



## Influence of landfill leachate on physical and chemical properties of loamy soil

Grzegorz GAŁKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel.: +48-32-237-13-21, e-mail: grzegorz.galko@polsl.pl

### Abstract

Development of civilization, may cause to achieving benefit of the society. On the other side such development there are problems which were not seen. They are caused by growing of world production of waste. This problems includes especially: landfill leachate and odors. In the article was given the results of physical and chemical analyses of clean and polluted soil on example of . The soil had, structure and granulation. The researches have included the natural buffering properties of soil. Destination of researches is analyzing how the landfill leachate is changing the geochemical properties. In addition was shown soil buffer properties.

**Keywords:** landfill leachate, loamy soil, chemical properties

### Streszczenie

Wpływ odcieków ze składowiska odpadów na właściwości fizykochemiczne gleby gliniastej

Rozwój cywilizacyjny, przyczyniając się do osiągnięcia korzyści przez społeczeństwo powoduje powstanie nowych, do tej pory mniej uciążliwych problemów. Jednym z nich jest wzrost ilości generowanych odpadów, których podstawową metodą ostatecznego unieszkodliwiania jest składowanie. Znaczną uciążliwością dla otoczenia powodowaną przez składowiska są odory i ocieki składowiskowe. W artykule przedstawiono wyniki analizy fizykochemicznej próbki gleby gliniastej czystej i skażonej odciekiem ze składowiska. Gleba posiada określone pochodzenie, strukturę i uziarnienie. Badania uwzględniały naturalne właściwości buforowe roztworu glebowego. Celem badań było zanalizowanie w jaki sposób odciek składowiskowy, w przypadku przedostania się do środowiska, zmienia parametry geochemiczne gleby. Celem badań była analiza wpływu odcieku składowiskowego w przypadku przedostania się do środowiska na zmianę parametrów geochemicznych gleby.

**Słowa kluczowe:** odciek składowiskowy, gleba gliniasta, parametry fizykochemiczne

### 1. Wprowadzenie

Nieodłączną korzyścią wynikającą z rozwoju cywilizacyjnego na świecie jest podnoszenie jakości życia społeczeństw. Następstwem tego jest poprawa jakości życia związana ze wzrostem dochodu. Z drugiej strony, pomimo korzyści, rozwój ten przyczynia się do pojawienia się nowych, dotychczas mniej dostrzegalnych problemów. Jednym z nich jest przyrost ilości generowanych odpadów. Jego przyrost wiąże się z konsekwencjami, wymagającymi zastosowania nowych i bardziej efektywnych metod zagospodarowania.

Wraz z rozwojem cywilizacyjnym, nastąpił rozwój metod zagospodarowania oraz ostatecznego unieszkodliwiania odpadów. Jedną z metod unieszkodliwiania jest składowanie odpadów. Stanowi ono jedną z najpopularniejszych metod. Składowanie cechuje się znaczną uciążliwością dla otoczenia, szczególnie poprzez unoszące się odory oraz przedostające się do otoczenia ocieki składowiskowe.

Ocieki składowiskowe stanowią realne zagrożenie dla warunków hydrogeologicznych. Powodują zmiany podstawowych parametrów jakości powodując degradację środowiska naturalnego. Szczególnie narażone na działanie odcieków są gleby. Jest to uwarunkowane lokalizacją składowiska na określonej powierzchni terenu, której podstawą jest gleba.

W artykule przedstawiono analizę zmiany parametrów geochemicznych gleby gliniastej w wyniku infiltracji odcieku w głąb profilu glebowego.

## 2. Uwarunkowania prawne i niegodności powodowane przez składowiska odpadów

Rozwój cywilizacyjny i kulturowy jest powiązany z tym, że niezależnie od tego którykolwiek z niego uwzględnimy, w każdym z nich będą powstawały odpady. Skład i rodzaj odpadów uwarunkowany jest takimi czynnikami jak: czas i miejsce powstawania, zamożność społeczeństwa, produkt krajowy brutto oraz stopa bezrobocia [1].

