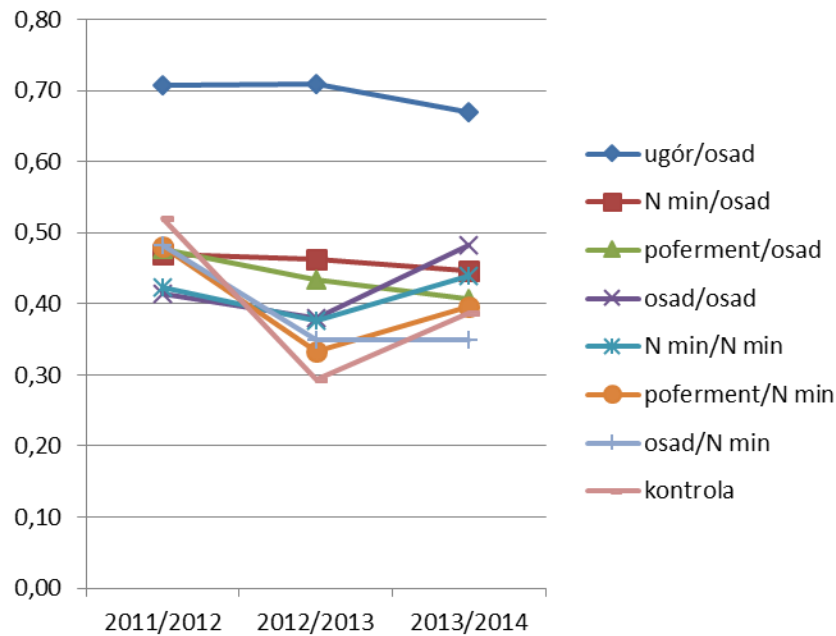
Średnie stężenie N-NO<sub>3</sub> (mg/l) w odciekach z lizymetrów w zależności od wariantu nawożenia



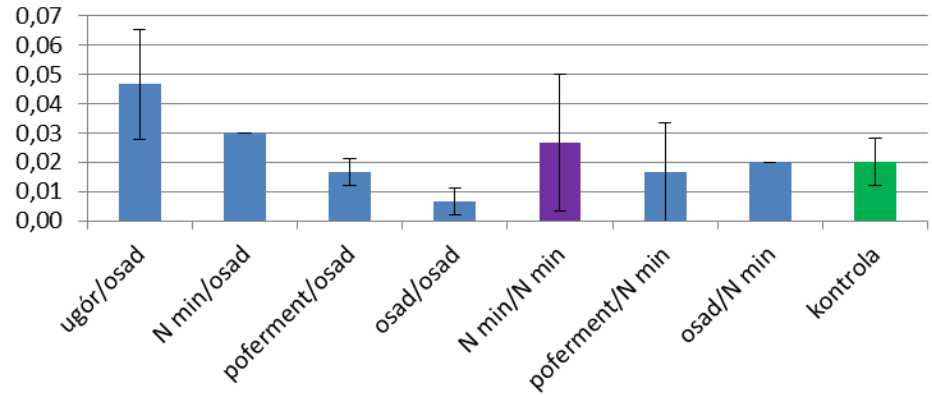
Sumaryczne roczne wymycie N (kg/ha) w zależności od wariantu nawożenia

# Wpływ osadów ściekowych na jakość wód gruntowych

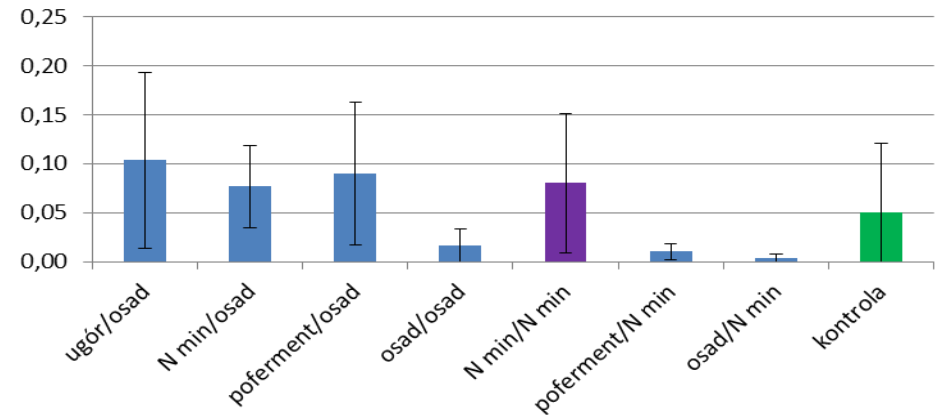
## Pierwiastki śladowe



Średnie stężenie arsenu ( $\mu\text{g/l}$ ) w odciekach z lizymetrów w zależności od wariantu nawożenia

