

**MONITORING SKŁADOWISKA ODPADÓW INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE
I OBOJĘTNE W KIERWINACH, GM. KIWITY**

*BADANIA SKŁADU WÓD PODZIEMNYCH, ANALIZA WIELKOŚCI OPADU ATMOSFERYCZNEGO,
ORAZ OCENA PRZEBIEGU OSIADANIA POWIERZCHNI SKŁADOWISKA I STATECZNOŚCI ZBOCZY*
RAPORT ZA 2014 ROK

PRZYGOTOWANY DLA:

GMINA KIWITY



MONITORING SKŁADOWISKA ODPADÓW INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE I OBOJĘTNE W KIERWINACH, GM. KIWITY

BADANIA SKŁADU WÓD PODZIEMNYCH, ANALIZA
WIELKOŚCI OPADU ATMOSFERYCZNEGO, ORAZ
OCENA PRZEBIEGU OSIADANIA POWIERZCHNI
SKŁADOWISKA I STATECZNOŚCI ZBOCZY

RAPORT ZA 2014 ROK

27/02/2015

Wykonawca:

SGS POLSKA SP. Z O.O.

ul. Cieszyńska 52A
43-200 Pszczyna

Zleceniodawca:

Gmina Kiwity

Kiwity 28
11-106 Kiwity

Umowa z dn. 27.08.2014 r.

Opracował i zatwierdził

mgr Michał Mrowiński

mgr Barbara Banat

Imię i nazwisko

Imię i nazwisko

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	4
1.1 PODSTAWA PRAWNA I ZAKRES OPRACOWANIA	7
2. ZAKRES I WYNIKI WYKONYWANYCH PRAC	8
2.1 WODY PODZIEMNE	11
2.1.1 Sieć monitoringu wód podziemnych	11
2.1.2 Metodyka pobierania próbek	11
2.1.3 Zakres i metody wykonywanych prac analitycznych	12
2.1.4 Wyniki badań	13
2.1.5 Omówienie wyników	17
2.2 OPADY ATMOSFERYCZNE	19
2.2.1 Źródła danych	19
2.2.2 Wyniki	19
2.2.3 Omówienie wyników	20
2.3 OSIADANIE SKŁADOWISKA	21
2.3.1 Metodyka wykonania pomiarów	21
2.3.2 Wyniki pomiarów	23
2.3.3 Omówienie wyników	24
2.4 STATECZNOŚĆ SKARP	25
2.4.1 Metodyka wykonania pomiarów	25
2.4.2 Wyniki pomiarów	29
2.4.3 Omówienie wyników	31
3. WNIOSKI	32

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW TEKSTOWYCH

Załącznik 1. Kopia Certyfikatu Akredytacji nr AB 1232 wydanego przez Polskie Centrum Akredytacji

1. WSTĘP

Monitoring składowisk odpadów jest elementem monitoringu lokalnego, którego głównym zadaniem jest rozpoznanie i śledzenie wpływu stwierdzonych lub potencjalnych ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych i powierzchniowych oraz powietrza atmosferycznego, w celu przeciwdziałania ujemnym skutkom ich zanieczyszczenia.

W odniesieniu do wód podziemnych liczba oraz rozmieszczenie punktów obserwacyjnych są uzależnione od rozmiarów składowiska i układu pola hydrodynamicznego w jego najbliższym otoczeniu. Orientacyjna gęstość sieci monitoringu lokalnego powinna wynosić około 1 punkt / ha. Zaleca się, aby punkty monitoringowe wokół składowiska rozmieszczone były w trzech strefach:

- od strony napływu wód w rejon składowiska, które służą do określenia aktualnego tła hydrogeochemicznego wód napływających w rejon składowiska;
- w obrębie składowiska, które pozwalają na określenie maksymalnych stężeń zanieczyszczeń przenikających ze składowiska do podłoża;
- od strony odpływu wód podziemnych, poniżej składowiska, w strefie wód zanieczyszczonych.

Liczba punktów monitoringu wód podziemnych wokół składowiska nie może być mniejsza niż 3 otwory dla każdego z poziomów wodonośnych, z czego jeden powinien znajdować się na dopływie wód podziemnych, dwa pozostałe – na przewidzianym odpływie wód podziemnych z rejonu składowiska. W przypadku, gdy mamy do czynienia z więcej niż jednym poziomem wodonośnym, konieczny jest monitoring tych poziomów do pierwszego użytkowego poziomu wodonośnego łącznie.

Pomiar objętości i składu wód odciekowych odbywa się w każdym miejscu ich gromadzenia, przed ich oczyszczeniem. Jeżeli składowisko odpadów jest wyposażone w instalację oczyszczającą wody odciekowe, to w każdym miejscu odprowadzania oczyszczonych wód odciekowych ze składowiska bada się skuteczność procesu oczyszczania.

Badania monitoringowe wokół składowisk odpadów mogą być prowadzone wyłącznie w laboratoriach badawczych posiadających wdrożony system jakości w rozumieniu przepisów o normalizacji (Dz. U. 2013, poz. 523).

Podstawowy zakres wskaźników zanieczyszczeń, do których należą pH, PEW, ołów, kadm, miedź, cynk, chrom (VI), rtęć, OWO oraz WWA, objętych cyklicznymi badaniami na składowiskach odpadów, został zdefiniowany w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz. U. 2013, poz. 523).

Odczyn wody zależy od obecności jonów wodorowych, a ich stężenie od dysocjacji elektrolitycznej cząstek wody oraz od dysocjacji i hydrolizy rozpuszczonych w niej związków.

Przewodność elektrolityczna właściwa (PEW) dostarcza informacji o wielkości mineralizacji wód, a więc w pewnych sytuacjach także o poziomie ich zanieczyszczenia. W sieciach monitoringu wód

podziemnych służy ona często do oceny stabilności składu chemicznego wód przy powtarzalności wykonywanych pomiarów.

Ołów, pomimo ograniczonych możliwości migracyjnych, występuje w stosunkowo znacznych ilościach w wodach podziemnych, zwłaszcza zanieczyszczonych ściekami lub emisjami lotnymi, jak również spływami z ulic i dróg szybkiego ruchu. Zanieczyszczenia ołowiem związane są głównie z górnictwem, przemysłem metalowym, produkcją barwników, preparatów ochrony roślin, benzyn wysokooktanowych, akumulatorów, itd.

Stosunkowo duże zawartości kadmu występują przede wszystkim w ściekach i emisjach lotnych przemysłu metalurgicznego, farbiarskiego i tworzyw sztucznych, w ściekach z rafinerii naftowej oraz z dróg szybkiego ruchu. Wzbogacone w ten pierwiastek są również ścieki komunalne. Do wód podziemnych kadm może się również dostawać jako zanieczyszczenie związane z produkcją lub niewłaściwym wykorzystywaniem fosforowych nawozów mineralnych, środków ochrony roślin oraz w wyniku rolniczego wykorzystywania gnojowicy.

Miedź jest metalem powszechnie występującym w przyrodzie, w tym w wodach podziemnych, lecz w niewielkich ilościach. Wzrost stężenia miedzi może być związany z różnego rodzaju ściekami przemysłowymi oraz z zanieczyszczeniami pyłowymi, z których w 90% pierwiastek ten przenika do gleb i wód. Największe skażenia terenu miedzią występują w pobliżu złóż, kopalń i hut tego metalu. Mogą też być związane z odpadami przemysłu elektrotechnicznego, farmaceutycznego, gumowego, farbiarskiego itd., a także z rolnictwem i ogrodnictwem.