Prawo polskie od czasu wejścia kraju do Unii Europejskiej w maju 2004 roku, jest dostosowywane do wymagań prawa wspólnotowego drogą implementacji [2]. W myśl przepisów, w składowisko traktowane jest jako obiekt budowlany [3]. Obiekt ten w praktyce stanowi całość techniczno-użytkową przeznaczoną do składowania odpadów spełniającą wymagania techniczno-organizacyjne, jest to: prowadzenie ewidencji odpadów i regulacja kwestii finansowych [2]. Dodatkowo, Unia Europejska nakazuje w celu ochrony zasobów naturalnych wykorzystywanie technik recyklingu i odzysku energii i surowców wtórnych z odpadów [5]. W praktyce, prawodawstwo, na szczeblu krajowym i wspólnotowym szczegółowo precyzuje uwarunkowania prawne i techniczne dla składowisk odpadów. Celem tych działań jest minimalizacja ilości odpadów poprzez maksymalny odzysk materiałowy i energetyczny. Efektem tego jest doprowadzenie do minimalizacji ilości odpadów trafiających na składowisko.

## 3. Oddziaływanie odcieków ze składowiska odpadów komunalnych w Knurowie na glebę gliniastą

### 3.1 Charakterystyka odcieków składowiskowych

Podstawowym problemem związanym z funkcjonowaniem składowisk jest oddziaływanie na otoczenie substancji niebezpiecznych i bezużytecznych. Głównie oddziaływanie odbywa się na drodze: emisji gazów, odorów, hałasów oraz odcieków [6].

Dlatego, każda z inwestycji związana z budową składowiska wiąże się z licznymi protestami społeczeństwa [6]. Ponadto składowanie, jest najmniej korzystną formą unieszkodliwiania i aktualne regulacje prawne wymuszają na eksploatatorach minimalizację ilości składowanych odpadów. Dlatego konieczne jest wykorzystanie tej technologii tylko wówczas jeżeli nie można zagospodarować danych odpadów.

Składowisko odpadów wywiera negatywny wpływ na warunki hydrogeologiczne. Stopień oddziaływania jest zależny od ilości i rodzaju nagromadzonych odpadów. Wśród odpadów najczęściej trafiających na składowiska są: odpady biodegradowalne, papier, szkło oraz tektura [7]. Negatywny wpływ na środowisko powodowany jest przez odcieki składowiskowe. Charakter i jakość odcieku są zależne od takich składowych jak [8]:

- wiek składowiska,
- sezonowa zmienność pogody,
- skład odpadów,
- standard życia mieszkańców,

Ilość odcieków jest powiązana również z warunkami atmosferycznymi. Schemat obiegu odcieku jest uzależniony od obiegu wody na składowisku. Oprócz wody powstającej na składowisku w wyniku przemian odpadów dopływa woda z opadów, zwiększając ilość odcieków w jego bilansie. Dlatego w celu zabezpieczenia gleby przed skażeniem stosuje się uszczelnienia np. geomembrany. Ten system izolacji jest wszechstronny z racji swojej odporności na działanie odcieków [2]. W przypadku braku takiego zabezpieczenia istnieje realne niebezpieczeństwo skażenia na drodze infiltracji w głąb profilu glebowego co skutkuje pogorszeniem parametrów jakościowych w glebie. Odciek składowiskowy cechuje się znaczną uciążliwością dla otoczenia. Z racji swojego stanu skupienia (ciecz) jego obieg i sposób infiltracji w głąb profilu glebowego jest zbliżony do sposobu migracji wody glebowej. Jego skład uzależniony jest od rodzaju składowanych odpadów [9].

### 3.2 Charakterystyka odcieku ze składowiska odpadów według pozwolenia Wojewody śląskiego ŚR-III-6618/PZ/43/18/06 z dnia 14 Lipca 2006 roku dla składowiska w Knurowie

W celach badawczych wykorzystano odciek pochodzący ze składowiska odpadów komunalnych w Knurowie. Składniki znajdujące się w odciekach składowiskowych, wśród których wyróżniał się: jony, substancje rozpuszczone oraz zawiesiny, negatywnie oddziałują na skład roztworu glebowego (fazy ciekłej gleby), powietrza glebowego (fazy gazowej gleby), ale również fazy stałej gleby. Charakterystykę odcieku przedstawiono w tabeli 3.2.

