



Przestrzenna zmienność parametrów fizykochemicznych gruntów z terenów silnie zasolonych

Maciej Gliniak^{}, Wiktoria Sobczyk^{**}, Izabela Wielewska^{***}*

^{}Uniwersytet Rolniczy, Kraków*

*^{**}AGH Akademia Górniczo-Hutnicza*

*^{***}Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

1. Wstęp

Wzrost zapotrzebowania gospodarki na produkty przemysłu sodowego spowodował powstanie rozległych składowisk odpadów poprodukcyjnych. W czasie wieloletniej eksploatacji obiekty te wywołały niekorzystne zmiany w przyległych ekosystemach. Zaniebane składowiska odpadów posodowych są w dużej części nieużytkami, które negatywnie wpływają na otaczające środowisko, szpecą okolicę oraz zaburzają ład przestrzenny. Środowisko bardzo aktywne chemicznie szybko podlega procesom korozji chemicznej. Problemem, jaki często powstaje podczas usuwania i przewożenia zdeponowanych odpadów, jest wtórne zanieczyszczenie środowiska toksycznymi substancjami.

Jednym z takich obiektów jest teren składowisk byłych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” (KZS). Podczas stuletniej działalności przyczyniły się one do powstania trzech nadpowierzchniowych kompleksów stawów osadowych, które zajmują powierzchnię ponad 600 tys. m². Składowiska nazwane „Białymi Morzami” od koloru odpadów w nich zgromadzonych znajdują się w obszarze administracyjnym miasta Krakowa, w dzielnicy Podgórze.

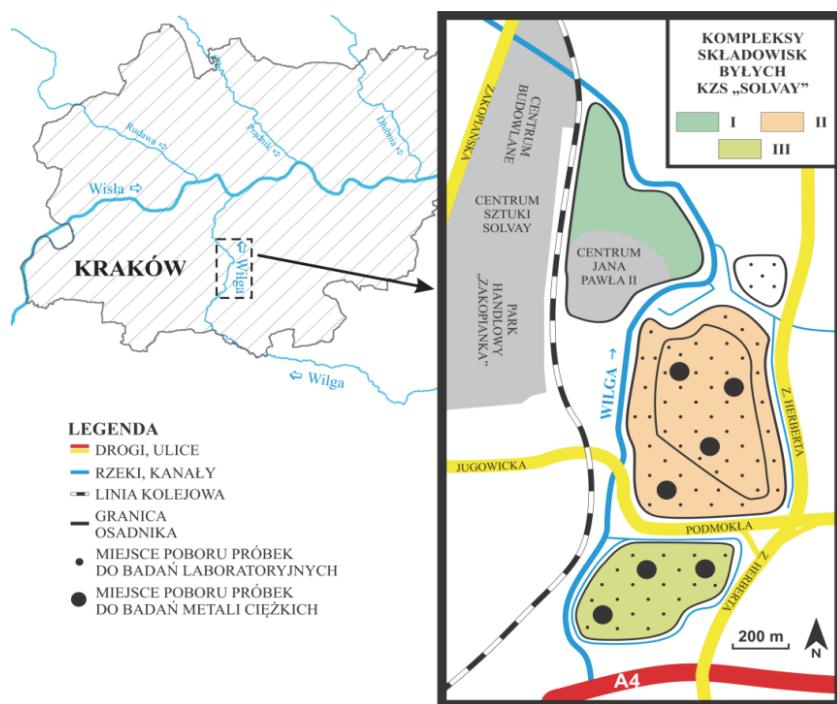
Oprócz przemysłu istotny wkład w skażenie środowiska solami ma infrastruktura drogowa. Jej gwałtowny rozwój w ostatnich latach doprowa-

dził do stosowania znaczących ilości soli i solanek do zimowego utrzymania dróg i chodników, negatywnie wpływając na jakość gruntów w ich sąsiedztwie (Bach 2011, Gliniak & Sobczyk 2014, Gliniak i in. 2014).

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi należy prowadzić monitoring zakładów wpływających na pogarszanie się jakości środowiska oraz monitoring składowisk odpadów, które nie zostały właściwie odizolowane od otaczającego środowiska w procesie projektowania.

2. Część badawcza

Prace terenowe na terenie składowisk odpadów KZS Solvay przeprowadzono w miesiącach lipcu i sierpniu 2013 roku. Na rysunku 1 przedstawiono kolejne miejsca poboru próbek do badań laboratoryjnych.