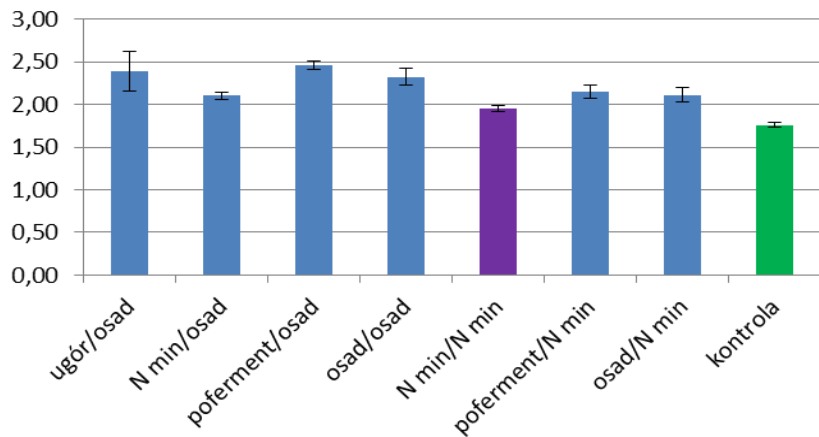


Średnie stężenie kadmu ( $\mu\text{g/l}$ ) w odciekach z lizymetrów w zależności od wariantu nawożenia w 2015r.

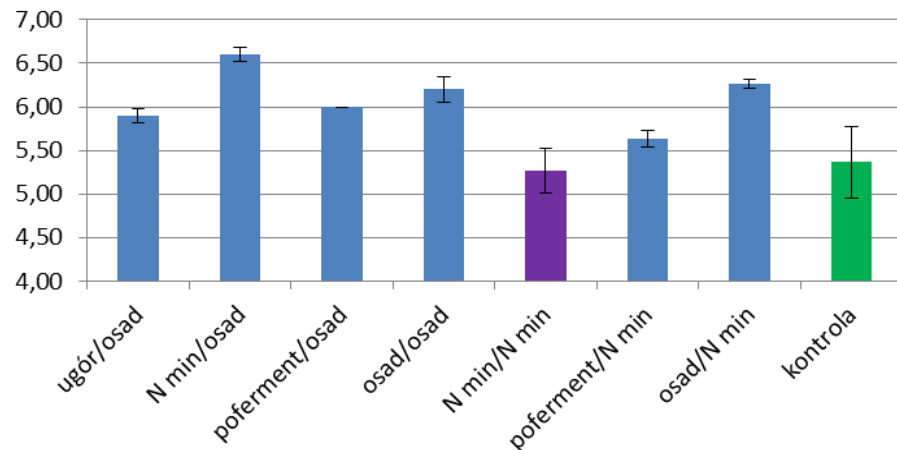


Średnie stężenie ołowiu ( $\mu\text{g/l}$ ) w odciekach z lizymetrów w zależności od wariantu nawożenia w 2015r.

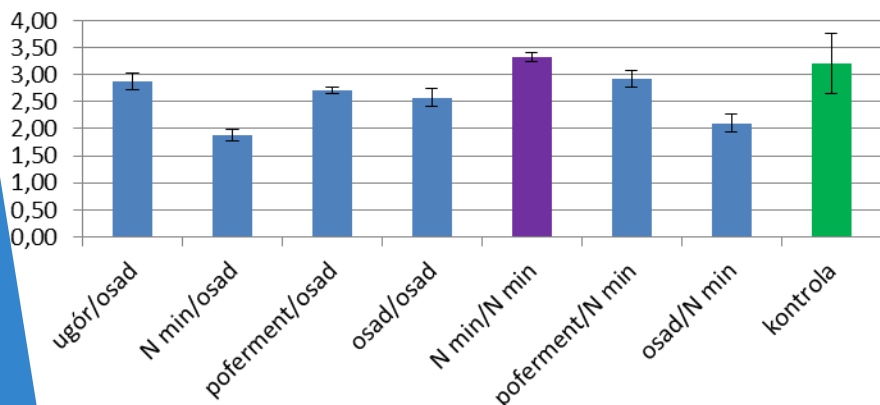
# Wpływ osadów ściekowych na właściwości gleb



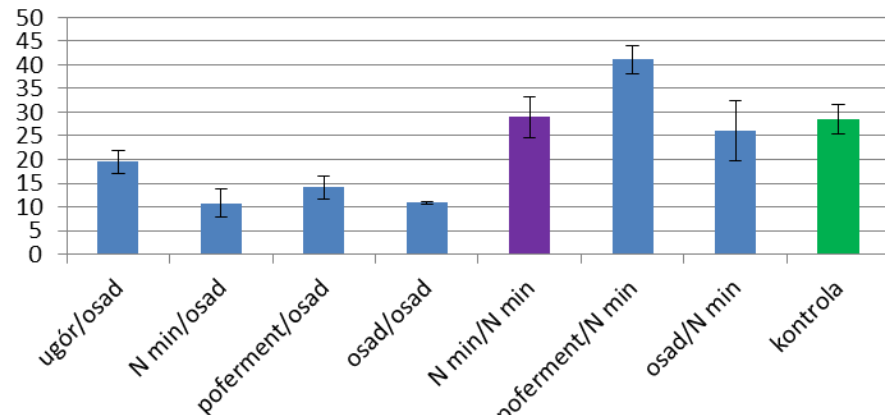
**Zawartość próchnicy (%) w wierzchniej warstwie gleby w 2015r. w zależności od wariantu nawożenia**



