

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA
WYDZIAŁ GEOLOGII, GEOFIZYKI I OCHRONY ŚRODOWISKA
ZAKŁAD HYDROGEOLOGII I GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ

ROZPRAWA DOKTORSKA

**BADANIE WPŁYWU SKŁADOWISK ODPADÓW NA
ŚRODOWISKO GRUNTOWO-WODNE NA PRZYKŁADZIE
WYBRANYCH OBIEKTÓW ZLOKALIZOWANYCH W OBRĘBIE
ZLEWNI DUNAJCA**

KATARZYNA SOBIK

Dr hab. IZABELA BOJAKOWSKA

Kraków 2007

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	3
1.1. Problem składowania odpadów komunalnych	3
1.2. Cel pracy i główne jej zagadnienia	6
2. ODDZIAŁYWANIE SKŁADOWISK ODPADÓW NA ŚRODOWISKO	8
2.1. Uciążliwości związane z funkcjonowaniem składowisk odpadów	8
2.2. Wpływ składowiska odpadów na podłoże gruntowe i wody	10
2.3. Pierwiastki występujące w odciekach wysypiskowych	11
2.4. Trwałe zanieczyszczenia organiczne występujące w odciekach wysypiskowych	23
2.5. Procesy i parametry fizyko-chemiczne skał wpływające na migrację zanieczyszczeń ze składowisk odpadów do środowiska gruntowo-wodnego	25
3. METODYKA I ZAKRES BADAŃ	29
3.1. Badania ankietowe	29
3.2. Część doświadczalna	30
3.2.1 Badania geologiczno-inżynierskie	30
3.2.2 Badania geochemiczne	31
3.3.3 Interpretacja wyników	33
4. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH SKŁADOWISK ODPADÓW	36
4.1. Składowisko Tarnów-Krzyż	36
4.1.1 Morfologia i zagospodarowanie rejonu badań	36
4.1.2 Hydrografia	37
4.1.3 Warunki hydrogeologiczne	37
4.1.4 Budowa geologiczna rejonu składowiska	38
4.2. Składowisko Gromnik	48
4.2.1 Morfologia i zagospodarowanie rejonu badań	41
4.2.2 Hydrografia	41
4.2.3 Warunki hydrogeologiczne	41
4.2.4 Budowa geologiczna rejonu składowiska	41
4.3 Składowisko Biała Niżna	42
4.3.1 Morfologia i zagospodarowanie rejonu badań	42
4.3.2 Hydrografia	45
4.3.3 Warunki hydrogeologiczne	45
4.3.4 Budowa geologiczna rejonu składowiska	48
5. WYNIKI BADAŃ	49
5.1. Badania ankietowe	49
5.2. Badania geologiczno-inżynierskie	52

5.1.1. Składowisko Tarnów-Krzyż.....	52
5.1.2. Składowisko Gromnik.....	58
5.1.3. Składowisko Biała Niżna.....	62
5.3. Badania geochemiczne.....	68
5.3.1. Składowisko Tarnów-Krzyż.....	68
5.3.2. Składowisko Gromnik.....	77
5.3.3. Składowisko Biała Niżna.....	85
5.4. Badania monitoringowe wód podziemnych.....	98
5.4.1. Składowisko Tarnów-Krzyż.....	98
5.4.2. Składowisko Gromnik.....	106
5.4.3. Składowisko Biała Niżna.....	108
6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ.....	121
6.1 Ocena naturalnej bariery izolacyjnej.....	121
6.2 Ocena właściwości geochemicznych gruntów.....	125
6.3 Ocena jakości wód podziemnych.....	130
7. WNIOSKI.....	134
Spis znaków i symboli użytych na figurach	137
Spis tabel	138
Spis figur	139
Spis załączników	142
Spis literatury i wykorzystanych materiałów	143

1. WPROWADZENIE

1.1. Problem składowania odpadów komunalnych

Nieodłącznym elementem bytu i wszelkiej działalności człowieka jest powstawanie odpadów. Wraz z rozwojem cywilizacji i związanej z tym ewolucji stylu życia następował wzrost konsumpcji a także zmiana jej modelu, czego konsekwencją jest powstawanie coraz większej ilości odpadów i jednocześnie coraz bardziej zróżnicowanych pod względem składu (Bliht 1999; Landa, Clark 1990; Yamamura 1983). Za główne czynniki wpływające na ilość oraz skład odpadów można uznać: miejsce zamieszkania, liczbę mieszkańców oraz standard i styl życia. Skład i ilość odpadów z obszarów wiejskich różni się od odpadów pochodzących z aglomeracji miejskich. Wynika to z faktu, że na obszarach wiejskich wyższy jest stopień spożytkowania materiałów, surowców i środków spożywczych (Garbulewski 1999). Wzrost liczby mieszkańców jest równoznaczny ze wzrostem wytwórców odpadów, a tym samym ilości odpadów pochodzących z produkcji dóbr i usług.

W czasach przedprzemysłowych, kiedy człowiek korzystał jedynie z dóbr przyrody, odpady stanowiły popiół oraz resztki roślinne i zwierzęce. Wykopaliska starożytnych siedlisk ujawniły, że na pierwotnych składowiskach odpadów gromadzono jedynie niewielkie ilości popiołu, połamanych narzędzi i potłuczonej ceramiki. Świadczy to przede wszystkim o wysokim stopniu spożytkowania materiałów oraz wskazuje, że ludność żyła w małych skupiskach. Rozwój ludzkości, stosowanie nowych materiałów i technologii skutkuje tym, że na współczesnych składowiska odpadów gromadzi się szereg trudnych do zagospodarowania odpadów tj. gruz, tekstylia zawierające włókna sztuczne, resztki środków chemicznych, kosmetyki, leki, elementy elektryczne. Analizując historię, można stwierdzić, iż problem odpadów i ich zagospodarowania istniał zawsze, zmianie uległa jedynie jego skala i skład odpadów. Istnieją dowody na stosowanie już od zamierzchłych czasów pochodzącej z Chin „technologii” unieszkodliwiania odpadów przez kompostowania. Odpady były składowane w ziemi, co miało prowadzić do powstania kompostu, który wykorzystywany był jako nawóz naturalny.

Pragmatyzm człowieka oraz wzrost popytu na liczne produkty wraz ze wzrostem liczby ludności stanowiły przyczynę dla rozwoju systemów wtórnego wykorzystania odpadów oraz ich składowania. Tradycyjnie odzyskiwanymi materiałami były skóra, puch i tkaniny. Blisko 4 000 lat temu stworzono system wykorzystania złomu. Nieprzydatne wyroby ze złota i srebra były wielokrotnie przetapiane. Odzyskane drewno było często wykorzystywane ponownie do konstrukcji domów, budowy statków a nawet przez lutników do budowy skrzypiec. Jedną z form recyklingu (istniejącą do dziś) stanowi skarmianie zwierząt odpadkami roślinnymi oraz stosowanie nawozów zielonych. W późniejszych okresach czasu. W okresie rewolucji przemysłowej zwrócono uwagę na możliwość ponownego wykorzystania materiałów (recycling), który obejmował odzyskiwanie złomu metali nieżelaznych i papieru. Na przełomie XVIII i XIX wprowadzono także wykorzystywanie odpadów do celów energetycznych. W roku 1885 w Nowym Jorku powstała pierwsza spalarnia odpadów (www.wastec.isproductions.net).

Rozwój społeczno-ekonomiczny skutkował wzrostem ilości wytwarzanych odpadów, jednocześnie zrodził się problem ich unieszkodliwiania. Konieczność uregulowania tych kwestii poskutkowała tworzeniem przepisów, które w drodze kształtowania się i ewolucji

myśli proekologicznej i prośrodowiskowej, doprowadziły do powstania współczesnego systemu gospodarki odpadami oraz rozwoju ochrony środowiska (Arup Veltze 1999).

W czasach antycznych, kiedy odpady gromadzone były w miejscu ich powstania, w obrębie siedlisk pojawiły się pierwsze unormowania. Wzmianki o próbie regulacji prawnej gospodarki odpadami pochodzą z około 3000 p.n.e., kiedy to w Knossos, stolicy Krety wprowadzono zapis o pierwszym składowisku, które stanowił dół, w którym gromadzono odpady, a następnie zasypywano je ziemią. Ponad 2 500 lat temu przedstawiciele rządu w Atenach utworzyli składowisko miejskie i wydali dekret mówiący o tym, że odpady powinny być wywożone, co najmniej jedną milę od bram miasta (www.wasteonline.org.uk).

W roku 1297 w odpowiedzi na stale rosnącą ilość odpadów w miastach Wielkiej Brytanii wprowadzono przepisy prawne nakładające na właścicieli nieruchomości obowiązek utrzymania czystości przed posiadłością. Od roku 1354, w Londynie istnieli 'rakers', którzy zajmowali się wywożeniem odpadów z terenu miasta. W 1407 roku wydano przepis, który nakładał na mieszkańców miasta obowiązek gromadzenia wytworzonych odpadów do momentu wywiezienia ich przez 'rakers' (www.wasteonline.org.uk).

W XIX wieku zwrócono uwagę na problemy sanitarne związane z przechowywaniem odpadów w miejscu bytowania ludzi. Dostrzeżono ścisły związek pomiędzy zanieczyszczeniem miast a zachorowalnością. W roku 1848 w Wielkiej Brytanii wydano pierwszą ustawę o zdrowiu publicznym regulującą kwestię gospodarki odpadami. Druga z ustaw, wydana w roku 1875, zobowiązywała posiadaczy odpadów do ich zbierania w pojemnikach („movable receptacle”), a na lokalne władze nałożyła obowiązek cotygodniowego wywożenia odpadów i organizacji miejsc ich depozycji. Początkowo odpady wywożone z miast wrzucane były do morza, jezior, zasypywano nimi mokradła czy wykorzystywano do niwelacji powierzchni terenu.

Prekursorem tworzenia składowisk we współczesnej formie była Kalifornia, gdzie w roku 1935 odpady zaczęto gromadzić w specjalnie wyznaczonym do tego celu dole. W roku 1959 Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów wydało wytyczne do tworzenia sanitarnych składowisk odpadów. Instrukcja ta mówiła o konieczności ubijania odpadów oraz przykrywania ich codziennie warstwą ziemi w celu ograniczenia ilości wydobywających się odorów oraz uniemożliwienia bytowanie gryzoni (www.wastec.isproductions.net). Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci składowiska zmieniły się i podczas kiedy początkowo ich rolę pełniły doły w ziemi, bez żadnych zabezpieczeń, dziś stanowią one złożone konstrukcje inżynierskie. Ich lokalizacja nie jest przypadkowa, uwzględnia ona konieczność ochrony zdrowia ludzkiego oraz środowiska naturalnego.

Obecnie w Polsce problemy związane z prawidłową gospodarką odpadami, a przede wszystkim ich unieszkodliwianiem, należą do jednych z najważniejszych zagadnień ochrony środowiska (MŚ, 2004). Aktami prawnymi regulującymi te kwestie są „Ustawa o odpadach” z 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 628), „Prawo ochrony środowiska” z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 627), „Ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych” z dnia 11 maja 2000 (Dz. U. 2001 nr 63 poz. 638) oraz „Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach” z dnia 11 sierpnia 2006 r. (Dz. U. 2006 nr 144 poz. 1042).

W prawodawstwie polskim ustawą nadrzędną, regulującą zasady postępowania z odpadami jest „Ustawa o odpadach”, w której wdrożone zostały dyrektywy Wspólnoty Europejskiej (Dyrektywa 1999/31/WE, Dyrektywa Rady 75/442/EWG). Ustawa, ta reguluje ogólne kwestie gospodarki odpadami w zakresie zapobiegania powstawaniu odpadów, ich wykorzystania, unieszkodliwiania i składowania.

„Prawo ochrony środowiska” określa zasady ochrony środowiska przed odpadami, udzielania pozwoleń na emisję do środowiska, opłaty za korzystanie ze środowiska (w tym za składowanie odpadów komunalnych), powszechnego dostępu do informacji i działań związanych z ochroną środowiska.

„Ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych” reguluje zasady postępowania z odpadami opakowaniowymi oraz określa wymagania, jakim powinny odpowiadać opakowania.

„Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach” określa zasady postępowania z odpadami komunalnymi na terenie gminy. Ustawa nakłada na gminy obowiązek prowadzenia własnych lub wspólnych z innymi gminami składowisk odpadów komunalnych oraz obiektów służących unieszkodliwianiu tych odpadów.

W Polsce pojęcie unieszkodliwiania odpadów definiuje „Ustawa o odpadach”. W myśl wspomnianej ustawy, unieszkodliwianie polega na poddaniu odpadów procesom przekształceń biologicznych, fizycznych lub chemicznych w celu doprowadzenia ich do stanu, w którym nie stwarzają zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi lub dla środowiska.

Jedną z form unieszkodliwiania odpadów stanowi ich składowanie na składowiskach. W Polsce ta forma unieszkodliwiania odpadów stanowi metodę najczęściej stosowaną (Choma-Moryl 2004; Fajfer 2005; Fajfer, Rolka 2005; Garbulewski 1999; Siebielska 2002; Szpadt 1996). Składowiska odpadów stanowią zorganizowane, odpowiednio zlokalizowane, bo wyznaczone w trybie przepisów o zagospodarowaniu przestrzennym oraz odpowiednio urządzone miejsca depozycji odpadów (Frankowski, Mitręga 1998; Żygadło 1998).

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 (Dz.U. Nr 257, poz. 2573) składowiska odpadów uznane zostały za obiekty mogące znacząco oddziaływać na środowisko naturalne. Ze względu na zagrożenie, jakie stanowią, w klasyfikacji obiektów budowlanych zaliczane są do trzeciej kategorii geotechnicznej (Dz.U. Nr 126, poz. 839). Uważane są za jedne z najtrudniejszych obiektów budowlanych, co wynika z ich dużej powierzchni (od kilku do kilkuset tysięcy m²), dużej pojemności (rzędu nawet kilkunastu milionów m³), miąższości składowanych odpadów (do kilkudziesięciu metrów), długim okresem eksploatacji (kilkadziesiąt lat) oraz uwarunkowaną maksymalną szczelnością obiektu w celu zapewnienia minimalnego oddziaływania obiektu na otoczenie (Choma-Moryl 2004, www.kamienie.alte.pl/ziel.odpady).

W zależności od rodzaju odpadów, mogą one być unieszkodliwiane na jednym z trzech typów składowisk (Dz. U. Nr 61, poz. 549), składowisku odpadów: niebezpiecznych, innych niż niebezpieczne i obojętne (nazywane również komunalnymi) lub składowisku odpadów obojętnych. W pracy skupiono się na omówieniu problematyki składowisk odpadów komunalnych.

Pod pojęciem „odpadów komunalnych”, nazywanych również odpadami bytowo-gospodarczymi, rozumie się stałe i ciekłe odpady powstające w gospodarstwach domowych, w obiektach użyteczności publicznej oraz odpady powstające w czasie prowadzenia działalności handlowo-usługowej oraz odpady uliczne (Dz. U. Nr 62, poz. 628).

1.2. Cel pracy i główne jej zagadnienia

Pomimo licznych opracowań podejmujących tematykę zagrożeń ze strony składowisk odpadów, niewyjaśnionych zostaje wciąż wiele kwestii dotyczących negatywnych skutków ich funkcjonowania. Wynika to ze różnicowania składu gromadzonych odpadów, zastosowanych rozwiązań technologicznych w zakresie wykonania niezbędnych zabezpieczeń oraz szeregu czynników lokalnych (budowa geologiczna, ukształtowanie powierzchni Ziemi, hydrografia terenu), które warunkują sposób i zasięg rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Z tego też względu, w celu ustalenia oddziaływania danego składowiska na środowisko, konieczne jest rozpatrzenie każdego z nich na drodze indywidualnego programu badań.

Celem pracy jest przedstawienie na przykładzie trzech wybranych składowisk odpadów ich oddziaływanie na bezpośrednie otoczenie, w zależności od uwarunkowań geologiczno-inżynierskich panujących w miejscu ich lokalizacji. W pracy wykorzystano badania i obserwacje własne, wyniki badań monitoringowych prowadzonych na składowiskach oraz dane literaturowe zawartych w licznych publikacjach i opracowaniach podejmujących problematykę funkcjonowania obiektów gospodarki komunalnej. W pracy skupiono się na określeniu roli, jaką odgrywa naturalna bariera izolacyjna. Wynikiem pracy jest przedstawienie aktualnego stanu środowiska gruntowo-wodnego w bezpośrednim otoczeniu trzech badanych obiektów. Na podstawie analizy wyników, poprzez ich porównanie z tłem (stanem środowiska przed rozpoczęciem eksploatacji), zaprezentowano zmianę tego stanu w badanym przedziale czasowym oraz ich oddziaływanie na środowisko. Ponadto, efektem pracy jest przedstawienie oceny zasięgu migracji różnych zanieczyszczeń w różnych warunkach geologicznych oraz ocena zróżnicowania w rozprzestrzeniania się szkodliwych substancji wokół poszczególnych składowisk.

Przy ocenie oddziaływania na środowisko obiektów gospodarki komunalnej, jakimi są składowiska odpadów należy wziąć pod uwagę czynnik czasu, który jest czynnikiem determinującym tempo i intensywność przemian fizykochemicznych zachodzących na składowiskach (Wójcik 2004). Nawet w sytuacji, kiedy wyniki badań nie wykazały negatywnego oddziaływania, należy wziąć pod uwagę fakt, że obrazują one stan środowiska w badanym momencie. W różnych fazach funkcjonowania obiektu, różna jest intensywność reakcji i przemian zachodzących w masie składowanych odpadów, a co za tym idzie odmienny jest rodzaj i intensywność oddziaływania na środowisko produktów tych reakcji. W pracy oceniono oddziaływanie na środowisko trzech składowisk, w których okres najintensywniejszych przemian miał już miejsce i można przyjąć, że obecnie składowiska te podlegają względnie ustabilizowanym przemianom fizykochemicznym.

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów. W rozdziale pierwszym „Wprowadzenie” przedstawiono zagadnienia związane z unieszkodliwianiem odpadów oraz przedstawiono historyczny rys rozwoju składowisk oraz systemu gospodarki odpadami ponadto,

zaprezentowano problematykę funkcjonowania składowisk w Polsce w aspekcie obowiązujących przepisów prawnych oraz uwarunkowań technologicznych.

W rozdziale drugim „*Oddziaływanie składowisk odpadów na środowisko*” skupiono się na omówieniu uciążliwości związanych z funkcjonowaniem składowisk. Przedstawiono skład morfologiczny gromadzonych odpadów, omówiono procesy zachodzące w masie składowanych odpadów oraz produkty powstające podczas rozkładu i biodegradacji odpadów. W dalszej części rozdziału przedstawiono problem oddziaływania składowisk odpadów na ośrodek gruntowo-wodny, przedstawiono profile toksykologiczne potencjalnie szkodliwych substancji oraz teoretyczne podstawy ich migracji do podłoża gruntowego. Omówiono rolę naturalnej bariery geologicznej oraz przedstawiono geologiczno-inżynierskie kryteria lokalizacji składowisk odpadów.

W rozdziale trzecim „*Metodyka i zakres badań*” omówiono metodologię badań. Zaprezentowano wykorzystane metody i rodzaje przeprowadzonych badań. Omówiono rodzaje badanych parametrów oraz technikę ich oznaczenia.

W rozdziale czwartym „*Charakterystyka badanych składowisk odpadów*” przedstawiono charakterystykę badanych składowisk odpadów obejmującą opis obiektów oraz uwarunkowania lokalizacyjne.

Rozdział piąty „*Wyniki badań*” zawiera omówienie wyników przeprowadzonych badań ankietowych, geologiczno-inżynierskich i geochemicznych gruntów, wyniki badań monitoringowych wód podziemnych oraz wyniki przeprowadzonej analizy statystycznej. W rozdziale tym przeprowadzono ocenę naturalnej warstwy izolacyjnej dla badanych składowiska przez porównanie otrzymanych wyników badań laboratoryjnych gruntów z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337. Przedstawiono związki lub ich brak pomiędzy rodzajem gruntów występujących w podłożu składowisk, a stężeniem wybranych pierwiastków, przedstawiono rozkład stężeń badanych pierwiastków w profilach pionowych oraz omówiono zmiany stężeń wybranych wskaźników w wodach podziemnych w badanym przedziale czasu.

Rozdział szósty „*Podsumowanie wyników badań*” stanowi dyskusję i podsumowanie wyników przeprowadzonych badań.

Rozdział siódmy „*Wnioski*” zawiera wnioski wynikające z uzyskanych wyników przeprowadzonych badań i ich dyskusji.

Praca jest uzupełniona *Spisem literatury i wykorzystanych materiałów*, obejmującym zestawienie literatury, opracowań, artykułów, aktów prawnych oraz zasobów internetu wykorzystanych w jej przygotowaniu.

2. ODDZIAŁYWANIE SKŁADOWISK ODPADÓW NA ŚRODOWISKO

Z uwagi na fakt, że na składowiskach gromadzone są przedmioty i substancje nieprzydatne, zużyte i często niebezpieczne, obiekty te oprócz bezużytecznego i często nieestetycznego zajęcia powierzchni ziemi, stanowią poważną uciążliwość dla środowiska i mogą powodować pogorszenie jego stanu. W masie składowanych odpadów zachodzą procesy i przemiany biologiczne, fizyczne i chemiczne, powodujące nie tylko zmianę postaci fizycznej odpadów, ale przede wszystkim powstanie szeregu szkodliwych związków i substancji stałych, ciekłych i gazowych (Alloway 1999; Blight at all. 2000; Czurejno 2005; Kulig 2004; Wreford 2000; Żegadło 1998), które dostając się do otoczenia, mogą stanowić zagrożenie dla wód powierzchniowych, podziemnych oraz podłoża gruntowego, ponadto stanowią źródło emisji do atmosfery niszczącego warstwę ozonową metanu (Alloway 1999; Kulig 2004; Łuniewski 2000; Macioszczyk 2002; Rapant 2004; Żygadło 1998).

2.1. Uciążliwości związane z funkcjonowaniem składowisk odpadów

Jedną z zauważanych w pierwszej kolejności uciążliwością związaną z istnieniem składowiska odpadów jest obniżenie walorów krajobrazowych i estetycznych terenu, na którym składowisko zostało zlokalizowane. Najistotniejsze jednak zagrożenie dla środowiska stanowią szkodliwe substancje i związki pochodzące ze składowiska, które stanowią potencjalne źródło zanieczyszczenia i skażenia gleb i wód.

Większość odpadów gromadzonych na składowiskach jest niesortowana. Są one bardzo zróżnicowane zarówno pod względem składu fizycznego jak i chemicznego. Oprócz złomu metali, papieru, szkła i tworzyw sztucznych, na wysypiskach gromadzone są odpady pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, będące źródłem substancji organicznych ulegających rozkładowi biochemicznemu oraz odpady niebezpieczne takie jak np. leki, baterie i farby, zawierające metale ciężkie a niekiedy także środki ochrony roślin.

Deponowane na składowiskach złomu metali, papieru, szkła oraz tworzyw sztucznych, powoduje przede wszystkim bezużyteczne zajęcie powierzchni terenu. Materiały te są i mogą być wartościowym źródłem surowców wtórnych, dlatego też, powinny być poddane procesom odzysku i ponownie wprowadzone do obiegu materiałowego. Ponadto ocenia się, że czas rozkładu zwykłego papieru wynosi od 3 do 4 miesięcy, czas potrzebny do korozji odpadów metalowych wynosi od 10 do nawet 100 lat, w przypadku plastiku jego degradacja trwa od 100 do 1000 lat, natomiast szkła - 4000 lat (Baird, Cann 2005). Konsekwencją składowania w wysypiskach odpadów zawierających metale ciężkie jest ich obecność w odciekach wysypiskowych. Oprócz tego powodują trudność w unieszkodliwianiu organicznych odpadów poprzez kompostowanie i ograniczają rolnicze wykorzystanie wyprodukowanego kompostu

Drugą, bardzo dużą grupę odpadów trafiających na składowiska są odpady organiczne. Ocenia się, że stanowią one około 30 do 50% wszystkich odpadów komunalnych. Odpady te ulegając naturalnym procesom biodegradacji przyczyniają się do powstania, a następnie przedostawania się do powietrza atmosferycznego substancji gazowych o charakterze odorotwórczym, toksycznym oraz palnym (<http://www.nfos.com.pl>) tj. metan, dwutlenek węgla, amoniak i siarkowodór.

Na składowiska komunalne w strumieniu odpadów niesegregowanych mogą trafiać również odpady typu niebezpiecznego (Grzesik-Filus i in. 2000, Maksymowicz, Polkowski 1997). Za odpad niebezpieczny uważa się odpad, który posiada przynajmniej jedną z następujących cech (Council Directive 91/689/EEC): wybuchowość, utlenialność, łatwopalność, toksyczność, działanie: drażniące, żrące oraz rakotwórcze, zakaźność, mutogenność, terakogenność (wywoływanie wrodzonych deformacji), ekotoksyczność, szkodliwość dla zdrowia. Wśród odpadów niebezpiecznych występujących w obrębie odpadów komunalnych szczególną grupę stanowią leki, które pomimo upływu czasu zachowują dużą aktywność biologiczną. Kolejną grupę odpadów zaliczanych do niebezpiecznych stanowią resztki farb, rozpuszczalników, opakowania po nich, baterie, akumulatory i świetlówki (Dz U. Nr 112, poz. 1206), które stwarzają zagrożenie przede wszystkim ze względu na zawartość substancji szkodliwych i toksycznych tj. węglowodory aromatyczne oraz metali ciężkich tj. np. kadm, nikiel, ołów czy rtęć.

O negatywnym oddziaływaniu składowisk odpadów można mówić w sytuacji, kiedy ich funkcjonowanie wywołało niekorzystne zmiany w środowisku. Oddziaływanie to zachodzi poprzez przenikanie do powietrza, gruntu i wód szkodliwych substancji pochodzących ze składowiska, których źródło stanowią same odpady (np. ze względu na swój skład surowcowy) bądź będące produktem reakcji zachodzących w składowanych odpadach.

Do podstawowych procesów zachodzących w masie odpadów na składowisku należą (Żegadło 1998; Kathiresan 2003):

Procesy fizykochemiczne, takie jak:

- mineralizacja związków organicznych - rozkład substancji organicznej do CO_2 , rozkład połączeń organicznych N, S, P do form nieorganicznych (NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}).
- przemiany chemiczne nieorganicznych związków prowadzące do powstania połączeń trwałych w warunkach składowiska, które mogą skutkować powstawaniem zarówno związków rozpuszczalnych jak i nierozpuszczalnych, m. in. przemianami wodorotlenków metali w tlenki, siarczki, węglany, krzemiany i fosforany, wiązanie metali ciężkich przez kwasy humusowe w trwałe i nierozpuszczalne kompleksy metaloorganiczne.

Procesy biochemiczne:

- rozkład materiału organicznego (hydroliza, fermentacja), prowadzący m. in. do powstania kwasów humusowych,
- rozkład substancji organicznych przy udziale bakterii (tlenowych i beztlenowych) do kwasów organicznych, a w końcowym etapie do gazów CH_4 , CO_2 .
- wiązanie metali i metaloidów w organizmach bakterii
- procesy metylacji prowadzące do powstawania m.in. metylortęci

Materiał organiczny zawarty w masie składowanych odpadów podlega tlenowemu i beztlenowemu rozkładowi. Przemianom tym podlegają głównie tłuszcze i białka. W początkowej fazie składowania odpady świeże (do dwóch tygodni depozycji) podlegają rozkładowi tlenowemu, który wraz z upływem czasu przechodzi w trwający przez kilka lat rozkład beztlenowy. Na obiektach, gdzie odpady są zagęszczane dominuje rozkład beztlenowy (główny składnik powstałego gazu stanowi metan). Początkowo zachodzi fermentacja kwaśna, której towarzyszy intensywny wzrost stężenia CO_2 (około 2 miesiące), po której przebiega niestabilna fermentacja metanowa (około 2 lata)

a w następnym etapie i stabilna fermentacja metanowa, której towarzysza stabilne stężenie CH_4 i CO_2 (około 10 lat) (Krawczyk 2002, i in. 2000). Produktami rozkładu biomasy są gaz wysypiskowy oraz składniki odcieków.

Frakcja nieorganiczna odpadów - metal, szkło czy gruz, nie podlega tym przemianom, ale może mieć istotny wpływ na intensywność procesów biochemicznych. Duży wpływ na przebieg procesów zachodzących w bryle składowanych odpadów ma zawartość wody, która stanowi rozpuszczalnik dla wielu substancji i związków oraz stanowi źródło ich transportu.

Gaz wysypiskowy. Produktem końcowym procesów hydroliz, rozkładu i fermentacji jest metan, który uwalniany jest wraz z CO_2 w postaci gazu wysypiskowego (Żegadło 1998). Wydzielanie gazu wysypiskowego rozpoczyna się po około 2 do 3 lat od chwili rozpoczęcia eksploatacji składowiska, i trwa do 20 lat po jej zakończeniu. Gaz wysypiskowy, oprócz wybuchowego metanu i dwutlenku węgla zawiera azot, siarkowodor, amoniak, węglowodory aromatyczne a także inne składniki (Tsiliyannis 1999). Ilość powstającego gazu zależy od formy, kształtu i wysokości składowiska, warunków technologicznych eksploatacji, temperatury powietrza, składu i wilgotności odpadów oraz sposobu uszczelnienia podłoża i skarp obiektu. Ocenia się, że z 1 tony odpadów powstaje średnio od 30 do 120 m^3 gazu wysypiskowego (Żegadło 1998).