Rys. 1. Składowisko odpadów posodowych KZS „Solvay” z zaznaczeniem kompleksów stawów osadowych (opr. własne)

Fig. 1. The research area: post-sodium waste dumping ground of KZS “Solvay” with indication former landfills complexes (author’s own study)

2.1. Cel i metodyka badań terenowych i laboratoryjnych

Celem badań była ocena przestrzennego zróżnicowania wybranych parametrów fizykochemicznych osadów na składowisku odpadów przemysłowych dawnych KZS „Solvay”. W trakcie prac terenowych monitorowano podstawowe parametry lokalnego klimatu za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej. Analiza zebranych danych klimatycznych nie wykazała odstępstw średnich temperatur lipca i sierpnia oraz sum opadów (wynoszących odpowiednio 20°C i 34 mm) od średniej z wielolecia 1971-2010.

Szczegółowe badania terenowe na obszarach II i III kompleksu stawów osadowych obejmowały pobranie próbek materiału osadowego zgodnie z wytycznymi Polskiej Normy. Materiał badawczy pobierano za pomocą świrdrów gleboznawczych (PN-R-04031:1997). Wykonano 82 wiercenia o głębokości 150 cm. Podzielono je na pięć charakterystycznych warstw: 0-30 cm, 30-35 cm, 35-70 cm, 70-80 cm i 80-150 cm. Z każdej strefy pobrano dwie próbki osadu do badań składu ziarnowego, pH, przewodności elektrycznej właściwej, wilgotności aktualnej i koncentracji węglanów. Właściwości fizyczne i chemiczne pobranych próbek oznaczono w laboratorium ogólnie znanymi metodami:

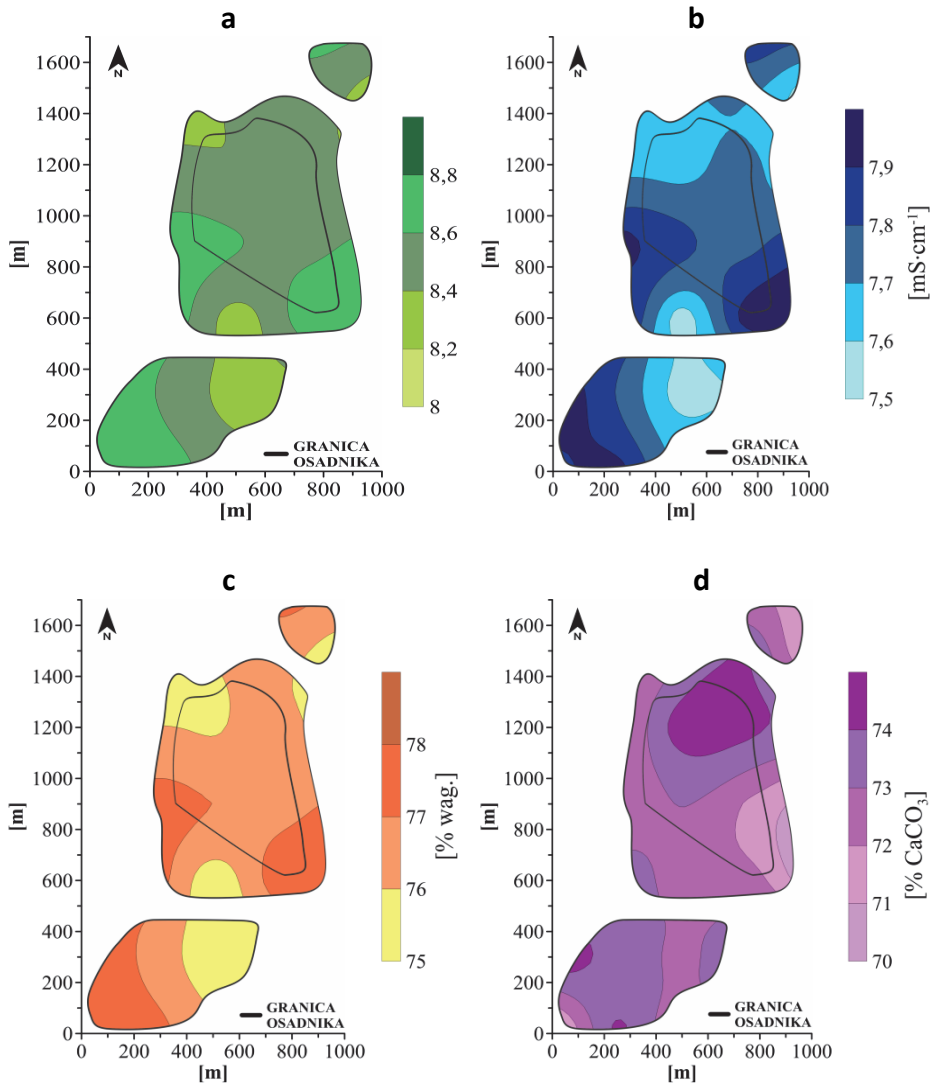
- skład granulometryczny określono metodą areometryczną Casagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego (Drzymała i in. 1985) z podziałem materiału na grupy, według PN-R-04033:1998. Określenie gęstości objętościowej poszczególnych frakcji granulometrycznych badanych próbek wykonano według metodyki opisanej przez Bednarka i in. (2005) oraz PN-ISO 11277:2005,
- oznaczenie odczynu gleby (pH) wykonano pehametrem firmy AZ-Instruments metodą potencjometryczną zgodnie z PN-ISO 10390:1997. W każdej próbce materiału oznaczono odczyn w wodzie destylowanej i 1-molowym roztworze KCl,
- pomiar przewodności elektrycznej właściwej (EC) w ekstrakcie uzyskanym z nasyconej pasty glebowej oznaczono przy pomocy konduktometru OK-102/1 firmy Radelkis metodą konduktometryczną (PN-ISO 11265:1997, Szczepaniak 2011),
- wilgotność gleby (WA) oznaczono metodą suszarkowo-wagową (Moczek i in. 1997, PN-ISO 11465:1999),