Cynk, dzięki stosunkowo dobrej rozpuszczalności minerałów wtórnych (z wyjątkiem węglanów i wodorotlenków), łatwo migruje z wodami podziemnymi i zawsze w nich występuje. Z zanieczyszczeń antropogenicznych cynk występuje w ściekach komunalnych i przemysłowych w ilościach znacznie przekraczających jego zawartość w litosferze, dlatego łatwo następuje wzbogacenie w ten pierwiastek zanieczyszczonych wód podziemnych. Znaczne ilości cynku spotyka się zarówno w rejonach zagospodarowanych rolniczo, jak i miejsko-przemysłowych, a także w spływach deszczowych w aglomeracjach oraz w spływach z dróg szybkiego ruchu.

W wodach podziemnych chrom (VI) słabo migruje i występuje w nieznacznym, często śladowym ilościach. Spośród zanieczyszczeń antropogenicznych największe ilości chromu (VI) występują w ściekach górniczych oraz ściekach związanych z przemysłem metalurgicznym. Podwyższone stężenia chromu (VI) mogą wykazywać również wody podziemne zanieczyszczone odciekami ze składowisk odpadów przemysłowych. Zanieczyszczenie wód chromem (VI) może być spowodowane niewłaściwym składowaniem zużytych cegieł magnezytowych, szamozytowych i chromitowych. Znaczne koncentracje wykazują też ścieki z garbarni i farbiarni. Wyraźnie podwyższone stężenia występują też w spływach deszczowych z ulic i dróg szybkiego ruchu.

Rtęć w wodach podziemnych występuje zwykle w nieznacznym, śladowym ilościach, często poniżej granicy wykrywalności. Najwyższe stężenia rtęci w wodach podziemnych związane są z zanieczyszczeniem ich ściekami przemysłu chemicznego, elektrotechnicznego, farbiarskiego,

farmaceutycznego i celulozowo-papierniczego. Również rolnictwo, zwłaszcza niewłaściwe stosowanie środków ochrony roślin, może dostarczyć do wód podziemnych pewnych ilości rtęci.

Substancja organiczna, którą miarą jest zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO), występująca w określonych środowiskach jest zróżnicowana. W płytkich wodach podziemnych zasilanych infiltracyjnie występują zwykle różne związki humusowe powstające m.in. w procesach glebotwórczych wskutek ich wyługowania.

Węglowodory aromatyczne są podstawowymi związkami występującymi w ropie naftowej oraz w produktach jej przeróbki. Zwykle ich obecność jest efektem zanieczyszczenia środowiska przez przemysł petrochemiczny, chemiczny lub komunikację. Lokalne zanieczyszczenia związane są również ze ściekami i spływami z dróg i ulic. Występują powszechnie w dymach zanieczyszczających atmosferę, skąd wraz z opadami przenikają do wód powierzchniowych i podziemnych. Mogą znajdować się też w ściekach i odpadach stałych. Do wód podziemnych mogą dostawać się wraz ze spływami roztopowymi i deszczowymi z dróg szybkiego ruchu oraz z obszarów przemysłowych. Zróżnicowanie połowicznego rozpadu oraz podatność na sorpcję przez minerały ilaste sprawiają, że migracja WWA w wodach podziemnych jest ograniczona. Występują one tylko w bezpośrednim sąsiedztwie ognisk zanieczyszczeń.

Badania przebiegu osiadania stanowią podstawowy element interpretacji zjawisk zachodzących w trakcie eksploatacji składowiska odpadów oraz po ich zakończeniu. Dane uzyskane w wyniku pomiarów techniką GPS umożliwiają ocenę zmian przebiegających na składowisku w szczególności, wielkości osiadania, powierzchni, kubatury oraz przyrostu mas składowanych odpadów.

1.1 PODSTAWA PRAWNA I ZAKRES OPRACOWANIA

Zleceniodawca:

Gmina Kiwity

Kiwity 28

11-106 Kiwity

Wykonawca:

SGS POLSKA Sp. z o.o.

ul. Cieszyńska 52a

43-200 Pszczyna

Badania środowiskowe wód podziemnych, opadów atmosferycznych oraz badanie stateczności zbcoczy i procesu osiadania powierzchni składowiska na terenie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Kierwinach, gm. Kiwity, wykonane zostały na podstawie umowy z dnia 27 sierpnia 2014 r. zawartej pomiędzy Zleceniodawcą a Wykonawcą.

2. ZAKRES I WYNIKI WYKONYWANYCH PRAC

Kompetencje laboratorium. Metodyki wykonywania oznaczeń laboratoryjnych.

Badania parametrów wskaźnikowych wykonano w laboratorium SGS EKO-PROJEKT Sp. z o.o. posiadającym kompetencje do przeprowadzania badań (włącznie z pobieraniem próbek) zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

Tab. 1. Metodyki wykonania poszczególnych oznaczeń

oznaczenie	jednostka	wody podziemne	
		metodyka	
Odczyn pH		KJ-I-5.7-25	A
PEW	μS/cm	PN-EN 27888:1999	A
Ołów	mg Pb/l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A
Kadm	mg Cd/l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A
Miedź	mg Cu/l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A
Cynk	mg Zn/l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A
Chrom (VI)	mg Cr ⁺⁶ /l	PN-EN 1483:2007	A
Rtęć	mg Hg/l	PN-EN 1483:2007	A
OWO	mg C/l	PN-EN 1484:1999	A
WWA	μg/l	PN-EN ISO 17993:2005; KJ-I-5.4-97	A

A – metodyki akredytowane; NA-metodyki nieakredytowane

Aparatura badawcza wykorzystana przy wykonaniu oznaczeń.

oznaczenie	aparatura badawcza
Odczyn pH, PEW	Aparat do pomiaru pH, przewodnictwa, PC-1000-102/4E pH/ konduktometr, pHenomenal PC 5000L Analizator, robot, pH, PEW, firmy Skalar
Metale	Spektrometr mas ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej (ICP – MS) firmy Agilent Technologies Spektrometr emisyjny ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej (ICP – OES) firmy Varian Spektrometr absorpcji atomowej Avanta PM firmy GBC z deuterową korekcją tła Spektrometr absorpcji atomowej Avanta ultra Z firmy GBC z korekcją tła Zeemana ze wzbudzeniem elektrotermicznym (GF-AAS) Spektrometr absorpcji atomowej Avanta Sigma firmy GBC z korekcją deuterową
Rtęć (Hg)	Spektrometr absorpcji atomowej Lumex RA-915+ z korekcją tła Zeemana

	z przystawką do generowania zimnych par oraz przystawką pirolityczną (ciała stałe) Analizator rtęci AMA 254 (ścieki, wyciągi wodne) Analizator rtęci Quick Trace M7500 firmy CETAC (wody)
OWO	Analizator węgla organicznego Skalar Analizator węgla organicznego Shimadzu TOC-VCSN
WWA	Chromatograf cieczowy Agilent 1200 Series z detektorem fluorescencyjnym i spektrometrycznym (HPLC-FLD/UV)



Fot. 1 Analizator przepływowy typu SAN⁺⁺, firmy Skalar

Transport próbek do laboratorium.