Odcieki. W czasie całego okresu eksploatacji, jak i po jej zakończeniu, składowisko narażone jest na kontakt z wodami, których główne źródło stanowią opady atmosferyczne, a w przypadku płytko występującego zwierciadła wód również wody podziemne. Wody opadowe dostające się do składowiska ulegają różnorodnym procesom (Szyk 2003; Kulig 2004; Poradnik 2000). Część z nich ulega spływowi powierzchniowemu, część paruje, a pozostała część migrując przez bryłę składowiska, wzbogaca się w rozpuszczone składniki stałe i ciekłe oraz substancje będące produktami procesów fermentacyjnych zachodzących w masie składowanych odpadów, tworzy tzw. odcieki, które migrując ze składowiska powodują zanieczyszczenie jego otoczenia. Skład i ilość odcieków są bardzo zróżnicowane i uzależnione od rodzaju składowanych odpadów, ilości infiltrującej wody, wieku składowiska, sposobu eksploatacji składowiska, pory roku (Biesiada 2006; Rosik-Dulewska 2002; Szyk 2003; Żygadło 1998):

Biologiczne oddziaływanie. Składowisko stanowi źródło emisji bioaerozoli zawierających mikroorganizmy, bakterie oraz wirusy. Warunki panujące na składowiskach sprzyjają żerowaniu much, gryzoni i ptaków, które mogą przenosić na inne tereny zarazki chorobotwórcze.

2.2. Wpływ składowiska na podłoże gruntowe i wody

Odcieki zawierając przejściowe produkty rozkładu substancji organicznej tj.: kwasy, alkohole, związki azotu i fosforu, metale ciężkie, bakterie oraz inne substancje toksyczne (Siebielska 2002; Szymańska 2002), niosą silny ładunek zanieczyszczeń. Migrując w głąb podłoża składowiska stanowią zagrożenie dla środowiska gruntowo-wodnego (Budek i in. 2000; Izdebska-Mucha 2005). Zanieczyszczenie ośrodka gruntowo-wodnego przez składowisko zależy od kilku czynników, przede wszystkim od rodzaju gromadzonych odpadów i ładunku zanieczyszczeń, ilości odcieków migrujących za składowiska,

własności izolacyjnych podłoża, zdolności ośrodka wodnego do samooczyszczania (Biesiada 2006; Łuniewski 2000)

Zanieczyszczenia pochodzące ze składowisk odpadów mogą rozprzestrzeniać się na znaczne odległości tak, więc można stwierdzić, iż głównym skutkiem funkcjonowania tych obiektów jest ograniczenie zasobów użytkowych w strefie ich oddziaływania. Składowisko może powodować zanieczyszczenie, czy w niektórych przypadkach skażenie podłoża gruntowego przede wszystkim w wyniku migracji zanieczyszczeń transportowanych wraz z odciekami oraz w mniejszym stopniu poprzez osiadanie pyłów pochodzących ze składowiska transportowanych drogą powietrzną (Biesiada 2006). Ocieki przesączając się w głąb gruntu powodują nie tylko jego zanieczyszczenie pod względem chemicznym i mikrobiologicznym, ale zawarte w nich składniki (np. ropopochodne) mogą powodować zmianę jego parametrów geologiczno-inżynierskich (Izdebska-Mucha 2005; Korfiatis i in. 1986; Rybicki, Bauer 1997; Westlake 1995). Po kontakcie z wodami gruntowymi, ocieki mogą powodować długotrwałe i trudne czy wręcz niemożliwe do usunięcia skażenie warstwy wodonośnej (Łuniewski, 2000). Do gruntu oraz wód podziemnych dostają się przede wszystkim łatwo rozpuszczalne związki nieorganiczne w postaci jonowej, np. Ca^+ , Cl^- , Fe^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , NH_4 , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} oraz szereg substancji organicznych i mineralnych (Beadeker, Back 1979; Haarstad, Maehlum 1999; Hoehn i in. 2000; Kulig 2004; Macioszczyk 2002; Rosik-Dulewska 2002).

2.3. Pierwiastki występujące w odciekach wysypiskowych

Główne zanieczyszczenie środowiska stanowią pierwiastki chemiczne, które występując w podwyższonych stężeniach wywołują zjawisko tzw. stresu chemicznego, a ponadto w sytuacji, kiedy zachodzą interakcje pomiędzy jonami oraz związkami chemicznymi stają się one aktywne i szkodliwe (Kabata-Pendias, Mukherjee 2007), co w dalszej kolejności powoduje zaburzenia równowagi chemicznej w istniejących ekosystemach i funkcjonujących w nich organizmach. W składzie odcieków wysypiskowych w wysokich stężeniach wykrywane są: chlorki, siarczany, związki azotu, fosforany, fluorki, wapń, magnez, sód, potas, żelazo. Jednym z podstawowych wskaźników antropogenicznych zmian w środowisku jest jego zanieczyszczenie metalami ciężkimi (Allway 1999; Kabata-Pendias 1993; Poradnik 2000). Mianem metali ciężkich określa się metale o gęstości ponad 6 g/cm^3 . Powszechnie termin ten stosowany jest w odniesieniu do grupy pierwiastków: chrom, cynk, kadm, miedź, nikiel, rtęć i ołów. Naturalna zawartość tych pierwiastków nie szkodzi człowiekowi, a niektóre z nich jak np. cynk, miedź czy kobalt są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmów roślinnych i zwierzęcych. Należy zwrócić uwagę, że metale ciężkie występują w środowisku w warunkach naturalnych, w minerałach skałotwórczych oraz rudach. O skażeniu metalami ciężkimi można mówić jedynie w sytuacji, gdy występują one w stężeniach ponadnormatywnych. Należą one do najbardziej uciążliwych zanieczyszczeń nieorganicznych. Zanieczyszczone metalami ciężkimi wody stosunkowo szybko ulegają procesowi samooczyszczania, jednakże pierwiastki te zostają zabsorbowane na materiale gruntowym, gdzie mogą zostać unieruchomione jedynie w określonych warunkach fizykochemicznych. Zmiana tych warunków może powodować ponowne uruchomienie metali ciężkich i ich przejście w formy rozpuszczalne w wodzie (Budek i in. 2000). Na konsekwencje zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi zwrócono uwagę, po wystąpieniu zachorowań na chorobę itai-itai i minamata. Metale ciężkie mają zdolność kumulowania się w różnych częściach roślin oraz organizmach zwierzęcych, zwłaszcza bytujących w środowisku wodnym, skąd łatwo dostają się do organizmu człowieka. Skutki

negatywnego oddziaływania tych pierwiastków nie są widoczne od razu. Mogą powodować one trwale postępujące i nieodwracalne uszkodzenia organizmów żywych.

Chlor (Cl) tworzy niewiele stabilnych minerałów, wśród najlepiej znanych należy wymienić: NaCl, KCl, MgCl₂, w niektórych skałach chlor może występować również w postaci minerału sodalitu (Na₈(AlSiO₄)₆Cl₂), ponadto w określonych warunkach bardziej mobilne aniony Cl⁻ łączą się z metalami tworząc minerały tj. np. AgCl, PbCl₂. Zawartość chloru w skałach jest bardzo zróżnicowana i waha się od 10 do 300 ppm, a najniższą jego zawartością cechują się piaskowce (10 do 20 ppm) oraz skały ultrazasadowe (40 do 80 ppm). Chlor jest pierwiastkiem bardzo mobilnym w strefie hipergenicznej i hydrotermalnej, a jego zachowanie w glebie jest uzależnione od krążenia wód. Powierzchniowe wody słodkie zawierają około 8 mg/l chloru (Kabata-Pendias, Pendias 1993), płytkie niskozmineralizowane wody podziemne zawierają do 10 mg/l tego pierwiastka (Macioszczyk 2006). Stężenie chlorków w odciekach ze składowisk odnotowywane jest w przedziale od 1300 (z nowych składowisk) do 2080 g/m³ (ze starych składowisk) (Szyk 2003).

W organizmie człowieka chlor niezbędnym mikroelementem. Wchodzi w skład kompleksu asymilującego witaminę B₁₂ oraz jest składnikiem soku żołądkowego. Ponadto, we wszystkich organizmach żywych chlor jest czynnikiem regulującym ciśnienie osmotyczne (Kabata-Pendias&Pendias, 1993).

Chlor wykorzystywany jest jako środek dezynfekujący i wybielający, w przemyśle chemicznym stosowany jest do produkcji tworzyw sztucznych (PCW), barwników i pestycydów chloroorganicznych (np. p,p/DDT, które zostało powtórnie dopuszczone do stosowania w niektórych krajach).

Fluor (F). Głównym minerałem jest fluoryt (CaF₂) i kryolit (Na₃AlF₆), największe ilości fluoru wchodzi w skład łyszczyków i apatytów. W glebach występuje najczęściej w postaci fluoroapatytu lub formie związanej przez minerały ilaste, ponadto w strefie hipergenicznej pierwiastek ten charakteryzuje się wyższą mobilnością. Największa zawartością fluoru cechują się skały magmowe (od 50 do 100 ppm) oraz osady ilaste (od 500 do 800 ppm). Średnia zawartości fluoru w glebach różnego typu mieści się w zakresie od 85 mg/kg do 560 mg/kg. Koncentracja fluoru w wodach rzecznych waha się w przedziale od 0,05 do 2,7 mg/l (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Wody podziemne Polski zawierają od 0,2 do 0,5 mg/l tego pierwiastka (Macioszczyk 2006)

Fluor jest niezbędnym, ale także toksycznym pierwiastkiem dla ssaków, brak fluoru powoduje zaburzenia w wiązaniu wapnia, magnezu i fosforu w kościach, w formowaniu zębów oraz osłabienie szkliwa. Nadmiar fluoru zaburza przemianę wapnia i procesy enzymatyczne wpływając na metaloenzymy lub enzymy zależne od magnezu, żelaza, miedzi i wapnia (Seńczuk 1999). Nadmierna akumulacja fluoru w organizmie prowadzi do uszkodzenia nerek, twardnienia tętnic, a także zaburzeń psychicznych.

Ogniskami zanieczyszczenia środowiska fluorem są emisje z hut szkła, aluminium, z cegielni i z zakładów ceramicznych, cementowni, zakładów produkujących nawozy fosforowe. Zanieczyszczenie środowiska fluorem związane jest również z wykorzystywaniem związków fluoru przez metalurgię jako topniki, przemysł chemiczny do wytwarzania fluorowodoru i jego soli, przemysł szklarski, emalierski (jako zmetniacz szkła i emalii oraz szkliv, a także do trawienia szkła). Źródłem fluoru jest także produkcja

i stosowanie środków owadobójczych i grzybobójczych stosowanych w budownictwie, do opryskiwania drzew owocowych i warzyw.

Fosfor (P) w powierzchniowych warstwach litosfery występuje w postaci grupy fosforanowej PO_4^{3-} wiążącej się z kationami 2 i 3 - wartościowych metali (wapń, magnez, żelazo, glin i mangan), tworząc trudno rozpuszczalne sole fosforanowe, które występują w postaci minerałów tj.: fosforyt ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), hydroksyapatyt ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$), fluoroapatyt ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$). Najpowszechniej występującymi związkami nieorganicznymi zawierającymi fosfor są: apatyt ($[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F},\text{OH})_2]$), fosforan: glinu (AlPO_4) i żelaza (FePO_4) (O'Neill, 1997). Współczesne gleby Polski zawierają średnio 0,033 % tego pierwiastka. Generalnie uboższe w fosfor są grunty piaszczyste (Lis, Pasieczna, 1995). W powierzchniowych wodach słodkich jego stężenie jest niskie i wynosi około 60 $\mu\text{g/l}$ (O'Neil, 1997). Jednak wypłukiwanie fosforu z gleb wzbogacanych w fosfor (stosowanie nawozów sztucznych w rolnictwie), a w dalszej kolejności jego spływ do jezior i innych zbiorników wodnych, powoduje wzrost stężenia fosforanów w wodzie i w konsekwencji ich eutrofizację. Tło hydrochemiczne fosforanów dla wód podziemnych wynosi od 0,01 do 1,0 mg/l (Macioszczyk 2006). Natomiast ich stężenie w odciekach ze składowisk odpadów jest bardzo zróżnicowane i waha się w granicach od 0,9 do 188,9 mg/l (Poradnik 2000).

W organizmach żywych fosfor jest pierwiastkiem warunkującym prawidłowy metabolizm węglowodorów, tłuszczów i białek. Umożliwia rozpraszanie substancji odżywczych w organizmie.

W wyniku działalności gospodarczej człowieka największe ilości fosforu wprowadzane są do środowiska w następstwie stosowania nawożenia fosforowego. Fosfor wykorzystywany jest do produkcji materiałów pirotechnicznych, a jego związki do produkcji środków piorących i wybielaczy.

Glin (Al) w przyrodzie najczęściej występuje kation Al^{3+} . Najwięcej - około 9% tego pierwiastka zawierają skały magmowe oraz osadowe skały ilaste – 10% (Kabata-Pendias, Pendias 1993; O'Neil 1997). W trakcie wietrzenia glinu powstają wodorotlenki o różnej wartościowości, mające tendencję do sorbowania metali śladowych. Glin może tworzyć szereg kompleksów mineralnych i organicznych, charakteryzujących się metastabilnością (łatwością przechodzenia w inne formy) oraz dużą rozpuszczalnością w kwaśnym środowisku. W glebie jon glinowy jest jednym z podstawowych składników hamujących wzrost roślin. Wysokie jego stężenia w glebie zmniejszają przyswajanie żelaza i ograniczają pobieranie Ca, Zn, Cu i K. Zawartość glinu w glebach najczęściej wynosi od 1 do 3,5%, W wodach rzek występuje w zakresie od 60 do 300 $\mu\text{g/l}$ (Kabata-Pendias, Pendias 1993), natomiast jego stężenia w wodach podziemnych kształtują się w przedziale od kilku do kilkudziesięciu $\mu\text{g/l}$ (Macioszczyk 2006).

W organizmach żywych glin występuje w ilościach śladowych. W organizmie człowieka glin może mieć ujemny wpływ na metabolizm wapnia, fosforu i żelaza.

Źródło zanieczyszczenia środowiska glinem mogą stanowić elementy aluminiowe, preparaty farmaceutyczne i kosmetyczne zawierające ten pierwiastek.

Magnez (Mg) w przyrodzie występuje pospolicie w postaci minerałów: magnezytu (MgCO_3) i dolomitu ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), a także w złożach soli jako kizeryt ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

i biszofit ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Średnia zawartość magnezu w glebach Polski wynosi 0,1 % (Lis, Pasieczna, 1995). W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w zakresie od 2 do 60 mg/l (Kabata-Pendias, Pendias 1993), a w wodach podziemnych od 0,5 do 50 mg/l (Macioszczyk 2006). Jego stężenia w odciekach ze składowisk odpadów komunalnych odnotowywane jest w przedziale od 3,2 do 224,5 mg/l (Poradnik 2000).

Pierwiastek ten bierze udział w procesach metabolicznych. Odgrywa rolę w dostawie energii do tkanek i komórek organizmu, w tym zwłaszcza do wrażliwych na jej niedobór komórek nerwowych mózgu. Wspomaga pracę wątroby. Ułatwia wydalanie ołowiu z organizmu, co jest ważne zwłaszcza dla mieszkańców miast. Magnez jest regulatorem układu nerwowego. Przy przewlekłym jego niedoborze w tkankach nerwowych może dojść do deficytu ważnej dla procesu zapamiętywania substancji – dopaminy, co w efekcie powoduje trudności w przyswajaniu nowych wiadomości..

Związki magnezu znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu. Węglan wapnia (MgCO_3) używany głównie jako materiał ogniotrwały i izolacyjny, chlorek magnezu ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) znajduje zastosowanie jako środek impregnujący. Czysty magnez wykorzystywany jest jako materiał na pokrycia innych metali i w technice próżniowej.

Mangan (Mn) jest pierwiastkiem powszechnie występującym w skorupie ziemskiej w postaci tlenków, krzemianów i węglanów, na trzech stopniach utlenienia: Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} . W trakcie wietrzenia skał osadowych uruchomiony zostaje mangan, który jest wytrącany w postaci tlenku MnO_2 (z Mn^{4+}). Ze strefy wietrzenia mangan jest ługowany w postaci wodorowęglanów lub w kompleksach z kwasami organicznymi. Uwodnione tlenki manganu wytrącają się w postaci żelu koloidalnego, który mając ujemny ładunek elektryczny ma tendencje do sorbowania szeregu metali np. Ba, Co, Cu itp. Średnia zawartość manganu w glebach Polski wynosi 267 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995). W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w zakresie, a w wodach podziemnych od 0,01 do 0,4 mg/l (Macioszczyk 2006). Jego stężenie w odciekach ze składowisk odnotowywane jest w przedziale od 2,1 (ze starych składowisk) do 27,0 g/m³ (z nowych składowisk) (Szyc 2003).

Mangan jest pierwiastkiem niezbędnym dla organizmów żywych. Stwierdzono, że objawy neurologiczne w organizmie człowieka (ból głowy, apatia, w stadium bardziej zaawansowanym zaburzenia psychomotoryczne, sztywność ruchowa itd.) pojawiają się, gdy stężenie manganu wynosi około 2 mg/m³.

Mangan stosowany jest w przemyśle metalurgicznym jako dodatek do stopów metali. Ponadto, wykorzystywany jest przy produkcji ceramiki, szkła, baterii, nawozów sztucznych (MnSO_4 dodawany jest jako stymulator wzrostu roślin). Ponadto, mangan w środowisku pochodzi również ze spalania węgla i benzyny.

Potas (K) w środowisku naturalnym potas występuje w wielu minerałach tj.: karnalit ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), sylwin (KCl), polihalit ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{CaSO}_4$), a także w krzemianach i glinokrzemianach. Wykazuje wyższą mobilnością w strefie hipergenicnej. Całkowita zawartość potasu w glebie wynosi od 0,8 do 2,5% (www.ipipotash.org) natomiast jego przeciętne stężenie w wodach podziemnych wynosi od 6 do 6,5 mg/l (Macioszczyk 2006). Potas spotykany jest także w odciekach wysypiskowych, gdzie jego koncentracje wahają się od 31 do 766 mg/l (Poradnik 2006).

W organizmach żywych potas ma znaczenie dla prawidłowej gospodarki wodnej organizmu, bierze udział w spalaniu węglowodanów i białek oraz wpływa na równowagę kwasowo-zasadową i utrzymują właściwe ciśnienie osmotyczne. Nadmiar potasu w organizmie może powodować skurcze mięśni, mrowienie języka oraz zaburzenia pracy serca.

Wiązki potasu wykorzystywane są przede wszystkim w postaci nawozów sztucznych (chlorek, azotan, siarczan). W przemyśle potas znalazł zastosowanie w produkcji: jodyny (jodek), szkła (węglan) i mydła (wodorotlenek). Ponadto, jego związki są wykorzystywane jako pochłaniacze CO_2 (wodorotlenek) oraz utleniacze (chloran) (www.mpancz.webpark.pl).

Siarka (S) oprócz występowania w formie rodzimej tworzy wielu minerałów, tworząc siarczki (np. pirit (FeS_2), galena (PbS) i siarczany (np. gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhydryt (CaSO_4)). W postaci związków organicznych znajduje się w węglach, ropie naftowej, gazie ziemnym oraz w tkankach organizmów żywych. Średnia zawartość siarki we współczesnych glebach Polski wynosi od 0,005 do 0,020% (Lis, Pasieczna 1995). Przeciętne stężenie siarki w powierzchniowych wody Polski wynosi 58 mg/l, natomiast w wodach podziemnych - od 5 do 60 mg/l (Macioszczyk 2006). Zakres stężeń w odciekach ze składowisk jest bardzo szeroki i może wynosić od 10 do ponad 3000 g/m³ (Szyc 2003).

W organizmie ludzkim siarka stabilizuje połączenia białkowe, stanowi składnik witaminy B1 (tiaminy) i metioniny niezbędnych do budowy aminokwasów.

Siarka wykorzystywana jest do produkcji barwników, celulozy, kwasu siarkowego, środków leczniczych oraz zapalek. Wpływ antropogeniczny na obieg siarki w środowisku jest bardzo istotny. Spalanie kopalnych paliw łączy się z emisją związków siarki do atmosfery, czego konsekwencją jest powstawanie kwaśnych opadów, a proces utleniania piritów na składowiskach odpadów górniczych prowadzi do powstawania kwaśnych odcieków.

Sód (Na) w środowisku naturalnym sód występuje w formie plagioklazów (albit ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$)) i innych skaleni oraz halitu (NaCl). Średnia zawartość sodu w wodach powierzchniowych wynosi 6 mg/l (O'Neil 1997), natomiast jego stężenie w wodach podziemnych jest znacznie zróżnicowane. W wodach głównych zbiorników wód podziemnych Polski kształtuje się ono na poziomie od 1 do 60 mg/l (Macioszczyk 2006).

W organizmach żywych sód reguluje gospodarkę wodną, bierze udział w metabolizmie białek i węglowodanów, utrzymuje właściwe ciśnienie w naczyniach oraz stanowi przekąźnik w układzie nerwowym. U zwierząt wpływa na przyswajanie składników pokarmowych oraz odgrywa istotną rolę w przekazywaniu bodźców nerwowych (Buczkowska 2006). Zbyt duża podaż sodu w organizmie może powodować podwyższenie ciśnienia tętniczego, podwyższenie stężenia cholesterolu czy uszkodzenie nerek.

Związki sodu znalazły szerokie zastosowanie w produkcji: mydła (wodorotlenek), szkła (węglan), nawozów sztucznych (azotan) oraz w fotografice (tiosiarczan). Ponadto jego związki znajdują szerokie zastosowanie w gospodarstwach domowych oraz produkcji żywności (chlorek, wodorowęglan, glutaninian),

Wapń (Ca) w przyrodzie występuje przede wszystkim w postaci węglanu wapnia – kalcytu (CaCO_3) i dolomitu ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$), siarczanu wapnia - gipsu (CaSO_4), fosforanów wapnia - apatyty $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ oraz plagioklazów. Średnia zawartość wapnia we współczesnych glebach Polski wynosi 0,47%. W powierzchniowych wodach słodkich Polski wapń występuje w zakresie koncentracji od 50 do 150 mg/l (Lis, Pasieczna 1995), w wodach podziemnych jego zawartość jest bardzo zróżnicowana i waha się w granicach od kilku do ponad 100 mg/l (Macioszczyk 2006), natomiast w odciekach komunalnych jego stężenie odnotowywane jest w przedziale od kilku do ponad 400 mg/l (Poradnik 2000).

W organizmie człowieka bierze udział w procesach krzepnięcia krwi i wpływa na pobudliwość tkanki nerwowej i mięśniowej, przeciwdziała przenikaniu i odkładaniu się w organizmie toksycznych metali ciężkich jak, ołów, kadm, rtęć, beryl i arsen (www.portalwiedzy.onet.pl). Jego nadmiar może wywoływać zaburzenia metabolizmu witaminy K oraz obniżyć przyswajanie magnezu, żelaza i cynku. Jego nadmiar może być przyczyną powstawania kamieni w pęcherzu żółciowym, a także zaćmy i miażdżycy.

Związki wapnia są składnikiem wiążących budowlanych materiałów (cementu, zapraw murarskich (węglany wapnia, siarczany) oraz jako topniki w metalurgii (fluorki wapnia).

Żelazo (Fe) w przyrodzie występuje w postaci pospolitych minerałów tlenków i wodorotlenków (magnetyt, hematyt, limonit), siarczków (piryt) oraz krzemianów i glinokrzemianów. W glebie żelazo obecne jest w szeregu związkach takich jak: krzemiany, siarczany, węglany, tlenki i wodorotlenki i jest jednym z najbardziej mobilnych pierwiastków. Łatwo ulega przemieszczeniu w profilu glebowym i ulega wytrąceniu w postaci konkrecji, najczęściej w połączeniu z manganem. Wszystkie minerały żelaza występujące w glebie wykazują dużą pojemność sorpcyjną względem pozostałych metali oraz mają wpływ na ich rozmieszczenie w profilu glebowym. Średnia zawartość żelaza w glebach wynosi 0,67%. W powierzchniowych wodach słodkowodnych występuje w zakresie poniżej 1 mg/l, nieco wyższe stężenia (1,03 do 2,45 mg/l) stwierdzono w południowo-zachodniej Polsce (Lis, Pasieczna 1995). W wodach podziemnych zakresy stężeń kształtują się na poziomie od ilości śladowych do kilku mg/l (Macioszczyk 2006). W odciekach komunalnych stężenie żelaza jest odnotowywane w przedziale od rzędu kilkudziesięciu g/m³ (Szyk 2003).

Żelazo jest pierwiastkiem niezbędnym dla organizmów żywych. Stanowi składnik hemoglobiny i bierze udział w procesach przenoszenia tlenu. W organizmach roślinnych jego związki biorą udział w przekształcaniu energii świetlnej w chemiczną niezbędną do fotosyntezy, stymulują powstawanie chlorofilu, biorą udział w wiązaniu N_2 . Nadmiar żelaza w organizmie może prowadzić do zatrucia, którego objawami są biegunka, wymioty i uszkodzenie jelit. W czystej postaci żelazo znajduje niewiele zastosowań (konstrukcji rdzeni elektromagnetycznych). Powszechnie jest natomiast wykorzystywane w stopach z węglem i innymi pierwiastkami polepszającymi właściwości mechaniczne i chemiczne stali (www.eduseek.interklasa.pl).

Ogólny węgiel organiczny (OWO, ang. Total Organic Karbon – TOC) jest parametrem oznaczanym w celu scharakteryzowania zawartości materii organicznej w badanym elemencie środowiska (Zabiegała 2002). Znajomość zawartości TOC daje informację o zawartości w badanym elemencie środowiska wszystkich substancji

organicznych. W odniesieniu do wód zawartość OWO jest miarą ich zanieczyszczenia substancjami organicznymi. Zawartość węgla organicznego w wodach podziemnych mieści się w przedziale od 0,2 do 15 mg C/dm³ (Dojlido i in. 1994).

Arsen (As) charakteryzuje się wysoką podatnością do połączeń z substancją organiczną i wodorotlenkami żelaza. Z tego powodu w wysokich koncentracjach występuje w węglu brunatnym, w których zawartość As może przekraczać nawet 1500 mg/kg oraz w niektórych skałach osadowych żelaza m.in. w rudach darniowych. Znanych jest ponad 100 minerałów arsenu; najczęściej występuje w związkach z żelazem (arsenopiryt FeAsS, löllingit FeAs₂) i siarką (realgar, AsS aurypigment As₂S₃). Średnie zawartości arsenu w glebach różnego typu są w zakresie 0,2-16,3 mg/kg. W glebach gromadzi się głównie w poziomach powierzchniowych o zwiększonej zawartości substancji organicznej; w poziomach głębszych sorbowany jest przez minerały ilaste i tlenki żelaza. Wartość tła geochemicznego arsenu we współczesnych glebach wynosi <5 mg/kg, jedynie w południowej części Polski na Górnym Śląsku, Bieszczadach oraz Sudetach glebach obserwowane jest niewielkie podwyższenie zawartości As (Lis, Pasieczna 1995). W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w śladowych ilościach, w wodach podziemnych jego stężenie nie przekracza 0,01 mg/l (Macioszczyk 2006).

Chociaż małe ilości arsenu działają na organizmy zwierzęce stymulująco, związki arsenu są uznane za toksyczne. Jego toksyczność zależy od wartościowości (związki z As³⁺ są bardziej toksyczne od związków z As⁵⁺). Arsen i jego nieorganiczne związki mogą być przyczyną powstawania nowotworów układu oddechowego i skóry, a także zmian nowotworowych narządów wewnętrznych (Seńczuk, 2005). Objawy arsenozy obejmują zmiany skórne (np. keratoza). Badania geomedyczne na terenach występowania wysoko-arsenowych wód podziemnych np. w Argentynie, Bangladesz, Chile, Chinach i Indiach, a także na terenach, gdzie w gospodarstwach domowych spalany jest węgiel wzbogacony w arsen, wykazały występowanie dolegliwości zdrowotnych (Charlet, Polya 2006; Hopenhayn 2006).

Arsen uruchamiany jest do środowiska na skutek eksploatacji i przeróbki rud polimetalicznych (hutnictwo miedzi, ołowiu, cynku, niklu), rud arsenu, spalania węgla oraz wysiewanie nawozów fosforowych na pola uprawne, jak również przez zagospodarowywanie w środowisku odpadów i ścieków z zakładów garbarskich oraz ferm drobiu i świń. W ubiegłym wieku duże ilości arsenu wprowadzane były do środowiska na terenach zakładów przemysłu metalurgicznego, skórzanego i farbiarskiego wykorzystujących ten pierwiastek i jego związki, jak również w następstwie stosowania w rolnictwie pestycydów zawierających arsen i pasz wzbogaconych w mieszanki mineralne zawierające związki arsenu (Bojakowska 1994).

Bar (Ba) ze względu na podobnej wielkości promień jonowy i pokrewieństwo krystalochemiczne do potasu występuje w większych ilościach w skałeniach i łyszczykach. Przy wietrzeniu minerałów zawierających bar jest on uruchamiany i jest szybko wytrącany w postaci siarczanów (baryt) i węglanów (witeryt). Na krążenie baru w strefie hipergenicnej wpływ mają procesy: adsorpcji przez produkty hydrolizy (krzemiany glinu i glinokrzemiany), sorpcji baru przez minerały ilaste i wodorotlenki manganu (hollandyt - Ba₂Mn₈O₁₆) oraz wytrącanie baru w postaci BaSO₄. Zawartość baru w glebach jest zróżnicowana i najczęściej waha się w zakresie od 20-1000 mg/kg. Na obszarze Polski zawartość baru w glebach jest najczęściej poniżej 50 mg/kg, jedynie na południu (Karpaty, Dolny Śląsk i Górny Śląsk) zawartość baru w glebach jest wyższa w zakresie (od 50 do

100 mg/kg), a w Górach Sowich i niecce śródsudeckiej, gdzie wstępują liczne przejawy mineralizacji barytowej zawartości te wyższe są od 100 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995). W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w zakresie od poniżej 50 do 100 µg/l, lokalnie (na Niżu Polskim oraz na obszarze Górnego Śląska) obserwuje występowanie podwyższonych koncentracji do ponad 400 µg/l (Lis, Pasieczna 1995). Typowe tło hydrochemiczne dla baru w wodach podziemnych wynosi od 0,01 do 0,3 mg/l (Macioszczyk 2006).