- zawartość węglanów określono za pomocą metody objętościowej Scheiblera, stosując naważkę gleby o masie nieprzekraczającej 2 g (Bednarek i in. 2005, PN-ISO 10693:2002).

2.2. Metodyka prac kartograficznych

Otrzymane wyniki badań laboratoryjnych opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica 10.0. Zmienność przestrzenną $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, przewodności elektrycznej właściwej, wilgotności aktualnej i zawartości węglanów (w % CaCO_3) określono metodami geostatystycznymi z wykorzystaniem programu Surfer 11. W analizie statystycznej wykorzystano funkcję semiwariogramu i graficznie przedstawiono strukturę zmienności przestrzennej. Struktura ta została wykorzystana do interpolacji wyników badań metodą krigingu. Analiza wyników obejmowała promień autokorelacji, efekt samorodka i zasięg oddziaływania semiwariogramu (Cressie 1990, Niedoba & Tumidajski 2012, Sowizdzał 2013).

Na podstawie uzyskanych modeli semiwariogramów wykreślono tematyczne mapy rastrowe, obrazujące zmienność przestrzenną analizowanych parametrów (rys. 2).

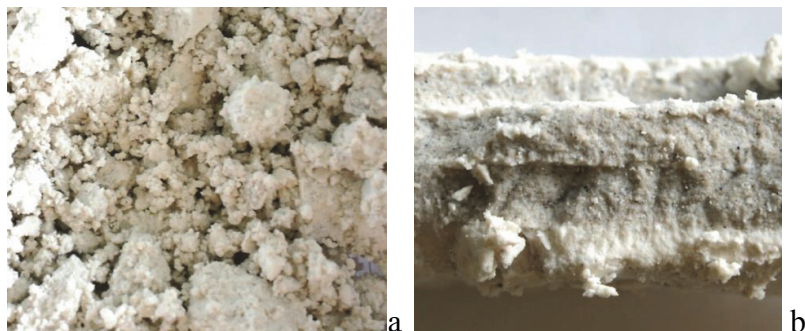


Rys. 2. Rozkład $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (a), EC (b), WA (c) i zawartości węglanów (d) próbek materiału osadowego ze składowisk odpadów byłych Krakowskich Zakładów Sodowych na głębokości 0-30 cm (opr. własne)

Fig. 2. Distribution of $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (a), EC (b), WA (c) and carbonate content (d) in samples of sedimentary material (0-30 cm b.g.l.) from the former landfills of Krakow Soda Works (author's own study)

2.3. Analiza wyników prac laboratoryjnych

W wyniku przeprowadzonych wierceń badawczych w materiale osadowym stwierdzono występowanie naprzemianległych warstw o różnym składzie granulometrycznym i zmiennym stopniu konsolidacji. Badania na próbkach luźnych i uwilgotnionych (rys. 3) wykazały ich przynależność granulometryczną do ilów zwykłych z domieszką ilów ciężkich (PN-B-02480:1986). Zgodnie z obowiązującą normą (PN-EN ISO 14688-1:2006) wierzchnie warstwy materiału osadowego zostały zaliczone do gruntów o drobnym uziarnieniu, charakterystycznym dla pyłów drobnych i średnich. W obrębie tej warstwy mogą występować dylatacje oraz przesuszenie materiału. Pozostałe, głębsze warstwy osadników, zostały sklasyfikowane jako grunty ilaste o bardzo drobnym uziarnieniu i różnej zawartości wilgoci.