Warunki transportu pobranych do analizy próbek wód istotnie wpływają na reprezentatywność pomiarów. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wykonywania badań parametrów, które w efekcie procesów biochemicznych i fizycznych w różnym stopniu mogą się zmieniać w czasie od momentu pobrania próbki do wykonania poszczególnych analiz.

Z tego względu próby po poborze i ewentualnym utrwaleniu były niezwłocznie dostarczone do laboratorium i poddane analizie. Próbki po pobraniu i w trakcie transportu były przechowywane w temperaturze niższej niż wynosiła temperatura pobieranej wody. Zgodnie z obowiązującymi normatywnymi próbki przechowywano w temperaturze od 1°C do 5°C.



Fot. 2 Transport próbek w chłodniach samochodowych

Zgodnie z zawartą umową, w celu kontroli oddziaływania obiektu na środowisko, badaniom poddano następujące elementy:

- Poziom wód podziemnych
- Skład wód podziemnych
- Wielkość opadu atmosferycznego
- Osiadanie powierzchni składowiska i ocena stateczności zboczy

Zakres badanych parametrów wskaźnikowych jest zgodny z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz. U. 2013, poz. 523).

2.1 WODY PODZIEMNE

2.1.1 Sieć monitoringu wód podziemnych

W system sieci monitoringowej wód podziemnych na składowisku odpadów komunalnych w Kierwinach, gm. Kiwity wchodzi następujące punkty obserwacyjne: P1, P2 oraz P3.

2.1.2 Metodyka pobierania próbek

Próbki wody do badań monitoringowych powinny w jak największym stopniu reprezentować jej własności fizyczno-chemiczne w warstwie wodonośnej, z której są pobierane. Szacuje się, że 30% błędów powstaje w procesie opróbowania i transportu (Nielsen, 1991).

W celu zagwarantowania najwyższej jakości usług laboratorium, w ramach procesu akredytacji, uzyskało potwierdzenie kompetencji wykonywania poboru próbek w zakresie zgodnym z Certyfikatem AB 1232 (zał. 1).

Do monitorowania otworów obserwacyjnych wykorzystano wytyczne dotyczące opracowywania programów pobierania próbek, technik pobierania próbek i postępowania z pobranymi próbkami wód podziemnych do oceny właściwości fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych zgodnie z Polską Normą PN-ISO 5667-11:2004.

W celu osiągnięcia reprezentatywności pobierania próbek zwracano szczególną uwagę na odpompowanie wody stagnującej w kolumnie otworu. Mając na uwadze pionową stratyfikację jakości wód, jak również złożoność ich przepływu, czas pompowania został obliczony wykorzystując dane dotyczące rozmiaru otworu obserwacyjnego, wydajności pompowania i przewodności hydraulicznej. W celu zapewnienia poboru odpowiedniej próbki (reprezentatywnej do badań laboratoryjnych) w trakcie pompowania dodatkowo monitorowane są następujące parametry: pH, PEW, temperatura oraz poziom zwierciadła wód. Wyniki pomiarów terenowych zostały udokumentowane w protokołach poboru próbek.

Do pobierania próbek wód podziemnych wykorzystano pompę zanurzeniową „GIGANT” wraz z pompą wspomagającą „WHALE”, pompę głębinową MP1 Eijkelkamp.



Fot. 3 Przepompowanie piezometru (zdjęcie przykładowe)

2.1.3 Zakres i metody wykonywanych prac analitycznych

Badania stanu jakości wód podziemnych przeprowadzono w następującym zakresie:

- przewodność elektrolityczna właściwa (PEW)
- odczyn (pH)
- ołów (Pb)
- kadm (Cd)
- miedź (Cu)
- cynk (Zn)
- chrom VI (Cr⁺⁶)
- rtęć (Hg)
- ogólny węgiel organiczny (OWO)
- suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA)

Częstotliwość poboru próbek została określona na podstawie wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz. U. 2013, poz. 523).

Próbki wód podziemnych z piezometrów P1, P2, P3, pobrano w dniach 3 września oraz 2 grudnia 2014 r.

2.1.4 Wyniki badań

Jakość wody z piezometrów określono na podstawie wytycznych zawartych w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U. 2008, Nr 143, poz. 896)*.

Powyższe rozporządzenie ma charakter wyłącznie pomocniczy, ponieważ zostało opracowane na potrzeby Ustawy Prawo wodne, podczas gdy monitoring składowisk jest prowadzony na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. (Dz. U. 2013, poz. 523) będącego aktem wykonawczym do Ustawy o odpadach. Obecnie nie istnieją inne akty prawne, normujące jakość wód podziemnych badanych w ramach prowadzonego monitoringu składowisk odpadów. Liczba parametrów uwzględnionych w rozporządzeniu dotyczącym monitoringu składowisk jest znacznie mniejsza niż w rozporządzeniu dotyczącym oceny stanu wód podziemnych, nie ma więc możliwości dokonania pełnej klasyfikacji monitorowanych wód. Dodać należy, że zakładanym przez ustawodawcę celem nie jest dokonanie klasyfikacji wód podziemnych w otoczeniu składowisk, a jedynie stwierdzanie za pomocą okresowych pomiarów wybranych parametrów czy i w jakim stopniu składowiska oddziałują na jakość tych wód. Dlatego też podstawą oceny wyników monitoringu wód podziemnych w otoczeniu składowisk jest analiza ewentualnych trendów w wartościach oznaczeń poszczególnych parametrów wskaźnikowych. Należy wyraźnie zaznaczyć, że obserwowana często zmienność sezonowa nie jest równoznaczna z występowaniem malejących bądź rosnących trendów w czasie. Trendy oznaczające pogorszenie bądź poprawę stanu wód mogą być wyznaczone dopiero na podstawie wyników pomiarów dłuższych serii czasowych w skali wielolecia.

Tab. 2. Zestawienie wyników badań wód podziemnych – piezometr P1

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych /Dz.U. Nr 143, poz. 896/

Oznaczenie	Jednostka	Piezometr P1		KLASA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH				
				Dobry stan chemiczny			Słaby stan chemiczny	
		2014-09-03	2014-12-02	I	II	III	IV	V
Data pobrania próbki		2014-09-03	2014-12-02					
Rzędna zwierciadła wód poniżej kryzy	m p.p.k.	2,60	2,90	---	---	---	---	---
pH	-	6,2	6,3	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	<6,5 lub >9,5	<6,5 lub >9,5
Przewodność elektryczna właściwa (PEW)	μS/cm	1571	1427	700	2500*	2500*	3000	> 3000
Ołów (Pb) ^H	mg/l	<0,0040	<0,0040	0,01	0,025	0,1*	0,1*	> 0,1
Kadm (Cd) ^H	mg/l	<0,00030	<0,00030	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Miedź (Cu)	mg/l	<0,0020	<0,0020	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Cynk (Zn)	mg/l	0,11	<0,050	0,05	0,5	1	2	> 2
Chrom (VI)	mg/l	<0,010	<0,010	---	---	---	---	---
Rtęć (Hg) ^H	mg/l	0,000085	<0,000050	0,001*	0,001*	0,001*	0,005	> 0,005
Ogólny węgiel organiczny (OWO)	mg/l	17,8	18,4	5	10*	10*	20	> 20
Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) ^H	mg/l	<0,000036	<0,000036	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	> 0,0005

* Brak dostatecznych podstaw do zróżnicowania wartości granicznych w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tę samą wartość graniczną.