Toksyczność baru dla organizmów zwierzęcych głównie zależy od rozpuszczalności soli baru w wodzie. Zarówno całkowity brak baru jest szkodliwy dla organizmów żywych, jak i wysokie dawki, które są bardzo toksyczne. Nadmierne ilości baru działają hamująco na proces mineralizacji kości, powodują niedowład mięśni i trudności w oddychaniu.

Ognisko zanieczyszczenia środowiska barem stanowi odprowadzanie ścieków z zakładów produkujących lub wykorzystujących związki baru (produkcja farb, farmaceutyków, przemysł: papierniczy, ceramiczny, szklarski). Olbrzymie ilości baru wprowadzane są do środowiska podczas prac górniczych (składnik płuczek wiertniczych) oraz wraz z odprowadzanymi wodami kopalnianymi (Bojakowska i in 1998).

Chrom (Cr) w procesach hipergenicznych wykazuje małą ruchliwość, główny minerał chromu – chromit (FeCr_2O_3) – jest odporny na wietrzenie. Chrom uwolniony w procesach wietrzenia jest łatwo wiązany przez wodorotlenki glinu i żelaza. Zawartość chromu w glebach jest ściśle związana z jego występowaniem w skałach macierzystych. Przeciętnie gleby zawierają 20-60 mg/kg. Tłowa zawartość chromu w glebach Polski oszacowana została na 16,8 mg/kg. W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w granicach do 5 µg/l (Lis, Pasieczna 1995), natomiast w wodach podziemnych jego koncentracje są śladowe jego stężenie w odciekach komunalnych odnotowywane jest na poziomie od <0,01 do 1,38 g/m³ (Szyc 2003)

W organizmie człowieka chrom należy do niezbędnych biopierwiastków. Spełnia on istotną rolę w metabolizmie glukozy, tłuszczów oraz niektórych białek (Kabata-Pendias, Pendias 1993), jednakże w sytuacji, kiedy następuje przekroczenie stężeń fizjologicznych związków chromu sześciowartościowego, pierwiastek ten ma działanie toksyczne, mutogenne oraz kancerogenne (Seńczuk 2005).

Zanieczyszczenie środowiska chromem jest związane z emisją zanieczyszczeń z hut stali nierdzewnych, żaroodpornych i stali stopowych, z zakładów przemysłu szklarskiego emalierskiego i ceramicznego, z zagospodarowywaniem w środowisku ścieków i odpadów z galwanizerni, produkcji farb i lakierów, zawierających związki chromu, z zakładów przemysłu włókienniczego i skórzanego, a także stosowaniem preparatów do zwalczania szkodników i impregnacji drewna zawierających związki chromu. Źródło skażenia środowiska chromem mogą stanowić nagromadzone na składowiskach odpady z galwanizerni, garbarni (Alloway 1999) oraz odpady ceramiczne.

Cynk (Zn) występuje przede wszystkim w postaci dwuwartościowej. Głównym jego minerałem jest sfaleryt (ZnS). W strefie hipergenicznej cynk jest pierwiastkiem mało ruchliwym. Tworzy trwałe związki z substancją organiczną, jest silnie wiązany przez uwodnione tlenki Fe i Mn oraz ulega szybkiemu wytrąceniu w obecności jonów siarczkowych (Kabata-Pendias, Kabata 1993). Średnia zawartość cynku we współczesnych glebach Polski wynosi 88 mg/kg. Naturalnie podwyższoną zawartość cynku w glebach

obserwuje się na Górnym Śląsku, co jest związane z obecnością w tym rejonie wychodni triasowych dolomitów okruszczonych Zn-Pb. W powierzchniowych wodach słodkowodnych występuję w zakresie od kilku do kilkunastu tysięcy $\mu\text{g/l}$ (Lis, Pasieczna 1995), w wodach podziemnych o małej mineralizacji występuje w stężeniach od 0,005 do 0,05 mg/l (Macioszczyk 2006). Jego stężenie w odciekach komunalnych odnotowywane jest w przedziale od 0,4 do 21,5 g/m^3 (Szyc 2003).

Cynk jest podstawowym mikroskładnikiem roślin - reguluje on metabolizm związków węglowodanowych i białkowych oraz występuje w enzymach (anhydraza, dehydrogenaza, peptydaza, fosfataza) (Kabata-Pendias, Mukherjee 2007). Cynk jest bardziej toksyczny dla roślin niż dla zwierząt i ludzi. W organizmach ludzkich i zwierzęcych cynk jest niezbędny do syntezy DNA i RNA. Bierze udział w syntezie białka oraz w tworzeniu insuliny. Wchodzi w skład wielu enzymów i odgrywa ważną rolę w pracy mózgu. Nadmiar cynku hamuje działalność wielu białek wiążących wapń oraz upośledza gospodarkę żelazem i miedzią (anemia i choroba Wilsona). Ponadto, jego nadmiar może powodować uszkodzenie biochemicznego układu kontrolnego oraz do odkładania cynku w tkankach miękkich, głównie w nerkach i w wątrobie.

Ze względu na fakt, że cynk znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle metalurgicznym, chemicznym i farmaceutycznym, jego źródło na składowiskach odpadów mogą stanowić gromadzone tam elementy ocynkowane, resztki farb, lakierów i kosmetyków. Źródłem zanieczyszczenia cynkiem gleb jest jego uruchamianie podczas spalania paliw kopalnych, eksploatacji i przeróbki rud cynku oraz polimetalicznych, stosowanie cynku lub jego związków w zakładach metalurgicznych (produkcja stopów), metalowych (cynkowanie) i produkujących farby na bazie tlenku cynku, w hutach szkła i emalierniach, a także w wyniku korozji materiałów budowlanych, ścieraniu się opon samochodowych, jak również w następstwie wykorzystywania osadów ściekowych, odpadów z ferm hodowlanych i gnojowicy do nawożenia gleb, stosowanie preparatów ochrony roślin zawierających związki cynku, nawozów fosforowych.

Kadm (Cd) występuje najczęściej jako Cd^{2+} lub w formie jonów kompleksowych. Uwalniany w procesach wietrzenia jest łatwo wiązany przez minerały ilaste i wodorotlenki żelaza. Kadm charakteryzuje się małą mobilnością w środowisku zasadowym oraz wysoką skłonnością do wiązania ze składnikami organicznymi gleby. W środowisku wodnym kadm ulega procesowi wiązania, często przy współudziale bakterii i ulega wytrąceniu w postaci siarczków (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Średnia zawartość kadmu we współczesnych glebach Polski nie przekracza 0,5 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995). Naturalna zawartość kadmu w glebach niezanieczyszczonych uwarunkowana jest występowaniem tego pierwiastka w skałach macierzystych. Zakres jego średnich zawartości w glebach różnych krajów mieści się w granicach 0,2–1,05 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Tłowa zawartość kadmu w glebach Polski wynosi 0,44 mg/kg . Najniższe zawartości kadmu - 0,1 mg/kg stwierdzono w glebach NE Polski; nieco podwyższone zawartości kadmu w glebach obserwowane są w Karpatach oraz środkowych Sudetach, a najwyższe koncentracje charakteryzują się gleby Górnego Śląska. Przeciętne koncentracje kadmu w powierzchniowych wodach słodkowodnych Polski są niższe od 3 $\mu\text{g/l}$ (Lis, Pasieczna 1995), w wodach podziemnych występuje w ilościach od 0,0001 do 0,0005 mg/l (Macioszczyk 2006). Jego stężenie w odciekach ze składowisk komunalnych odnotowywane jest w przedziale od 0,0012 do 0,18 (Poradnik 2000).

Kadm jest pierwiastkiem silnie toksycznym, jest łatwo wchłaniany i stosunkowo długo zatrzymywany w organizmie (Alloway 1999, Seńczuk 1999). Jego nadmiar w organizmie człowieka niekorzystnie oddziałuje na układ krążenia, powoduje anemię, choroby kości, może prowadzić do uszkodzenia nerek oraz ma działanie nowotworowe.

Ze względu na szerokie zastosowanie kadmu w metalurgii i energetyce jego źródła w środowisku mogą stanowić elementy, których powierzchnia pokryta jest tym metalem, łożyska, baterie niklowo-kadmowe. Ponadto kadm jest wykorzystywany jako barwnik przy produkcji farb. Źródłem zanieczyszczenia środowiska kadmem jest jego emisja do atmosfery podczas procesów przeróbki i przetwarzania surowców mineralnych: rud metali nieżelaznych, węgla, skał fosforanowych, margli, wapieni, spalania odpadów komunalnych i przemysłowych. Kadm uruchamiany jest do środowiska także w następstwie wykorzystywania go jako stabilizator mas plastycznych (PCV). Źródłem zanieczyszczenia gleb przez kadm jest także stosowanie nawozów fosforowych, nawadnianie ściekami i stosowanie osadów ściekowych (Kabata-Pendias, Mukherjee 2007). Źródłem kadmu w glebach jest także transport samochodowy.

Kobalt (Co) wykazuje wysokie powinowactwo geochemiczne do żelaza i niklu. Wykazuje właściwości sulfofilne, i często występuje w postaci siarczków i arsenków (np. kobaltyn, saffloryt) współwystępujących z minerałami żelaza i manganu. Uruchomiony podczas wietrzenia kobalt jest pierwiastkiem łatwo sorbowanym przez substancję organiczną oraz tworzy organiczne chylaty zwiększające mobilność kobaltu i mające wpływ na jego przemieszczanie w profilu glebowym (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Średnia zawartość kobaltu w glebach Polski wynosi 3 mg/kg. Naturalnie podwyższone stężenia tego pierwiastka obserwuje się na południu Polski, na obszarach występowania skał zasadowych (Lis, Pasieczna 1995). W powierzchniowych wodach słodkich przeciętne zawartości kobaltu mieszczą się w przedziale od 0,004 do 8,00 µg/l (Lis, Pasieczna 1995). Tło hydrochemiczne tego pierwiastka dla wód podziemnych jest rzędu 0,001 mg/l (Maciaszczyk 2006).

Kobalt jest niezbędny dla roślin, szczególnie motylkowatych, ponieważ wchodzi w skład porfiryn budujących koenzym kobalaminy, uczestniczącej w procesach wiązania N_2 . W organizmach zwierząt jest składnikiem kobalaminy (witamina B_{12}) spełniającej zasadniczą funkcję w wytwarzaniu czerwonych krwinek oraz w metabolizmie kwasów nukleinowych i białek. Dla organizmu człowieka szkodliwa jest dawka >25 mg/kg. Długotrwałe spożywanie pokarmów z podwyższonymi zawartościami kobaltu prowadzi do zmian w mięśniu sercowym, uszkodzenia nerek, wątroby oraz osłony włókien nerwowych (Kabata-Pendias, Pendias, 1993, Seńczuk, 2005).

Źródłem uruchamiania kobaltu jest przemysł metalurgiczny (produkcji stopów) przemysł ceramiczny, produkcja farb, medykamentów oraz przemysł atomowy

Miedź (Cu) jest pierwiastkiem powszechnie występującym w przyrodzie, lecz w niewielkich ilościach. Występuje przede wszystkim w postaci siarczków tj. np. kowelin (CuS), chalkopiryt ($CuFeS_2$), chalkozyn (Cu_2S). W trakcie procesów wietrzenia związki miedzi stosunkowo łatwo ulegają rozpadowi. Uwolnione jony z anionami i substancją organiczną tworzą związki migrujące. W wodach podziemnych migrację miedzi ograniczają: adsorpcja przez wodorotlenki Fe, Mn, V, krzemionka, minerały ilaste, substancję organiczną (wiąże około 90% miedzi), węglan wapnia. We współczesnych glebach Polski średnia zawartość miedzi wynosi 10 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995).

W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w zakresie, stężeń od 1 do 8 $\mu\text{g/l}$ (Kabata-Pendias, Pendias 1993), w mało mineralizowanych wodach podziemnych koncentracje nie przekraczają 0,02 mg/l . Jego stężenie w odciekach komunalnych zostało stwierdzone na poziomie od 0,3 do 0,12 g/m^3 (Szyc 2003).

W organizmach żywych miedź stanowi składnik wielu enzymów. Jest pierwiastkiem biorącym udział w tworzeniu krwinek czerwonych, ułatwia wprowadzanie żelaza do hemoglobiny, współdziała z witaminą C, wpływa na metabolizm lipidów, bierze udział w przesyłaniu impulsów nerwowych oraz w tworzeniu tkanki łącznej i syntezie niektórych hormonów (prostaglandyn). W organizmach roślinnych wchodzi w skład enzymów i białek, bierze udział w procesach fotosyntezy, oddychania oraz przemian związków azotowych i transportu węglowodanów (Kabata-Pendias, Pendias 1993). W organizmie nadmiar miedzi powoduje obniżenie poziomu cynku, wywołuje bezsenność, wypadanie włosów, objawy depresji. W przypadku roślin, nadmiar miedzi ogranicza ich oddychanie, zaburza syntezę chlorofilu oraz aktywność oraz aktywność niektórych enzymów (Kabata-Pendias, Mukherjee 2007).

Wzrost zawartości miedzi w środowisku związany jest z emisją pyłów przez huty miedzi, a także niektóre zakłady metalurgiczne (odlewnie mosiądzu i innych stopów zawierających miedź), wykorzystywaniem odpadów organicznych (osadów ściekowych, odpadów komunalnych, odpadów z ferm trzody chlewnej) do nawożenia gleb, stosowanie środków ochrony roślin zawierających miedź, a także w efekcie korozji materiałów budowlanych i elektrotechnicznych. Źródło skażenia środowiska miedzią pochodzącego ze składowisk odpadów, mogą stanowić gromadzone na nich elementy armatury wodociągowej, elementów elektronicznych, elektrycznych (kable), impregnowane drewno czy resztki pestycydów.

Nikiel (Ni) rozproszony w krzemianach skałotwórczych podczas wietrzenia jest uwalniany, następnie jest on wiązany przez wodorotlenki żelaza i manganu. W procesach sedymentacji nikiel wchodzi w skład minerałów ilastych, jak i związków żelaza i manganu. Średnia zawartość niklu w glebach Polski wynosi 6 mg/kg . W powierzchniowych wodach słodkowodnych występują w zakresie do 20 $\mu\text{g/l}$ (Lis, Pasieczna 1995), w wodach podziemnych stężenie niklu nie przekracza 0,05 mg/l (Macioszczyk 2006). Jego stężenia w odciekach ze składowisk komunalnych zostały stwierdzone w przedziale od 0,1 do 0,6 g/m^3 (Szyc 2003).

W organizmach żywych, w małych stężeniach nikiel jest niezbędny do prawidłowego rozwoju organizmów. Dla roślin jest on mniej toksyczny aniżeli rtęć, miedź, kadm i srebro, ale bardziej toksyczny niż ołów i cynk. W organizmach roślinnych powoduje chlorozę, zaburzenia w fotosyntezie i wiązaniu azotu. Nadmiar niklu w organizmie człowieka wywołuje odczyn alergiczny, wywołuje egzemę oraz może kumulować się w węzłach limfatycznych, co może powodować zaburzenia w strukturze kwasów nukleinowych (Seńczuk 1999). Nadmiar niklu toksycznie oddziałuje na organizm objawia się odczynami alergicznymi, wywołuje zaburzenia w metabolizmie białek w osoczu oraz zmianami w chromosomach i szpiku kostnym, a także ma działanie immunotoksyczne i rakotwórcze.

Nikiel ma szerokie zastosowanie w przemyśle metalurgicznym, stosuje się go do tworzenia połyskujących powłok galwanicznych na powierzchni elementów stalowych, do produkcji stopów niklu i miedzi stosowanych do wyrobu sztucców. Ponad to, nikiel jest też

dotychczasowy do stali stopowych o podwyższonej odporności na korozję (www.pl.wikipedia.org). Nikiel znajduje zastosowanie w produkcji akumulatorów, baterii niklowo-kadmowych i katalizatorów.

Ołów (Pb) należy do tzw. pierwiastków nadwytężonych tzn. szybkość wydobywania jest dziesięciokrotnie większa od naturalnej szybkości wietrzenia jego minerałów. W skorupie ziemskiej występuje niemal wyłącznie jako Pb^{2+} , charakteryzujący się małą mobilnością oraz wysoką skłonnością do wiązania ze składnikami organicznymi gleby. Ołów wykazuje duże powinowactwo geochemiczne do potasu i z tego względu obecny jest w skałach i jednocześnie charakteryzuje się wysokimi skłonnościami chalkofilnymi. Głównym kruszcem tego pierwiastka jest galena (PbS). W warunkach hipergenicznych w wyniku utleniania siarczku ołowiu powstają inne jego minerały tj. anglezyt ($PbSO_4$) czy cerusyt ($PbCO_3$), które nie ulegają jednak większym koncentracjom. Ołów uwalniany w procesie wietrzenia wchodzi w skład skał osadowych, w których wiązany jest głównie przez minerały ilaste oraz wodorotlenki żelaza, manganu i glinu. Średnia zawartość ołowiu w glebach Polski jest wysoka i wynosi 35 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995). Spowodowane jest to powszechnym zanieczyszczeniem gleb tym pierwiastkiem na skutek jego depozycji z atmosfery w następstwie wieloletniego stosowania przez transport etylin zawierających czteroetylen ołowiu. Ze względu na to, że związki ołowiu charakteryzują się niską rozpuszczalnością, naturalna zawartość ołowiu w wodach jest niska, ponad to, w przypadku wód powierzchniowych ołów ulega silnej bioakumulacji przez glony (Kabata-Pendias, Pendias 1993; O'Neill 1997). W powierzchniowych wodach słodkowodnych występuje w zakresie śladowych stężeń, w czystych wodach podziemnych od 0,001 do 0,01 mg/l (Macioszczyk 2006). Stężenie ołowiu w odciekach komunalnych odnotowywane są w przedziale od 0,14 do 0,4 g/m³ (Szyc 2003).

Ołów, obok kadmu i rtęci jest pierwiastkiem bardzo szkodliwym dla człowieka. Kumulując się w organizmie człowieka może powodować zaburzenia układu krwiotwórczego (syntezy hemu, inhibicji syntezy hemoglobiny, skrócenie życia krwinek czerwonych) wywołuje zaburzenia czynności wątroby, nerek, układu sercowo-naczyniowego oraz niekorzystnie wpływa na funkcje ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego (Seńczuk 1999).

Źródłem ołowiu w środowisku naturalnym są elementy metalowe wykonane z materiałów zawierających ten pierwiastek, akumulatory, środki ochrony roślin, elementy drukarskie, stopy lutnicze, spaliny, farby antykorozyjne itd. Ogromne ilości ołowiu zostały wprowadzone do środowiska w następstwie wieloletniego stosowania w transporcie etylin zawierających czteroetylen ołowiu.

Rtęć (Hg) jest pierwiastkiem silnie rozproszonym w skałach; podlega względnej koncentracji w utworach o większych właściwościach sorpcyjnych tj. osadach ilastych oraz organicznych. Średnia zawartość rtęci we współczesnych glebach Polski wynosi 0,06 % (Lis, Pasieczna 1995). Naturalna zawartość rtęci w glebach mieści się w zakresie 0,05-0,3 mg/kg. W skałach macierzystych magmowych i w większości osadowych, na których wykształcają się gleby, zawartość Hg jest na ogół bardzo niska – 0,01 mg/kg. Gleby piaszczyste charakteryzują się niższymi zawartościami Hg w porównaniu z glebami gliniastymi lub bogatymi w substancję organiczną, a najwyższe zawartości rtęci występują w glebach rejonów wulkanicznych (Steinnes 1995). W większości gleb zawartość rtęci wykazuje zróżnicowanie z głębokością, szczególnie w glebach naturalnych. Rtęć zawarta w glebach podlega ulatnianiu do atmosfery. W powierzchniowych wodach słodkowodnych

występuję w zakresie od 0,002 do 0,07 $\mu\text{g/l}$ (Kabata-Pendias, Pendias 1993), w wodach podziemnych zawartość rtęci nie przekracza 0,001 mg/l (Macioszczyk 2006).

Rtęć, nawet w bardzo małych ilościach, jest toksyczna zarówno dla ludzi jak i zwierząt. Rtęć i jej związki wykazują działanie neurotoksyczne, nefrotoksyczne i teratogenne. Najłatwiej wchłaniane są związki metylortęciowe (MeHg), które też mają najbardziej szkodliwe oddziaływanie na zwierzęta i ludzi (Seńczuk 2005).

Dzięki swoim właściwościom rtęć znalazła zastosowanie w wytwarzaniu termometrów, barometrów oraz pomp próżniowych, itp. W otoczeniu składowisk może ona pochodzić ze zgromadzonych: lamp jarzeniowych, rozbitych termometrów czy prostowników. Olbrzymie ilości rtęci wprowadzane są do środowiska w następstwie wysokotemperaturowego przetwarzania surowców (spalanie węgla, wytop metali) oraz na skutek wieloletniego stosowania rtęciowych zapraw nasiennych.

Stront (Sr) ma właściwości biochemiczne bardzo zbliżone do wapnia. Stront jest pierwiastkiem łatwo ulegającym sorpcji przez utwory ilaste i węglanowe. W procesach wietrzenia wykazuje dużą ruchliwość. Obieg strontu w środowisku jest podobny jak wapnia, dlatego też ich stosunek często jest używany jako wskaźnik względnej koncentracji strontu w badanym ekosystemie (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Średnia zawartość strontu w glebach Polski wynosi 17 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995). Naturalnie podwyższona koncentracja strontu w glebach często towarzyszy złożom siarki (rejon Tarnobrzega), utworom węglanowym (Roztocze) oraz utworom gipsowym (Niecka Nidziańska). W powierzchniowych wodach słodkowodnych występuję w zakresie stężeń od poniżej 200 do 400 $\mu\text{g/l}$ (Lis, Pasieczna 1995).

Niewielkie ilości strontu są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmów zwierzęcych. Jego brak powoduje ograniczenie wzrostu i zaburzenia budowy tkanki kostnej, natomiast jego nadmiar przyczynia się do deformacji kośćca oraz wywołuje zaburzenia metabolizmu wapnia i fosforu, a także miedzi i kobaltu (Bojakowska 1994).

Do środowiska stront może przenikać z procesów metalurgicznych (stosowany jest dodatek stopowy), z zakładów przemysłu ceramicznego i szklarskiego, produkcji farb i farmaceutyków.

2.4. Trwale zanieczyszczenia organiczne w występujące w odciekach wysypiskowych

Zanieczyszczenie chemiczne środowiska przyrodniczego związane jest nie tylko ze wzrostem w nim stężenia niektórych pierwiastków śladowych, ale również z obecnością i wzrostem zawartości szkodliwych związków organicznych. Do grupy trwałych zanieczyszczeń organicznych (POP) zaliczane są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle oraz pestycydy chloroorganiczne. Ich obecność jest często stwierdzana w odciekach wysypiskowych.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) stanowią grupę związków organicznych szeroko rozpowszechnionych w środowisku. Obejmują one liczącą grupę ponad 100 związków zawierających od dwóch do kilku, a nawet kilkunastu pierścieni aromatycznych w cząsteczce (Pośniak i in. 2000). Ich obecność stwierdzono we wszystkich elementach środowiska, a także w różnych produktach np. w smole, asfalcie, krezocie

(Naraoka i in. 2002; Bojakowska, Sokołowska 2003; Maliszewska-Kordybach 2000; Howsam, Jones 1998). W warunkach naturalnych wielopierścieniowe węglowodory tworzone są w wyniku wysokotemperaturowej pirolizy materiału organicznego podczas pożarów naturalnych zbiorowisk roślinnych (Koziański, Saade 1998). Związki te mogą być syntetyzowane przez rośliny, mogą być produktem przemian metabolicznych mikroorganizmów rozkładających szczątki roślinne i zwierzęce. WWA powstają podczas diagenety i katagenety materii organicznej zwłaszcza podczas generacji ropy naftowej i przeobrażania materiału organicznego w węgiel; poliareny te tworzą się także podczas wybuchów wulkanów (Harvey 1998, Howsam, Jones 1998, Capaccioni i in. 1995). Współcześnie wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne uruchamiane są do środowiska przede wszystkim podczas spalania kaustobiolitów, przeróbki paliw kopalnych w zakładach przemysłu koksowniczego i rafineriach ropy naftowej, spalania paliw płynnych w silnikach samochodowych i samolotowych, wydobywania, transportowania i magazynowania paliw płynnych, jak również w trakcie procesów hutniczych (Harvey 1998; Howsam, Jones 1998). Zawartość WWA w glebach waha się w znacznym zakresie od 0,005 mg/kg na terenach położonych daleko od ośrodków przemysłowych i nieużytkowanych rolniczo do kilku tysięcy mg/kg na terenie rafinerii (Bojakowska, Sokołowska 2003). Gleby terenów miejskich mają wyższe zawartości WWA niż tereny rolnicze i na terenach dużych miast ich zawartość w glebach często przekracza kilkanaście mg/kg. Średnia zawartość WWA w uprawnych glebach Polski - 327 µg/kg jest zbliżona do zawartości WWA w glebach w Niemczech (321 µg/kg), Walii (302 µg/kg) i nieco niższa od obserwowanych w glebach Wielkiej Brytanii (460 µg/kg) (Maliszewska-Kordybach 2000). W Polsce gleby o zawartości WWA poniżej 200 µg/kg stanowią 30%, a gleby silnie zanieczyszczone zawierające powyżej 8000 µg/kg stanowią zaledwie 1% (Maliszewska-Kordybach 2000). Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne zatrzymywane są w glebie przede wszystkim w warstwie próchnicznej; ze względu na ich sorpcję przez składniki glebowe i ich bardzo małą rozpuszczalność oraz podatność na wymywanie tylko w niewielkim stopniu przemieszczają się w głąb profilu glebowego. Stężenie WWA w glebach zależy od właściwości gleb, z których niewątpliwie najistotniejszą rolę odgrywa zawartość substancji organicznej. Gleby bogate w substancję organiczną charakteryzują się wyższą zawartością WWA. Zależność taka jest mniej istotna w pobliżu źródeł zanieczyszczeń. Wysoka zawartość WWA w glebach wysoko próchnicznych może być związana albo z silniejszą akumulacją tych związków z atmosfery lub też wolniejszym ich usuwaniem ze środowiska glebowego jak i z biosyntezą (Maliszewska-Kordybach 2000). W glebach najobfitszym składnikiem z grupy wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych jest fluoranten, a następnie benzo(a)piren, piren, benzo(ghi)perylen, benzo(b)fluoranten i fenantren. Zanieczyszczenie gleb WWA obserwuje się w pobliżu zakładów petrochemicznych, koksowni, smolarni, gazowni i tras szybkiego ruchu, a także na skutek stosowania do ich nawożenia kompostów i osadów ściekowych (niektóre osady ściekowe charakteryzują się wysokimi zawartościami WWA przekraczającymi niekiedy 100 mg/kg) oraz także użytkowania maszyn rolniczych. Źródłem zanieczyszczenia gleb mogą być również awaryjne wycieki substancji ropopochodnych, jak również osady rzeczne przemieszczane na tarasy zalewowe podczas powodzi (Gocht i in. 2001).

Pestycydy wykorzystywane przez kilkadziesiąt lat do usuwania i niszczenia chwastów, do zwalczania pasożytów, a także do ograniczania strat plodów rolnych podczas ich magazynowania, spowodowały również wiele niekorzystnych skutków w środowisku (Ramamoorthy, Ramamoorthy 1997). Mimo, że wiele spośród tych związków, ze względu na ich szkodliwe oddziaływanie na organizmy zwierzęce i bardzo małą podatność na degradację w środowisku, zostało wycofanych z produkcji i użycia

w wielu krajach, to jednak są one nadal produkowane w wielu krajach i stosowane w krajach rozwijających się. I niestety ze względu na właściwości fizyczne pestycydów chloroorganicznych (wysoka prężność par), stosunkowo łatwo część z pestycydów rozsianych na polach uprawnych i plantacjach w krajach tropikalnych, zwłaszcza na gleby o bardzo niskiej zawartości materii organicznej i poddanych silnej radiacji słońca, przedostaje się do atmosfery i transportowana wraz z masami powietrza na duże odległości w kierunku biegunów trafia z opadami atmosferycznymi do gleb strefy umiarkowanej (Ramamoorthy, Ramamoorthy 1997). Z grupy pestycydów chloroorganicznych największy problem stanowią pozostałości DDT i jego metabolity (p,p'-DDE, p,p'-DDD) oraz stereoizomery heksachlorocykloheksanu (α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH), heptachlor, aldryna i dieldryna.

Pestycydy chloroorganiczne wywołują u zwierząt i ludzi odległe skutki genotoksyczne (mutagenne, teratogenne, rakotwórcze), neurotoksyczne (ośrodkowe i obwodowe), immunotoksyczne, embriotoksyczne oraz wpływają na gospodarkę hormonalną organizmu i przebieg procesów enzymatycznych (Seńczuk 1999).