Rys. 3. Próbkki nieskonsolidowanego (a) i skonsolidowanego (b) materiału osadowego pobranego do badań (fot. M. Gliniak)

Fig. 3. Samples of unconsolidated (a) and consolidated (b) sedimentary material, collected for the research (photo by M. Gliniak)

Analiza składu granulometrycznego potwierdziła występowanie dwóch głównych frakcji odpadów zgromadzonych w obrębie II i III kompleksu stawów osadowych: odpady stałe (pochodzące z procesów spalania koksu oraz przeróbki wapieni) oraz odpady półpłynne (szlamy pochodzące z procesów odwadniania sody). Ze względu na różne lata eksploatacji poszczególnych kompleksów składowisk są one nierównomiernie zreklutywowane. Kompleks II (starszy) został poddany rekultywacji technicznej i biologicznej, która polegała na przykryciu składowiska 30-centymetrową warstwą gruntu niezanieczyszczonego oraz obsia-

niu mieszanką traw. Kompleks III (młodszy) został częściowo zrehabilitowany w fazie technicznej, która objęła izolację odpadów warstwą gruntu niezanieczyszczonego oraz obsiew mieszanką traw. W trakcie prac rekultywacyjnych wykonano nasadzenia roślinności drzewiastej i krzewiastej na obydwu kompleksach, w miejscach skarp szczególnie narażonych na erozję wodną.

Tabela 1. Zestawienie średnich wartości oznaczeń laboratoryjnych dla II i III kompleksu stawów osadowych w obrębie składowisk byłych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” (opr. własne)

Table 1. Specification of average values of laboratory markings for the 2nd and 3rd complexes of former landfills Krakow Soda Works „Solvay” (author’s own study)

Parametr	Głębokość	Skład granulometryczny		pH		Przewodność elektryczna właściwa	Wilgotność aktualna	Zawartość węglanów
		PN-B 02480:1986*	PN-EN ISO 14688:2006**	H ₂ O	KCl			
	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mS·cm ⁻¹]	[% wag.]	[% CaCO ₃]
Kompleks II	0–30	II/G	Msi/Fsi	8,5	8,9	7,25	76,48	72,16
	30–35	Ip	CL	10,5	10,9	9,03	71,06	75,96
	35–70	III	CL	9,9	10,4	11,89	71,21	78,45
	70–80	Ip	CL	11,5	11,7	12,72	60,87	81,01
	80–150	I	CL	12,3	12,7	13,95	72,56	83,73
Kompleks III	0–30	GII	Fsi	8,4	8,8	7,82	76,92	72,96
	30–35	III	CL	10,5	10,9	9,10	71,19	76,42
	35–70	I	CL	10,0	10,4	12,01	71,42	78,29
	70–80	Ip	CL	11,6	11,9	12,75	61,01	81,10
	80–150	I	CL	12,3	12,7	13,84	72,41	83,69

* II – pył, Ip – ił piaszczysty, I – ił, G – glina (PN-B-02480:1986)

** Msi – pył średni, Fsi – pył drobny, CL – ił (PN-EN ISO 14688-1:2006)

Badania laboratoryjne wykazały bardzo zróżnicowane warunki fizykochemiczne panujące na terenie składowisk byłych KZS. W tabeli 1 zestawiono średnie wartości analizowanych parametrów w obrębie poszczególnych warstw osadów. Zaobserwowano wyraźną tendencję wzrostu wartości pH, EC oraz koncentracji węglanów wraz z głębokością. Badane próbki odznaczają się uziarnieniem ilastym lub pylastym i zasadowym odczynem ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 8,51-12,34). Alkaliczny odczyn podłoża jest dodatnio skorelowany z EC, obserwowaną w przedziale 7,25-13,95 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ przy WA podłoża w zakresie 60,87-76,92% wag.