**Odczyn (pH w H<sub>2</sub>O) wierzchniej warstwie gleby w 2015r. w zależności od wariantu nawożenia**



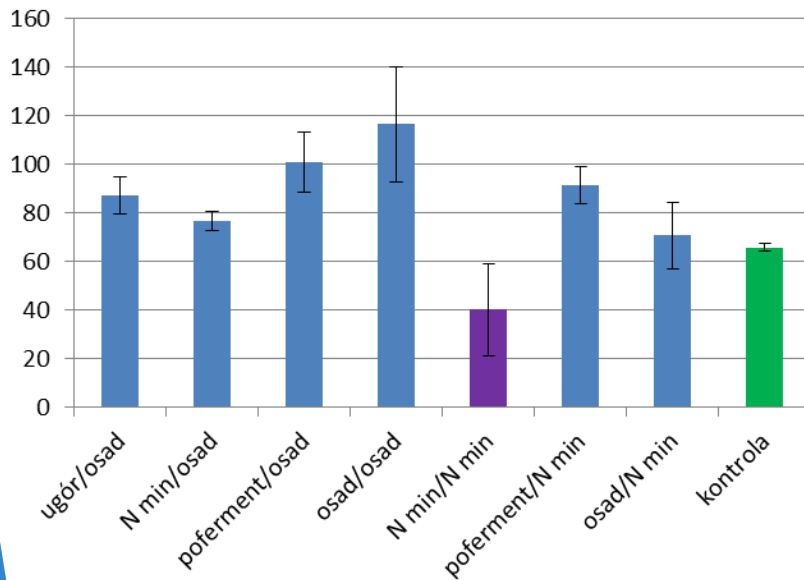
**Kwasowość hydrolytyczna (cmol(+)/kg) w wierzchniej warstwie gleby w 2015r. w zależności od wariantu nawożenia**



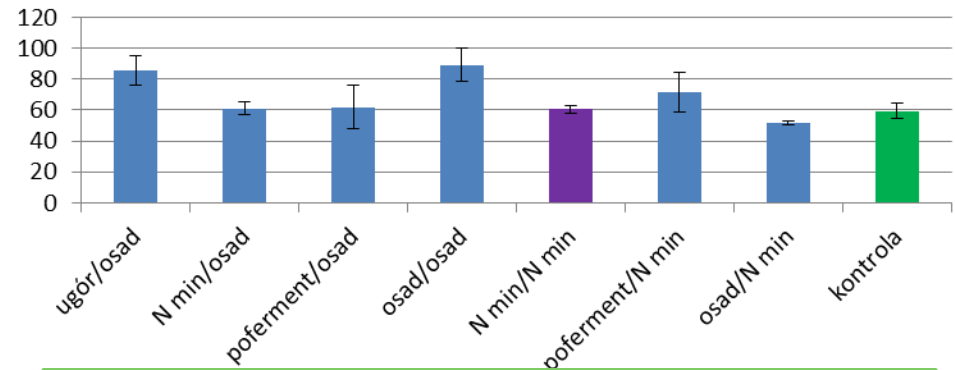
**Stabilność koloidów glebowych wyrażona intensywnością zmętnienia (NTU) w zależności od wariantu nawożenia**

# Wpływ osadów ściekowych na aktywność i liczebność mikroorganizmów

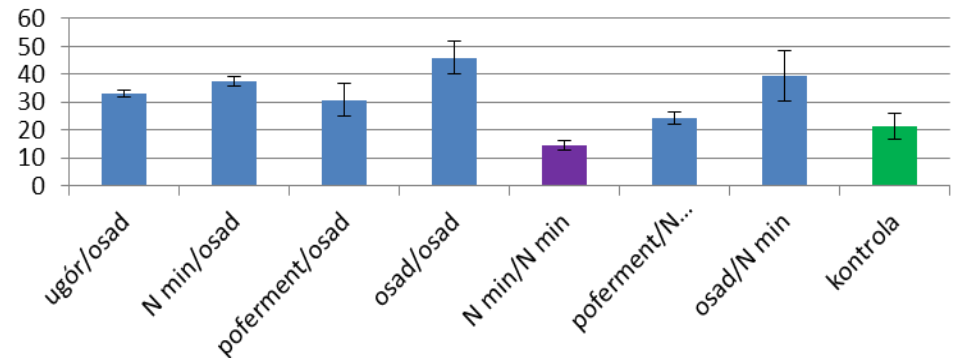
## Aktywność enzymatyczna



Aktywność dehydrogenaz (µg TPF/g) w wierzchniej warstwie gleby w zależności od wariantu nawożenia



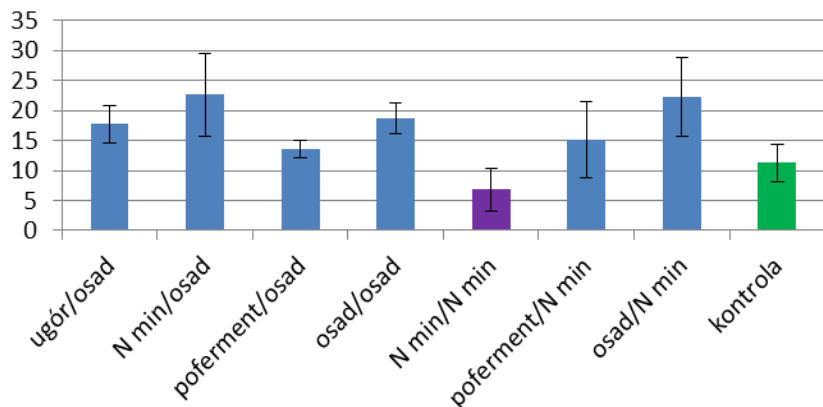
Aktywność fosfatazy kwaśnej (µg p-nitrophenol/g) w wierzchniej warstwie gleby w zależności od wariantu nawożenia