Polichlorowane bifenyle związki bardzo trwałe, niepalne, lipofilne, słabo rozpuszczalne w wodzie, miały szerokie zastosowanie przemysłowe od lat trzydziestych do wczesnych lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Były one wykorzystywane jako ciecz dielektryczna do kondensatorów i transformatorów wysokiego napięcia, jako płyny robocze w siłownikach hydraulicznych i wymiennikach ciepła, dodatki do farb i lakierów, plastyfikatory do tworzyw sztucznych, wypełniacze w środkach ochrony roślin, a także jako substancje do powlekania powierzchni, środki uniepalniające do impregnacji drewna, stosowane były również w produkcji papierów powielających (Ramamoorthy, Ramamoorthy 1997). Po wykryciu rakotwórczych, toksycznych, teratogennych, immunodepresyjnych właściwości polichlorowanych bifenyli, a także ich zdolności do bioakumulacji produkcja i stosowanie PCBs została wstrzymana w 1977 r., ale nadal pozostają one w użyciu w istniejących urządzeniach i produktach. Do środowiska są one uwalniane także podczas spalania węgla w elektrowniach (przede wszystkim brunatnych), spalania odpadów szpitalnych, spalania węgla kamiennego i drewna w sektorze mieszkaniowym i komunalnym. PCBs, podobnie jak pestycydy chloroorganiczne, ze względu na wysoką prężność ich par stosunkowo łatwo ulatniają się do atmosfery z gleb, wód powierzchniowych, osadników i składowisk odpadów i z tego powodu ich atmosferyczna depozycja zarówno z suchymi jak i mokrymi opadami odgrywa ważną rolę w obiegu tych zanieczyszczeń w środowisku (Totten i in. 2003, Hsu i in. 2003, Offenberg, Baker 1997; Eisenberg i in. 1998).

2.5. Procesy i parametry fizyko-chemiczne skał wpływające na migrację zanieczyszczeń ze składowisk odpadów do środowiska gruntowo-wodnego

Zasięg oraz intensywność oddziaływania obiektów gospodarki odpadowej na środowisko gruntowo-wodne zależy od właściwości filtracyjnych i sorpcyjnych utworów występujących w podłożu składowiska, przepuszczalności utworów wodonośnych, warunków hydrogeologicznych oraz ilości i właściwości odcieków (Kulig 2004; Poradnik 2000). W gruncie jako ośrodku trójfazowym zanieczyszczenia mogą występować jako: rozpuszczone w roztworze porowym, związane na powierzchni fazy stałej oraz w fazie gazowej.

Proces rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w ośrodku wodnym i gruntowym jest zjawiskiem złożonym, na który składają się procesy fizykochemiczne odpowiedzialne za transport substancji oraz procesy bakteriologiczne. Za główne zjawiska odpowiedzialne za migrację zanieczyszczeń należy uznać procesy (Małecki 2006; Alloway 1999; Poradnik 2000; Witczak, Adamczyk 1994):

- konwekcji (adwekcji),
- sorpcji i desorpcji
- dyfuzji molekularnej,
- degradacji substancji organicznych

Konwekcja, stanowi główny mechanizm przemieszczania zanieczyszczeń. Pod tym pojęciem, rozumie się przenoszenie masy przez strumień filtracyjny, z przeciętną szybkością wód, a wynikające z panującego w danym ośrodku gradientu ciśnienia. Adwekcja stanowi podstawowy sposób przemieszczania cząstek i jonów rozpuszczonej substancji.

Grunt, jako ośrodek trójfazowy, może wchodzić w różnorakie reakcje ze substancją zanieczyszczającą, z tego też względu, duży wpływ na migrację zanieczyszczeń mają zjawiska sorpcji i desorpcji zachodzące na kontakcie substancji zanieczyszczającej, wody i gruntu. Zanieczyszczenia rozpuszczalne mogą wnikać w pory gruntu, gdzie są sorbowane przez minerały ilaste, uwodnione tlenki żelaza, materię organiczną, związki nierozpuszczalne gromadzą się na powierzchni cząstek gruntu, natomiast związki organiczne mogą wiązać się z występującą w gruncie materią organiczną. Im silniej substancje szkodliwe są adsorbowane w warstwach przypowierzchniowych tym mniejsze jest prawdopodobieństwo ich przeniknięcia w głąb podłoża.

Kolejnym z procesów determinujących migrację zanieczyszczeń w ośrodku gruntowym jest zjawisko dyfuzji molekularnej. To proces przemieszczania zanieczyszczeń w kierunku zgodnym z gradientem stężeń.

Ostatni z procesów, to zachodząca przy udziale mikroorganizmów degradacja. Polega ona na rozkładzie i biodegradacji zanieczyszczeń organicznych na drodze przemian chemicznych i biologicznych (addycja, redukcja, hydroliza, utlenienie, kompleksowanie). Wynikiem tego może być powstanie nowych substancji i związków zanieczyszczających. Proces biodegradacji substancji organicznej w warunkach beztlenowych prowadzi do powstania CO_2 i H_2O , ale oprócz tego powstają N_2 (gazowy), H_2S i CH_4 oraz następuje redukcja metali do niższych stopni utlenienia (Mn^{2+} , Fe^{2+}), H_2S i CH_4 (Małecki, 2006).

Zasięg zanieczyszczeń migrujących ze składowisk odpadów uzależniony jest od rodzaju substancji zanieczyszczającej, z którą mamy do czynienia. Najmniejsze rozprzestrzenienie wykazują zanieczyszczenia bakteriologiczne, które mogą docierać na odległości od kilkunastu do 100 m od składowiska. Znacznie dalej, bo na odległości rzędu kilku kilometrów od składowiska, rozprzestrzeniają się zanieczyszczenia chemiczne w postaci jonowej.

W celu ograniczenia negatywnego wpływu składowisk odpadów na środowisko naturalne, lokalizacja tych obiektów podlega ograniczeniom i możliwa jest w ściśle określonych warunkach geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i przyrodniczych. Rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy,

eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz. U. Nr 61, poz. 549), szczegółowo określa, jakie kryteria powinny spełniać miejsca lokalizacji składowisk odpadów, celem ograniczenia ich negatywnego oddziaływania na zdrowie i życie ludzi oraz na środowisko. Ponadto, w myśl Ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz. U. 94.49.196 z zm.) lokalizacja składowisk odpadów, które zaliczone zostały do grupy inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi lub inwestycji mogących pogorszyć stan środowiska, ich lokalizacja wymaga uwzględnienia warunków zabudowy i zagospodarowania terenu, w odniesieniu, do czego przeprowadzana jest ocena oddziaływania na środowisko.

W świetle wszystkich wymagań lokalizacyjnych składowisk odpadów, wybór miejsca depozycji odpadów powinien być podyktowany możliwością wykorzystania w jak największym stopniu naturalnych właściwości środowiska geologicznego, które w sytuacji, kiedy obniżona zostanie skuteczność sztucznej bariery inżynierskiej, np. w wyniku uszkodzenia, zminimalizują ujemne skutki oddziaływania składowiska (Frankowski, Mitrega 1998). Bariera geologiczna jest określona przez zespół warunków geologicznych i hydrogeologicznych, które skutecznie minimalizują negatywne oddziaływanie szkodliwych produktów powstających w okresie istnienia składowiska, a tym samym chronią przed zanieczyszczeniem podłoża i wód podziemnych.

Głównym kryterium wyznaczania miejsc lokalizacji składowisk odpadów jest występowanie w podłożu utworów stanowiących naturalną warstwę izolacyjną. Obecność utworów ilastych o określonych parametrach geologiczno-inżynierskich w stopie i w skarpach składowiska uniemożliwia, lub w znacznym stopniu ogranicza, przenikanie do podłoża odcieków, a co za tym idzie ogranicza rozprzestrzenianie się niesionego w nich ładunku zanieczyszczeń.

Stwierdzono (Instrukcja ITB nr 337), że najskuteczniej zabezpiecza środowisko gruntowo-wodne przed migracją odcieków ze składowiska odpadów lokalizacja składowisk na obszarach gdzie barierę izolacyjną stanowią grunty ilaste o następujących parametrach geologiczno-inżynierskich,:

- wartość współczynnika filtracji (k) rzędu 10^{-9} m/s,
- zawartość frakcji ilowej $f_i > 20$ %,
- brak frakcji kamienistej (f_k) i żwirowej (f_z),
- zawartość frakcji piaszczystej $f_p < 60$ %,
- wskaźnik plastyczności $I_p > 20$ %,
- granica płynności $w_L > 30$ %,
- zawartość węglanu wapnia (CaCO_3) do 10 %,
- zawartość substancji organicznej do 2 %,

Poniższa tabela prezentuje minimalne wymagania dotyczące wartości współczynników filtracji oraz miąższości warstwy izolacyjnej w zależności od rodzaju składowiska odpadów.

Wartość współczynnika filtracji. Podstawowe znaczenie przy ocenie przydatności, a zarazem skuteczności gruntu jako naturalnej bariery mineralnej jest niski współczynnik filtracji (k), którego wartość powinna być rzędu 10^{-9} . Pod pojęciem filtracji rozumie się ruch cieczy i gazów w ośrodku porowym i szczelinowym. Duża powierzchnia wewnętrzna porów, ich małe przekroje oraz krętość powodują, że filtracja przebiega z małymi

prędkościami, ruchem laminarnym lub linearnym, zgodnie z prawem Darcy'ego, według którego ilość wody przenikającej przez ośrodek porowy w danej jednostce czasu jest proporcjonalna do spadku hydraulicznego, przekroju poprzecznego oraz współczynnika filtracji (Kleczkowski, Rózkowski 1997). Wartość współczynnika filtracji zależy od uziarnienia gruntu oraz właściwości cieczy (Choma-Moryl 2004)

Tabela 2.1. Wartość współczynnika filtracji oraz minimalna miąższość utworów stanowiących naturalną barierę izolacyjną na obszarze lokalizacji poszczególnych typów składowisk odpadów.

Rodzaj składowiska:	Parametry naturalnej bariery geologicznej		
	Minimalna miąższość [m]	Wartość współczynnika filtracji k [m/s]	Rodzaj gruntów
odpadów niebezpiecznych	≥ 5	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$	iły, łupki ilaste
odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne	≥ 1	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$	
odpadów obojętnych	≥ 1	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	gliny

Skład granulometryczny. Utwory ilaste występujące w podłożu składowiska stanowią nie tylko barierę fizyczną dla migracji zanieczyszczeń, ale również barierę geochemiczną, zmniejszając negatywne oddziaływanie odcieków na wody gruntowe (Dearlove 1993). Występowanie w podłożu składowiska gruntów ilasto-gliniasto-pylastych ogranicza możliwość migracji poprzez adsorpcję potencjalnych zanieczyszczeń migrujących w odciekach, co także skutkuje ograniczeniem zagrożenia głębszych warstw wodonośnych.

Konsystencja gruntu. W sytuacji oceny naturalnej bariery geologicznej, konieczne jest określenie konsystencji, w jakiej występują grunty w podłożu składowiska. Właściwości gruntów spoistych w wielu przypadkach zależą od intensywności ich współdziałania z wodą. Istnieje wiele wskaźników charakteryzujących właściwości gruntów w zależności od intensywności tych interakcji. Jednym z nich jest konsystencja gruntu, określająca stopień spójności cząstek w zależności od ich stanu fizycznego oraz ilości wody. Wraz ze wzrostem zawartości wody, grunt zmienia swoją konsystencję, zmniejsza się oddziaływanie pomiędzy cząsteczkami gruntu, a co jest z tym związane, zmieniają się właściwości geotechniczne, co skutkuje zmniejszeniem odporności gruntu na działanie czynników zewnętrznych. Wyróżnia się trzy podstawowe konsystencje gruntu, w praktyce jednak istnieje szereg dalszych wydzieleni określanych mianem stanu gruntu: zwarty (zw), półzwarty (pzw), twaroplastyczny (tpl), plastyczny (pl), miękko plastyczny (mpl) i płynny (pl), a wilgotność gruntu przy przejściu pomiędzy kolejnymi stanami nazywamy granicami konsystencji (granice Attenberga).

Kolejnym z badanych parametrów były **wskaźnik plastyczności** (I_p) oraz stopień plastyczności (I_L). Wskaźnik plastyczności określa zakres wilgotności, przy której grunt pozostaje w stanie plastycznym. Jest on obliczany jako różnica granicy płynności (w_l) i granicy plastyczności (w_p). Stopień plastyczności określa, jaką konsystencję ma badany grunt. Jest obliczany jako stosunek różnicy wilgotności naturalnej i granicy plastyczności do różnicy granicy płynności i granicy plastyczności. Grunt występujący w stanie plastycznym ulegając deformacjom pod wpływem działania sił zewnętrznych ulega odkształceniu, ale zachowuje swoją spójność. Tworzy ciągłą warstwę pozbawioną

nieciągłości, które mogłyby stanowić drogę migracji dla zanieczyszczeń. W sytuacji, kiedy w podłożu składowiska występują grunty w stanie zwartym, istnieje prawdopodobieństwo występowanie tych gruntów w postaci rozdrobnionych grudek, a wolne przestrzenie między nimi stanowiłyby dogodną drogę dla migracji odcieków. Natomiast grunt w stanie płynnym charakteryzuje się za małą wytrzymałość, a co za tym idzie stwarza zagrożenie stabilności składowiska (Choma-Moryl 2004).

Zawartość węgla wapnia. W warunkach naturalnych w gruntach mogą występować węglany. Ich wysoka zawartość powoduje silną agregatyzację gruntu, co w dalszej kolejności powoduje zmianę jego właściwości geologiczno-inżynierskich.

Zawartość substancji organicznej. Pod pojęciem substancji organicznej (części organicznych) rozumie się nierozłożone jak i zhumifikowane obumarłe szczątki roślinne i zwierzęce. Substancja ta charakteryzuje się wysoką hydrofilnością oraz zdolnościami sorpcyjnymi polegającymi na wiązaniu różnych składników, w tym również zanieczyszczeń i metali ciężkich, co ogranicza ich migrację w środowisku glebowym. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że wiązanie kationów przez substancję organiczną jest zdecydowanie mniej trwałe aniżeli w przypadku minerałów ilastych. Wpływa to na zmianę parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów tj. np.: plastyczność, ścisłość, wytrzymałość na ścinanie (Myślińska 2001).

3. METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Wstępnym etapem realizacji pracy było przeprowadzenie badań ankietowych skierowanych do wydziałów ochrony środowiska oraz wydziałów komunalnych i gospodarki przestrzennej urzędów gmin położonych w obrębie zlewni Dunajca. **Zasadniczy (doświadczalny)** etap prac przeprowadzono po analizie materiału ankietowego i wytypowaniu składowisk do badań. Celem jego było rozpoznanie warunków podłoża w bezpośrednim otoczeniu wybranych składowisk na podstawie oznaczenia podstawowych parametrów fizycznych oraz wykonania analiz geochemicznych na zawartość wybranych pierwiastków dla próbek gruntów pobranych podczas wierceń geologicznych. W pracy wykorzystano również udostępnione wyniki analiz wód z badań monitoringowych prowadzonych na wysypiskach.

3.1. Badania ankietowe

Celem ankiety (zał.1) było rozpoznanie aktualnego stanu gospodarki odpadami na obszarze zlewni Dunajca. Ogółem rozesłano drogą listową 68 ankiet. W większości przypadków spotkano się z pozytywną reakcją odbiorców, o czym świadczy wysoki procent jednostek, które wzięły udział w badaniu. Uzyskano 53 odpowiedzi, co stanowi 78% wszystkim rozesłanych ankiet. W pozostałych przypadkach spotkano się z odmową lub nie wyrażono zgody na udzielenie informacji. Ankieta zawierała pytanie dotyczące tego, czy na terenie gminy znajduje się składowisko odpadów i jakiego typu, w przypadku pozytywnej odpowiedzi proszono o wypełnienie dalszych części. Ankieta składała się z dwóch części. Pierwsza zawierała pytania dotyczące składowisk zorganizowanych (zarówno czynnych jak i zamkniętych), druga część - dzikich wysypisk śmieci na terenie gminy.

W części pierwszej były następujące pytania:

- data rozpoczęcia eksploatacji składowiska,
- przewidywana data zakończenia eksploatacji,
- całkowita i wykorzystana powierzchnia składowiska oraz jego pojemności,
- rodzaj uszczelnienia (naturalne, sztuczne, brak),
- głębokość występowania zwierciadła wód gruntowych w podłożu składowiska,
- odległość od cieką powierzchniowego lub zbiornika wodnego,
- charakterystyka ilościowa i jakościowa odpadów gromadzonych na składowisku: ilość, czy na składowisku gromadzone są odpady niebezpieczne, rodzaju odpadów gromadzonych na składowisku (zgodnie z katalogiem odpadów),
- wyposażenie składowiska w instalację zbierania odcieków i instalację do odzysku biogazu,
- czy prowadzone są badania monitoringowe gruntów, wód powierzchniowych, wód podziemnych,
- jaki jest zakres badań monitoringowych

W części drugiej pytania dotyczyły dzikich wysypisk:

- ewidencji na terenie gminy dzikich wysypisk,
- szacowanej ich ilości,
- rodzaju odpadów, które gromadzone są na wysypiskach,
- uwarunkowań geologiczno-hydrogeologicznych miejsc ich występowania:
 - rodzaju utworów budujących podłoże,
 - głębokości występowania zwierciadła wód gruntowych w podłożu,
 - odległości od cieką powierzchniowego lub zbiornika wodnego.

3.2. Część doświadczalna

3.2.1. Badania geologiczno-inżynierskie

W celu rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich podłoża w bezpośrednim otoczeniu składowisk: miąższości i litologii warstw, ustalenia rodzaju i głębokości występowania utworów izolujących oraz właściwości fizycznych gruntów, wykonano ręczne wiercenia geologiczno-inżynierskie. Na wszystkich składowiskach wykonano po trzy otwory wiertnicze. Ich rozmieszczenie prezentują ryciny 4.1, 4.3 i 4.5.

Wiercenia na składowiskach Tarnów Krzyż wykonano do głębokości 4,0 m p.p.t, w przypadku składowiska Biała Niżna, do głębokości 2,0 m p.p.t (dwa z wykonanych otworów badawczych) oraz 2,75 m p.p.t., w przypadku trzeciego z wierceń poniżej natrafiono na poziom piaskowca, co uniemożliwiło dalsze prowadzenie prac. Na składowisku w Gromniku wykonano trzy otwory wiertnicze: pierwszy do głębokości 3,0 m p.p.t, drugi do głębokości 3,5 m oraz trzeci do głębokości 2,5 m p.p.t. Ponadto, w analizie warunków podłoża gruntowego wykorzystano dostępne materiały i opracowania archiwalne. W czasie wierceń pobrano 36 próbek gruntu do badań laboratoryjnych parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów w celu oceny naturalnej bariery geologicznej. Próbkę pobierane były z każdej z warstw geotechnicznych.

Badania wybranych właściwości fizycznych gruntów wykonano w laboratorium geologii inżynierskiej zakładu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH. Obejmowały one oznaczenia:

- składu granulometrycznego,
- wilgotności naturalnej (w_n),
- gęstości objętościowej gruntu (ρ),
- gęstości właściwej szkieletu gruntowego (ρ_s),
- gęstości objętościowej szkieletu gruntowego (ρ_d),
- porowatości całkowitej (n),
- granicy płynności (W_l),
- granicy plastyczności (W_p),
- stopnia plastyczności (I_l),
- wskaźnika plastyczności (I_p),
- zawartość CaCO_3 ,
- współczynnik filtracji (k).

Oznaczenie **składu granulometrycznego** oraz badanie cech fizycznych przeprowadzono zgodnie z normą (PN-81/B-04481). Badanie składu granulometrycznego wykonano drogą analizy sedimentacyjnej (arometrycznej), oznaczenie gęstości objętościowej gruntu wykonano przy zastosowaniu metody parafinowej, a w przypadku piasku gliniastego metody pierścienia tnącego. Oznaczenie gęstości właściwej gruntu (ρ), wykonano metodą piknometru.

Oznaczenie **granicy płynności (w_l)** przeprowadzono w aparacie Casagrande'a, natomiast oznaczenie **granicy plastyczności (w_p)** wykonano metodą waleczkowania. Znajomość obu parametrów umożliwiła ustalenie stopnia (I_l) i wskaźnika plastyczności (I_p). Otrzymane na podstawie wykonanych badań, a w dalszej kolejności przeprowadzonych obliczeń wartości gęstości właściwej szkieletu gruntowego (ρ_s) oraz gęstości objętościowej szkieletu gruntowego (ρ_d) pozwoliły na obliczenie zgodnie z normą PN-81/B-04481 porowatości całkowitej (n).

Zawartość CaCO_3 w badanych próbkach gruntu określono metoda makroskopowa poprzez skropienie gruntu 20% roztworem HCl i obserwacji czasu i intensywności przebiegu reakcji.

Oznaczenie **współczynnika filtracji (k)** przeprowadzono w laboratorium Zakładu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG) w Warszawie, przy zastosowaniu systemu pomiarowego Trautwein amerykańskiej firmy GEOTAC. Badanie przeprowadzono przy ciśnieniu barycznym wynoszącym 207 kPa w komorze oraz 103,5 kPa wewnątrz próbki gruntu.

W celu oceny jakości gruntów, a tym samym skuteczności naturalnej bariery geologicznej odniesiono otrzymane wyniki badań do kryteriów zawartych w Instrukcji ITB nr 337.

3.3.2. Badania geochemiczne

Próbki gruntów do badań geochemicznych zostały pobrane w profilach pionowych, z każdej wydzielonej warstwy geotechnicznej, a w przypadku składowiska w Gromnik,

gdzie podłoże budują w miarę jednorodne gliny pylaste w miejscach gdzie odnotowano wystąpienie zmian w postaci przewarstwień mogących stanowić potencjalne drogi migracji zanieczyszczeń. Generalnie próbki do badań pobierane były z głębokości odpowiadającym miejscom pobrania gruntów do badań geologiczno-inżynierskich.

Oznaczenie zawartości pierwiastków **Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr i Zn** w gruntach wykonano przy zastosowaniu metody atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzaniem plazmowym (ICP-OES), po wcześniejszym wysuszeniu, utarciu i roztworzeniu próbek wodą królewską. Analizę wykonano z zastosowaniem niemieckiego spektrometru Geoplazma BJY 70.

Oznaczenie zawartości **Hg** przeprowadzono metodą spektrometrii absorpcyjnej z techniką zimnych par (CV-AAS), przy zastosowaniu analizatora rtęci AMA 254 czeskiej produkcji. Badanie wykonano zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą PB-06 (Oznaczenie rtęci w próbkach geologicznych i środowiskowych za pomocą analizatora rtęci AMA 254). Próbki gruntu po wstępnym wysuszeniu zostały spalane w strumieniu tlenu. Gazy powstałe w trakcie procesu spalania są rozkładane na kolumnie katalitycznej w temperaturze 750°C. W trakcie parowania rtęć jest wychwytywana ilościowo na powierzchni złotego amalgamatora.

Oznaczenie zawartości ogólnego węgla organicznego przeprowadzono przez zastosowanie metody miareczkowania kulometrycznego, zgodnie z akredytowaną procedurą badawczą PB-23 - *Oznaczenie parametru sumarycznego **OWO (ogólny węgiel organiczny ang. Total organic karbon (TOC) w próbkach stałych***. Metoda kulometryczna jest procedurą badawczą, w której zawartość oznaczanej substancji ustala się na podstawie zmierzonego ładunku elektrycznego zużytego w reakcji. W trakcie badania węgiel zawarty w próbce gruntu zostaje spalono w temperaturze 1000°C do CO₂, następnie gaz ten prowadzony jest do komory miareczkowania, gdzie następuje miareczkowanie kulometryczne przy zastosowaniu nadchloranu baru (Ba(ClO₄)₂), a w dalszej kolejności przeliczenie zawartości CO₂ na C.

Niepewność oznaczenia poszczególnych pierwiastków (wyrażona w % w stosunku do stężenia pierwiastka) w metodzie ICP-OES wyniosła (+/-): Al, Pb, S, Sr- 10%, Ba, Ca, Cu, P - 5 %, Fe, Mg, Ni, Zn -3%, a w przypadku Mn – 2%. W odniesieniu do metody CV-AAS 25%, natomiast w przypadku metody kulometrycznej 20%.

Analizy geochemiczne gruntów wykonane zostały w Centralnym Laboratorium Chemicznym (CLCh) PiG w Warszawie.

W pracy w celu oceny wpływu składowisk na jakości wód podziemnych wykorzystano wyniki badań monitoringowych, którymi objęte są omawiane obiekty. Dla składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu analizowany okres obejmuje lata od 2003 do 2005, dla składowiska w Białej Niżnej lata od 2001 do 2005, natomiast dla obiektu w Gromnik lata 2002, 2005 oraz 2006.

Zgodnie z wytycznymi Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r., w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz U. Nr 220, poz. 1858) podstawowy monitoring wód podziemnych w rejonie składowiska winien obejmować oznaczenie parametrów tj.:

- odczyn (pH),
- przewodność elektrolityczna właściwa (PEW),
- zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO),
- zawartość metali ciężkich: Cu, Zn, Pb, Cd, Cr⁺⁶, Hg,
- suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

3.3.3. Interpretacja wyników badań

Określenie zanieczyszczenia gruntów związanego z funkcjonowaniem składowiska jest zadaniem trudnym, co wynika z problemu w ustalaniu naturalnej zawartości pierwiastków w środowisku (tzw. tła geochemicznego). Pod pojęciem *tła geochemicznego* rozumie się wartości stężeń analizowanych pierwiastków w glebie, które zostały zdeterminowane czynnikami genetycznymi tj. rodzaj skały macierzystej, rodzaj procesów glebotwórczych czy położenie zwierciadła wody. Trudność w ustaleniu tła wynika z faktu, że grunty w mniejszym lub większym stopniu podlegają antropopresji (Kabata-Pendias, Pendias 1993).

Jako tło geochemiczne w obrębie badanych składowisk przyjęto wartości pomiarów zawartości badanych pierwiastków poza strefą oddziaływania składowisk. W sytuacji, kiedy znane są koncentracje tych pierwiastków w okresie poprzedzającego rozpoczęcie eksploatacji, wyniki pomiarów przeprowadzonych w strefie oddziaływania zostały odniesione do nich. Pozwala to na dokonanie w miarę obiektywnej oceny zanieczyszczenia. Ponadto, otrzymane wyniki badań zawartości metali ciężkich zostały odniesione do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359).

Rozporządzenie określa standardy jakości gleby i ziemi dla następujących grup rodzajów gruntów:

Grupa A:

- nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie, na podstawie przepisów ustawy „Prawo wodne”,
- obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody.

Grupa B:

- grunty zaliczane do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, grunty zabudowane i zurbanizowane, z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych.

Grupa C:

- tereny przemysłowe, użytki kopalne i tereny komunikacyjne.

Według przyjętej klasyfikacji teren składowiska zakwalifikowany został do grupy B. W grupie tej wydzielone zostały dwie strefy głębokościowe i odpowiadające im dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń (tab. 3.1).

W zależności od głębokości poboru próbki gruntu, uzyskane wyniki badań zostały porównane z dopuszczalnymi stężeniami zanieczyszczeń dla gruntów występujących w odpowiedniej strefie głębokościowej.

Ponadto, wyniki badań zostały również porównane ze średnimi zawartościami danego pierwiastka w glebach Polski podanych w Atlasie geochemicznym (Lis, Pasieczna 1995). A w dalszej kolejności przeprowadzono analizę zmienności badanych parametrów w profilach pionowych.

Tabela 3.1. Wartości dopuszczalne stężeń wybranych zanieczyszczeń w glebie i ziemi (wg Rozporządzenie MŚ z dnia 9.09.2002 (Dz. U. Nr 165, poz. 1359))

Zanieczyszczenie	Dopuszczalne stężenie [mg/kg] suchej masy		
	głębokość [m p.p.t]		
	0,0-0,3	0,3-15,0	
		k [m/s]	
		do 1×10^{-7}	$>1 \times 10^{-7}$
Ba	200	250	320
Cr	150	150	190
Zn	300	350	300
Cd	4	5	6
Co	20	30	60
Cu	150	100	100
Ni	100	50	100
Pb	100	100	200
Hg	2	3	5

Ocenę jakości wód podziemnych przeprowadzono przy wykorzystaniu Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu wód (Dz.U. Nr 32, poz. 284), które wykorzystano do określenia stopnia przekroczenia maksymalnych dopuszczalnych stężeń badanych składników. Analiza wyników badań monitoringowych prowadzonych na badanych obiektach wykazały, że zakres badanych parametrów jest stosunkowo wąski i w większości składowisk ogranicza się do oznaczenia parametrów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r., w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz U. Nr 220, poz. 1858).

W celu określenia wpływu badanych składowisk odpadów na jakości wód podziemnych, wykorzystano wyniki badań monitoringowych prowadzonych na badanych obiektach. Zakres badanych parametrów jest stosunkowo wąski i w większości składowisk ogranicza się do oznaczenia parametrów określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r., w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz U. Nr 220, poz. 1858). Z zasady administratorzy składowiska nie decydują się na rozszerzenie zakresu analizy z przyczyn finansowych (wysokie koszty badań).

Zgodnie z wytycznymi zacytowanego wcześniej Rozporządzenia, podstawowy monitoring wód podziemnych w rejonie składowiska winien obejmować oznaczenie parametrów tj.:

- odczyn (pH),
- przewodność elektrolityczna właściwa,
- zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO),
- zawartość metali ciężkich: Cu, Zn, Pb, Cd, Cr⁺⁶, Hg,
- suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA)

Odczyn (pH) zależy od obecności w wodzie jonów wodorowych, jest parametrem decydującym o przebiegu procesów biochemicznych, ponadto, wpływa na agresywność wód w stosunku do betonu i żelaza (Macioszczyk, 2006).

Przewodnictwo elektrolityczne właściwe (PEW) jest wskaźnikiem ogólnej mineralizacji wody. To parametr charakteryzujący zawartość w wodzie rozpuszczonych substancji, występujących w postaci jonowej, które uczestniczą w przewodzeniu prądu elektrycznego (Macioszczyk, 2006).

Zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO) daje informację o zawartości wszystkich substancji organicznych w wodzie.

Metale ciężkie należą do najbardziej uciążliwych zanieczyszczeń nieorganicznych. Wody zanieczyszczone metalami ciężkimi ulegają procesowi samooczyszczenia, jednakże zanieczyszczenia są kumulowane w gruncie.

4. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH SKŁADOWISK ODPADÓW

4.1. Składowisko Tarnów Krzyż

Gminne składowisko odpadów komunalnych Tarnów – Krzyż, zlokalizowane jest w północnej części miasta Tarnów, około 4 km od jego centrum (fig.4.1.). Składowisko funkcjonuje od 1985 r. Jest obiektem posiadającym wymagane zabezpieczenia przed przenikaniem zanieczyszczeń do środowiska gruntowo-wodnego. W podłożu występuje naturalna warstwa izolacyjna w postaci ilu oraz gliny pylastej i gliny pylastej zwięzłej, ponadto dno składowiska zostało zabezpieczone 2 mm warstwą folii PEHD. Obiekt jest wyposażony w system drenażu odcieków oraz studzienki odgazowujące. Składowisko objęte jest programem badań monitoringowych w ramach, których prowadzone są monitoring: wód podziemnych, wód powierzchniowych i odcieków. Odpady składowane są nadpoziomowo w trzech sektorach eksploatacyjnych. Na składowisku funkcjonuje wydzielony sektor na odpady niebezpieczne pochodzące z Zakładów Mięsnych w Tarnowie. Całkowita powierzchnia obiektu wynosi 12,68 ha, (jednocześnie w trakcie realizacji pracy prowadzona jest rozbudowa składowiska, docelowa powierzchnia będzie wynosiła 15 ha). Pojemność obiektu wynosi 760 000 t, według stanu na październik 2004, wykorzystano 730 000 t. Na składowisku gromadzone są odpady komunalne (tab. 4.1) z terenu miasta Tarnowa, ponadto odpady składują tam gminy: Radłów, Ryglice, Pleśna, Wojnicz oraz Wierchosławice. Rocznie na składowisku gromadzi się około 45 000 t odpadów. Ilość poszczególnych rodzajów odpadów (zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 w sprawie katalogu odpadów (stan na 31.12.2003 r.) zgromadzonych w składowisku zawiera tabela 4.1.

Tabela 4.1. Rodzaj odpadów gromadzonych na składowisku Tarnów Krzyż (zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 w sprawie katalogu odpadów (stan na 31.12.2003 r.)

Rodzaj odpadu [kod]	Katalogowa nazwa odpadu	Ilość [Mg]
16 03 80	Produkty spożywcze przeterminowane lub nieprzydatne do spożycia	33.00
17 01 01	Odpady betonu oraz gruz betonowy z rozbiórek i remontów	52.00
20 02 02	Gleba i ziemia, w tym kamienie	38.00
20 02 03	Inne odpady nie ulegające biodegradacji	1330.00
20 03 01	Nie segregowane (zmieszane) odpady komunalne	41919.00
20 03 02	Odpady z targowisk	460.00
20 03 07	Odpady wielkogabarytowe	23.00
20 03 99	Odpady komunalne nie wymienione w innych podgrupach	640.00
	Razem	44495.00

4.1.1. Morfologia i zagospodarowanie rejonu badań

Geomorfologicznie obszar badań należy do Płaskowyżu Tarnowskiego (Kondracki 2000), tworzącego wyrównaną powierzchnię (rządne trenu wahają się od 240 do 260 m n.p.m), będącego częścią Kotliny Sandomierskiej, graniczącej od południa z Pogórzem Karpackim. Składowisko położone jest na południowo-wschodnim zboczu wzgórza stanowiącego dział wodny rzek Dunajec i Wisłoki. Teren składowiska jest nachylony w kierunku południowo-wschodnim, natomiast spadki terenu wynoszą od 2 do 8%.

Składowisko położone jest na obszarze niezabudowanym. Najbliższe zabudowania mieszkalne zlokalizowane są ok. 500m na północ od obiektu. Od północy i wschodu graniczy z terenami użytkowanymi rolniczo, natomiast od południa i zachodu z obszarem, na którym występują zadrzewienia i zakrzaczenia (fig.4.1).

4.1.2. Hydrografia

Składowisko zlokalizowane jest na południowo-wschodnim zboczu wzgórza, stanowiącego dział wodny rzek Dunajca i Wisłoki (Zlewnia Wisły). Składowisko położone jest około 500m na południe od tej granicy (Wachowska 2003a; b). Obszar odwadniany jest przez dwa cieki, mające charakter rowów melioracyjnych: pierwszy płynący wzdłuż północnej granicy składowiska, uchodzący poniżej obiektu do drugiego z rowów, który stanowi początek potoku Małochlebowka, będącego prawobrzeżnym dopływem potoku Wątok. Spływ wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odbywa się w kierunku południowo-wschodnim (fig.4.2).

4.1.3. Warunki hydrogeologiczne

Piętro wodonośne wieku czwartorzędowego. Rejon, w którym zlokalizowane jest składowisko jest obszarem pozbawionym użytkowego poziomu wodonośnego, jednakże jest ono położone w strefie potencjalnego występowania wód w utworach trzeciorzędowych (Witczak, Kowalski 1998a,b).

Występowanie czwartorzędowego użytkowego poziomu wód podziemnych stwierdzono w odległości około 3km na południowy-wschód od składowiska. Poziom ten związany jest ze spągową częścią piaszczysto-żwirowo-gliniastych utworów, prawdopodobnie pochodzenia fluwioglacjalnego, zalegających na łożach krakowieckich. Zasilanie tego poziomu odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych, a w miejscach występowania utworów gliniastych, na drodze przesiąkania przez te nie.

Piętro wodonośne wieku trzeciorzędowego. W rejonie badań nie stwierdzono występowania trzeciorzędowego poziomu wód podziemnych. Badania przeprowadzone w rejonie składowiska (Surowaniec M. 1967) wykazały jedynie lokalne wystąpienia wód na głębokościach poniżej 20m p.p.t., w piaszczystych soczewkach występujących w obrębie łożów. Zasilanie wód tego poziomu odbywa się przez infiltrację opadów na wychodniach oraz przez przesiąkanie przez zapiaszczone strefy utworów miocenkich (Witczak, Kowalski 1998a; b).

Zwierciadło wód gruntowych w rejonie badań występuje na głębokości od 0,7 do 1,0m p.p.t. i ma ono charakter lekko naporowy (po nawierceniu stabilizuje się na głębokości od 0,3 do 0,8m p.p.t.) (Wachowska, Bardel 2003). Można przypuszczać, że występowanie wód gruntowych w przypowierzchniowej strefie poziomu wodonośnego, może świadczyć o tym, że są to wody zawieszone typu wsiękowego, związane z infiltracją opadów atmosferycznymi.

W obszarze badań nie wydzielono głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) wymagających szczególnej ochrony (Kleczkowski 1990).

W bezpośrednim otoczeniu składowiska, na kierunku spływu wód powierzchniowych i podziemnych, nie istnieje żadne ujęcie wód podziemnych. Najbliższe ujęcie jest

zlokalizowane na kierunku spływu wód znajduje się w odległości 1,5km od granicy obiektu.

4.1.4. Budowa geologiczna rejonu składowiska

Składowisko odpadów w Tarnowie Krzyżu zlokalizowane jest na obszarze Zapadliska Przedkarpackiego, przy jego granicy z nasunięciem Karpat, wypełnionego trzeciorzędowymi (paleogeńsko–neogeńskimi) ilami krakowieckimi, na których zalegają utwory czwartorzędowe.

W rejonie badań utwory wieku trzeciorzędowego występują na głębokości od 2 do 5m, i są wykształcone jako tzw. ily krakowieckie warstw jarosławskich, reprezentowane przez osady ilasto–mułowcowe, ilasto-pylaste oraz ilasto–piaszczyste (Kuciński 1964), osiagające miąższość ponad 2000m, na których zalegają osady czwartorzędowe.

Podłoże czwartorzędowe stanowią, na ogół niewielkiej miąższości, plejstocenijskie osady akumulacji lodowcowej pochodzące ze zlodowacenia południowopolskiego oraz podrzędnie osady holocenijskie. Utwory te są wykształcone przede wszystkim w postaci glin pylastych i piaszczystych oraz piasków gliniastych. W rejonie badań, miąższość utworów czwartorzędowych jest niewielka, wynosi od około 2 do 5m, wzrasta w kierunku południowo–wschodnim do 30m oraz w kierunku rzeki Białej, gdzie osiagają miąższości od 8 do 14m.

4.2. Składowisko Gromnik

Gminne składowisko odpadów komunalnych w Gromniku, zlokalizowane zostało w nieczynnym kamieniołomie, około 2km od centrum miejscowości. Pod względem uwarunkowań geologiczno-geologicznych, składowisko zostało zlokalizowane na terenie nieprzydatnym pod jakąkolwiek działalność tego rodzaju. Idea wykorzystania terenu po zakończeniu eksploatacji piaskowca jako miejsca składowanie odpadów zrodziła się w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku (Tracz i in. 2002). Eksploatację składowiska rozpoczęto w 1988 roku i została ona zakończona w roku 2006. W okresie funkcjonowania składowisko było obiektem niespełniającym w pełni wymogów proekologicznych (brak wykonanego drenażu wód powierzchniowych od strony wschodniej, brak pasa zieleni u podnóża składowiska, składowisko nie było zamknięte przed dostępem osób nieupoważnionych). Całkowita powierzchnia obiektu wynosi 1,04ha, do końca 2004 roku wykorzystano 0,2ha. Z pojemność obiektu wynoszącej 2 800m³, według stanu grudzień 2004 r., wykorzystane zostało 2 272m³. Na składowisku gromadzone były niesegregowane odpady komunalne z terenu gminy Gromnik. Rocznie na składowisku deponowano ich około 60 t.

Aktualnie teren składowiska jest zrekultywowany. Czaszę składowiska przykryto 50cm warstwą nieprzepuszczalnej gliny oraz 10cm warstwą żwiru i 20cm warstwą gleby. W celu odprowadzenia wód opadowych i roztopowych, wokół wysypiska wykonano rowy opaskowe. Ponadto, wykonano drenaż odcieków i zainstalowano studnię odgazującą.

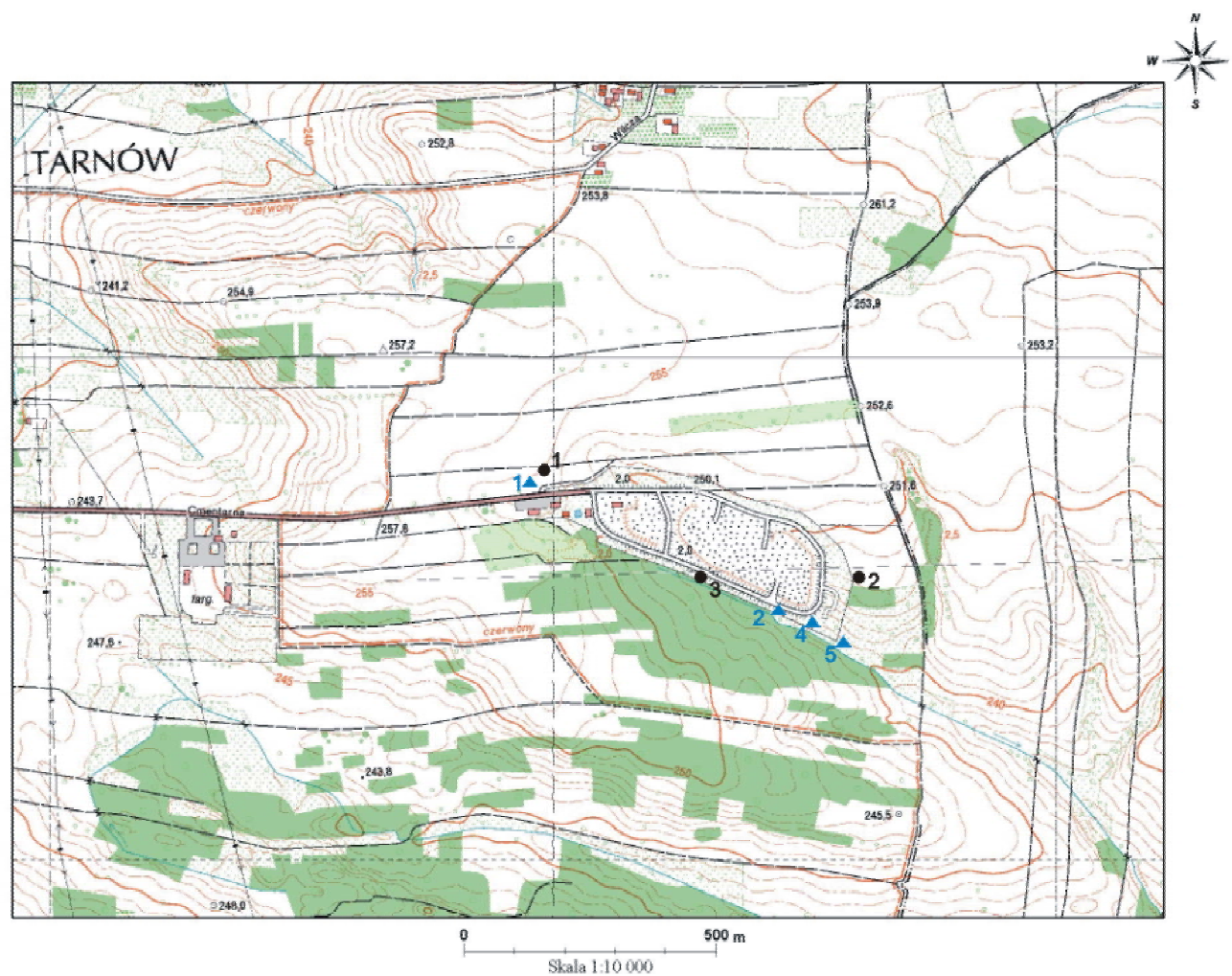


Fig. 4.1 Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu wraz z lokalizacją otworów badawczych

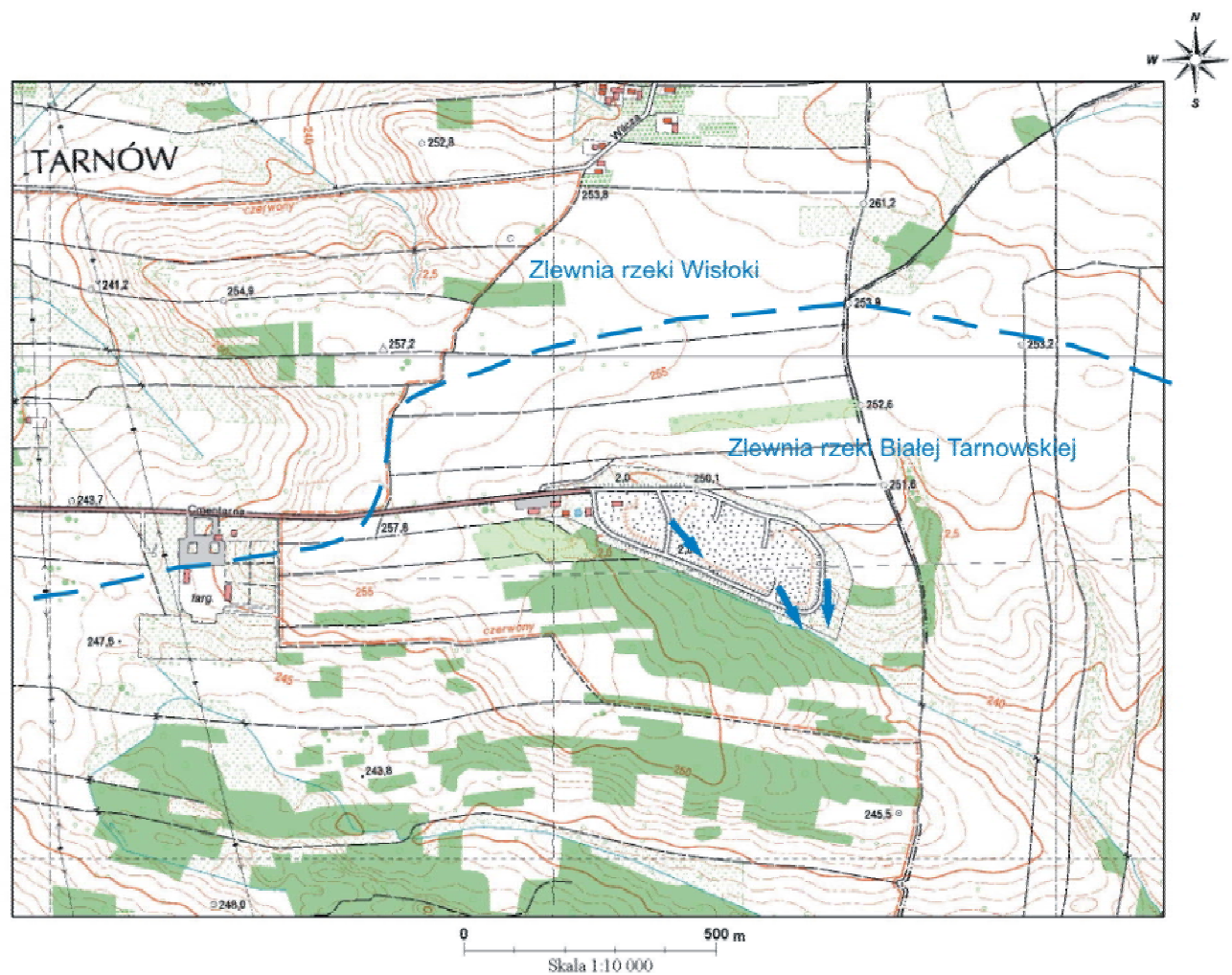


Fig. 4.2 Kierunek spływu wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu.

4.2.1. Morfologia i zagospodarowanie rejonu badań

Składowisko położone jest w obrębie Pogórza Ciężkowickiego, powyżej prawej terasy rzeki Białej, w nieczynnym wyrobisku po eksploatacji piaskowca istebniańskiego. Rzędne terenu w obrębie kamieniołomu wynoszą od 240,5 do 246m n.p.m. Od północy, wschodu i południa składowisko ograniczają ściany kamieniołomu, osiągające rzedną do około 285m n.p.m., od zachodu składowiska znajduje się skarpa wysokości od 3 do 6m, poniżej której na wysokości od 236,8 do 237,5m n.p.m., znajduje się terasa rzeki Białej, której obszar użytkowana jest rolniczo. Składowisko ze wszystkich stron jest zadrzewione. Najbliższe zabudowania mieszkalne i gospodarcze zlokalizowane są około 70m na południowy-wschód od obiektu (fig.4.3).

4.2.2. Hydrografia

Główny element hydrografii na badanym terenie stanowi rzeka Biała Tarnowska. Teren składowiska położony jest bezpośrednio nad prawą terasą rzeki w odległości około 50m od jej koryta. Kierunek spływu wód na badanym obszarze odbywa się na zachód, w kierunku oddalonej o 50m doliny rzeki Białej (fig. 4.4).

4.2.3. Warunki hydrogeologiczne

Na obszarze badań występowanie wód użytkowych poziomu czwartorzędowego w ciągłym poziomie wodonośnym jest związane z utworami dolinnymi rzeki Białej wykształconymi w postaci plejstocénskich piasków, żwirów i pospółek, lokalnie zawierających domieszki gliny (Kowalski 1997c; d). Poziom ten nie występuje na obszarze składowiska, natomiast jego obecność stwierdzono na terasie rzecznej, kilkanaście metrów na południowy-zachód od obiektu. W dolinie Białej miąższość warstwy wodonośnej tego poziomu wynosi około 2,5m (Kowalski 1997d). Zwierciadło wód ma charakter napięty (nawiercone na głębokości 3,0m, a ustabilizowało się na głębokości 1,5m p.p.t.) (Skiba 2005). Wody tego poziomu występują łącznie z wodami zaskórnymi związanymi z nadległymi gruntami. Poziom ten zasilany jest głównie opadami atmosferycznymi, w mniejszym stopniu spływami z nadległych warstw. W piezometrze, zlokalizowanym na skarpie poniżej składowiska, w obrębie piasków gliniastych i zwietrzliny, stwierdzono występowanie jedynie wód zaskórnych, pojawiających się w postaci okresowych sączeń (Skiba 2005).

W dolinie Białej Tarnowskiej został wydzielony główny zbiornik wód podziemnych (GZWP) nr 434 – Dolina Rzeki Białej. Jest to zbiornik w ośrodku porowym, w jego obrębie wydzielono strefę najwyższej ochrony wód (ONO). Szacunkowe zasoby dyspozycyjne wynoszą 7 tys. m³/24h (Kleczkowski 1990), zbiornik ten nie został udokumentowany

4.2.4. Budowa geologiczna rejonu składowiska

Teren składowiska położony jest w południowej części płaszczowiny śląskiej, tzw. Siodło Ciężkowic. Podłoże trzeciorzędowe w tym rejonie budują górnokredowe piaskowce i łupki warstw istebniańskich, od północy kontaktujące z górnokredowymi utworami piaskowcowo-łupkowymi warstw godulskich, a od południa z piaskowcami i łupkami

paleogeńskimi (Cieszkowski i in. 1987, Leszczyński, Radomski 1994). Badania Skiby (2005) wykazały, że w części północnej piaskowiec zalega na głębokości 0,6m, pod warstwą rumoszu piaskowca, w części południowo-wschodniej występuje on na głębokości 3,8m, pod warstwą humusu, pyłów i piasków gliniastych, natomiast w części południowo-wschodniej pod warstwą piasków gliniastych ze żwirem i piaskiem, na głębokości 4,8m stwierdzono występowanie iłu.

Utwory czwartorzędowe w rejonie składowiska wykształcone są w postaci rumoszu utworów fliszowych, glin, pyłów, piasków gliniastych, których miąższość w partiach zboczowych wynosi od 0,5 do 3,2m, w strefach dolinnych od 3 do 4m a w samej dolinie nawet do 10m.

4.3. Składowisko Biała Niżna

Gminne składowisko odpadów komunalnych Biała Niżna – Nowe, zlokalizowane jest w północnej części miejscowości Biała Niżna, w gminie Grybów, około 200m od linii kolejowej Tarnów - Krynica.

Składowisko jest eksploatowane od 1 września 2001 r. Jest obiektem nowoczesnym, posiadającym wszystkie wymagane zabezpieczenia przed zanieczyszczeniem środowiska gruntowo-wodnego. W podłożu występuje naturalna warstwa izolacyjna w postaci iłu, ponadto dno składowiska zostało zabezpieczone kompozytem wykonanym jako ekran iłowy o miąższości 45cm, na którym położono geomembranę o grubości 2mm. Składowisko jest wyposażone w system drenażu oraz studzienki odgazowujące (Styliński 1998). Odpady składowane są nadpoziomowo w dwóch sektorach eksploatacyjnych. Całkowita powierzchnia obiektu wynosi 2,02ha, aktualnie eksploatowana jest część składowiska o powierzchni 1,46ha (czasza). Pojemność obiektu wynosi 39 004m³, według stanu na listopad 2005, wykorzystane zostało 9 374,19m³.

Na składowisku gromadzone są niesegregowane odpady komunalne oraz ustabilizowane osady ściekowe z terenu gminy Grybów. Rocznie na składowisku gromadzone jest ich około 3 000 t (tab. 4.2). Po przyjęciu na składowisko odpady poddane są segregacji z odzyskiem surowców wtórnych.

Tabela 4.2. Rodzaj odpadów gromadzonych na składowisku Biała Niżna (zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 w sprawie katalogu odpadów (stan na 31.12.2003 r.)

Rodzaj odpadu [kod]	Katalogowa nazwa odpadu	Ilość[Mg]
20 03 01	Niesegregowane odpady komunalne	3137.33
19 08 05	Ustabilizowane odpady ściekowe	35.10
		3173.00

4.3.1. Morfologia i zagospodarowanie rejonu badań

Pod względem morfologicznym, składowisko położone jest w obrębie zbocza górskiego, stanowiącego fragment grzbietu o przebiegu na kierunku wschód - zachód, rozdzielającego doliny potoków Słopnianka i Gródkówka. Spadki terenu wynoszą

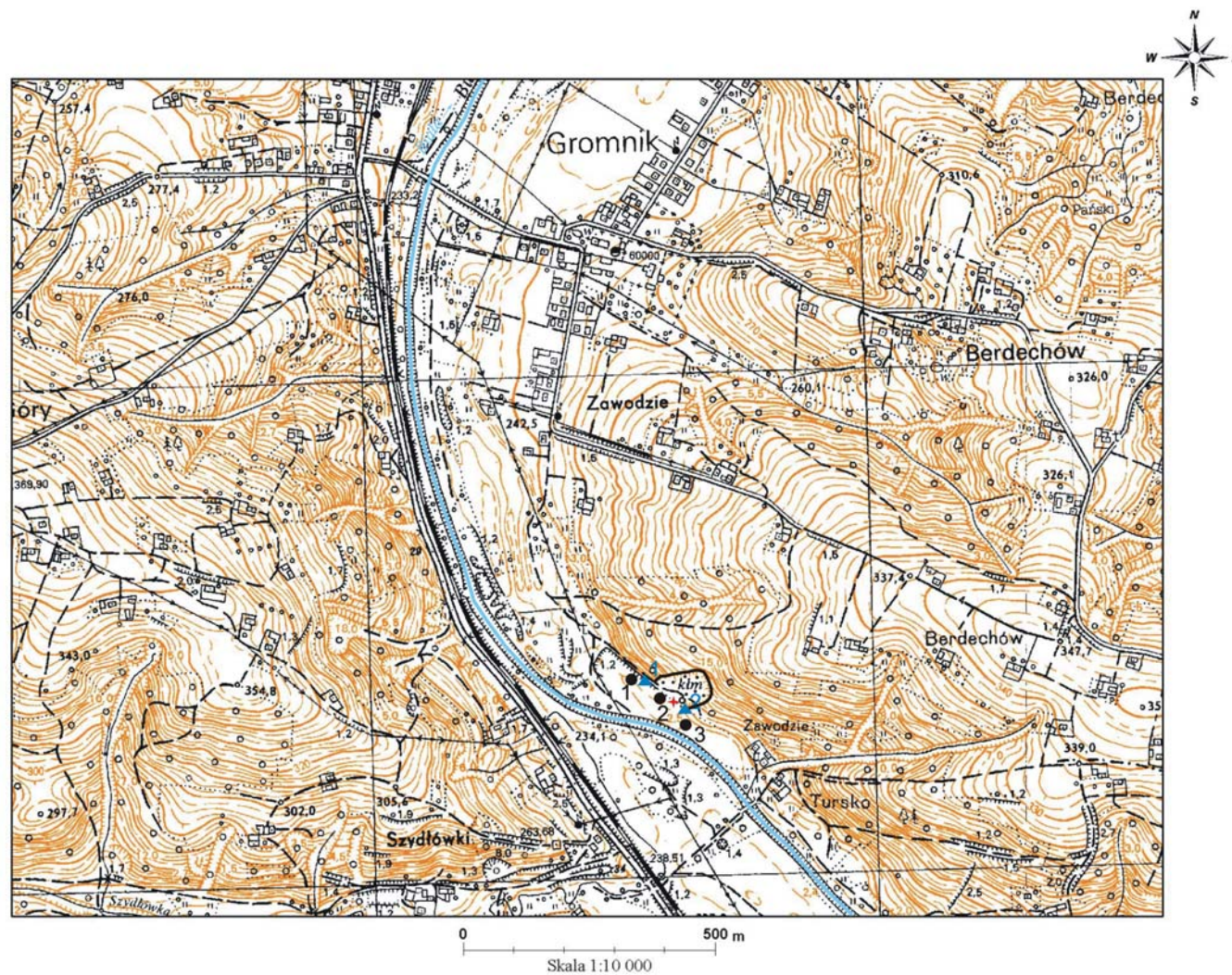


Fig. 4.3 Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów w Gromniku wraz z lokalizacją otworów badawczych.

od 2 do 10%. Północna część składowiska ma spadek zgodny z kierunkiem nachylenia zbocza, w części zachodniej w kierunku zachodnim, w części wschodniej - w kierunku południowym, natomiast w części środkowej, w kierunku południowo zachodnim.

Składowisko położone jest na obszarze niezabudowanym. Najbliższe zabudowania mieszkalne i gospodarcze zlokalizowane są około 200m na południe oraz około 300m na północ od obiektu. Od północy i wschodu graniczy z terenami, na których występują

4.3.2 Hydrografia

Głównym elementem hydrografii na badanym terenie jest rzeka Biała Tarnowska, przepływająca w odległości 700m na zachód od składowiska. W rejonie badań rzeka posiada dwa prawobrzeżne dopływy: potok Słopnianka płynący w odległości 350m na północny-wschód oraz potok Gródkówka, przepływający 300m na południowy zachód od składowiska. Spływ wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odbywa się w kierunku południowo-zachodnim w kierunku rzeki Białej Tarnowskiej (fig.4.6).

4.3.3 Warunki hydrogeologiczne

Piętro wodonośne wieku czwartorzędowego. Rejon, w którym zlokalizowane jest składowisko jest obszarem pozbawionym użytkowego poziomu wodonośnego. Występowanie czwartorzędowego użytkowego poziomu wód podziemnych stwierdzono w odległości około 300m w kierunku zachodnim od składowiska, natomiast istnienie poziomu trzeciorzędowego stwierdzono w odległości około 500m na wschód od obiektu.

Wody poziomu czwartorzędowego występują na obszarach dolin rzek i potoków, gdzie ich obecność jest związana z osadami piaszczysto-żwirowymi, lokalnie zawierającymi domieszki glin i ilów (Kowalski 1997a; b). Występowanie wód tego poziomu w postaci sączek w obrębie pokryw zwietrzelinowych o charakterze rumoszu gliniastego, stwierdzono również na obszarach zboczy (Kowalski 1997b, Juszczak 1997). Poziom ten zasilany jest opadami atmosferycznymi oraz w mniejszym stopniu dopływami wód z poziomów starszego podłoża. Wody poziomu czwartorzędowego występujące w obrębie dolin charakteryzują się swobodnym zwierciadłem, którego głębokość występowania uzależniona jest od stanu wody w rzekach i potokach.