Wierzchnia warstwa materiału osadowego (0-30 cm p.p.t.) odznacza się zasadowym odczynem (zmierzonym w wodzie i 1-molowym KCl) i przewodnością elektryczną charakterystyczną dla gruntów naturalnie zasolonych (średnio 7,7 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). Wilgotność aktualna badanych próbek kształtowała się na poziomie 76,5%, nie odbiegając znacząco od wartości charakterystycznych dla gruntów znajdujących się na terenie Krakowa. Najwyższe wartości oznaczanych parametrów pH, EC i WA odnotowano w próbkach z obszarów porośniętych roślinnością zielną, a najniższe z terenów zadrzewionych i zakrzewionych. Analizując horyzontalny rozkład parametrów, można zauważyć, że prawdopodobne kierunki przepływu wód infiltrujących to południowy zachód (kompleks II) i wschód (kompleks III), o czym świadczą najniższe wartości badanych wskaźników. Teren osadników znajdujących się wzdłuż koryta rzeki Wilgi odznacza się najwyższymi wartościami analizowanych parametrów.

Warstwa osadów znajdująca się na głębokości 30-35 cm, ze względu na wysoki stopień skonsolidowania, stanowi pierwszą barierę dla infiltracji wód opadowych i prawidłowego rozwoju systemu korzeniowego roślin. Poziom ten odznacza się zasadowym odczynem i przewodnością elektryczną właściwą charakterystyczną dla gruntów skażonych chemicznie (średnio 9,1 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). Wilgotność aktualna tego poziomu jest stała i wynosi około 71%. W trakcie badań stwierdzono występowanie wertykalnych spękań (rys. 4), które lokalnie mogą wpływać na obniżenie wartości badanych parametrów. Najwięcej szczelin znajdowało się po stronie wschodniej (kompleks II) i południowej (kompleks III). Jako prawdopodobny kierunek infiltracji wód opadowych dla tej warstwy materiału osadowego przyjęto południowy wschód (kompleks II) i południe (kompleks III). Największa koncentracja związków alkalicznych wpływających na badane parametry znajduje się w części środ-

kowej II kompleksu stawów osadowych i wschodniej (od strony ul. Herberta) dla III kompleksu osadników.



Rys. 4. Spękania skonsolidowanej warstwy osadów wywołane długotrwałą suszą. Składowisko byłych Krakowskich Zakładów Sodowych (fot. M. Gliniak)
Fig. 4. Cracks in the consolidated layer of the sediments caused by the long drought. Dumping grounds of former Sodium Processing Plant in Kraków (photo by M. Gliniak)

Analizowane parametry osadów z głębokości 35-70 cm odznaczają się większym zróżnicowaniem wartości w przypadku pH i WA niż warstwy osadów zalegające powyżej. Zasadowy odczyn warstwy wykazuje podobny rozkład przestrzenny jak wilgotność aktualna, przyjmująca wartości 69-73%. Przewodność elektryczna właściwa zmierzona w próbkach pobranych z głębokości 35-70 cm p.p.t. wynosi średnio $11,6 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ i jest toksyczna dla większości roślin, z wyjątkiem gatunków bardzo odpornych, np. jęczmień, burak cukrowy, rzepak, które tolerują EC w zakresie $8\text{-}12 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Zauważono stabilność EC w II kompleksie stawów osadowych (około $12,5 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). Ze względu na występowanie szczelin w warstwie materiału osadowego na głębokości 30-35 cm p.p.t. i niejednorodność zdeponowanych odpadów, na omawianej głębokości zaobserwowano warunki sprzyjające zaburzeniom przepływu wody. W każdym z badanych kompleksów stawów zaobserwowano koncentryczne regiony suche o silnie zasadowym odczynie i regiony o znacznej wilgotności i odczynie zasadowym, zlokalizowane w północno-wschodniej części II kompleksu i zachodniej części III kompleksu osadników. Występowanie miejsc

akumulacji jonów zasalających jest prawdopodobnie spowodowane mniejszą zdolnością wymywającą wód opadowych, docierających do tej warstwy (35-70 cm p.p.t.).