Tabela 3.2.1. Zestawienie wartości parametrów chemicznych odcieku w porównaniu z wartościami dopuszczalnymi [11-13]

Parametr	Orientacyjna wielkość wskaźnika [11]:	Wartości dopuszczalne*	Stopień przekroczenia
Odczyn pH	6,5 – 9	6,5 - 9	0%
Przewodność elektrolityczna	20 000 μS/cm	2500 μS/cm	800%
Zawiesina ogólna	500 mg/l	35 mg/l	1428%
BZT	500 mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	25 mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	2000%
ChZT	2000 mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	125 mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	1600%
Chlorki	3000 mg/ dm <sup>3</sup>	1000 mg/ dm <sup>3</sup>	300%
Siarczany	500 mg/ dm <sup>3</sup>	500 mg/ dm <sup>3</sup>	0%
Azot amonowy	200 mg/ dm <sup>3</sup>	10 mg/ dm <sup>3</sup>	2000%
Cynk	1 mg/ dm <sup>3</sup>	2 mg/ dm <sup>3</sup>	0%
Ołów	0,1 mg/ dm <sup>3</sup>	0,1 mg/ dm <sup>3</sup>	0%
Miedź	0,1 mg/ dm <sup>3</sup>	0,1 mg/ dm <sup>3</sup>	0%
Chrom ogólny	0,1 mg/ dm <sup>3</sup>	0,1 mg/ dm <sup>3</sup>	0%
Rtęć	0,05 mg/ dm <sup>3</sup>	0,06 mg/ dm <sup>3</sup>	0%
Substancje z eterem naftowym	100 mg/dm <sup>3</sup>	50 mg/dm <sup>3</sup>	200%
Subst. ropopochodne	15 mg/ dm <sup>3</sup>	15 mg/ dm <sup>3</sup>	0%

\* Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 nr 137. poz 984)

Analiza powyższych danych jednoznacznie wskazuje jednoznacznie, że odciek składowiskowy ze składowiska w Knurowie jest medium bardzo niebezpiecznym. Wartości jego parametrów chemicznych przekraczają wielokrotnie wartości normowe dla ścieków wprowadzanych do wód i ziemi. Wśród podstawowych parametrów, których przekroczenia są znaczne można wyróżnić:

- biochemiczne zapotrzebowanie tlenowe,
- przewodność elektrolityczną,
- chemiczne zapotrzebowanie tlenowe,

- azot amonowy,
- chlorki,
- substancje ekstrahowane eterem naftowym,

Uwzględniając przekroczenia parametrów chemicznych można domniemywać że wpływ odcieku ze składowiska na właściwości chemiczne gleb będzie wyraźnie niekorzystny.

### 3.3 Charakterystyka gleby gliniastej

W niniejszych badaniach wykorzystano glebę gliniastą. Próba została pobrana w sposób bezpośredni z pominięciem warstwy organicznej wierzchniej, złożonej z organicznych substancji i cząstek roślin oddzielających ją od powietrza atmosferycznego.

Pod względem genezy gleby, czyli w praktyce pod względem rozkładu w glebie ziaren różnej wielkości, gleby gliniaste są w wielu wypadkach pochodzenia lodowcowego [15]. Ponadto glina cechuje się ziarnistością o wielkościach zbliżonych poniżej 0,06 mm. Frakcja o takiej ziarnistości nazywana jest łem koloidalnym zbliżonym do struktury kłaczkowatej. Najdrobniejsze frakcje występujące w badanej wymiar mają średnicę poniżej 0,02 mm i nazywane są łem pyłowym [15].

Jedną z podstawowych cech gleby gliniastej jest jej zabarwienie. W tym przypadku analizowana gleba cechuje się niejednorodną barwą (Rys.3.1). Wynika to z faktu że, rozpuszczone składniki barwne przemieszczają się w rozwarze glebowym.. Dodatkowo, innym czynnikiem działającym, są zmienne warunki w kontekście przestrzenno-wilgotnościowym [10].