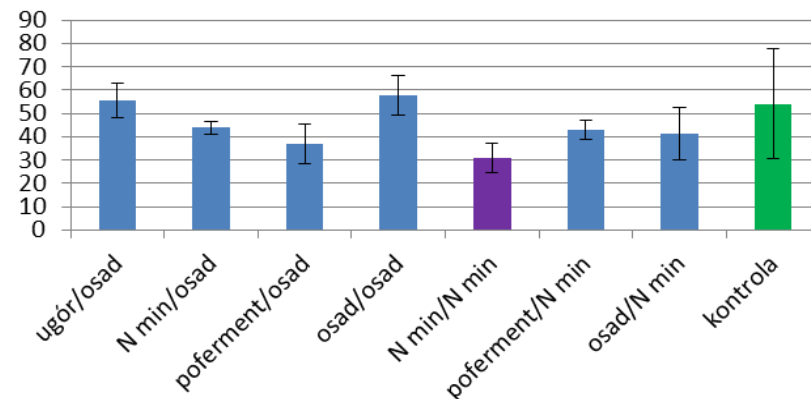
Aktywność fosfatazy zasadowej (µg p-nitrophenol/g) w wierzchniej warstwie gleby w zależności od wariantu nawożenia

# Wpływ osadów ściekowych na aktywność i różnorodność mikroorganizmów

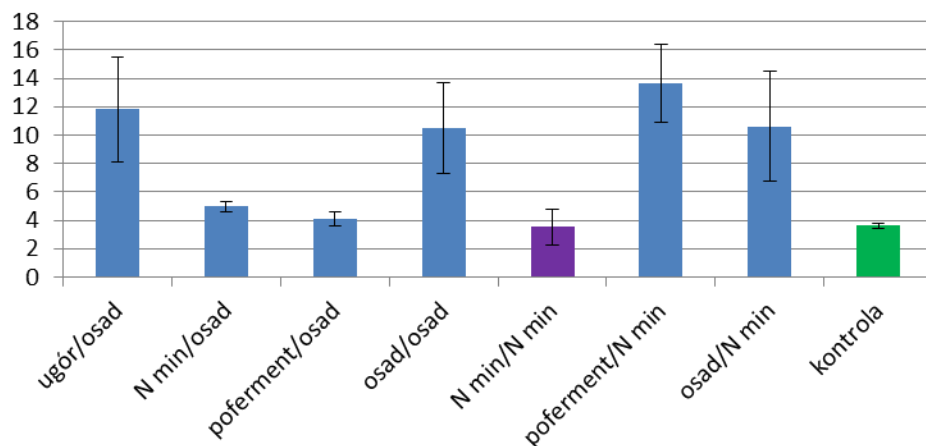
## Liczebność grup mikroorganizmów



Liczebność ogólna bakterii i promieniowców (x10<sup>7</sup>) w zależności od wariantu nawożenia



Liczebność grzybów (x10<sup>4</sup>) w zależności od wariantu nawożenia

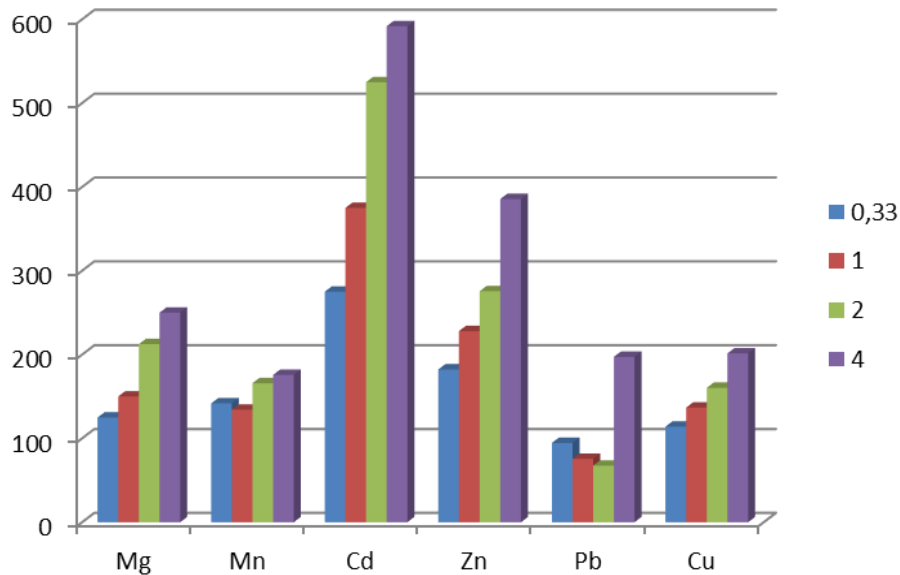


Liczebność bakterii amonifikacyjnych (x10<sup>6</sup>) w zależności od wariantu nawożenia