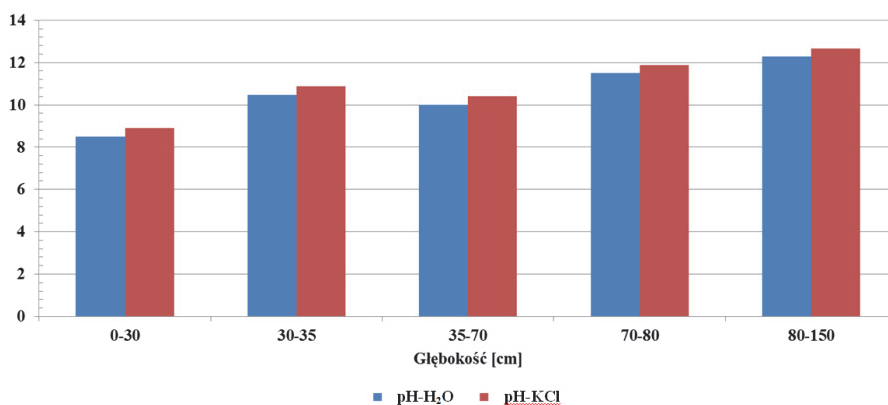
Warstwa osadów znajdująca się na głębokości 70-80 cm jest drugą warstwą skonsolidowaną w obrębie osadników. Poziom ten odznacza się odczynem silnie zasadowym ($\text{pH} > 11$) i zawartością wilgoci na średnim poziomie 61%. Przewodność elektryczna tej warstwy wynosi około $13,0 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. W omawianej warstwie stwierdzono koncentrację dużej ilości związków alkalicznych w osadach zdeponowanych od strony koryta rzeki Wilgi na terenie II kompleksu osadników. Może to być wywołane wtórną akumulacją jonów, pochodzących z nadległych warstw materiału osadowego, którego źródłem jest nasycony solami roztwór wody opadowej. Kompleks ten w częściach północnej i południowej jest przesuszony oraz stabilny pod względem przewodności i odczynu. III kompleks stawów osadowych odznacza się stałym odczynem oraz lokalnym spadkiem wartości EC w środkowej części warstwy. Podczas wykonywania prac terenowych w obrębie omawianego poziomu stwierdzono występowanie wertykalnych spękań, przez które może infiltrować woda opadowa do głębszych warstw osadników.

Osady znajdujące się na głębokości 80-150 cm wykazały podobne wartości parametrów jak w warstwie wierzchniej (0-30 cm). Występują tu optymalne warunki uwilgotnienia (średnio 73,5%), mogące powodować występowanie lokalnej płynności badanego osadu w obrębie warstwy. Najbardziej stabilne warunki w tej warstwie występują w centralnej części II kompleksu stawów osadowych oraz w części wschodniej III kompleksu. Również w tym poziomie odczyn przyjmuje wartości od zasadowych do silnie zasadowych, przy wysokich wartościach przewodności elektrycznej właściwej (toksycznej dla roślin). W obrębie tej warstwy prawdopodobnie występują dwa obszary infiltracji wód: centralny (II kompleks) i wschodni (III kompleks).

3. Dyskusja wyników badań

Na podstawie analizy danych stwierdzono, że odczyn badanych próbek mieści się w zakresie od zasadowego do silnie zasadowego, wykazując jednostkową zmienność w obrębie badanej warstwy. Odczyn roztworu wodnego materiału osadowego wzrasta z głębokością, co może świadczyć o przemieszczaniu się jonów o charakterze zasadowym do

niższych partii osadników. Przeprowadzone pomiary pH wykazały także bardziej alkaliczny odczyn skonsolidowanych warstw odpadów posodowych niż warstw przyległych do nich. Pomiary pH w roztworze KCl przejawiały podobną zmienność i rozkład przestrzenny do pomiarów wykonanych w roztworze wodnym. Różnica w przeprowadzonych pomiarach dotyczy koncentracji jonów H_3O^+ w roztworze – ich większą ilość odnotowano podczas pomiarów pH w KCl (rys. 5). Uzyskane wartości pH w wierzchniej warstwie stawów osadowych są zbliżone do wartości podawanych w literaturze (Boroń i in. 2000).



Rys. 5. Wykres średnich wartości pH zmierzonego w wodzie destylowanej i 1-molowym roztworze KCl dla poszczególnych warstw (opr. własne)

Fig. 5. Graph of average pH values, measured in distilled water and 1-mol KCl solution for the particular layers (author's own study)

Analiza rozkładów EC wykazała, że wszystkie badane próbki odznaczają się wartością przewodnictwa charakterystyczną dla gleb silnie zasolonych, o dużym prawdopodobieństwie występowania korozji betonu. Ze względu na wysokie wartości EC w warstwach znajdujących się poniżej warstwy 0-30 cm stwierdza się niekorzystne warunki dla wzrostu i rozwoju większości gatunków roślin. Obecność warstw skonsolidowanych osadów wyznaczają wyraźne granice wertykalnej zmienności przewodności elektrycznej. Występowanie wyższych wartości EC w warstwach 30-35 cm p.p.t. i 70-80 cm p.p.t. jest spowodowane ich teksturą. Budowa ta ma cechy materiałów porowatych, w których mogą się akumulować jony o charakterze zasadowym, odpowiedzialne za zmia-

ny EC. Porównując wyniki uzyskane z pomiarów pH i EC, można stwierdzić występowanie silnej dodatniej zależności korelacyjnej pomiędzy nimi – wzrost pH i głębokości powoduje wzrost EC. Zależność tę w swoich badaniach wykazywali także inni autorzy (Grünewald i in. 2006).