Piętro wodonośne wieku trzeciorzędowego. Wody poziomu trzeciorzędowego występują w szczelinach spękań piaskowców i łupków fliszowych (warstwy krośnieńskie) podłoża skalnego. W wykopach badawczych wykonanych do głębokości 3,3m, nie stwierdzono występowania wód tego poziomu (Juszczak 1997). Zwierciadło wód nawiercona na głębokościach rzędu od 5 do 20m p.p.t., ma charakter swobodny lub słabo napięty, natomiast na większych głębokościach ma charakter silnie napięty (Kowalski 1997b).

W obszarze badań nie wydzielono głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) wymagających szczególnej ochrony (Kleczkowski 1990).

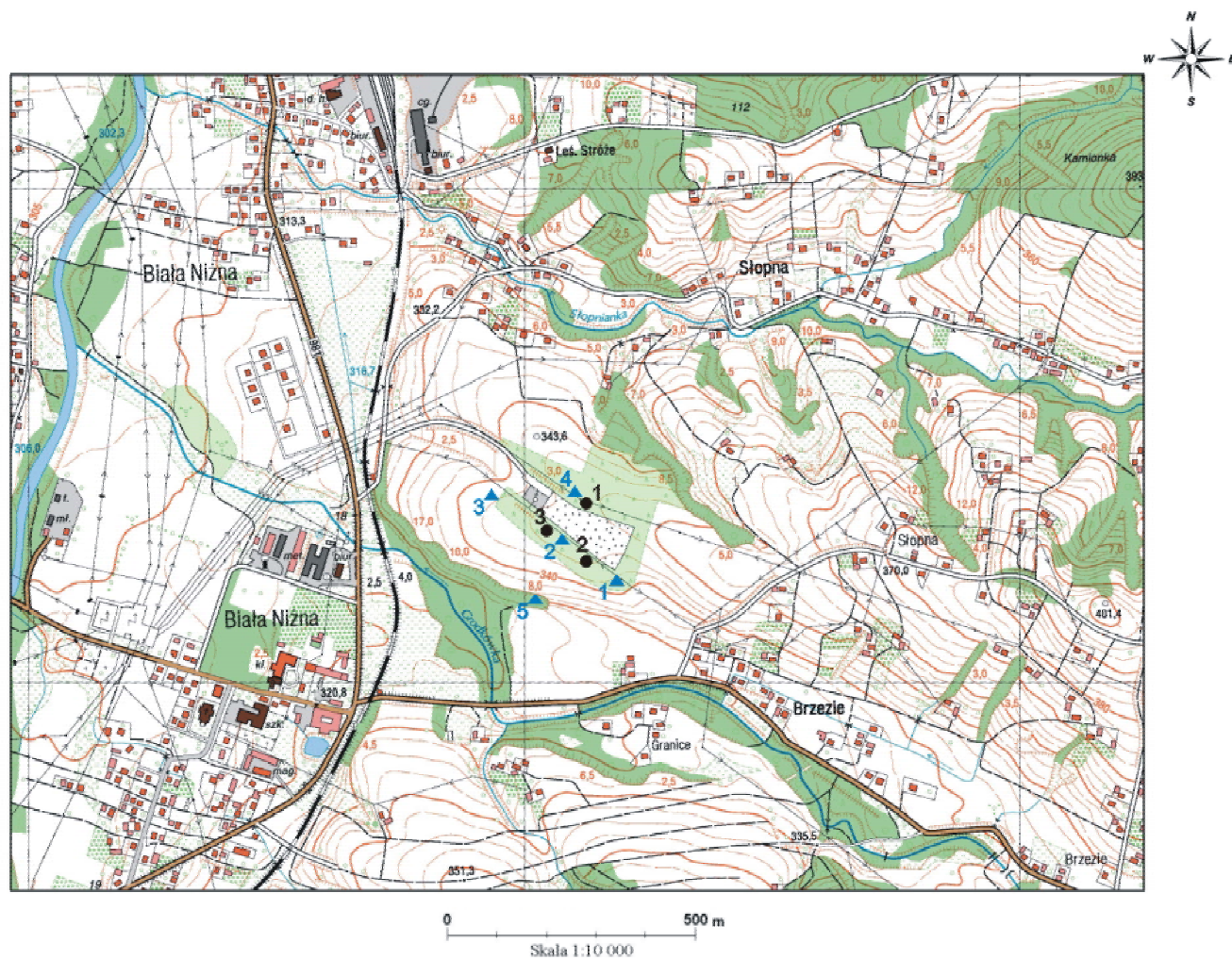


Fig. 4.5 Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów w Białej Niżnej wraz z lokalizacją otworów badawczych.

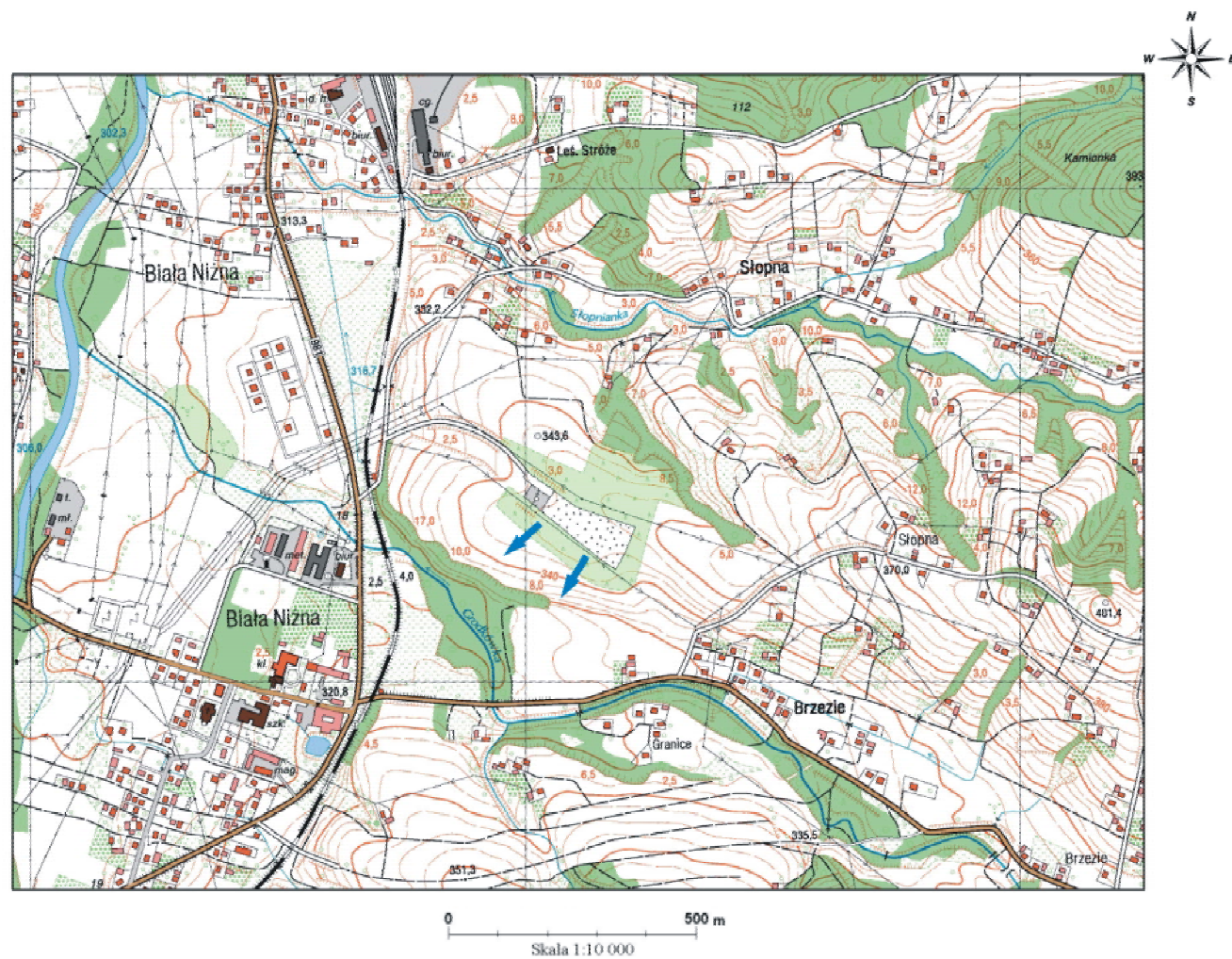


Fig. 4.6 Kierunek spływu wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Białej Niżnej.

Najbliższe ujęcie wód podziemnych zlokalizowane na kierunku spływu wód powierzchniowych i podziemnych z rejonu składowiska znajduje się w odległości 700 m na od południowej granicy obiektu.

4.3.4 Budowa geologiczna rejonu składowiska

Składowisko Biała Niżna zlokalizowane jest na obszarze płaszczowiny śląskiej, której podłoże budują skały osadowe wieku kredowego i trzeciorzędowego (paleogeneńskiego) (Paul 1991; 1993). Utwory podłoża trzeciorzędowego wykształcone są w postaci grubo-, średnio- i cienkoławicowych piaskowców oraz łupków dolnych warstw krosnieńskich wieku oligoceńskiego. Piaskowce gruboławicowe występujące w północno-wschodniej części wysypiska, to piaskowce średnio- i drobnoziarniste, o miąższości ławic ponad 1m, przewarstwiane szarymi łupkami wapnistymi. W kompleksach tych, piaskowce występują w ilości przeważającej nad łupkami. Na pozostałym obszarze, występują szare łupki wapniste z podrzędnym udziałem średnio- i cienkoławicowego piaskowca. Utwory podłoża trzeciorzędowego wykazują silnie zaburzenia tektonicznie, a kąt zapadania warstw waha się w granicach od 17° do 90°.

Utwory podłoża czwartorzędowego wykształcone są w postaci glin, glin piaszczystych oraz zwietrzeliny okruchów piaskowca i łupków tkwiących w glinach. Miąższość zwietrzeliny wynosi od 0,5 do 0,9m. Niekiedy w obrębie zboczy występują gliny i gliny z rumoszem skalnym o zmiennej miąższości. W dolinach rzecznych, utwory czwartorzędowe są wykształcone jako żwiry, piaski i pospółki (Paul 1991).

5. WYNIKI BADAŃ

5.1 Badania ankietowe

Na podstawie wyników badań ankietowych stwierdzono, że na obszarze położonym w granicach zlewni Dunajca, funkcjonują 3 składowiska odpadów przemysłowych i 11 składowisk odpadów komunalnych (stan na 31.12.2004). Ponadto, na terenie tym znajduje się 10 zamkniętych składowisk komunalnych oraz 4 zamknięte sektory na składowiskach odpadów przemysłowych (fig. 5.1, tab. 5.1).

Składowiska komunalne. Większość składowisk komunalnych istniejących na obszarze badań jest obiektami młodymi, których okres eksploatacji nie przekraczał 5 lat. Okres funkcjonowania sześciu z nich wynosi poniżej 5 lat, dwóch odpowiednio 6 i 9 lat, dwóch niewiele poniżej 20 lat oraz jednego powyżej 20 lat. Powierzchnia trzech z ankietowanych obiektów jest mniejsza niż 1ha (od 0,5 do 0,87ha), powierzchnia sześciu składowisk wynosi od 1,04 do 2,02ha. Największe obiekty zajmowały powierzchnię 4,8 i 8,6ha.

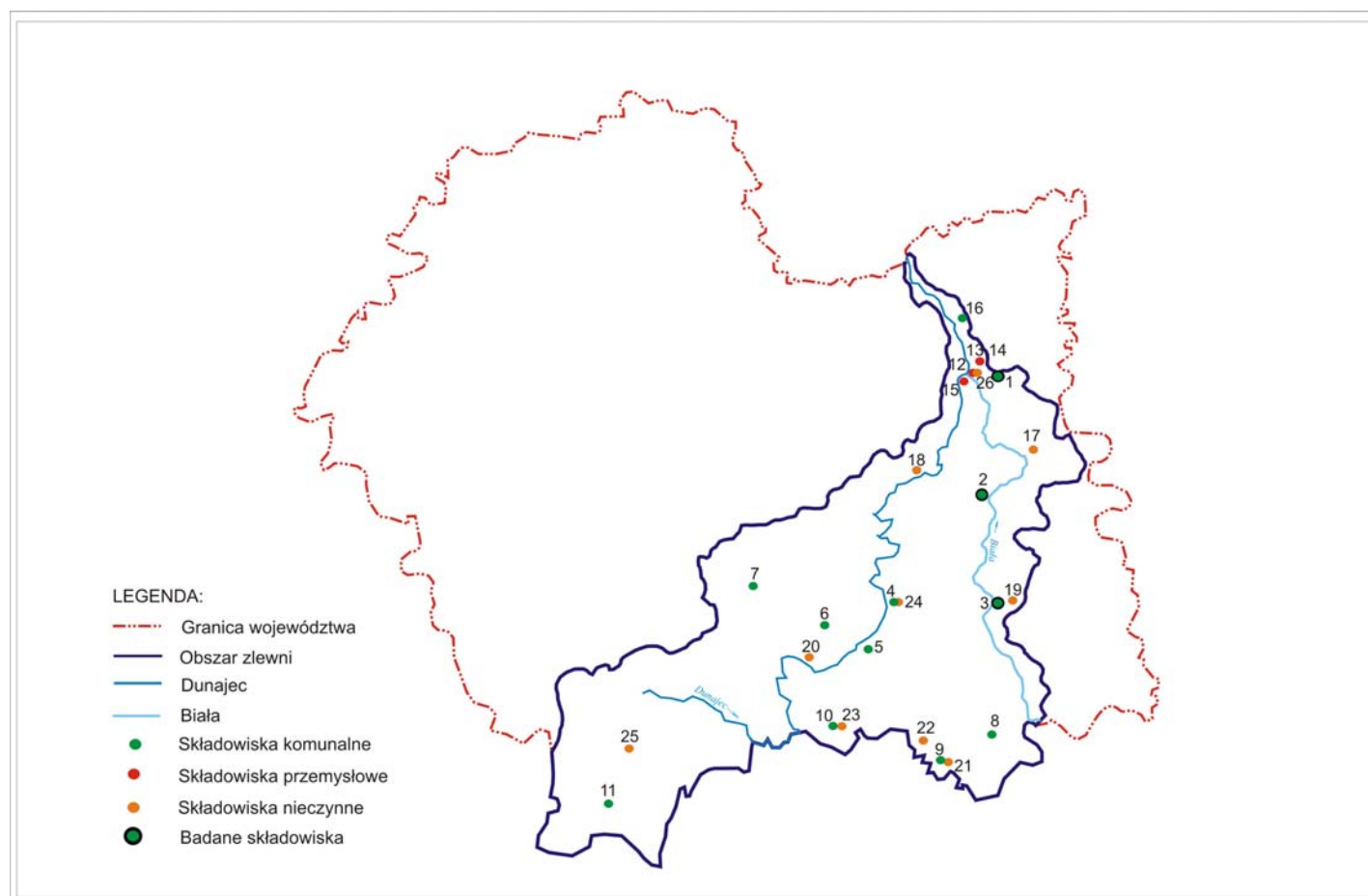
Analizując konstrukcję i zabezpieczenie obiektów pod względem ograniczenia ich negatywnego oddziaływania na środowisko, stwierdzono, że trzy z ankietowanych składowisk posiada zarówno naturalną warstwę izolującą jak i dodatkowo zabezpieczenia sztuczne wykonane z geomembrany bądź folii PEHD. Jeden z obiektów posiada tylko naturalną warstwę izolującą, siedem tylko uszczelnienie sztuczne. Wszystkie z ankietowanych obiektów są wyposażone w instalację gromadzenia odcieków. Ponad to, trzy z nich posiadają instalację odzysku biogazu. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r., w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów, nakłada na administratora składowiska obowiązek prowadzenia badań monitoringowych w fazie przedeksploatacyjnej, eksploatacyjnej i poeksploatacyjnej (przez okres 30 lat od dnia uzyskania decyzji o zamknięciu składowiska). W rozporządzeniu określony został zakres wskaźników, których pomiar jest obligatoryjny oraz częstotliwość prowadzenia badań. W jednym z analizowanych przypadków, na składowiskach nie prowadzono monitoringu. Na pozostałych składowisk, prowadzono badania monitoringowe wód podziemnych. Sześć obiektów objętych było programem badań monitoringowych wód powierzchniowych. Na ośmiu składowiskach prowadzono badania monitoringowe odcieków, a na czterech badania gruntów. Tylko dla dwóch obiektów prowadzony był pełny monitoring obejmujący badania wód podziemnych i powierzchniowych, odcieków i gruntów.

Składowiska przemysłowe. Jak wynika z przeprowadzonej ankiety, dwa ze składowisk przemysłowych nie posiadają żadnego zabezpieczenia (uszczelnienia) przed migracją zanieczyszczeń. Na jednym z obiektów zastosowano geomembranę do zabezpieczenia trzech z sześciu sektorów, a w przypadku ostatniego z wysypisk wykonano zabezpieczenia dwóch sektorów przez zastosowanie powłok glinałetonu, powłok eurodon oraz asfaltu. Badane obiekty są obiektami starymi. Najmłodszy z nich funkcjonuje od 1992 roku. Wiek pozostałych przekracza 30 lat, a w przypadku jednego wynosi 47 lat.

Tabela 5.1. Zestawienie wyników badań ankietowych

Lp	Nazwa składowiska (lokalizacja)	Rok rozpoczęcia eksploatacji	Całkowita powierzchnia [ha]	Rodzaj uszczelnienia			Głębokość zwp w podłożu składowiska [m p.p.t]	Odległość od cieku / biornika w pow. [m]	Instalacja		Monitoring				Uwagi
				N	S	B			zbierania odcieków	odzysk biogazu	Wody podziemne	Wody powierzchniowe	odciek	grunt	
SKŁADOWISKA KOMUNALNE															
1	2	3	4	5			6	7	8		9				10
1	Tarnów Krzyż	1985	4,8	+	+		1,8-2,2	30	+	+	+	+	+	—	Badania wód 2002,05 i 06r.
2	Gromnik	1988	1,04	+			bd	300	+	—	—	—	—	—	
3	Biała Niżne Nowe	2001	1,46	+	+		1,8-5,0	700	+	+	+	—	+	—	Badania gruntu 2002 r.
4	Nowy Sącz	1998	8,6		+		1,8-5,4	100	+	—	+	+	+	+	
5	Stary Sącz Piaski	1999	1,45		+		2,5	70	+	+	+	+	+	+	
6	Świdnik (Łuk)	2000	0,5	+	+		3,10	200	+	—	+	—	—	—	
7	Słopnice	1980	2,0		+		bd	200	+	—	+	—	+	+	
8	Krynica Głębokie	1995	0,87		+		3,0	1500	+	—	+	—	+	—	
9	Szczawnica Jaworki	2000	1,25		+		2,3-2,45	40	+	—	+	+	+	—	
10	Muszyna	2003	1,23		+		5,0-7,0	300	+	—	+	+	—	—	
11	Zakopane Zoniówki	2004	0,525		+		2,0-4,0	bd	+	—	+	+	+	+	
SKŁADOWISKA PRZEMYSŁOWE															
12	Nad Białą	1957	100		+		1,0-6,0	150	—	—	+	+	—	+	3 sektory bu
13	Czajki I	1971	35			+	1,0-3,0	50	—	—	+	+	—	—	
14	Czajki II	1992	31			+	1,0-3,0	50	+	—	+	+	+	—	*
15	Zbiornik Odpadów Toksycznych AN	1967	1,5		+		3,0-4,0	300	—	—	+	+	—	—	
SKŁADOWISKA ZAMKNIĘTE															
16	Żabno	2003*	1,63			+	bd	bd	—	—	—	—	—	—	
17	Tuchów	2004*	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	
18	Charzewice	2004*	0,5	+			0,10-0,18	100	+	—	+	—	—	—	
19	Biała Niżna	2001*	1,78	bd	bd	bd	bd	bd	+	—	—	—	—	—	
20	Łącko	2000*	2,0	+			1,5	200	—	—	—	—	—	—	
21	Muszyna	1994*	2,8	+			2,0-3,0	60	—	—	+	+	—	+	
22	Piwniczna Zdr.	2000*	bd	bd	bd	bd	bd	bd	+	—	—	—	—	—	
23	Szczawnica Jaworki	2000*	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	
24	Nowy Sącz	1998*	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	
25	Nowy Targ	2002*	2,0			+	12	30	—	+	—	—	—	—	
26	Tarnów*	1984*	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	
	Tarnów**	1988/92/00*	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	bd	

Rubryka 2: * sektor odpadów różnych na składowisku Czajki I, ** trzy sektory na składowisku nad Białą; **Rubryka 3:** * rok zamknięcia składowiska
Rubryka 5: Rodzaj uszczelnienia: N-naturalne, S-sztuczne, B-brak; **Rubryka 9:** Monitoring: wpod- wód podziemnych, wpow – wód powierzchniowych
Rubryka 10: bu – brak uszczelnienia, * - eksploatowany tylko jeden z dwóch sektorów składowiska; **bd-** brak danych



**Fig. 5.1 Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów objętych badaniami ankietowymi.
(na podstawie WIOŚ, Raport...2005, www.wios.tarnow.pl/n1/ftp/dunajec98-2004.pdf)**

Jedno ze składowisk przemysłowych posiada instalację zbierania odcieków. Wszystkie z badanych obiektów objęte były monitoringiem jakości wód podziemnych oraz monitoringiem jakości wód powierzchniowych. Na jednym składowisku prowadzony był monitoring jakości odcieków. Na jednym obiekcie prowadzono monitoring jakości gruntów.

Składowiska zamknięte. Ankieta dotycząca nieczynnych składowisk odpadów dostarczyła bardzo niewielu danych, w większości badanych przypadków są to szczątkowe informacje dające bardzo niekompletny obraz końcowy.

Składowiska dzikie. Wyniki badań ankietowych dotyczące istnienia dzikich wysypisk odpadów na obszarach badanych gmin, dają niewiarygodny obraz stanu rzeczywistego. Z danych uzyskanych na podstawie przeprowadzonej ankiety wynika, że w zdecydowanej większości gmin problem ten nie istnieje. W rzeczywistości w wielu miejscach obserwuje się nagromadzenia śmieci w jarach oraz w przydrożnych rowach.

Do badań geologiczno-inżynierskich i geochemicznych wytypowano trzy składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie-Krzyżu, Białej Niżnej i Gromniku, aby na ich przykładzie prześledzić i przedstawić problematykę wpływu obiektów gospodarki komunalnej na środowisko gruntowo-wodne.

5.2 Badania geologiczno-inżynierskie

5.2.1 Składowisko Tarnów-Krzyż

W celu rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich rejonu składowiska oraz oceny uszczelnienia mineralnego, wykonano trzy otwory wiertnicze (fig.4.1) do głębokości 4,0m p.p.t każdy (fig. 5.2, 5.3, 5.4).

Przeprowadzone prace i badania geologiczno-inżynierskie pozwoliły ustalić, że w rejonie składowiska występują utwory spoiste o charakterze glin (G), glin pylastych ($G\pi$) i glin pylastych zwięzłych ($G\pi z$) lokalnie przewarstwianych gliną piaszczystą (Gp) (wg PN-86/B-02480) (tab. 5.2, zał. 2).

Badania wykazały, że w rejonie składowiska występują utwory w stanie od półzwartego do plastycznego. W otworze wiertniczym nr 1 w części stropowej pod 30cm warstwą gleby występuje 1,5m warstwa gliny w stanie półzwarłym (próbki 1T, 2T, 3T), utwory pozostałej części profilu reprezentowane są przez utwory na pograniczu gliny pylastej i gliny pylastej zwięzłej w stanie plastycznym (próbka 4T). Ich miąższość wynosi 0,8m. Poniżej występuje, glina pylasta zwięzła (próbki 5T, 6T) w stanie twardoplastycznym. W otworze wiertniczym nr 2 widoczna jest wyraźna dwudzielność. Górną część profilu reprezentują 2,4m warstwa gliny piaszczystej w stanie twardoplastycznym (próbki nr 7T, 8T, 9T), natomiast w pozostałą część profilu reprezentują gliny w stanie półzwarłym (próbki 10T i 11T). W otworze wiertniczym nr 3 pod 30cm warstwą gleby występuje niewielkiej miąższości (5-10cm) wkładka namułu. Niżej występujące utwory wykształcone są w postaci gliny w stanie półzwarłym (próbka nr 12T) w obrębie, której występują niewielkiej miąższości wkładki piasku, a w części spągowej pojedyncza wkładka wapienia (2-3cm). Miąższość warstwy gliny wynosi 2,1m. Poniżej występuje glina pylasta w stanie

twardoplastycznym (próbki 13T i 14T) w obrębie, której stwierdzono kilkucentymetrowe przewarstwienia piasku.

Największe rozprzestrzenienie wykazują szare gliny pylaste i gliny pylaste zwięzłe, których występowanie stwierdzono otworami wykonanymi poza północno-zachodnią (otwór nr 1) oraz południową granicą składowiska (otwór nr 3) (fig. 4.1). Osady te zalegają na głębokości 1,0m p.p.t w otworze nr 3 oraz na głębokości 2,0m p.p.t, w otworze nr 1. Genetycznie utwory te są zaliczane do trzeciorzędowych (paleogensko-neogeńskich) osadów stanowiących stropową część ilów krakowieckich (Bardel 1996).

Tabela 5.2. Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów z rejonu składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu

Nr otworu wiertniczego	Nr próbki gruntu	Procentowa zawartość frakcji					Rodzaj gruntu wg PN-86/B-02480
		fk	fż	fp	f π	fi	
1	1T	-	-	34	47	19	G
	2T	-	-	50	35	15	G
	3T	-	-	52	29	19	Gp
	4T	-	-	23	57	20	G π /G π z
	5T	-	-	11	66	23	G π z
	6T	-	-	16	62	22	G π z
2	7T	-	-	61	26	13	Gp
	8T	-	-	56	29	15	Gp
	9T	-	-	56	29	15	Gp
	10T	-	-	41	46	13	G
	11T	-	-	44	43	13	G
3	12T	-	-	39	42	19	G
	13T	-	-	16	67	17	G π
	14T	-	-	12	74	14	G π

Frakcja: fk – kamienista, fż – żwirowa, fp – piaskowa, f π – pyłowa, fi – ilowa, Rodzaj gruntu: G – glina, Gp – glina piaszczysta, G π – glina pylasta, G π z – glina pylasta zwięzła,

Glina pylasta i glina pylasta zwięzła (G π , G π z). Zawartość frakcji ilastej w omawianych utworach wynosi od 11 do 23%. Charakteryzują się one zawartością frakcji pyłowej w granicach 57 do 74% oraz zawartością frakcji piaskowej w przedziale od 14 do 23%. Badania laboratoryjne wykazały, że badane gliny charakteryzowały się wilgotnością naturalną (W_n) w zakresie od 22,23 do 28.86% (tab. 5.3). Wartości granic płynności omawianych gruntów zakwalifikowanych jako gliny pylaste i gliny pylaste zwięzłe, wahały się od 38,80 do 61,80%, natomiast granic plastyczności od 20,51 do 23,55%. Wartość wskaźnika plastyczności badanych gruntów mieści się w przedziale od 36,16 do 41,29%. Jedynie dla próbki nr 4T wskaźnik plastyczności wynosił 15,25%. Wyższymi wartościami wskaźnika charakteryzowały się gliny pylaste (40,48% próbka 5T i 41,29 % próbka 6T) (tab. 5.3). Omawiane grunty występują w stanie twardoplastycznym. Wartość stopnia plastyczności (I_L) wynosi ona od 0,01 do 0,04 w przypadku glin pylastych (G π), od 0,02 do 0,10 dla glin pylastych zwięzłych oraz 0,35 dla gruntu na pograniczu gliny pylastej i gliny pylastej zwięzłej.

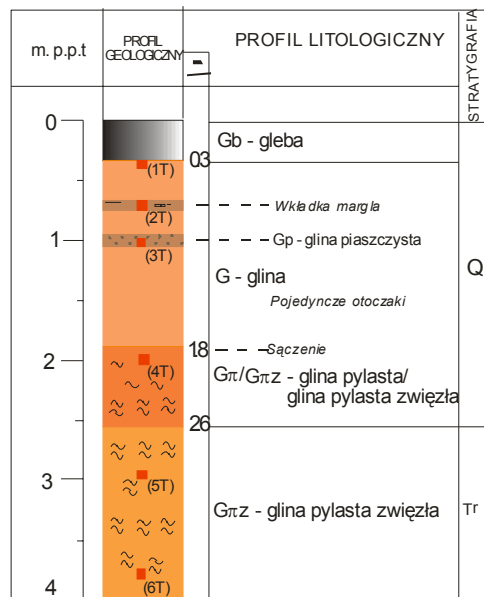


Fig. 5.2. Profil litologiczny otworu wiertniczego numer 1 w Tarnowie Krzyżu.

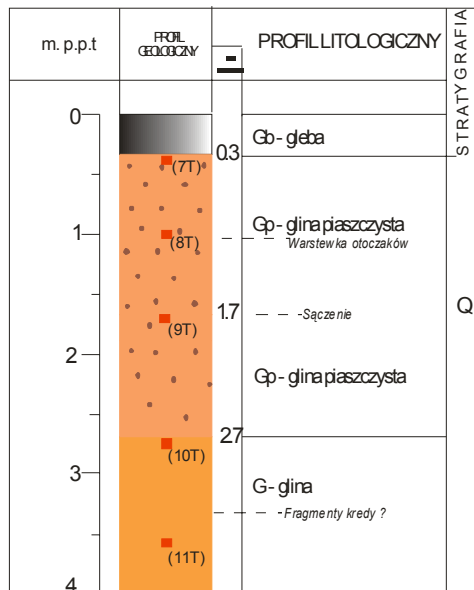


Fig. 5.3. Profil litologiczny otworu wiertniczego numer 2 w Tarnowie Krzyżu.