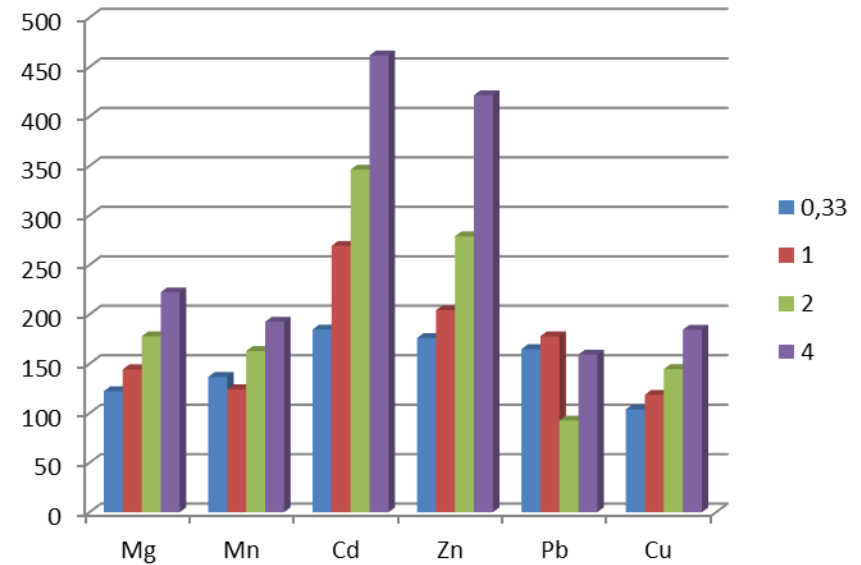


# Wpływ właściwości osadów ściekowych na fitodostępność pierwiastków

## Wpływ dawki

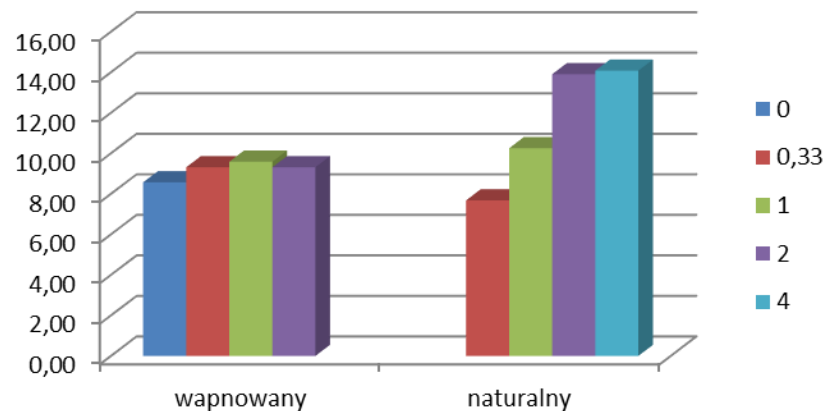
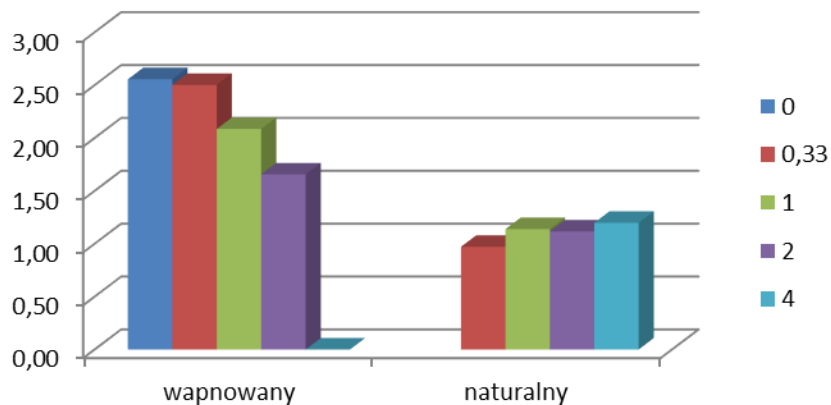


Wpływ dawki osadu ściekowego na przyrost zawartości pierwiastków w biomacie owsa (% zawartości w roślinach kontrolnych) na glebie niewapnowanej



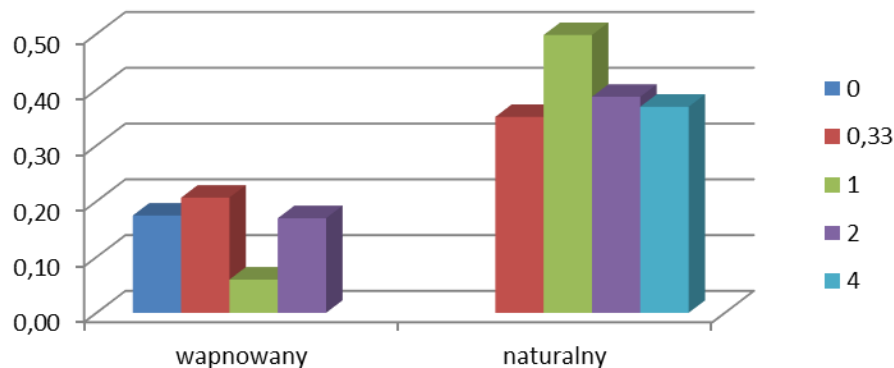
Wpływ dawki osadu ściekowego na przyrost zawartości pierwiastków w biomacie owsa (% zawartości w roślinach kontrolnych) na glebie wapnowanej