Analiza wilgotności aktualnej wskazuje na możliwości wzrostu i rozwoju roślin, ponieważ jej wartości nie spadają poniżej 60%. Obecność warstw skonsolidowanych skutecznie ogranicza zmienność wilgotności, utrzymując ją na stabilnym poziomie. Wysoka wilgotność materiału osadowego jest niekorzystna dla posadowienia w nich budynków, ponieważ zwiększa ryzyko wystąpienia korozji betonu. Dodatkowym problemem, na który bardzo silny wpływ ma wilgotność, jest kurczliwość materiału, prowadząca do spękań i mikroobniżen terenu.

4. Wnioski

Uzyskane wyniki badań pozwoliły na skonstruowanie następujących wniosków:

- wartości przewodności elektrycznej właściwej we wszystkich badanych próbkach są znamienne dla gleb silnie zasolonych,
- występuje silna dodatnia zależność korelacyjna pomiędzy odczytem gleby, głębokością i przewodnością elektryczną właściwą,
- obecność w próbkach gruntu jonów o charakterze zasadowym stwarza warunki stresowe dla wzrostu i rozwoju roślin głęboko korzeniących się, toteż w projektowaniu zieleni bardzo ważnym aspektem jest uwzględnienie gatunków roślin o płytkim systemie korzeniowym i wysokiej odporności na silne zasolenie podłoża (np. suchodrzew zwyczajny, trzmielina pospolita, klon polny, robinia akacjowa),
- charakterystyczne parametry fizyczne i chemiczne podłoża: zasadowe pH, toksyczna przewodność elektryczna właściwa, niejednorodność składowanego materiału, stanowią podstawę do przeprowadzenia rekultywacji technicznej i biologicznej badanego obszaru w kierunku leśnym i mają duże znaczenie w projektowaniu jego funkcji przestrzennych,
- ze względu na ilaste uziarnienie zdeponowanych odpadów i ich toksyczne właściwości (o ustalonej równowadze przestrzennej), analizowany obszar nie powinien być poddawany zabiegom agrotechnicznym, które mogłyby rozluźnić skonsolidowane warstwy osadów.

Zrealizowano w ramach pracy statutowej w KISPS AGH
(umowa nr 11.11.100.482)

Literatura

- Drzymała, S., Maszner, P., Michałek, K., Mocek, A. (1985). *Analiza i klasyfikacja gleb*. Poznań: Wydawnictwo AR.
- Bach, A. (2011). *Przeprowadzenie badań zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb terenów zieleni przylegających do ciągów komunikacyjnych i ocena stopnia zasolenia wraz z oznaczeniem poziomu pH gleby*. Kraków: Urząd Miasta Krakowa.
- Bednarek, R., Dziadowiec, H., Pokojska, U., Prusinkiewicz, Z. (2005). *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Warszawa: Wydawnictwo PWN.
- Boroń, K., Zając, E., Klatka, S. (2000). Rekultywacja terenu składowania odpadów KZS "Solvay" w Krakowie. *Inżynieria ekologiczna, Vol. 1 – Ochrona i rekultywacja gruntów*, 58-64.
- Cressie, N. (1990). The origins of kriging. *Mathematical Geology*, 22, 239-252.
- Gliniak, M., Sobczyk, W. (2014). Koncepcja zagospodarowania terenu przemysłowego „Solvay”. *Rocznik Naukowy Edukacja-Technika-Informatyka: Problemy edukacji ekologicznej i społecznej*, 5(1), 354-359.
- Gliniak, M., Pawul, M., Sobczyk, W. (2014). Wpływ transportu i składowisk przemysłowych byłych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” na stan i jakość wody rzeki Wilga w Krakowie. *Logistyka*, 4, 4295-4302.
- Grünewald, G., Kaiser, K., Reinhold, J., Guggenberger, G. (2006). Organic matter stabilization in young calcareous soils as revealed by density fractionation and analysis of lignin-derived constituents. *Organic Geochemistry*, 37(11), 1573-1589.
- Mocek, A., Drzymała, S., Maszner, P. (1997). *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Poznań: Wydawnictwo AR.
- Niedoba, T., Tumidajski, T. (2012). Application of ordinary kriging in purpose of determination of ash contents in coal dependably on density and particle size of contaminated material. In: *IMPC: XXVI International Mineral Processing Congress, Indie*, 3835-3843.
- PN Polskie Normy (PN-B-02480:1986. Grunty budowlane – Określenia, symbole, podział i opis gruntów; PN-R-04031:1997. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Pobieranie próbek; PN-R-04033:1998. Gleby i utwory mineralne – Podział na frakcje i grupy granulometryczne; PN-ISO 10390:1997. Jakość gleby. Oznaczanie pH; PN-ISO 10693:2002. Jakość gleby. Oznaczanie zawartości węglanów. Metoda objętościowa; PN-ISO 11265:1997. Jakość gleby. Oznaczanie przewodności elektrycznej właści-