^H Element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określeniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym.

Tab. 3. Zestawienie wyników badań wód podziemnych – piezometr P2

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych /Dz.U. Nr 143, poz. 896/

Oznaczenie	Jednostka	Piezometr P2		KLASA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH				
				Dobry stan chemiczny			Słaby stan chemiczny	
Data pobrania próbki		2014-09-03	2014-12-02	I	II	III	IV	V
Rzędna zwierciadła wód poniżej kryzy	m p.p.k.	1,90	1,95	---	---	---	---	---
pH	-	7,2	7,4	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	<6,5 lub >9,5	<6,5 lub >9,5
Przewodność elektryczna właściwa (PEW)	μS/cm	562	550	700	2500*	2500*	3000	> 3000
Ołów (Pb) ^H	mg/l	<0,0040	<0,0040	0,01	0,025	0,1*	0,1*	> 0,1
Kadm (Cd) ^H	mg/l	<0,00030	<0,00030	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Miedź (Cu)	mg/l	0,0021	<0,0020	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Cynk (Zn)	mg/l	0,10	<0,050	0,05	0,5	1	2	> 2
Chrom (VI)	mg/l	<0,010	<0,010	---	---	---	---	---
Rtęć (Hg) ^H	mg/l	<0,000050	<0,000050	0,001*	0,001*	0,001*	0,005	> 0,005
Ogólny węgiel organiczny (OWO)	mg/l	2,0	2,3	5	10*	10*	20	> 20
Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) ^H	mg/l	<0,000036	<0,000036	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	> 0,0005

* Brak dostatecznych podstaw do zróżnicowania wartości granicznych w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tę samą wartość graniczną.

^H Element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określeniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym.

Tab. 4. Zestawienie wyników badań wód podziemnych – piezometr P3

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych /Dz.U. Nr 143, poz. 896/

Oznaczenie	Jednostka	Piezometr P3		KLASA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH				
				Dobry stan chemiczny			Słaby stan chemiczny	
Data pobrania próbki		2014-09-03	2014-12-02	I	II	III	IV	V
Rzędna zwierciadła wód poniżej kryzy	m p.p.k.	1,70	2,05	---	---	---	---	---
pH	-	6,6	6,8	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	<6,5 lub >9,5	<6,5 lub >9,5
Przewodność elektryczna właściwa (PEW)	μS/cm	885	847	700	2500*	2500*	3000	> 3000
Ołów (Pb) ^H	mg/l	<0,0040	<0,0040	0,01	0,025	0,1*	0,1*	> 0,1
Kadm (Cd) ^H	mg/l	<0,00030	<0,00030	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Miedź (Cu)	mg/l	<0,0020	<0,0020	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Cynk (Zn)	mg/l	0,12	<0,050	0,05	0,5	1	2	> 2
Chrom (VI)	mg/l	<0,010	<0,010	---	---	---	---	---
Rtęć (Hg) ^H	mg/l	<0,000050	<0,000050	0,001*	0,001*	0,001*	0,005	> 0,005
Ogólny węgiel organiczny (OWO)	mg/l	23,2	24,1	5	10*	10*	20	> 20
Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) ^H	mg/l	<0,000036	<0,000036	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	> 0,0005

* Brak dostatecznych podstaw do zróżnicowania wartości granicznych w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tę samą wartość graniczną.

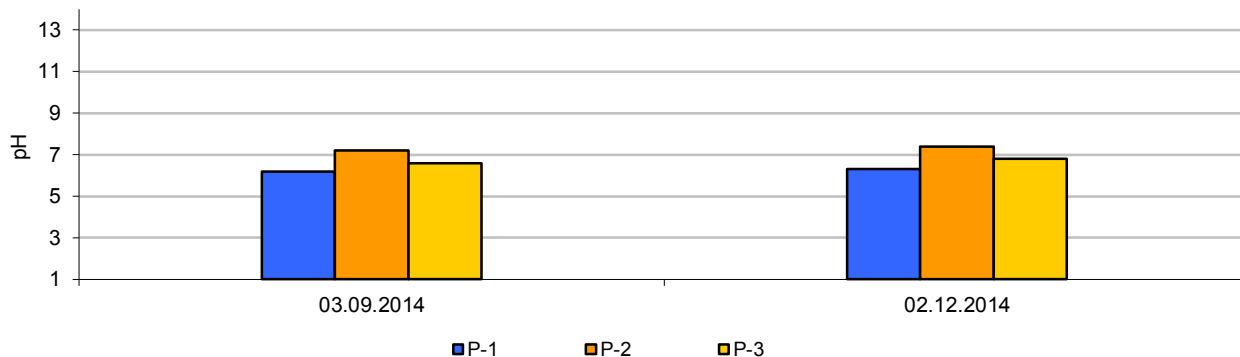
^H Element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określeniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym.

2.1.5 Omówienie wyników

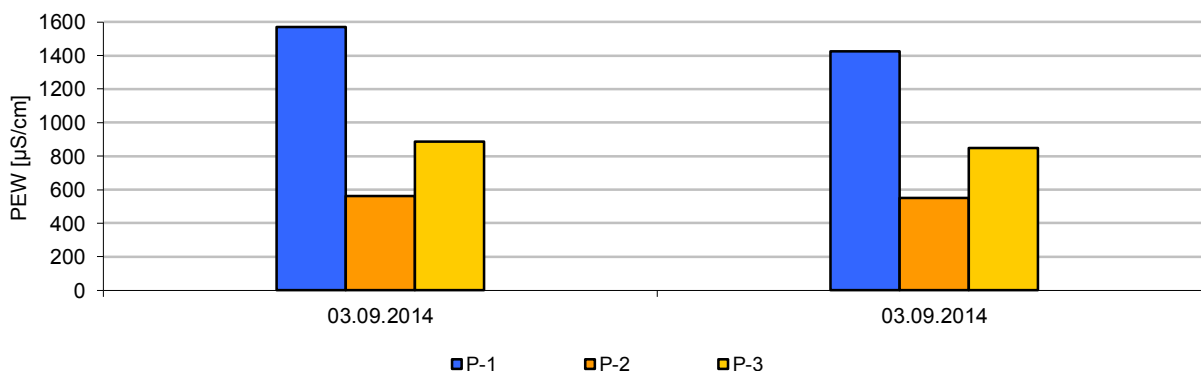
Wody podziemne w najbliższym otoczeniu składowiska odpadów w Kierwinach, gm. Kiwity w 2014 roku monitorowane były za pomocą piezometrów: P1, P2 oraz P3. Analizy laboratoryjne pobranych próbek wody obejmowały podstawowy zakres wskaźników (Dz. U. 2013, poz. 523).

Wody podziemne monitorowane na składowisku w Kierwinach wykazują niski stopień przekształcenia. W piezometrach P1 i P3 w obu seriach stwierdzono nieznacznie podwyższone wartości przewodności elektrolitycznej właściwej na poziomie II klasy jakości wód podziemnych. We wszystkich badanych piezometrach stwierdzono w obu seriach pomiarowych wartości cynku charakterystyczne dla II klasy jakości. Wartości ogólnego węgla organicznego w piezometrze P1 w obu seriach pomiarowych były charakterystyczne dla IV klasy jakości, natomiast w P3 – dla V klasy jakości. Dodatkowo w piezometrze P1 w obu seriach badawczych odnotowano nieznacznie obniżone wartości odczynu pH na poziomie IV klasy jakości wód podziemnych.