# Wpływ właściwości osadów ściekowych na biodostępność potencjalnie toksycznych pierwiastków śladowych



Wpływ dawki osadu ściekowego na akumulację **arsenu** w dżdżownicach

Wpływ dawki osadu ściekowego na akumulację **kadmu** w dżdżownicach



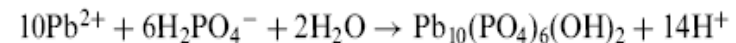
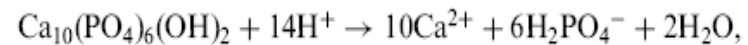
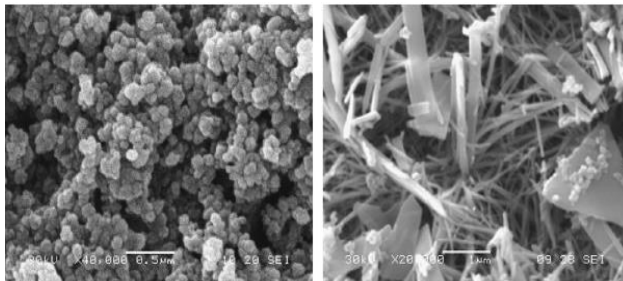
Wpływ dawki osadu ściekowego na akumulację **ołowiu** w dżdżownicach

# Mechanizmy sorpcji metali przez osady ściekowe i komposty

-wiązanie przez materię organiczną



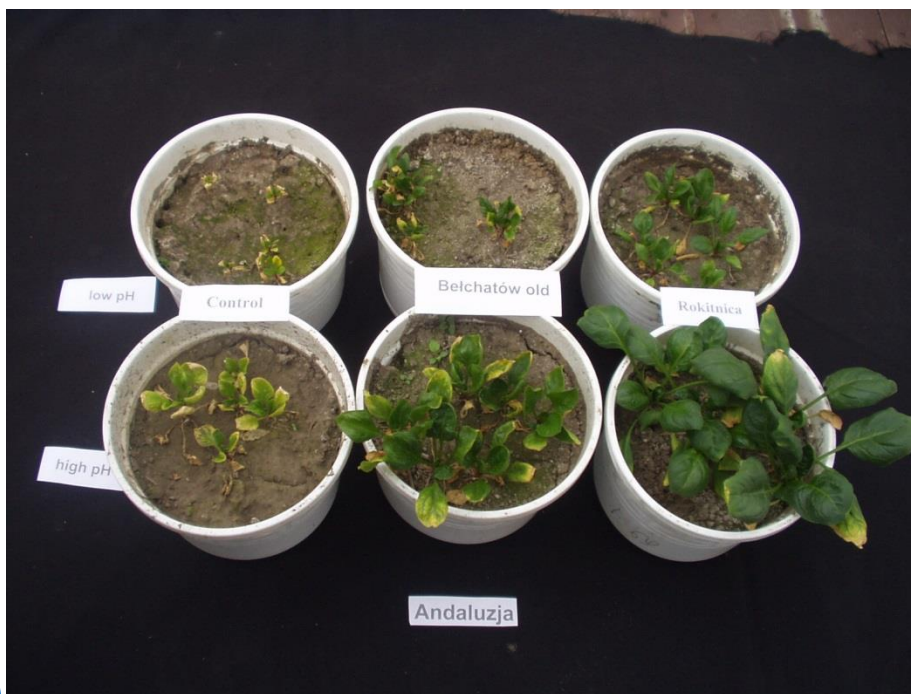
-wytrącanie jako trudno rozpuszczalne fosforany