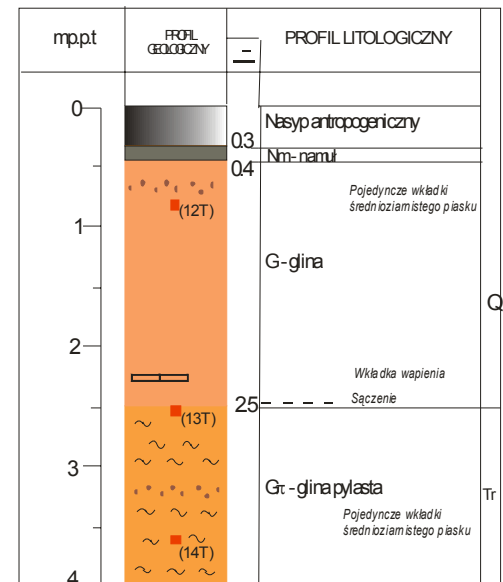


Fig. 5.4. Profil litologiczny otworu wiertniczego numer 3 w Tarnowie Krzyżu.

Ocena aktywności koloidalnej gruntów (A) wykazała, że są one aktywne i bardzo aktywne (A od 1,36 do 2,55) (tab. 5.3). Aktywność koloidalna badanych gruntów zdefiniowana została na podstawie zależności pomiędzy składem granulometrycznym a wartością granic konsystencji. Wzrost zawartości frakcji ilastej powoduje wzrost aktywności.

Podstawowymi parametrami oznaczanymi dla gruntów były gęstość objętościowa gruntu (ρ) i szkieletu gruntowego (ρ_d) oraz gęstość właściwa szkieletu gruntowego (ρ_s). Wartości gęstości objętościowej gruntu wynosiły 1,99 Mg/m³ dla glin pylastych oraz 2,00 Mg/cm³ dla glin pylastych zwięzłych. Jedynie dla próbki nr 4T ustalona wartość gęstości objętościowej wynosiła 1,93 Mg/m³ (tab. 5.3). Przeprowadzone w dalszej kolejności badania i obliczenie gęstości właściwej szkieletu gruntowego (ρ_s) oraz gęstości objętościowej szkieletu gruntowego (ρ_d) wykazały, że wartości ρ_s dla glin pylastych wynoszą 2,70 Mg/m³, natomiast dla glin pylastych zwięzłych 2,69 Mg/cm³, a dla próbki nr 4T - 2,73 Mg/m³. Porowatość całkowita (n) w przypadku glin pylastych wynosiła 0,40 natomiast w przypadku glin pylastych zwięzłych - 0,39, a dla gruntu będącego na granicy gliny pylastej i gliny pylastej zwięzłej - n=0,45 (tab. 5.3).

Badania wykonane dla określenia zawartości CaCO₃ w gruntach, wykazały że, omawiane gliny ze względu na brak reakcji z HCl, należy określić jako grunt bezwapnisty o zawartości CaCO₃ poniżej 1%.

Glina (G). Występowanie gliny stwierdzono we wszystkich profilach. Zawartość frakcji ilastej w tych utworach wynosi od 13 do 19%. Charakteryzują się one zawartością frakcji pyłowej w granicach 35 do 47% oraz zawartością frakcji piaskowej w zakresie od 34 do 50%. Badania laboratoryjne wykazały, że badane grunty charakteryzują się wilgotnością naturalną w zakresie od 18,28 do 21,65 % (tab. 5.2). Wartości granic płynności dla omawianych gruntów są mało zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od 40,00 do 47,08%, jedynie w przypadku próbki 12T wilgotność wynosi 65,27%. Obserwuje się zróżnicowanie wartości granic plastyczności, które wynoszą od 18,94 do 35,46%. Wartość wskaźnika plastyczności badanych gruntów mieści się w przedziale od 36,16 do 41,29%. Obliczony stopień plastyczności wynosi od -0,01 do -0,03, co świadczy o tym, że omawiane grunty występują w stanie półzwałym. Jedynie dla próbki nr 2T stopień plastyczności jest równy 0,08, więc grunt występuje w stanie twardoplastycznym. Ocena aktywności koloidalnej omawianych gruntów (A) wykazała, że są to grunty aktywne. Współczynnik A kształtuje się na poziomie od 1,37 do 1,87 (tab. 5.3).

Wartości gęstości objętościowej w badanych próbkach wynoszą od 1,91 do 2,15 Mg/m³, gęstości właściwej szkieletu gruntowego - od 2,64 do 2,71 Mg/m³, natomiast gęstości objętościowej szkieletu gruntowego - od 1,49 do 1,85 Mg/m³. Na podstawie znajomości dwóch ostatnich parametrów obliczono porowatość całkowitą (n) omawianego gruntu, której wartość wynosi od 0,31 do 0,45 (tab. 5.3).

W trakcie badania zawartości CaCO₃ w badanej próbce gruntu nie zaobserwowano żadnej reakcji z HCl na podstawie, czego stwierdzono, że jest to grunt bezwapnisty o zawartości CaCO₃ niższej niż <1%.

Tabela 5.3. Zestawienie wyników badań parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów z rejonu składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu

Numer otworu wiertniczego	Numer próbki	Rodzaj gruntu	$w_n(\text{śr})$ (% wag)	$\rho(\text{śr})_3$ (Mg/m ³)	$\rho_d(\text{śr})_3$ (Mg/m ³)	$\rho_s(\text{śr})_3$ (Mg/m ³)	n (-)	$W_l(\text{śr})$ (% wag)	$W_p(\text{śr})$ (% wag)	I_p (% wag)	I_l (-)	Stan gruntu	A (-)
1	1T	G	18.75	2.07	1.74	2.68	0.35	45.00	18.94	26.06	- 0.01	pzw	1,37
	2T	G	21.65	2.04	1.68	2.64	0.36	47.08	19.53	27.55	0.08	tpl	1,84
	3T	Gp	16.03	2.12	1.83	2.70	0.32	33.80	13.20	20.60	0.14	tpl	1,08
	4T	G π / G πz	28.86	1.93	1.50	2.73	0.45	38.80	23.55	15.25	0.35	pl	0,76
	5T	G πz	22.24	2.00	1.64	2.69	0.39	61.80	21.32	40.48	0.02	tpl	1,76
	6T	G πz	24.59	2.00	1.64	2.69	0.39	61.80	20.51	41.29	0.10	tpl	1,88
2	7T	Gp	19.72	2.12	1.77	2.67	0.34	47.00	15.78	31.22	0.13	tpl	2,40
	8T	Gp	16.73	2.17	1.96	2.69	0.27	37.38	14.82	22.56	0.08	tpl	1,50
	9T	Gp	19.42	2.14	1.79	2.70	0.34	47.08	15.18	31.90	0.13	tpl	2,13
	10T	G	18.28	2.14	1.85	2.67	0.31	40.00	21.02	18.98	- 0.14	pzw	1,46
	11T	G	16.03	2.15	1.85	2.67	0.31	40.00	21.02	18.98	- 0.26	pzw	1,46
3	12T	G	28.61	1.91	1.49	2.69	0.45	65.27	29.81	35.46	- 0.03	pzw	1,87
	13T	G π	22.23	1.99	1.63	2.70	0.40	57.87	21.71	36.16	0.01	tpl	2,13
	14T	G π	23.74	1.99	1.63	2.70	0.40	57.87	22.48	35.39	0.04	tpl	2,53

w_n – wilgotność naturalna, ρ – gęstość objętościowa gruntu, ρ_s – gęstość właściwa szkieletu gruntowego, ρ_d – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego – porowatość całkowita (n), W_l – granica płynności, W_p – granica plastyczności, I_l – stopień plastyczności, I_p – wskaźnik plastyczności, stan gruntu: pzw – półzwały, tpl – twardoplastyczny, pl – plastyczny, A – aktywność koloidalna

Glina piaszczysta (Gp). Gliny piaszczyste występują w górnej części profilu nr 2 oraz tworzą kilkucentymetrową warstwę w profilu nr 1. Zawartość frakcji ilastej w omawianych utworach wynosi od 15 do 19%, zawartość frakcji pyłowej wynosi 29%, a frakcji piaszkowej - od 52 do 61%. Wilgotność naturalna glin piaszczystych jest w zakresie od 16,03 do 19,72%. Ustalane wartości granic konsystencji wynoszą: granica płynności - od 33,80 do 47,08%, a granica plastyczności - od 13,20 do 15,78%. Wartość wskaźnika plastyczności omawianych glin piaszczystych mieści się w przedziale od 20,60 do 31,90%. Grunty, o których mowa występują w stanie twardoplastycznym - wartość stopnia plastyczności jest w zakresie od 0,08 do 0,14. Przeprowadzona dla tych gruntów ocena aktywności koloidalnej wykazała, że grunty te są gruntami aktywnymi (A od 1,50 do 2,40), jedynie w przypadku próbki nr 3T stwierdzono niską aktywność koloidalną ($A=1,08$) (tab. 5.3).

Tabela 5.4. Porównanie parametrów geologiczno-inżynierskich naturalnej warstwy izolacyjnej składowiska w Tarnowie Krzyżu z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337

Parametr Jednostka	Wymagane parametry naturalnej warstwy izolacyjnej wg Instrukcji ITB nr 337	Wartość parametru uzyskana na podstawie przeprowadzonych badań
zawartość f_i %	> 20	Glina pylasta zwięzła: 22-23 Glina pylasta: 14-17 Glina: 13-19 Glina piaszczysta: 13 -19
zawartość f_p %	< 60	Glina pylasta zwięzła: 11-17 Glina pylasta: 12-16 Glina: 39-41 Glina piaszczysta: 56-61
zawartość f_z i f_k	brak	brak
wskaźnik plastyczności (I_p) %	>20	Glina pylasta zwięzła: 40,48-41,29 Glina pylasta: 35,39-36,16 Glina: 18,98-35,46 Glina piaszczysta: 20,60-31,90
granica płynności (w_L) %	>30	Glina pylasta zwięzła: 61,80 Glina pylasta: 57,87 Glina: 40,00-47,08 Glina piaszczysta: 33,80-47,08
Zawartość CaCO_3 %	do 10	< 1
wartość współczynnika filtracji (k) m/s	rzędu 10^{-9}	Glina pylasta: $4,5 \times 10^{-8}$ Glina/Glina piaszczysta: $7,8 \times 10^{-6}$ - $2,56 \times 10^{-8}$

Oznaczona gęstość objętościowa glin piaszczystych mieściła się w zakresie od 2,12 do 2,17 Mg/m^3 , gęstość szkieletu gruntowego - od 1,77 do 1,83 Mg/m^3 , natomiast gęstość właściwa szkieletu gruntowego - od 2,69 do 2,70 Mg/m^3 . Wyniki oznaczeń gęstości właściwej oraz gęstości objętościowej szkieletu gruntowego wykorzystano do obliczenia porowatości całkowitej badanych utworów, która wynosiła od 0,27 do 0,34 (tab. 5.3).

Wykonane badanie na zawartości CaCO_3 w próbce gruntu, wykazało, że jest to grunt bezwapnisty (brak reakcji; zawartość CaCO_3 wynosi < 1%).

5.2.2 Składowisko Gromnik

Na terenie składowiska w Gromniku wykonano trzy otwory wiertnicze: pierwszy do głębokości 3,0m p.p.t, drugi do głębokości 3,5m oraz trzeci do głębokości 2,5m p.p.t. Otwory zlokalizowane zostały na terasie położonej poniżej skarpy, na której znajduje się składowisko (fig. 4.3).

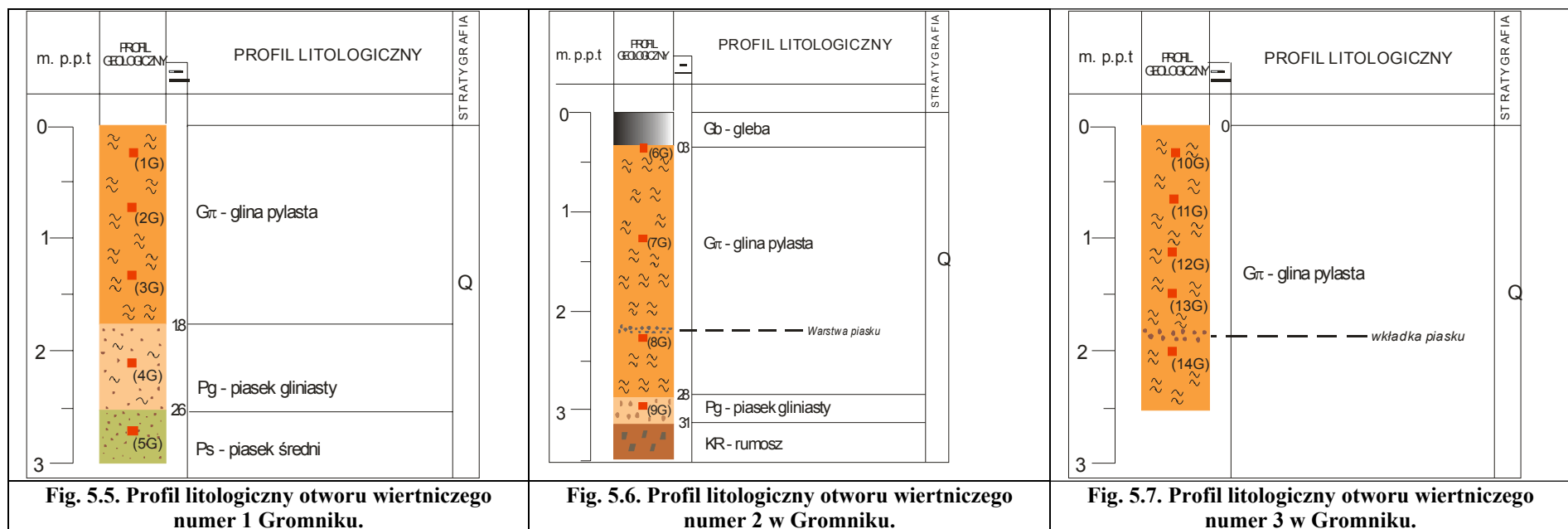
Na podstawie wyników analiz składu granulometrycznego pobranych próbek gruntu stwierdzono, że w rejonie składowiska występują utwory spoiste o charakterze glin pylastych o miąższości od 1,8 do ponad 2m, poniżej których występują piaski gliniaste (Pg) i piaski średnie (Ps) (wg PN-86/B-02480) (tab. 5.5, zał. 3). Utwory te stanowią osady dolinne rzeki Białej. Ich miąższość w strefie przystokowej wynosi od 3 do 4m, a lokalnie w samej dolinie Białej osiąga 10m (Tracz i in. 2002).

W otworze wiertniczym nr 1 (fig. 5.4) od powierzchni do głębokości 1,8m p.p.t stwierdzono występowanie gliny pylastej ($G\pi$) w stanie półzwałym (próbki 1G, 2G, 3G), poniżej której występowała 0,8m warstwa piasku gliniastego (Pg) (próbka 4G). W dalszej części profilu stwierdzono występowanie piasku średniego (Ps) (próbka 5G). W otworze wiertniczym nr 2 (fig. 5.5) pod 30cm warstwą gleby występuje 1,5m warstwa gliny pylastej zwięzłej ($G\pi z$) występującej w stanie na pograniczu półzwałego i twardoplastycznego (próbka 6G). Poniżej zalega 0,8m warstwa gliny pylastej ($G\pi$) w stanie twardoplastycznym (próbki 7G, 8G), zawierającej nieliczne kilkumilimetrowe wkładki piasku, z czego najbardziej miększa (3cm) występuje na głębokości 2,2m p.p.t. Niżej występujące utwory wykształcone są w postaci piasku gliniastego (Pg) (próbka nr 9G). Miąższość warstwy piasku wynosi 0,3m. Poniżej występuje rumosz piaskowca. W otworze wiertniczym nr 3 (fig. 5.6) od powierzchni terenu stwierdzono występowanie warstwy gliny pylastej ($G\pi$) w stanie półzwałym (próbka 10G, 11G, 12G, 13G, 14G).

Glina pylasta zwięzła ($G\pi z$). Zawartość frakcji ilastej w omawianych utworach wynosi 22%. Charakteryzują się one 56% zawartością frakcji pyłowej oraz 22% zawartością frakcji piaskowej. Badania laboratoryjne wykazały, że wilgotność naturalna (W_n) badanych glin pylastych wynosiła 28,50% (tab. 5.6). Wartość granicy płynności wynosiła 56,49%, natomiast granicy plastyczności - od 28,50%, a wartość wskaźnika plastyczności glin pylastych - 27,99. Wartość stopnia plastyczności wynosi 0, co świadczy o tym, że grunt ten występuje na pograniczu stanu półzwałego i twardoplastycznego.

Ocena aktywności koloidalnej glin (A) wykazała, że są to grunty aktywne ($A=1,27$) (tab. 5.6). Wartości gęstości objętościowej gruntu wynosiła $1,82 \text{ Mg/m}^3$, gęstości właściwej szkieletu gruntowego $2,71 \text{ Mg/m}^3$, a gęstości objętościowej szkieletu gruntowego $1,42 \text{ Mg/m}^3$. Porowatość całkowita gruntu, obliczona na podstawie wartości gęstości właściwej szkieletu gruntowego oraz gęstości objętościowej szkieletu gruntowego, wyniosła 0,48 (tab. 5.6).

Badanie zawartości CaCO_3 w badanej próbce gruntu wykazało, że grunt jest bezwapnistym (zawartości $\text{CaCO}_3 < 1\%$). W trakcie badania nie zachodziła żadna reakcja kwasu z próbką gruntu.



**Tabela 5.5. Zestawienie wyników badań parametrów geologiczno-inżynierskich
gruntów z rejonu składowiska odpadów w Gromnik**

Numer otworu wiertniczego	Numer próbki	Rodzaj gruntu	$w_{n(sr)}$ (% wag)	$\rho_{(sr)}^3$ (Mg/m ³)	$\rho_{d(sr)}^3$ (Mg/m ³)	$\rho_{s(sr)}^3$ (Mg/m ³)	n (-)	$W_{l(sr)}$ (% wag)	$W_{p(sr)}$ (% wag)	I_p (% wag)	I_l (-)	Stan gruntu	A (-)
1	1G	G π	18.53	1.85	1.45	2.67	0.46	55.00	26.50	28.50	-0.28	pzw	1,50
	2G	G π	23.46	1.99	1.63	2.68	0.39	57.87	21.71	36.16	0.01	tpl	2,26
	3G	G π	31.64	1.86	1.36	2.70	0.49	49.05	12.75	29.75	0.40	pl	1,98
	4G	Pg	17.62	2.05	1.74	2.66	0.35	—	12.01	—	—	—	—
	5G	Ps	29.44	1.85	1.80	2.65	0.32	—	—	—	—	—	—
2	6G	G π z	28.50	1.82	1.42	2.71	0.48	56.49	28.50	27.99	0	pzw/tpl	1,27
	7G	G π	33.18	1.87	1.38	2.76	0.50	50.95	31.79	19.16	0.07	tpl	1,28
	8G	G π	35.14	1.85	1.30	2.70	0.52	48.00	29.00	19.00	0.32	pl	1,19
	9G	Pg	19.15	2.05	1.72	2.66	0.36	—	13.68	—	—	—	—
3	10G	G π	20.19	1.97	1.54	2.68	0.43	51.00	22.00	29.00	-0.07	pzw	1,93
	11G	G π	20.55	2.04	1.71	2.70	0.37	52.50	23.03	29.47	-0.08	pzw	2,27
	12G	G π	19.23	2.00	1.60	2.70	0.41	55.00	22.23	32.77	-0.09	pzw	2,18
	13G	G π	19.00	1.88	1.48	2.69	0.45	54.00	20.89	33.11	-0.06	pzw	2,37
	14G	G π	19.00	1.86	1.42	2.68	0.47	54.50	21.02	33.48	-0.06	pzw	2,09

w_n – wilgotność naturalna, ρ – gęstość objętościowa gruntu), ρ_s – gęstość właściwa szkieletu gruntowego, ρ_d – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego – porowatość całkowita (n), W_l – granica płynności, W_p – granica plastyczności, I_l – stopień plastyczności, I_p – wskaźnik plastyczności, stan gruntu: pzw – półzwały, tpl – twardoplastyczny, pl – plastyczny, A – aktywność koloidalna, ‘—’ – nie oznaczono

Tabela 5.6. Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów z rejonu składowiska odpadów w Gromniku

Nr otworu wiertniczego	Nr próbki gruntu	Procentowa zawartość frakcji				Rodzaj gruntu wg PN-86/B-02480
		fz	fp	f π	fi	
1	1G	-	25	56	19	G π
	2G	-	29	55	16	G π
	3G	-	28	57	15	G π
	4G	-	68	25	7	Pg
	5G	d ₅₀ = 0.3				Ps
2	6G	-	22	56	22	G π z
	7G	-	27	58	15	G π
	8G	-	26	58	16	G π
	9G	-	78	16	6	Pg
3	10G	-	27	58	15	G π
	11G	-	29	58	13	G π
	12G	-	28	57	15	G π
	13G	-	26	60	14	G π
	14G	-	23	61	16	G π

Frakcja: fk – kamienista, fz – żwirowa, fp – piaskowa, f π – pyłowa, fi – ilowa, Rodzaj gruntu:

Gp – glina piaszczysta, G π – glina pylasta, G π z – glina pylasta zwięzła, Pg- piasek gliniasty, Ps

– piasek średni, d₅₀ – średnica ziarn (cząstek), których wraz z mniejszymi jest w gruncie 50 %

Glina pylasta (G π). Zawartość frakcji ilastej w omawianych utworach wynosi od 13 do 19%, zawartość frakcji pyłowej - od 55 do 61% oraz frakcji piaskowej - od 23 do 29% (tab. 5.6). Wilgotność naturalna (W_n) tych gruntów wynosiła od 18,53 do 35,14% (tab. 5.5). Wartości granic płynności wahały się od 48,00 do 55,00%, natomiast granic plastyczności były w zakresie od 19,75 do 31,79%, dla większości próbek mieściła się w przedziale od 20 do około 22 %. Wartość wskaźnika plastyczności badanych gruntów wyniosła od 19,00 do 36,16%. Omawiane grunty występują w stanie twar doplastycznym (I_L od 0,01 do 0,32), półzwardym (I_L od -0,28 do -0,06) i plastycznym (I_L=0,32). Przeprowadzona ocena aktywności koloidalnej (A), wykazała, że badane grunty są aktywne i bardzo aktywne (A od 1,19 do 2,37) (tab. 5.5)

Wartości gęstości objętościowej gruntu badanych próbek wynoszą od 1,82 do 1,99 Mg/m³, gęstości właściwej szkieletu gruntowego mieszczą się w zakresie od 2,67 do 2,70 Mg/m³, natomiast gęstości objętościowej szkieletu gruntowego jest w przedziale od 1,36 do 1,63 Mg/m³. Porowatość całkowita gruntu, którą obliczono na podstawie znajomości wartości gęstości właściwej szkieletu gruntowego oraz gęstości objętościowej szkieletu gruntowego, wyniosła od 0,39 do 0,52 (tab. 5.5).

Ocena zawartości CaCO₃ w badanej próbce gruntu wykazała, że omawiany grunt jest gruntem bezwapnistym (zawartości CaCO₃ <1%). W trakcie badanie nie zachodziła żadna reakcja kwasu z gruntem.

Piasek gliniasty (Pg). Badania uziarnienia pobranych próbek gruntu wykazały, że skład granulometryczny prezentował się następująco, zawartość: frakcji ilastej od 6 (próbka 9G) do 7% (próbka 4G), frakcji pylastej od 16 (próbka 9G) do 25% (próbka

4G) i frakcji piaskowej od 68 (próbka 9G) do 78% (próbka 4G). Wilgotność naturalna (w_n) gruntów wyniosła 17,62% (próbka 4G) oraz 19,15% (próbka 9G). Przeprowadzone oznaczenia granicy plastyczności (w_p) wykazały, że ich wartości są niskie i wynoszą 12,01% (próbka 4G) oraz 13,68% (próbka 9G).

Wartość gęstości objętościowej gruntu (ρ), była równa 2,05 Mg/m³. Gęstość właściwa szkieletu gruntowego wyniosła 2,66 Mg/m³ (próbka 4G) oraz 2,68 Mg/m³ (próbka 9G), natomiast gęstość objętościowa szkieletu gruntowego wyniosła 1,72 Mg/m³ (próbka 9G) i 1,74 Mg/m³ (próbka 4G) (tab. 5.5). Porowatość całkowita omawianego gruntu, którą obliczono na podstawie znajomości wartości gęstości właściwej szkieletu gruntowego oraz gęstości objętościowej szkieletu gruntowego, wyniosła 0,35 (próbka 4G) i 0,36 (próbka 9G) (tab. 5.5).

Przeprowadzona makroskopowa ocena zawartości CaCO₃ w badanej próbce gruntu wykazała, że zawartości CaCO₃ wynosi <1% (trakcie badanie nie zachodziła żadna reakcja kwasu z próbką, z tegoż względu piaski gliniaste określono jako bezwapniste).

Tabela 5.7. Porównanie parametrów geologiczno-inżynierskich naturalnej warstwy izolacyjnej składowiska w Białej Niżnej z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337

Parametr	Wymagane parametry naturalnej warstwy izolacyjnej wg Instrukcji ITB nr 337	Wartość parametru uzyskana na podstawie przeprowadzonych badań
zawartość f_i %	> 20	Gлина pylasta zwięzła: 22 Gлина pylasta: 13-19
zawartość f_p %	< 60	Gлина pylasta zwięzła: 56 Gлина pylasta: 55-61
zawartość f_z i f_k —	brak	brak
wskaźnik plastyczności (I_p) %	>20	Gлина pylasta zwięzła: 27,99 Gлина pylasta: 19,00-36,16
granica płynności (w_L) %	>30	Gлина pylasta zwięzła: 56,49 Gлина pylasta: 48,00-57,87
Zawartość CaCO ₃ %	do 10	< 1
wartość współczynnika filtracji (k) m/s	rzędu 10 ⁻⁹	Gлина pylasta: 9,1x 10 ⁻⁸

5.2.3 Składowisko Biała Niżna

Na terenie składowiska w Białej Niżnej wykonano trzy otwory badawcze, z których dwa odwiercono do głębokości 2,0m p.p.t a w przypadku trzeciego z wierceń osiągnięto głębokość 2,75m p.p.t., (fig. 4.5). Poniżej natrafiono na poziom piaskowca, co uniemożliwiło dalsze prowadzenie prac.

Analiza składu granulometrycznego próbek gruntów pobranych w rejonie składowiska wykazała, że występują tutaj utwory spoiste iły (I) oraz gliny pylaste ($G\pi$), lokalnie w stropowych częściach profilu (otwór wiertniczy nr 1) glina piaszczysta (Gp) (wg PN-86/B-02480) (tab. 5.8, zał. 4).

Wykonane oznaczenia granic konsystencji i stanu gruntu wykazały, że w rejonie składowiska występują utwory w stanie twardoplastycznym (tpl) i półzwałym (pzw). Zauważa się tendencję do zmiany stanu wraz z głębokością od twardoplastycznego do półzwałego.

Tabela 5.8. Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów z rejonu składowiska odpadów w Białej Niżnej

Nr otworu wiertniczego	Nr próbki gruntu	Procentowa zawartość frakcji					Rodzaj gruntu wg PN-86/B-02480
		fk	fz	fp	f π	fi	
1	1B	-	-	55	26	19	Gp
	2B	-	-	27	56	17	$G\pi$
	3B	-	-	18	67	15	$G\pi$
2	4B	-	-	32	50	18	G
	5B	-	-	20	61	19	$G\pi$
3	6B	-	-	33	35	32	I
	7B	-	-	10	59	31	I π
	8B	-	-	11	69	20	$G\pi z/G\pi$

Frakcja: fk – kamienista, fz – żwirowa, fp – piaszkowa, f π – pyłowa, fi – ilowa, Rodzaj gruntu: Gp – glina piaszczysta, $G\pi$ – glina pylasta, $G\pi z$ – glina pylasta zwięzła, I – ił, I π – ił pylasty

W otworze wiertniczym nr 1 (fig. 5.7) pod 40cm warstwą gleby występuje 1,1m warstwa gliny piaszczystej w stanie twardoplastycznym (próbka 1B), w spągowej części wydzielenia pojawia się rumosz skalny. W dalszej części profilu stwierdzono występowanie 0,5m warstw gliny pylastej w stanie twardoplastycznym (próbka 2B i 3b). Poniżej omawianych utworów, na głębokości 2m występuje poziom piaszkowca. W otworze wiertniczym nr 2 (fig. 5.8) pod 40cm warstwą gleby występują miększe na 1,5m grunty na pograniczu gliny (G) i gliny piaszczystej (Gp) w stanie twardoplastycznym (próbka 4B). W części spągowej wydzielenia obserwuje się wyraźny wzrost zapiaszczenia. Poniżej na głębokości 1,5m występuje glina pylasta ($G\pi$), (próbka 5B). Na głębokości 2m p.p.t. występuje piaszkowiec. W otworze wiertniczym nr 3 (fig. 5.9) od powierzchni terenu do głębokości 2m stwierdzono występowanie warstwy twardoplastycznego iłu (I) (próbka 6B), poniżej której zalega 1,5m miększości warstwa iłu pylastego (I π) w stanie półzwałym (próbka 7B), w części spągowej przechodzącego w utwory na pograniczu gliny pylastej i gliny pylastej zwięzłej w stanie półzwałym (próbka 8b).