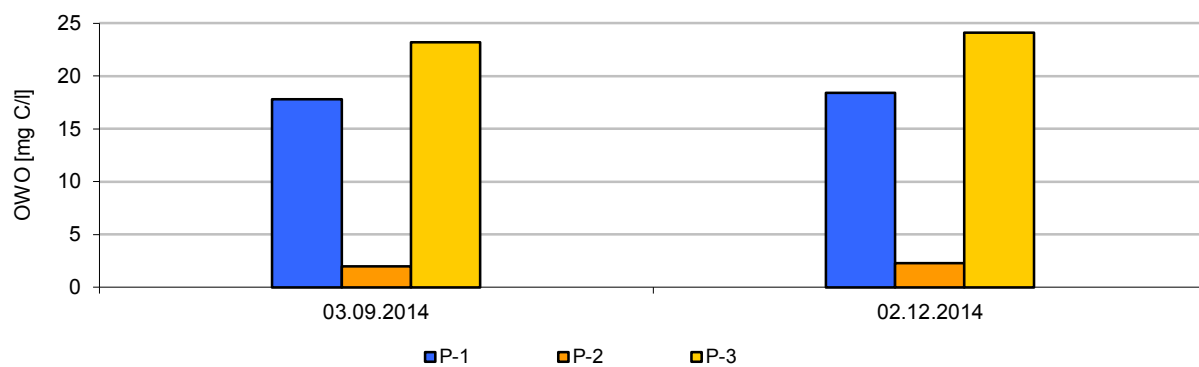
Ryc. 1. Zmienność wartości odczynu (pH) w badanych piezometrach w roku 2014



Ryc. 2. Zmienność wartości przewodności elektrolitycznej właściwej w badanych piezometrach w roku 2014



Ryc. 3. Zmienność wartości ogólnego węgla organicznego (OWO) w badanych piezometrach w roku 2014



2.2 OPADY ATMOSFERYCZNE

2.2.1 Źródła danych

Zestawienie wielkości opadów atmosferycznych dla składowiska odpadów komunalnych w Kierwinach, gm. Kiwity zostało opracowane w oparciu o dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (Posterunek: Lidzbark Warmiński).

2.2.2 Wyniki

W poniższej tabeli przedstawiono wielkość opadów dobowych w 2014 r.

Tab. 5. Dobowe opady atmosferyczne [mm] w 2014 roku w rejonie składowiska

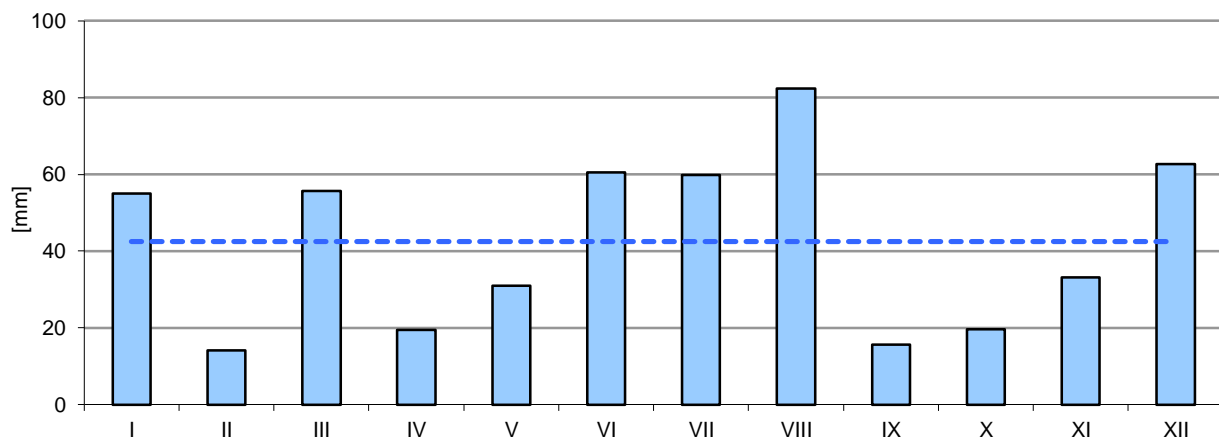
DZIEŃ	MIESIĄC											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0,0	.	1,7	.	0,3	.	.	0,5	.	.	.	.
2	.	0,0	0,1	0,3	.	1,2	1,1	.	.	.	.	.
3	2,2	.	.	.	.	2,4	0,0	.	.	.	.	0,1
4	0,5	.	.	.	0,0	4,5	.	.	.	.	.	0,0
5	7,8	.	.	.	.	2,4	.	16,7	.	.	.	.
6	2,0	.	.	.	0,1	12,6	7,0	0,0	.	0,0	3,9	0,0
7	2,1	0,0	.	1,3	4,0	.	.	4,6	.	.	8,7	0,1
8	9,2	.	.	4,4	1,7	0,0	.	26,7	0,1	0,2	.	0,2
9	3,7	0,2	.	1,4	3,9	0,0	.	0,1	.	.	.	.
10	10,0	.	.	.	2,9	.	1,3	.	2,3	.	.	.
11	3,6	1,3	.	.	2,2	0,9	1,2	0,2	0,9	0,1	.	0,7
12	7,1	.	.	0,0	2,6	.	40,6	.	.	0,0	.	5,7
13	.	.	.	1,8	1,6	3,5	.	0,9	.	.	.	.
14	1,7	0,2	3,2	3,7	.	1,2	0,2	0,8	.	13,7	0,0	.
15	.	7,4	9,4	.	.	0,1	.	12,8	.	2,2	0,0	0,7
16	0,1	1,6	4,2	.	.	.	0,4	7,0	.	0,2	1,7	0,0
17	3,2	.	0,8	.	7,2	.	.	.	.	.	8,1	.
18	.	.	1,6	.	0,5	.	.	0,3	.	.	0,1	8,8
19	.	0,1	5,6	.	.	0,3	.	.	.	0,9	1,0	10,1
20	.	2,7	.	.	.	3,5	.	.	.	2,4	2,7	3,6

21	.	0,4	.	1,5	.	20,3	.	4,5	0,8	.	.	7,7
22	.	0,2	.	.	.	0,1	.	0,8	5,3	.	0,2	12,0
23	.	.	11,3	.	.	0,5	0,3	0,0	0,8	.	.	0,5
24	.	.	15,7	.	.	0,3	.	0,6	.	.	3,2	10,5
25	0,2	.	0,4	.	.	0,3	0,0	2,4	4,0	.	0,1	0,5
26	0,3	.	1,7	5,0	.	.	.	0,2	1,3	.	3,5	.
27	0,2	.	.	.	4,0	.	.	1,2	.	.	.	.
28	.	.	.	.	.	0,3	.	0,0	.	.	.	0,8
29	0,3		.	.	.	3,5	.	.	.	.	.	.
30	0,3		.	.	.	2,6	.	2,1	0,1	.	.	0,3
31	0,5		.		.		7,8	.		.		0,4
SUMA	55	14,1	55,7	19,4	31	60,5	59,9	82,4	15,6	19,7	33,2	62,7
Procent rocznego opadu	10,80	2,77	10,94	3,81	6,09	11,89	11,76	16,18	3,06	3,87	6,52	12,31

2.2.3 Omówienie wyników

Na podstawie wyników pomiarów opadu atmosferycznego (pomiar przeprowadzone przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej) stwierdza się, że roczna suma opadu atmosferycznego (2014 rok) w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Kierwinach, gm. Kiwity wyniosła 509,2 mm. Miesiącem najbardziej obfitym w opad był sierpień (82,4 mm), natomiast najbardziej suchym okazał się luty (14,1 mm). Średni miesięczny opad wyniósł 42,4 mm.