-adsorpcja i okluzja przez tlenki żelaza

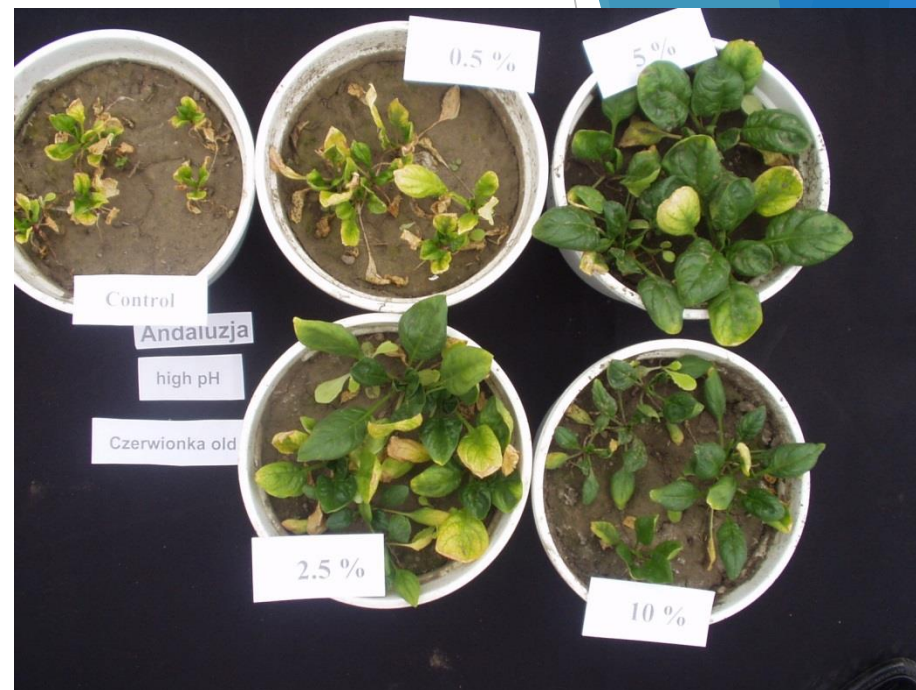
-zmiana odczynu

## Wpływ różnych osadów



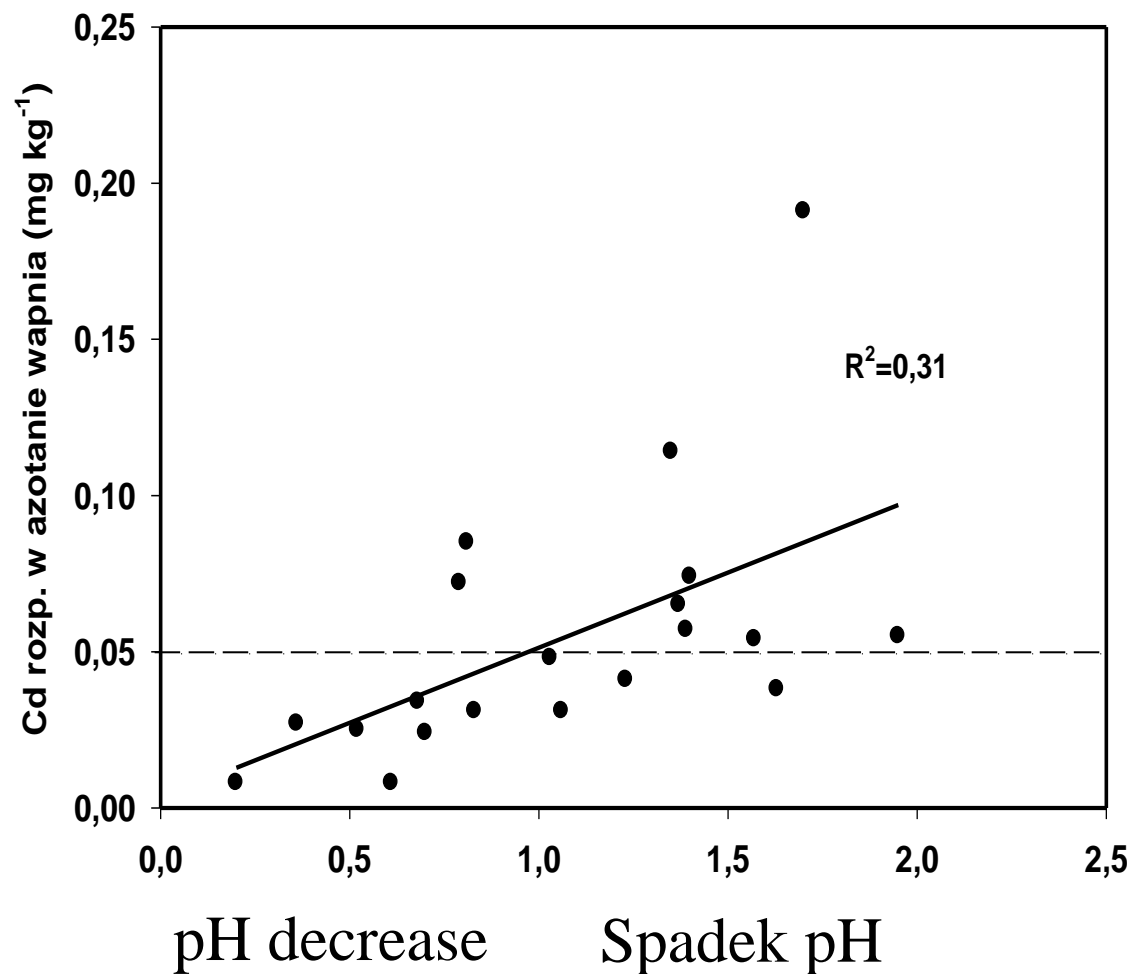
*Sludge and pH effect*

## Wpływ dawki



*Rate effect*

# Wpływ osadów ściekowych na odczyn i rozpuszczalność metali



*The effect of biosolids on soil pH*

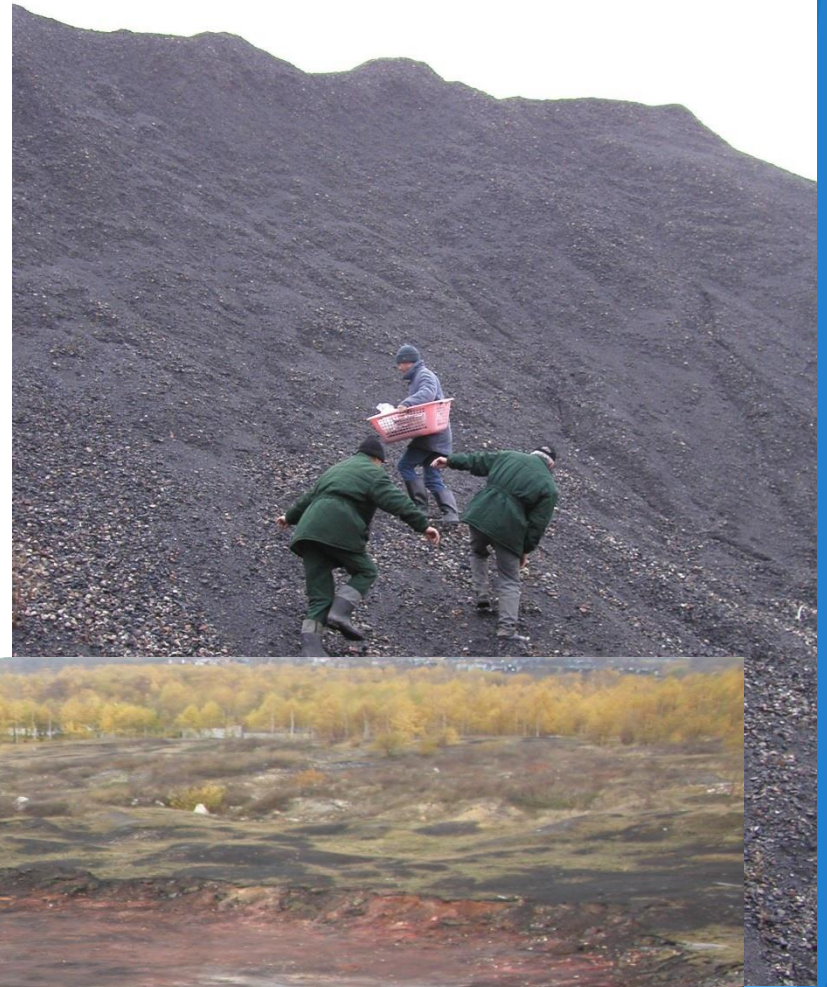




**Palmerton, 1990, Osady ściekowe + popioły węglowe + wapno**

***Palmerton, PA, 1990: Oyler's First Test Plot Using Biosolids + FlyAsh + Limestone, with 'Merlin' Red Fescue; adjacent control.***





*Reclamation of smelter waste sites in Silesia*





3 rok - Third year

6 3'96





Doerschel

Welz

Control

7 rok - 7th year



# Skuteczność kompostu w rekultywacji gleby zanieczyszczonej Zn





# Skuteczność kompostu w rekultywacji gleby zanieczyszczonej Zn



# Wnioski

- ❑ Nie obserwuje się toksyczności osadów ściekowych dla roślin, niezależnie od dawki osadu, a plon słomy i ziarna/nasion z reguły wzrasta po zastosowaniu osadów ściekowych
- ❑ Stężenie azotanów w odciekach oraz całkowite wymycie azotu w glebie nawożonej wysokimi, rekultywacyjnymi dawkami osadów jest nieco większe niż w przypadku nawożenia mineralnego
- ❑ Stężenia pierwiastków śladowych w odciekach z profilu glebowego są wielokrotnie niższe od zawartości dopuszczalnych dla wody pitnej