Miejscem poboru próbki był teren w pobliżu kompleksu obszaru leśnego zwanego Katowickim Parkiem Leśnym (zwany dawniej zwyczajowo Doliną Trzech Stawów), w obrębie dzielnicy miasta Katowice Brynow, będącego elementem tzw. obrębu Leśnego pasa ochronnego dla konurbacji katowickiej.[14]

Dominującym poziomem genetycznym tej próby jest poziom wymywania czyli (E) Eluwalny o czym świadczy znikoma ilość ciemnych zabarwień powodowanych obecnością związkami humusowymi. Struktura dla badanej próby pod względem jej układu ma wyraźne właściwości pozwalające określać jej charakter jako zbity (Rys.3.2). Ten typ jest wyraźnie niekorzystny pod względem wykorzystania go w rolnictwie [10]



Rys.3.3.1 Gleba gliniasta – zdjęcia próbek materiału badawczego (Źródło: własne)

### 3.4 Metodyka badań

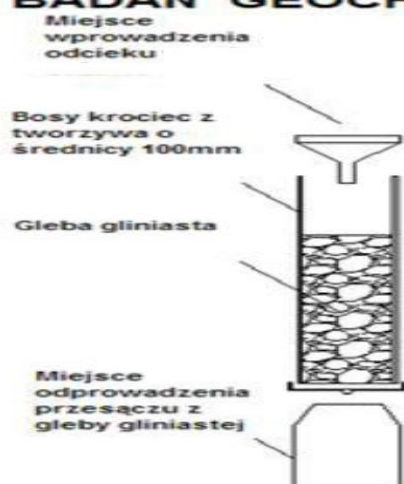
W celu przeprowadzenia eksperymentu doświadczalnego wykonano następujące działania. Badaną glebę umieszczono w rurze wykonanej z tworzywa sztucznego PCW o wysokości 0,5m i średnicy nominalnej DN100mm do wysokości stanowiącej ok.  $\frac{3}{4}$  długości rury (rys. 3.3.1.). Dno rury zabezpieczono sitem. Następnie z wykorzystaniem leja tworzywowego, króciec wypełniony glebą napełniono w ilości ok. 3dm<sup>3</sup> odciekiem ze składowiska. Następnie odciek na drodze infiltracji był zbierany w formie przesączu w naczyniu umieszczonym pod sitem od rury. Po przesączeniu odciek kilkakrotnie zawracano dla potrzeb przetrzymania roztworu glebowego w „stresie skaleniowym”. Badania przeprowadzono w czasie 3tygodni. Eksperyment wykonano w Laboratorium Analiz Fizykochemicznych Katedry Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów.

Całość oznaczeń miała charakter modelowy umożliwiający ocenę migracji odcieku składowiskowego z wierzchnich warstw ku niższym. W ramach badań zostały ocenione wpływ składowiska poprzez odcieki na środowisko głębokie oraz potencjalne skutki zmiany parametrów chemicznych.

Po zakończeniu eksperymentu, próbę gleby poddano badaniom analogicznie jak w pkt. 3.4 .

Wszystkie oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami PN

### SCHEMAT OGÓLNY STANOWISKA BADAWCZEGO DO BADAŃ GEOCHEMICZNYCH



Rys. 3.3.1 Schemat ogólny stanowiska badawczego do badań geochemicznych

### 3.5. Badania fizykochemiczne gleby oraz odcieku składowiskowego

Wykonano następujące oznaczenia: zawartość substancji organicznej, zawartość siarki, kwasowość ogólna, kwasowość mineralna, zasadowość ogólna, zasadowość mineralna, współczynnik przepuszczalności, pojemność wodna gleby, odczyn pH.

Test fitotoksyczności wykonano w celu oceny oddziaływania odcieku na rośliny. W tym celu wykonano pomiar przyrostu części korzeniowej rzeżuchy po 24 godzinach kontaktu porównano otrzymane wyniki kontaktu z glebą czystą i glebą po skażeniu odciekami składowiskowymi. Próbę kontrolną wyhodowano na podłożu, które stanowiła woda destylowana [16]. Wyniki przyrostu części korzeniowej rzeżuchy wyhodowanej w próbie kontrolnej porównano z wynikami uzyskanymi z próbek gleby. Na podstawie uzyskanych danych obliczono procent stymulacji.