Ryc. 4. Zmienność wielkości opadu atmosferycznego (wraz ze średnią miesięczną) w 2014 r. w ujęciu miesięcznym.



2.3 OSIADANIE SKŁADOWISKA

2.3.1 Metodyka wykonania pomiarów

Badania przebiegu osiadania stanowią podstawowy element interpretacji zjawisk zachodzących w trakcie eksploatacji składowiska odpadów oraz po ich zakończeniu.

Pomiary przeprowadzono przy wykorzystaniu techniki Geograficznego Systemu Pozycjonowania Satelitarnego (GPS). W celu uzyskania geodezyjnych dokładności zastosowano odbiornik Stonex S9 GNSS pracujący w trybie RTK (Real Time Kinematic), pobierając poprawki z systemu precyzyjnego pozycjonowania ASG-EUPOS. Pomiary wykonano 28 października 2014 roku.

W celu realizacji powyższego zadania wykonano następujące czynności:

- Badania terenowe

Polegające na wyznaczeniu rzędnych wysokościowych opartych na pomiarze przeprowadzonym przy wykorzystaniu techniki Geograficznego Systemu Pozycjonowania Satelitarnego (GPS).

W czasie prac terenowych na składowisku zostały zmierzone rzędne wysokościowe punktów reperowych, które oznaczone są jako: Rp1, Rp2, Rp3 oraz Rp4.

Sesję pomiarową wykonano metodą czasu rzeczywistego RTK w trakcie której, odbiornik – „rover” będący w ruchu wykonywał pomiar punktów w określonych punktach na terenie mierzonego obiektu. Odbiornik GPS połączony jest za pomocą sieci GSM/GPRS z serwisem czasu rzeczywistego NAWGEO. Zastosowanie takiego rozwiązania umożliwia przesyłanie w sposób ciągły poprawek ze stacji referencyjnej GPS (fot.4) do „rovera”, gdzie stale prowadzone są obliczenia. Powyższa procedura umożliwia uzyskanie geodezyjnych dokładności odczytu. Rzędne punktów monitoringu osiadania – reperów – zostały zmierzone wykorzystując metodę statyczną (fot. 5). W trakcie tej metody odbiornik ruchomy umieszczany jest nieruchomo nad mierzonym punktem. Następnie dokonywana jest akwizycja sygnału satelitarnego i pomiar rzędnej punktu.



Fot. 4 Stacja referencyjna GPS (zdjęcie poglądowe)



Fot. 5 Odbiornik "rover" - pomiar metodą statyczną (zdjęcie poglądowe)

Pomiary przeprowadzono w układzie współrzędnych PUW 2000, strefa 7 na elipsoidzie WGS 84. Uzyskane dane pomiarowe GPS w dniu 28 października 2014 roku, zostały automatycznie skorygowane przy wykorzystaniu poprawek ze stacji referencyjnej VRS. Zastosowanie takiej procedury pomiarowej umożliwiło uzyskanie niezwykle precyzyjnych danych tworzących układ lokalny. Zapewnia to jego spójność. W kolejnym etapie końcowe dane transformowano do lokalnego układu współrzędnych. Zapisane w pliku tekstowym TXT dane zostały poddane dalszej obróbce komputerowej.

Wartości wysokości ortometrycznych ($H_{\text{ortometryczna}}$) prezentowanych punktów pomiarowych wyliczono odejmując od zmierzonej wartości wysokości elipsoidalnej ($h_{\text{elipsoidalna}}$) wartość odstępstwa między elipsoidą a geoidą. Wszystkie przeliczenia wykonano w programie TRANSPOL. Odstępstwo wynosi 28,64 [m].

2.3.2 Wyniki pomiarów

Charakterystyka składowiska odpadów komunalnych w Kierwinach – punkty monitoringowe – repery

Oznaczenie punktu	Easting	Northing	Wysokość elipsoidalna 2014 [m]	Wysokość ortometryczna 2014 [m] n.p.m.
Rp1	7480455,92	5996922,64	148,02	119,38
Rp2	7480531,33	5996942,34	147,99	119,35
Rp3	7480499,70	5996983,94	146,89	118,25
Rp4	7480446,23	5996944,90	147,27	118,63

Współrzędna Y (tzw. Northing) w układzie PUW 2000, strefa 7

- prezentuje wartość szerokości geograficznej

Współrzędna X (tzw. Easting) w układzie PUW 2000, strefa 7

- prezentuje wartość długości geograficznej

2.3.3 Omówienie wyników

Dla badań przeprowadzonych w bieżącym roku określono w sposób precyzyjny lokalizację każdego punktu. Mając na uwadze dokładne przeprowadzenie pomiarów, badanie osiadania ograniczono do obszarów wokół punktów pomiarowych. Stanowią one punkt odniesienia do przeprowadzonych obliczeń.

Ze względu na brak informacji dotyczących wartości punktów pomiarowych osiadania składowiska z poprzednich lat (punkty zainstalowane podczas bieżącego pomiaru) interpretacja zjawiska osiadania w bieżącym roku jest niemożliwa. Uzyskane dane pomiarowe GPS umożliwią dopiero w przyszłym roku tj. 2015 przeprowadzenie pomiarów oraz miarodajnych analiz porównawczych punktów osiadania.

Pomiary z wykorzystaniem nowoczesnych technik pozycjonowania geograficznego umożliwiają wykonanie pomiarów rzędnych wysokościowych z dokładnością do 5 centymetrów. Metody tradycyjnie stosowane – geodezyjne – mogą być nieprecyzyjne i być obciążone błędem pomiarowym. Wynika to ze sposobu wykonywania pomiarów. W trakcie wykonywania prac możemy natrafić na problemy związane z odniesieniem się do prawidłowego punktu na składowisku. Punkty osnowy geodezyjnej znajdujące się na składowisku mogą zostać zniszczone bądź zlikwidowane i nie możliwe stanie się przeprowadzenie interpretacji zjawiska osiadania.

Wykonanie w przyszłości dodatkowego zabezpieczenia np. przed przemieszczaniem czy zminimalizowaniem uciążliwości odorowej składowiska, w postaci dostarczenia na powierzchnię kwatery składowiska materiału glebowego, może spowodować zmianę wartości osiadań i wartości wysokości poszczególnych punktów pomiaru.

2.4.1 Metodyka wykonania pomiarów

W badaniach stateczności skarp zastosowano metodę Felleniusa (szwedzką), zakładającą powstawanie kołowo-cylindrycznych powierzchni poślizgu. Metoda oprócz swej prostoty charakteryzuje się największym z pośród powszechnie używanych metod zapasem bezpieczeństwa. Często określana jest przez to jako metoda asekuracyjna i zalecana w przypadkach niedostatecznego rozpoznania budowy geologicznej i warunków wodnych analizowanego obiektu. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem własnego oprogramowania wykorzystującego poniżej opisane algorytmy.