wej; PN-ISO 11465:1999. Jakość gleby. Oznaczanie zawartości suchej masy gleby i wody w glebie w przeliczeniu na suchą masę gleby. Metoda wagowa; PN-ISO 11277:2005. Jakość gleby. Oznaczanie składu granulometrycznego w mineralnym materiale glebowym. Metoda sitowa i sedymentacyjna; PN-EN ISO 14688-1:2006. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1. Oznaczanie i opis. Część 2. Zasady klasyfikowania.

Sowiżdżał, K. (2013). *Studium metod analizy geostatystycznej w aspekcie optymalnego odtworzenia charakterystyki zbiornikowej podstawowych typów złóż węglowodorów*. Rozprawa doktorska, Kraków: WGGiOŚ AGH.

Szcześniak, W. (2011). *Metody instrumentalne w analizie chemicznej*. Warszawa: Wydawnictwo PWN.

Spatial Variability of Physicochemical Parameters of Soil in Highly Saline Areas

Abstract

An important source of anthropogenic environment pollution with salts is the sodium industry. Post-production waste dumping grounds, located near the plants, have a negative impact on the surrounding environment because rain water scours harmful substances from them. The aim of this article is to assess the spatial variability of selected physicochemical parameters of soil on the premises of former Sodium Processing Plant "Solvay" in Kraków. The laboratory research showed that the analyzed material has a strong alkaline reaction (average pH > 10), high electric conductivity (average > 10 mS·cm⁻¹) and medium humidity of 60%. There are also ions of alkaline reaction, easily soluble in rain water, which have the ability to accumulate in the deeper layers of the dumping grounds. The existence of those ions in the ground samples creates very stressful conditions for the growth and development of long-rooted plants, therefore it is important in greenery design to include such species of plants that have a shallow root system and are resistant to high salinity of the soil. The characteristic physicochemical parameters of the ground as well as the heterogeneity of the stored material constitute a basis for technological and biological reclamation of the studied area and have large significance in designing its spatial functions.

Streszczenie

Ważnym źródłem antropogenicznych zanieczyszczeń środowiska solami jest przemysł sodowy. Składowiska odpadów poprodukcyjnych, lokalizowane obok zakładów, negatywnie wpływają na otaczające środowisko, gdyż wody opadowe wymywają z nich szkodliwe substancje. Celem niniejszego artykułu jest ocena przestrzennego zróżnicowania wybranych parametrów fizykochemicznych osadów na terenie składowisk dawnych Krakowskich Zakładów Sodyowych „Solvay”. Na podstawie analizy granulometrycznej stwierdzono występowanie naprzemianległych warstw o uziarnieniu ilastym i różnym stopniu konsolidacji odpadów. Badania laboratoryjne wskazują, iż analizowany osad charakteryzuje się odczynem silnie alkalicznym (średnie pH > 10), wysoką przewodnością elektryczną właściwą (średnio > 10 mS·cm⁻¹) i średnią wilgotnością aktualną na poziomie 60%. Stwierdzono obecność jonów o charakterze zasadowym, łatwo rozpuszczalnych w wodzie opadowej, które mają zdolność do akumulacji w głębszych warstwach składowisk. Występowanie tych jonów w próbkach gruntu stwarza warunki stresowe dla wzrostu i rozwoju roślin głęboko korzeniujących się, toteż w projektach zieleni bardzo ważnym aspektem jest uwzględnienie gatunków roślin o płytkim systemie korzeniowym i wysokiej odporności na silne zasolenie podłoża. Charakterystyczne parametry fizykochemiczne podłoża i niejednorodność składowanego materiału stanowią podstawę do przeprowadzenia technicznej i biologicznej rekultywacji badanego obszaru i mają duże znaczenie w projektowaniu jego funkcji przestrzennych.

Słowa kluczowe:

KZS „Solvay”, zasolenie, parametry fizykochemiczne

Keywords:

KZS „Solvay”, salinity, physicochemical parameters