- ❑ Osady ściekowe mogą być cennym uzupełnieniem deficytów mikroelementów i magnezu w roślinach oraz mogą zwiększać zasobność gleb w fosfor i magnez przyswajalny, a ponadto po kilku latach od zastosowania zwiększają odporność gleby na fizyczną degradację
- ❑ Dawki osadu nie przekraczające 30t/ha nie powodowały nadmiernego gromadzenia kadmu w roślinach pod względem jakości paszowej

# Wnioski

- ❑ Stosowanie wysokich rekultywacyjnych dawek osadów ściekowych powoduje trwałą sekwestrację węgla w glebie
- ❑ Osady ściekowe, nawet w dawkach rekultywacyjnych stymulują aktywność i liczebność mikroorganizmów glebowych, szczególnie bakterii
- ❑ Dopuszczalne obecnie dawki osadów ściekowych stosowane w rolnictwie nie powodują żadnego zagrożenia środowiskowego
- ❑ Obecne kryteria (dawka, dopuszczalne zawartości) regulujące wnoszenie pierwiastków wraz z osadem do gleby zabezpieczają glebę, organizmy glebowe i wody podziemne przed zagrożeniem ze strony potencjalnie toksycznych pierwiastków, takich jak arsen, kadm i ołów
- ❑ Przepuszczalnie możliwe jest zwiększenie dawki osadu ściekowego dopuszczalnej w rolnictwie, bez negatywnych skutków środowiskowych, przy zachowaniu wymagań jakościowych dla osadów.



**DZIĘKUJĘ  
ZA UWAGĘ**