Podstawowym założeniem metody Felleniusa jest cylindryczny kształt powierzchni wzdłuż, której może nastąpić osunięcie skarpy. Wśród wielu możliwych powierzchni osunięć wybiera się taką dla której stosunek momentu sił utrzymujących bryłę osuwiskową (siły tarcia) M_s do momentu sił dążących do jej obrotu M_r jest najmniejszy. Stosunek ten w technice budowlanej nosi nazwę współczynnika pewności (bezpieczeństwa):

$$F = \frac{M_s}{M_r}$$

Z powyższej definicji wynika, że skarpa dla której wartość współczynnika pewności wynosi 1 znajduje się w stanie równowagi nietrwalej. W praktyce przyjmuje się, że minimalna wartość współczynnika pewności wystarczająca do zagwarantowania skarpie stateczności winna zawierać się w przedziale od 1.0 do 1.3.

Φ_i – jest kątem tarcia wewnętrznego gruntu,
 c_i – współczynnikiem spójności.

Stąd moment sił obracających bryłę ma postać:

$$Mr = \sum_{i=1}^n W_i R \sin \alpha_i$$

a moment sił utrzymujących liczony względem tej samej osi obrotu o współrzędnych (x0,y0) wynosi:

$$Ms = \sum_{i=1}^n T_i R$$

Współczynnik pewności ma wtedy wartość:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \left(W_i \cos \beta_i \operatorname{tg} \Phi_i + \frac{dx \cdot c_i}{\cos \beta_i} \right)}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \alpha)}$$

Siła ciężkości działająca na blok i jest sumą sił działających na jego składowe, tzn. poszczególne warstwy. W sytuacji gdy brak jest odpowiednich danych empirycznych ciężar poszczególnych warstw obliczany jest na podstawie ich gęstości (będącej w ścisłym związku ze składem granulometrycznym) oraz odległości danej warstwy od poziomu wody gruntowej. Teoretyczną podstawą takich obliczeń jest założenie że rozkład wilgotności gleby w skarpie jest rozkładem równowagowym tzn. siły ciężkości działające na wodę w kapilarach glebowych równoważone są przez siły kapilarne, przy czym potencjał wody w glebie jest taki aby jego poziom zerowy pokrywał się z pomierzonym poziomem wód gruntowych.

Potencjał wody w glebie obliczany jest na podstawie danych empirycznych opracowanych na podstawie publikacji Lipiec (1974) przy założeniu że postać funkcyjna zależności potencjał wody w glebie – wilgotność ma postać (Campbell, 1972):

$$\Psi = -a \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^{-b}$$

przyjęto że wartości współczynników gęstości, kąta tarcia wewnętrznego, spójności oraz a i b dla poszczególnych gruntów wynoszą:

Tab. 6 Charakterystyka mechaniczna gruntów

Rodzaj gruntu	ρ [kg/m ³]	Φ [°]	c [kPa]	Θ_s	a [m]	b [m]
Ż, Żp (żwiru i pospółki)	1,9	38	0	0,36	0,12	2,5
Żg, Żpg (żwiru i pospółki gliniaste)	1,9	29	20	0,38	0,4	2,9
Pr, Ps (piaski grube i średnie)	1,64	36	0	0,36	0,12	2,5
Pπ (piaski pylaste)	1,64	30	0	0,36	0,12	2,5
Pd (piaski drobne)	1,75	32	0	0,38	0,3	2,3
Pg (piaski gliniaste)	1,67	22	20	0,39	0,39	2,9
Gp (gliny piaszczyste)	1,56	22	20	0,38	0,4	2,9
Gπ (gliny pylaste)	1,56	22	20	0,38	0,4	2,9
G (gliny)	1,56	18	20	0,38	0,4	2,9
Gpz (gliny piaszczyste zwarte)	1,32	20	30	0,51	0,36	5,8
Gπz (gliny pylaste zwarte)	1,32	17	25	0,51	0,36	5,8
Gz (gliny zwarte)	1,32	20	30	0,51	0,36	5,8
Iπ (iły pylaste)	1,3	14	30	0,51	0,36	5,8
I, Ip (iły oraz iły piaszczyste)	1,3	17	40	0,51	0,36	5,8
πp (pyły piaszczyste)	1,42	22	15	0,4	0,29	3,6
π (pyły)	1,3	20	15	0,49	0,48	3,4

Omówienia wymaga ponadto metoda poszukiwania powierzchni poślizgu o najmniejszym współczynniku pewności. Program rozpoczyna poszukiwania od wyboru początkowej osi obrotu, która staje się środkiem kwadratowej siatki w której węzłach odległych o d znajdują się współrzędne potencjalnych osi obrotu. Przyjmuje się że współrzędne początkowej osi obrotu można wyznaczyć jako miejsce przecięcia dwu prostych: jednej przechodzącej przez górną krawędź skarpy i nachyloną do poziomu pod kątem ϕ , oraz drugą przechodzącą przez krawędź dolną i nachyloną do powierzchni stoku skarpy pod kątem γ . Przyjęto że $\phi = 36$ [°], $\gamma = 26$ [°] (Wiłun, 1987).

Obliczenia współczynnika pewności dla ustalonej osi obrotu wykonywane są dla wartości R zawierających się w przedziale (R_{min} , R_{max}). Wartości R_{min} oraz R_{max} ustalane są tak aby promień R był większy od minimalnej odległości pomiędzy skarpy a osią obrotu, a mniejszy od sumy współrzędnej pionowej osi obrotu oraz jednej trzeciej wysokości skarpy. Wśród wszystkich uzyskanych tym sposobem wartości współczynnika pewności wybiera się ten o wartości minimalnej, co oznacza że powiązane z nim współrzędne osi obrotu wraz z



wartością promienia R określają cylindryczną powierzchnię poślizgu, dla której prawdopodobieństwo obsunięcia się skarpy jest największe.