Tabela 3.5.2 – Zestawienie parametrów próbek gleby i odcieku wykorzystanych w badaniu

Parametry dotyczące gleby		
Nazwa gleby	Gleba gliniasta przed skażeniem odciekiem	
Parametr gleby	Wartość przed skażeniem	jednostka
Zawartość substancji organicznej (X)	18,62	[%]
Zawartość siarki S <sub>a</sub>	1,028	[%]
Kwasowość mineralna (K <sub>p</sub> )	0	$\frac{mval}{dm^3}$
Kwasowość ogólna (K <sub>m</sub> )	0,37	$\frac{mval}{dm^3}$
Zasadowość mineralna (Z <sub>p</sub> )	2,37	$\frac{mval}{dm^3}$
Zasadowość ogólna (Z <sub>m</sub> )	0	$\frac{mval}{dm^3}$
Odczyn pH	8,14	[–]
Zawartość chlorków (X <sub>Cl</sub> )	0,0184	$\frac{mg Cl^-}{dm^3}$
Współczynnik przepuszczalności (K <sub>t</sub> )	0,0105	$\frac{cm}{s}$
Pojemność wodna gleby	25,89	[% wag]

#### 4. Wyniki badań i dyskusja

Zmianę wyników parametrów gleb czystych i skażonych odciekiem ze składowiska przedstawiono w tabelach 4.1-4.3 oraz na rysunkach 4.1-4.5.

W artykule przedstawiono w zestawieniu zmianę wyników parametrów gleb czystych i skażonych odciekiem.

Gleba pod wpływem skażenia odciekiem zareagowała zmieniając swoje właściwości chemiczne. Przejawiło się to przez wzrost zawartości substancji organicznej o prawie 27%, osiągając wartość 23,66% w stosunku do wyjściowych 18,62%. Infiltrujący odciek spowodował wymycie związków siarki. W wyniku procesu spadła prawie trzykrotnie, zawartość siarki w glebie gliniastej z 1,028 do 0,241 %. Infiltrujący przez warstwę gleby odciek nie wpłynął w sposób oznaczalny na wartości kwasowości mineralnej i zasadowości ogólnej gleby. Natomiast wartość kwasowości ogólnej (K<sub>m</sub>) z wartości 0,37  $\frac{mval}{dm^3}$  spadła poniżej progu oznaczalności. Wartość zasadowości mineralnej (Z<sub>p</sub>) wzrosła trzykrotnie, z początkowej wielkości 2,37  $\frac{mval}{dm^3}$  do 11,67  $\frac{mval}{dm^3}$ . Skutkowało to wzrostem odczynu pH, który przed skażeniem osiągał wartość 8,14. Natomiast po infiltracji odcieku wartość pH roztworu glebowego sięgnęła wartości 8,94. Dodatkowo, zanotowano 26 krotny przyrost zawartości chlorków w wyniku zjawiska sorpcji. Zawartość ta wzrosła z 0,0184  $\frac{mg Cl^-}{dm^3}$  do 0,48  $\frac{mg Cl^-}{dm^3}$ . W stosunku do wyników z odcieku, wyniki z gleby były lepsze. Gleba ma właściwości stymulujące wzrost. Fakt że obecność odcieku w glebie na nie wpływa szkodliwie na fitoorganizmy, nie oznacza, że wyhodowane w tych warunkach roślin nie będą szkodliwe dla wyższych organizmów żywych dla których są pokarmem.

Odciek składowiskowy ze składowiska odpadów komunalnych zawiera znaczne ilości szkodliwych związków. Jednak, pomimo tego faktu, jest on bogaty w związki odżywcze dla roślin, poprawiające ich bezpośrednią stymulację.

Tabela 4.3 Porównanie parametrów chemicznych gleby gliniastej przed i po skażeniu odciekami składowiskowym

Nazwa gleby	Gleba gliniasta przed i po skażeniu odciekami			
Miejsce poboru	Obręb Katowickiego Parku Leśnego w dzielnicy Brynów Powiat: Miasto Katowice Województwo: Śląskie			
Parametr gleby	Wartość przed skażeniem	Wartość po skażeniu	Różnice parametrów	Jednostka
Zawartość substancji organicznej (X)	18,62	23,66	+27%	[%]
Zawartość Siarki S <sub>a</sub>	1,028	0,241	-326%	[%]
Kwasowość mineralna (K <sub>p</sub> )	Poniżej progu oznaczalności			$\frac{mval}{dm^3}$
Kwasowość ogólna (K <sub>m</sub> )	0,37	0	-100%	$\frac{mval}{dm^3}$
Zasadowość mineralna (Z <sub>p</sub> )	2,37	11,67	+392%	$\frac{mval}{dm^3}$
Zasadowość ogólna (Z <sub>m</sub> )	Poniżej progu oznaczalności			$\frac{mval}{dm^3}$
Odczyn pH	8,14	8,94	+9,82%	[-]
Zawartość chlorków (X <sub>Cl</sub> )	0,0184	0,48	+2608%	$\frac{mg Cl^-}{dm^3}$
Współczynnik przepuszczalności (K <sub>t</sub> )	0,0105	0,1015	-	$\frac{cm}{s}$
Pojemność wodna gleby	25,89	25,89	-	[% wag]

Tabela 4.4. Zestawienie danych dla testu fitotoksyczności

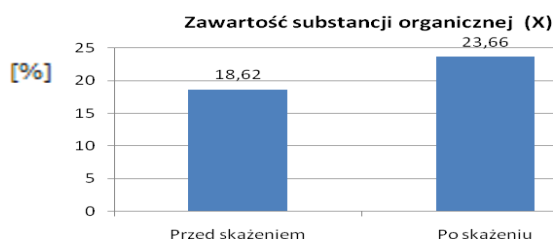
Parametr gleby	Wartość przed skażeniem	Wartość po skażeniu	Różnice parametrów	Jednostka
Fitotoksyczność (stymulacja) I	13,28	72,4	445%	[%]

W tym przypadku współczynnik fitotoksyczności zwiększył swoją wartość pięciokrotnie, z początkowej zawartości 13,24% do końcowych 72,40%. Oznacza to, że rośliny same w sobie, reagują w sposób powiązany z małą pojemnością wodną która mogła przełożyć się na dużą obecność na powierzchni gleby i bezpośredni kontakt z odciekami.

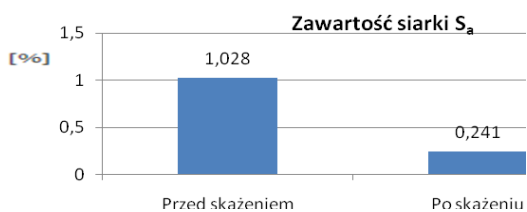
W poniższej tabeli przedstawiono zestawienie danych dotyczących parametrów odcieku składowiskowego pierwotnego oraz po infiltracji przez glebę.

Tabela 4.5 Zestawienie parametrów odcieku składowiskowego przed i po infiltracji przez glebę gliniastą

Parametry dotyczące odcieku składowiskowego				
Nazwa gleby	Odciek składowiskowy - parametry chemiczne			
Parametr odcieku	Wartość przed infiltracją	Wartość po infiltracji	Różnica parametrów	jednostka
Kwasowość mineralna ( $K_p$ )	0	0	0	$\frac{mval}{dm^3}$
Kwasowość ogólna ( $K_m$ )	1,867	0	-100%	$\frac{mval}{dm^3}$
Zasadowość mineralna ( $Z_p$ )	18,97	0,7	-2610%	$\frac{mval}{dm^3}$
Zasadowość ogólna ( $Z_m$ )	0	10,97	100%	$\frac{mval}{dm^3}$
Odczyn pH	8,66	8,689	0,33%	[-]
Zawartość chlorków ( $X_{Cl}$ )	1,261	0,559	-56%	$\frac{mg\ Cl^-}{dm^3}$
Twardość ogólna ( $T_{og}$ )	0,64	0,767	19,84%	$\frac{mval}{dm^3}$



Rys. 4.1. Zmiana zawartości substancji organicznej w glebie gliniastej po aplikacji odcieku