2.4.2 Wyniki pomiarów

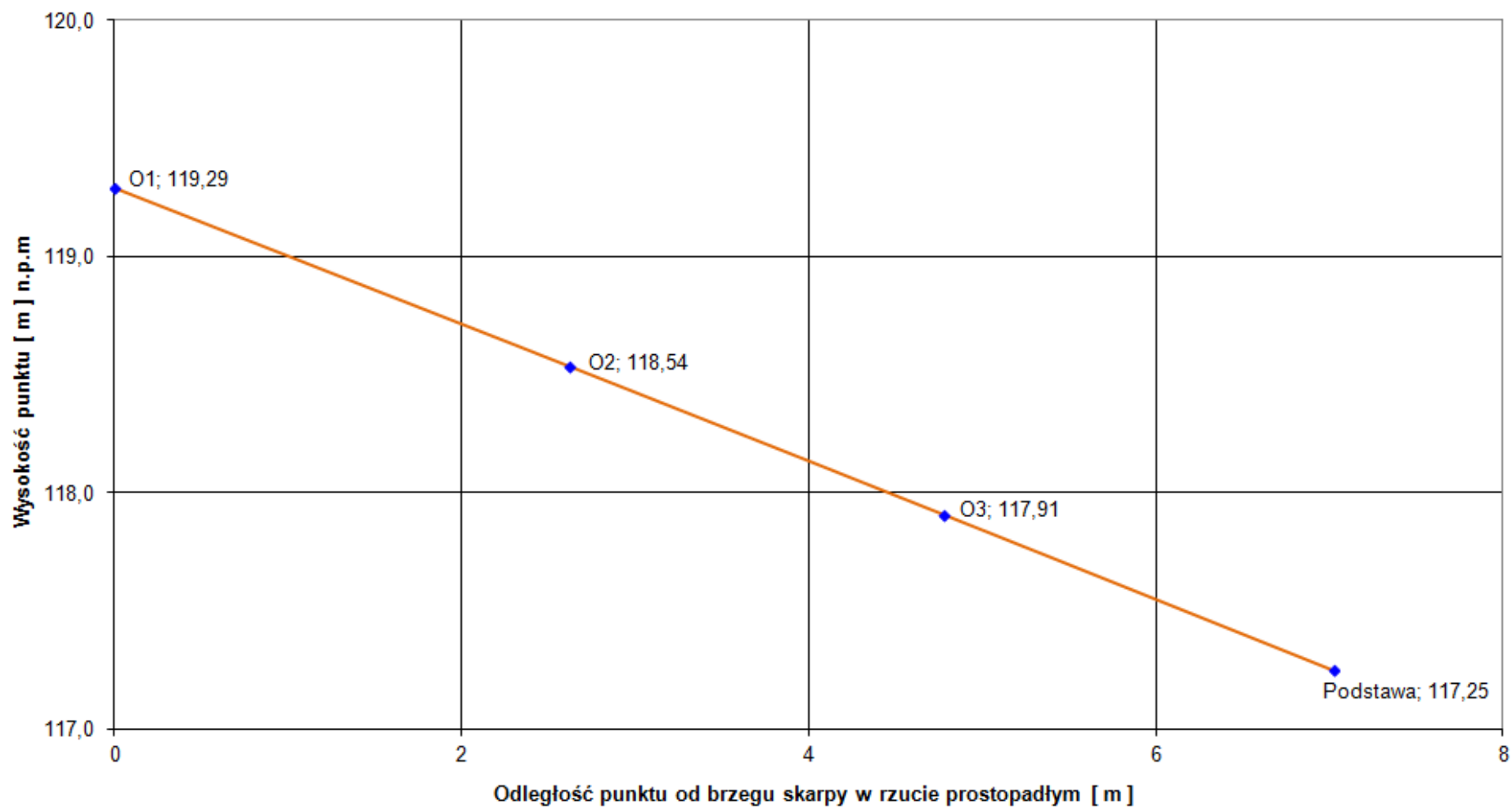
W wyniku pomiarów właściwości skarpy składowiska w Kierwinach uzyskano następujące wartości:

Nr pkt. / miąższość warstwy	Podgrupa granulometryczna *	Rodzaj gruntu ⁺
O1 0-0,5m	pl	Pr
O2 0-0,5m	pgl	Pd
O3 0-0,5m	pgl	Pd
O4 0-0,5m	ps	Pd

* pl – piasek luźny; pgl – piasek gliniasty lekki; ps- piasek słabo gliniasty

+ - Pd – piasek drobny; Pr – piasek gruby

Graficzna prezentacja badanego profilu skarpy



2.4.3 Omówienie wyników

Na terenie składowiska odpadów komunalnych w Kierwinach przeprowadzono linię odwiertów w celu określenia stateczności skarpy.

Skarpa była analizowana przy założeniu, że jej nachylenie jest stałe. Kąt nachylenia skarpy wynosi $\alpha = 16,20$ [°] uzyskano metodą regresji liniowej. W programie obszar potencjalnej bryły osuwiskowej podzielono na 50 pasków. Spośród przeanalizowanych 900 położzeń osi obrotu, najniższy współczynnik pewności dla skarpy, $F = 2,19$ uzyskano dla osi o współrzędnych:

$$\alpha = 16,20$$
 [°]

$$x_0 = 14,33$$
 [m]

$$y_0 = 8,36$$
 [m]

$$R = 8,36$$
 [m]

$$F = 2,19$$

Wykonane pomiary i obliczenia wskazują na stabilność badanej skarpy. Zastosowane kąty nachylenia skarp i związane z tym spływy powierzchniowe są czynnikiem zabezpieczającym przed wystąpieniem warunków krytycznych. Niemniej w kolejnych pomiarach należy zwrócić szczególną uwagę na zmiany ukształtowania skarp na podstawie modelu terenu wykonanego z pomiarów reprezentatywnych dla rzeźby składowiska.

3. WNIOSKI

1. Niniejsze opracowanie przedstawia wyniki badań wód podziemnych, analizę wielkości opadu atmosferycznego, oraz ocenę przebiegu osiadania powierzchni składowiska i stateczności zboczy wykonanych w ramach monitoringu składowiska odpadów komunalnych w Kierwinach, gm. Kiwity.
2. Wody podziemne w najbliższym otoczeniu składowiska odpadów w Kierwinach, gm. Kiwity w 2014 roku monitorowane były za pomocą piezometrów: P1, P2 oraz P3. Wody podziemne monitorowane na składowisku w Kierwinach wykazują niski stopień przekształcenia. W piezometrach P1 i P3 w obu seriach stwierdzono nieznacznie podwyższone wartości przewodności elektrolitycznej właściwej na poziomie II klasy jakości wód podziemnych. We wszystkich badanych piezometrach stwierdzono w obu seriach pomiarowych wartości cynku charakterystyczne dla II klasy jakości. Wartości ogólnego węgla organicznego w piezometrze P1 w obu seriach pomiarowych były charakterystyczne dla IV klasy jakości, natomiast w P3 – dla V klasy jakości. Dodatkowo w piezometrze P1 w obu seriach badawczych odnotowano nieznacznie obniżone wartości odczynu pH na poziomie IV klasy jakości wód podziemnych.
3. Wykonane pomiary i obliczenia wskazują na stabilność badanej skarpy. Zastosowane kąty nachylenia skarp i związane z tym spływy powierzchniowe są czynnikiem zabezpieczającym przed wystąpieniem warunków krytycznych.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

1. SGS EKO-PROJEKT, 2014; *Sprawozdania z badań wód podziemnych na składowisku odpadów komunalnych w Kierwinach*. Pszczyna.
 2. SGS EKO-PROJEKT, 2014; *Ocena przebiegu osiadania powierzchni składowiska odpadów komunalnych w Kierwinach*. Pszczyna.
-
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz. U. 2013, poz. 523).
 4. Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U. 2008, Nr 143, poz. 896).
-
5. Anielak A., 2002; *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*. PWN, Warszawa.
 6. Gomółka E., Szaynok A., 1997; *Chemia wody i powietrza*. OWPW, Wrocław.
 7. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002; *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*. PWN, Warszawa.
 8. Madej J., 1969; *Określenie stateczności zbczy metodą pasków w świetle stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej*. Archiwum Hydrotechniki, t XVI, z.3.
 9. Nielsen D.M., 1991; *Practical handbook of groundwater monitoring*. Lewis Publ. Chelsea 717 p.
 10. Lenczewska - Samotyja E. i in.; 2000; *Zarys geologii z elementami geologii inżynierskiej i hydrogeologii*. WPW, Warszawa.
 11. Pazdro Z., 1990; *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa.
 12. Szczepańska J., Kmiecik E., 1998; *Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych*. Wydawnictwa AGH, Kraków.
 13. Szczepańska J., Kmiecik E., 2005; *Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych*. Wydawnictwa AGH, Kraków.
 14. Wiłun Z., 1987; *Zarys geotechniki*. WKŁ, Warszawa.