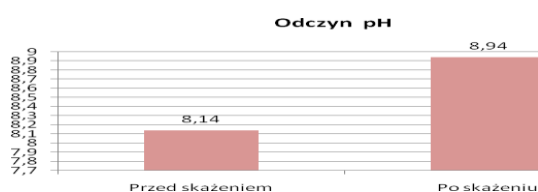


Rys. 4.2 Zmiana zawartości siarki w glebie gliniastej po aplikacji odcieku

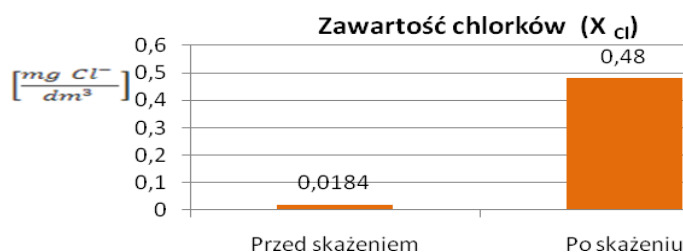




Rys. 4.3 Zmiana zawartości zasadowości mineralnej i kwasowości ogólnej w glebie gliniastej po aplikacji odcieku



Rysunek 4.4 Zmiana pH w glebie gliniastej po aplikacji odcieku



Rys. 4.5. Zmiana zawartości chlorków w glebie gliniastej po aplikacji odcieku

## 5. Posumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że odciek w wyniku infiltracji w glebie gliniastej wpłynął w sposób znaczący na jej parametry chemiczne. Wśród parametrów zmienionych zaobserwowano przyrost zasadowości mineralnej który był powiązany ze wzrostem odczynu oraz spadkiem parametrów określających kwasowość gleby. Ponadto, zaobserwowano poprawę właściwości stymulujących w trakcie przeprowadzania testu fitotoksyczności z wykorzystaniem rzeżuchy ogrodowej. Odciek składowiskowy ze składowiska odpadów komunalnych zawiera znaczne ilości szkodliwych związków. Jednak, pomimo tego faktu, jest on bogaty w związki odżywcze dla roślin, poprawiające ich bezpośrednią stymulację

## Literatura

1. Beigl P., Salhofer S., Wassermann G., Maćków I., Sebastian M., Szpadt R., Prognozowanie zmian ilości i składu odpadów komunalnych, Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami „Efektywność Gospodarowania Odpadami” – Poznań – Licheń Stary, Maj/Czerwiec 2005
2. Łuniewski S., Bezpieczne składowanie odpadów, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 2008, s.55, 59, 62, 102, 103,104,105,106
3. Art.3 pkt. 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 ze zm.)
4. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012r. o odpadach (Dz.U. 2013 poz.21 ze zm.)

5. Dyrektywa 99/31/WE w sprawie składowania odpadów, (Dz.U. L 182, 16.07.1999);
  6. Bojanowicz-Bablok A., Efekty zewnętrzne związane z uciążliwością składowisk odpadów komunalnych, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska ISSN 1733-4381, vol.14 issue 1 (2012), p 11-20
  7. Den Boer E., Czarnecka W., Kowalski Z., Kulczycka J., Szpadt R., Ilość i skład odpadów komunalnych wytwarzanych w gospodarstwach domowych dużych miast Polski, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska ISSN 1733-4381 vol 11. Nr 2009 p 75-90.
  8. S. Renou, J.G. Givaudan, S. Poulain, F Dirassouyan, P. Moulin Journal of Hazardous Materials Landfill leachate treatment: Review and opportunity (2008)470, 468–493
  9. Koc-Jurczyk J., Różak J., Skład odcieków pochodzących z rekultywowanego składowiska odpadów komunalnych, Inżynieria Ekologiczna Nr 27, 2011 s.72-75.
  10. Zawadzki S., Gleboznawstwo, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1999.
  11. Materiały udostępnione przez przedsiębiorstwo PPHU „KOMART” z siedzibą w Knurowie : <http://www.komart.pl/pliki/Druki/pozwolenie.pdf>; dostęp 12 lutego 2014]
  12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 nr 137. poz 984)
  13. [strona internetowa: <http://wsse-poznan.pl/wp-content/uploads/2010/06/arttykul.pdf>; dostęp 12 lutego 2014]
  14. [strona internetowa: <http://www.parki.org.pl/parki-miejskie/katowicki-park-lesny> ; dostęp 22 lutego 2014]
  15. Mayer J., Podręcznik Badania gleby, PHYWE SYSTEME GMBH –D-37070 Gottingen, Germany, s. 2,6,7,18, 19
  16. PN-EN 16086-2:2011 - Środki poprawiające glebę i podłoża uprawowe -- Oznaczanie reakcji roślin -- Część 2: Badanie na płytkach Petriego z rzeżuchą
-