Ił i ił pylasty (I, I π). Zawartość frakcji ilastej w omawianych utworach wynosi 31% (I π) oraz 32% (I). Charakteryzują się one 35% zawartością frakcji pyłowej w przypadku iłu oraz 59% w próbce iłu pylastego. Zawartość frakcji piaszkowej w omawianych gruntach wynosi 10% (ił pylasty) oraz do 33% (ił). Badania laboratoryjne wykazały, że badane grunty charakteryzowały się wilgotnością naturalną (Wn) w zakresie od 20,27% (próbka nr 7B) do 31,90% (próbka 6B) (tab. 5.9). Wartości

granic płynności gruntów określonych na podstawie badań składu granulometrycznego jako łąły oraz łąły pylaste wynosiły 57,31% (I_{π}) i 65,18% (I), natomiast granic plastyczności 24,11% (I) oraz 25,71% (I_{π}). Wartość wskaźnika plastyczności badanych gruntów wynosi 31,60% dla łąłu pylastego oraz do 41,07% dla łąłu. Omawiane grunty występują w stanie twardoplastycznym (I) i półzwałym (I_{π}), wartość stopnia plastyczności (I_L) wynosi odpowiednio 0,19 i -0,17 (tab. 5.9). Pomimo, że różnica zawartości frakcji łąlstej wynosiła jedynie 1%, ocena aktywności koloidalnej gruntów (A) wykazała, iż łąły wykazują wyższą aktywność ($A=1,28$), aniżeli łąły pylaste, dla których aktywność koloidalna oceniona została jako przeciętna ($A=1,02$) (tab. 5.9).

Badania gęstości objętościowej gruntu (ρ) i szkieletu gruntowego (ρ_d) oraz gęstości właściwej szkieletu gruntowego (ρ_s) wykazały, że: gęstość objętościowa badanych gruntów wynosiła 1,90 Mg/m³ (I) i 1,98 Mg/m³ (I_{π}), gęstość objętościowa szkieletu gruntowego dla łąłu 1,44 Mg/m³, natomiast dla łąłu pylastego 1,65 Mg/m³, a gęstość właściwa szkieletu gruntowego dla obu badanych próbek wyniosła 2,75 Mg/m³. Wyznaczone wartości ρ_s i ρ_d były podstawą obliczenia porowatości całkowitej (n) zgodnie z normą PN-81/B-04481. W przypadku łąłu pylastego jej wartość wynosiła 0,40, natomiast w przypadku łąłu 0,48.

W trakcie badania zawartości CaCO₃ w badanej próbce gruntu nie obserwowano reakcji z kwasem, na podstawie czego stwierdzono, że jest to grunt bezwapnisty o zawartości CaCO₃ mniejszej niż <1%.

Glina pylasta i glina pylasta zwięzła (G_{π} , $G_{\pi z}$). Występowanie gliny pylastej stwierdzono we wszystkich wykonanych profilach. Występowanie utworów o właściwościach gliny pylastej i gliny pylastej zwięzłej stwierdzono w spągowej części otworu wiertniczego nr 3, oraz w stropie otworu wiertniczego nr 2. Analiza granulometryczna wykazała, że gliny pylaste charakteryzują się zawartością frakcji łąlstej od 15 do 20%. Zawartość frakcji pyłowej wynosi od 56 do 61% (próbki 2B, 3B, 5B), natomiast zawartość frakcji piaskowej od 18 do 27%. Wilgotność naturalna omawianych gruntów była w zakresie od 21,82 do 28,46% (tab. 5.9). Wartości granic płynności dla omawianej grupy gruntów mieszczą się w przedziale od 50,00 do 62,82 %. Małe zróżnicowanie obserwuje się również w wartościach granic plastyczności, które wynoszą od 20,02 do 26,26%. Wskaźnik plastyczności badanych gruntów mieści się w przedziale od 30,78 do 36,56%. Dla utworów określonych jako $G_{\pi}/G_{\pi z}$ jest on niższy i wynosi 24,69%. Badane gliny pylaste występują w stanie twardoplastycznym, a obliczona wartość stopnia **plastyczności wynosiła od 0,05 do 0,21**. Ocena aktywności koloidalnej omawianych gruntów (A) wykazała, że są to grunty o wysokiej aktywności. Wartość współczynnika A kształtuje się na poziomie od 1,81 do 2,40 (tab. 5.9).

Wartości gęstości objętościowej dla badanych próbek wynoszą od 1,82 do 1,99 Mg/m³, gęstości właściwej szkieletu gruntowego 2,68 Mg/m³, natomiast gęstości objętościowej szkieletu gruntowego od 1,42 do 1,63 Mg/m³. Obliczona wartość porowatości całkowitej (n) badanego gruntu wynosi od 0,39 do 0,47 (tab. 5.9).

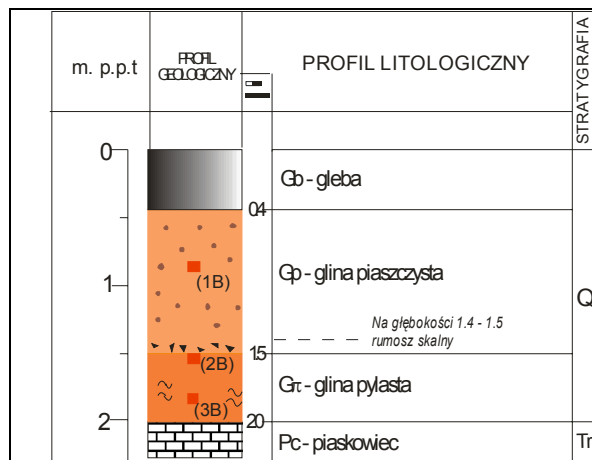


Fig. 5.8. Profil litologiczny otworu wiertniczego numer 1 w Białej Niżnej.

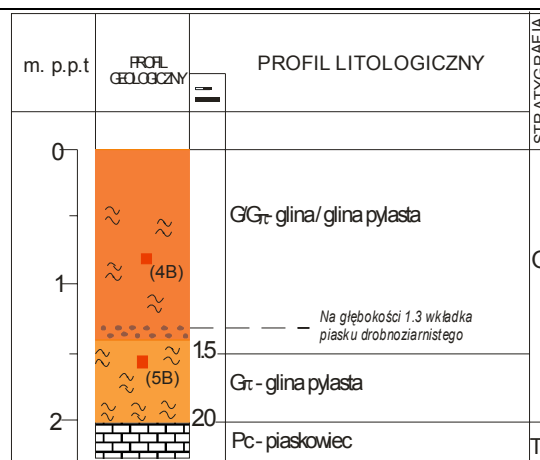


Fig. 5.9. Profil litologiczny otworu wiertniczego numer 2 w Białej Niżnej.

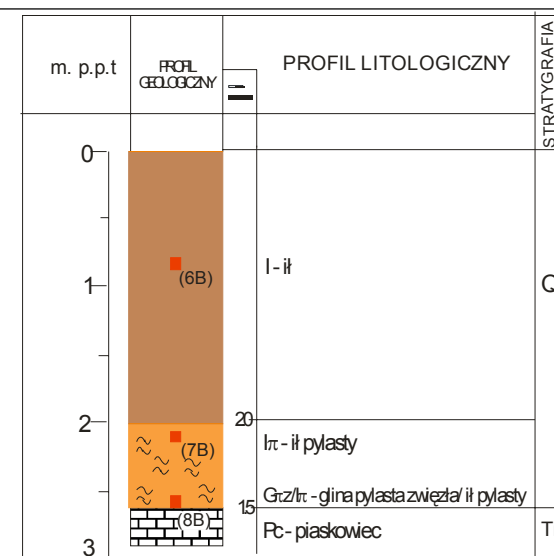


Fig. 5.10. Profil litologiczny otworu wiertniczego numer 3 w Białej Niżnej.

**Tabela 5.9. Zestawienie wyników badań parametrów geologiczno-inżynierskich
gruntów z rejonu składowiska odpadów w Białej Niżnej**

Numer otworu wiertniczego	Numer próbki	Rodzaj gruntu	$w_n(\text{śr})$ (% wag)	$\rho(\text{śr})$ ³ (Mg/m)	$\rho_d(\text{śr})$ ³ (Mg/m)	$\rho_s(\text{śr})$ ³ (Mg/m)	n (-)	$W_{l(\text{śr})}$ (% wag)	$W_{p(\text{śr})}$ (% wag)	I_p (% wag)	I_l (-)	Stan gruntu	A (-)
1	1B	Gp	23.64	1.91	1.54	2.67	0.42	52.08	23.40	28.68	0.01	tpl	1,51
	2B	Gπ	25.78	1.99	1.58	2.68	0.41	50.00	19.22	30.78	0.21	tpl	1,81
	3B	Gπ	21.82	1.99	1.63	2.68	0.39	56.00	20.02	35.98	0.05	tpl	2,40
2	4B	G	19.88	2.04	1.70	2.69	0.37	51.65	18.28	33.37	0.05	tpl	1,85
	5B	Gπ	28.46	1.82	1.42	2.68	0.47	62.82	26.26	36.56	0.06	tpl	1,92
3	6B	I	31.90	1.90	1.44	2.75	0.48	65.18	24.11	41.07	0.19	tpl	1,28
	7B	Iπ	20.27	1.98	1.65	2.75	0.40	57.31	25.71	31.60	- 0.17	pzw	1,02
	8B	Gπz/Gπ	24.59	1.86	1.49	2.70	0.45	50.00	25.31	24.69	- 0.03	pzw	1,23

w_n – wilgotność naturalna, ρ – gęstość objętościowa gruntu), ρ_s – gęstość właściwa szkieletu gruntowego, ρ_d – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego – porowatość całkowita (n), W_l – granica płynności, W_p – granica plastyczności, I_l – stopień plastyczności, I_p – wskaźnik plastyczności, A – aktywność koloidalna

Ocena zawartości CaCO_3 w badanej próbce gruntu wykazała, że są to grunty bezwapniste o zawartości $\text{CaCO}_3 < 1\%$. W trakcie badania nie obserwowano reakcji kwasu z próbką gruntu.

Glina piaszczysta (Gp). W otworze wiertniczym nr 1 stwierdzono występowanie 1,1m warstwy gliny piaszczystej (próbka 1B). Skład granulometryczny gruntu prezentował się następująco: zawartość frakcji ilastej 19%, zawartość frakcji pyłowej 26% i zawartość frakcji piaskowej 55%. Wilgotność naturalna wyniosła 23,64%, wartość granicy płynności 52,08%, a granicy plastyczności - 23,40%. Wskaźnik plastyczności badanych gruntów wynosił 28,68%, natomiast obliczony stopień plastyczności 0,01. Przeprowadzona ocena aktywności koloidalnej omawianych glin wskazuje, że są to grunty o wysokiej aktywności ($A = 1,51$).

Gęstość objętościowa dla badanych próbek wynosi $1,91 \text{ Mg/m}^3$, gęstość właściwa szkieletu gruntowego - $2,67 \text{ Mg/m}^3$, natomiast gęstości objętościowej szkieletu gruntowego - $1,54 \text{ Mg/m}^3$. A obliczona wartość porowatości całkowitej (n) badanego gruntu równa się 0,42 (tab. 5.9).

Tabela 5.10. Porównanie parametrów geologiczno-inżynierskich naturalnej warstwy izolacyjnej składowiska w Białej Niżnej z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337

Parametr Jednostka	Wymagane parametry naturalnej warstwy izolacyjnej wg Instrukcji ITB nr 337	Wartość parametru uzyskana na podstawie przeprowadzonych badań
zawartość f_i %	> 20	II:32 II pylasty:31 Glina pylasta: 15-20 Glina piaszczysta: 19
zawartość f_p %	< 60	II: 35 II pylasty: 59 Glina pylasta: 50-69 Glina piaszczysta: 26
zawartość f_z i f_k —	brak	brak
wskaźnik plastyczności (I_p) %	> 20	II: 41,07 II pylasty: 31,60 Glina pylasta: 30,78-36,56 Glina piaszczysta: 28,68
granica płynności (w_L) %	> 30	II: 65,18 II pylasty: 57,31 Glina pylasta: 50-65,18 Glina piaszczysta: 52,08
Zawartość CaCO_3 %	do 10	< 1
wartość współczynnika filtracji (k) m/s	rzędu 10^{-9}	Glina pylasta zwięzła: $8,3 \times 10^{-9}$

5.3 Badania geochemiczne

5.3.1 Składowisko Tarnów-Krzyż

W rejonie składowiska pobrano 14 próbek do badań geochemicznych, z trzech profili, których lokalizację prezentuje załącznik 2. Wyniki badań zestawiono w tabeli 5.12.

Koncentracja **baru** w badanych próbkach zmieniała się w zakresie od 22 do 63 mg/kg (fig. 5.11). Porównując stężenia w próbkach pobranych w profilach nr 2 i 3 ze stężeniami pierwiastka w próbkach z profilu 1 (tło), stwierdza się, że w strefie oddziaływania składowiska nie nastąpiła znacząca zmiana koncentracji pierwiastka. Porównując zawartość Ba w próbkach pobranych w strefie przypowierzchniowej (0,4 m p.p.t.) z przeciętnym stężeniem omawianego pierwiastka w glebach Polski, wynoszącym 48 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995), jego koncentracja jest niższa i kształtuje się na poziomie 22 mg/kg (próbka T1) oraz 32 mg/kg (próbka T7) (tab. 5.12).

Zawartość **chromu** mieściła się w przedziale od 10 do 19 mg/kg. Analiza stężeń Cr wskazuje na podobne jego koncentracje w obszarze oddziaływania składowiska jak i poza nim. Zaobserwowano tendencję do wzrostu jego stężenia wraz z głębokością (fig. 5.12). Z porównania otrzymanych wyników badań z przeciętnymi koncentracjami chromu w glebach Polski wynika, że w rejonie badań stężenia Cr są nieco wyższe (10 mg/kg) od średnich stężeń w glebach znajdujących się w Atlasie geochemicznym Polski (6 mg/kg).

Stężenie **cynku** było w zakresie od 22 do 28 mg/kg. W przypadku tego pierwiastka, stwierdzono nieco wyższą jego koncentrację w górnej części profilu nr 2 (próbka T7) oraz niższe jego koncentracje w pozostałej jego części (próbki od T8 do T10), w porównaniu z koncentracjami tego pierwiastka w próbkach pobranych z podobnych głębokości w otworze 1. W profilu 3 wartości stężeń Zn odpowiadają stężeniom występującym na podobnych interwałach głębokościowych w profilu 1 (fig. 5.13). Z porównania zawartości Zn w stropowych częściach profilu, ze średnimi koncentracjami tego pierwiastka w glebach Polski wynika, że stężenia cynku w rejonie badań są dużo niższe w stosunku do średniej zawartości Zn w glebach Polski wynoszącej 88 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995).

W zbadanych próbkach zawartość **kobaltu** odnotowano w zakresie od 2 do 14 mg/kg. Analiza koncentracji kobaltu, wykazuje małą jej zmienność w całym profilu nr 2, gdzie kształtuje się ona na poziomie od 5 do 7 mg/kg. W otworze wiertniczym nr 1 obserwuje się wzrost stężeń Co wraz z głębokością. Przy czym zmiany te mają charakter skokowy. W profilu 3, na głębokości 0,8 m p.p.t. obserwuje się siedmiokrotnie wyższe stężenie badanego pierwiastka w porównaniu do jego stężenia występującego w tym samym interwale głębokościowym w profilu 1 (fig. 5.14). Z porównania otrzymanych wyników z przeciętnymi stężeniami Co w glebach Polski wynika, że są one porównywalne (próbka T1) lub nieco podwyższone (próbka T7).

Miedź występowała w stężeniu od 7,2 do 21,7 mg/kg. W przypadku tego pierwiastka odnotowano podobne jego koncentracje w obszarze oddziaływania składowiska jak i poza nim. Zaobserwowano również zaznaczanie się tendencji do wzrostu jej stężenia wraz z głębokością (fig. 5.15). Z porównania otrzymanych

Tabela 5.11. Zawartość wybranych pierwiastków w gruntach z rejonu składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie

Nr otworu		Otwór 1						Otwór 2					Otwór 3		
Głębokość poprania próbki (m)		0,4	0,8	1,1	2	3	3,8	0,4	1	1,7	2,7	3,5	0,8	2,5	3,6
Symbol próbki		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
Fosfor	%	0,008	0,011	0,019	0,053	0,047	0,046	0,007	0,021	0,025	0,028	0,029	0,023	0,046	0,047
Glin		0,74	0,97	0,73	0,9	0,69	0,75	0,78	0,99	0,67	0,57	0,67	1,24	0,79	0,69
Magnez		0,11	0,15	0,18	1,02	1,32	1,35	0,14	0,17	0,19	0,47	0,55	0,42	1,37	1,38
Siarka		0,005	-	-	0,009	0,293	0,253	0,007	-	-	0,104	0,118	0,009	0,284	0,312
Wapń		0,11	0,19	0,27	4,68	4,86	4,88	0,11	0,21	2,09	3,19	3,21	0,41	4,81	4,87
Węgiel		0,17	0,19	0,15	0,33	0,59	0,54	0,24	0,12	0,21	0,32	0,35	0,2	0,69	0,53
Żelazo		1,49	2,02	0,88	1,8	1,86	1,91	1,3	1,48	1,1	1,02	1,22	2,44	2,07	1,77
Bar	mg/kg	22	25	42	59	31	33	32	27	32	26	29	63	36	40
Chrom		10	13	13	18	16	14	10	13	11	10	11	19	15	13
Cynk		22	23	35	65	63	57	28	29	31	30	37	65	61	62
Kadm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kobalt		4	2	10	9	13	9	6	4	5	5	7	14	10	10
Mangan		159	42	248	541	943	954	493	208	241	343	472	944	984	902
Miedź		7,2	10,9	15,3	21,7	20,7	19,2	9,4	10,8	13,2	12,9	15,1	19,6	20,1	17,3
Nikiel		6	8	22	29	39	29	7	11	17	17	22	31	29	31
Olów		6	6	8	12	12	11	8	7	7	7	8	14	11	11
Rtęć		0,034	0,033	0,038	0,066	0,07	0,059	0,029	0,034	0,026	0,029	0,037	0,078	0,062	0,061
Stront		7	9	11	98	100	98	7	9	41	62	67	14	99	94

- - zawartość poniżej limitu detekcji

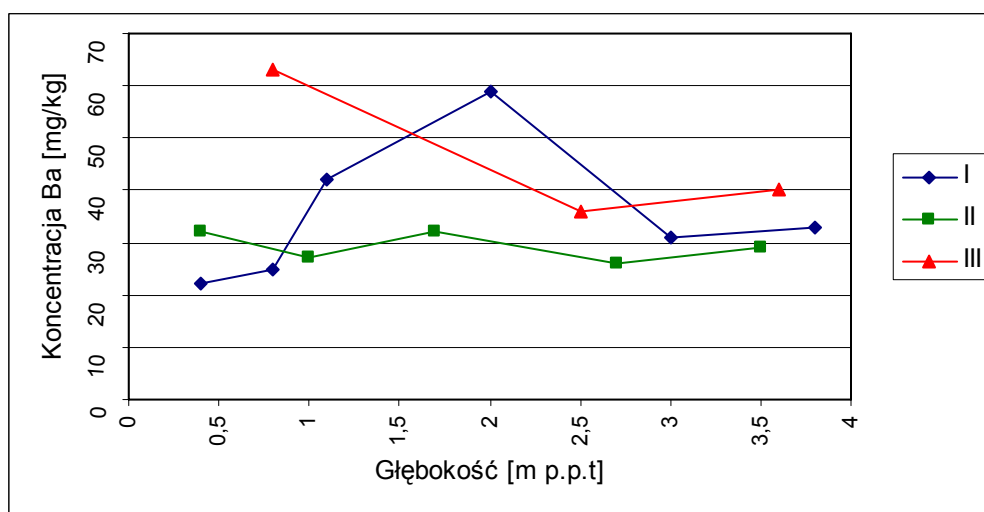


Fig. 5.11. Rozkład koncentracji baru w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

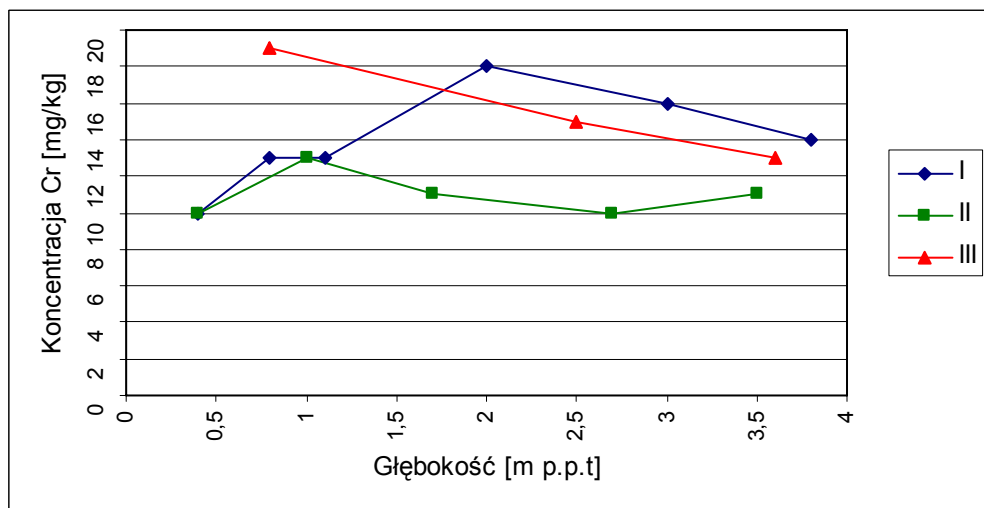


Fig. 5.12. Rozkład koncentracji chromu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

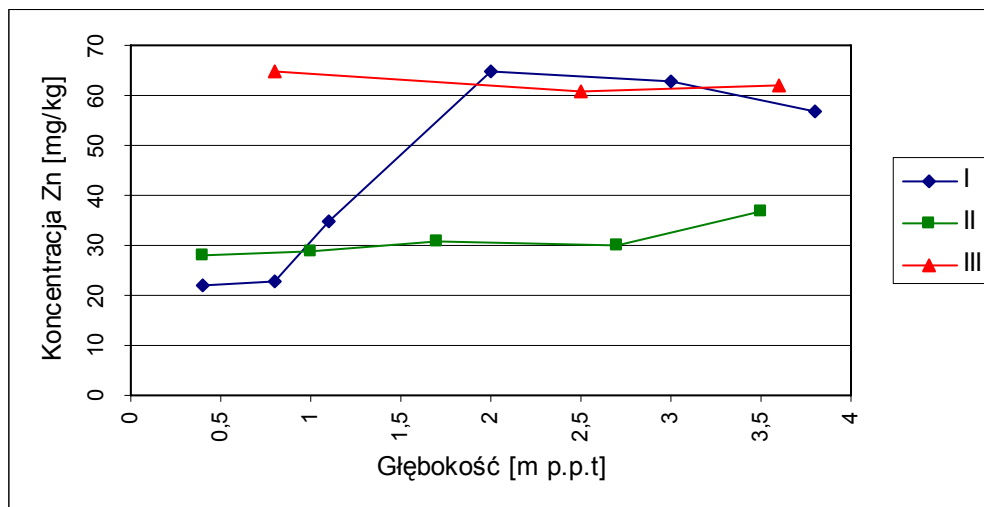


Fig. 5.13. Rozkład koncentracji cynku w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

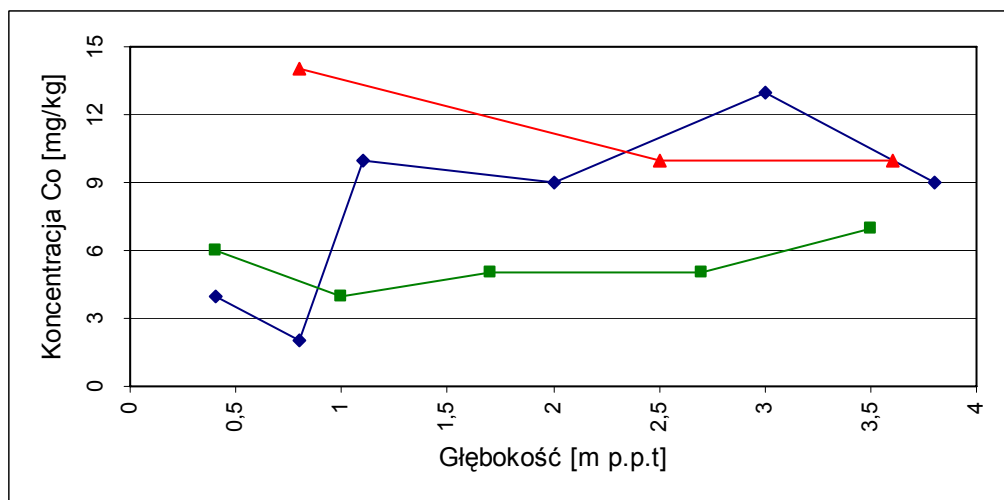


Fig. 5.14. Rozkład koncentracji kobaltu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

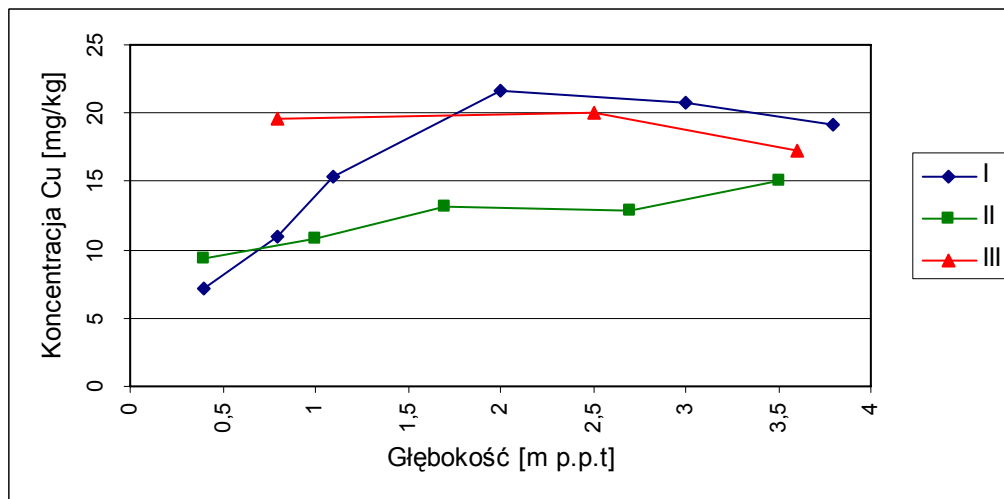


Fig. 5.15. Rozkład koncentracji miedzi w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

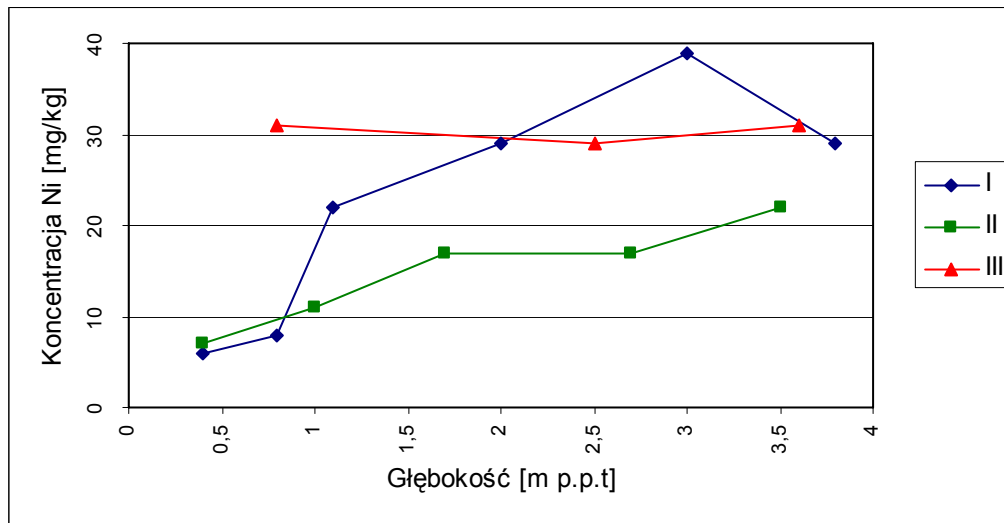


Fig. 5.16. Rozkład koncentracji niklu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

wyników badań z przeciętnymi koncentracjami Cu w glebach Polski wynika, że jej koncentracje są niewiele niższe (od 7,2 do 9,4 mg/kg), od wartości (10 mg/kg) podanych w Atlasie Geochemicznym Polski (Lis, Pasieczna 1995).

Nikiel obecny od 6 do 39 mg/kg (średnio 21 ppm). Ciekawym jest występowanie w spągowej części profilu wyższych, nawet dwukrotnie, koncentracji niklu w otworze nr 1 w porównanie z koncentracjami tego pierwiastka stwierdzonymi w otworach 2 i 3 zlokalizowanych w obszarze oddziaływania obiektu. Ponadto, we wszystkich profilach zauważalna jest tendencja do wzrostu zawartości Ni wraz z głębokością (fig. 5.16). Oznaczone wartości stężeń pierwiastka w stropowych częściach profili są zbliżone do jego średniej zawartości w glebach Polski (Lis, Pasieczna 1995).

Ołów stwierdzono w przedziale zawartości od 6 do 14 mg/kg. Nie zaobserwowano zróżnicowania w koncentracji ołowiu między terenem składowiska a strefą jego oddziaływania (fig. 5.17). Nie zaobserwowano zmienności koncentracji Pb w całym profilu nr 2 (próbki od T7 do T11) (fig. 5.17) i jednocześnie stwierdzono, że jego stężenia są wielokrotnie niższe od przeciętnej koncentracji Pb w glebach Polski (Lis, Pasieczna 1995).

Stężenia **rtęci** w badanych próbkach gruntu wynosiły od 0,029 do 0,078 mg/kg. Zauważalny jest niewielki wzrost zawartości tego pierwiastka wraz z głębokością. Jednocześnie stwierdza się wystąpienie niższych koncentracji pierwiastka w profilu 2, w porównaniu ze stężeniami stwierdzonymi w profilu 1 (fig. 5.18). Ocena koncentracji Hg w stropowych partiach profilu, w odniesieniu do średniej stężenia tego pierwiastka w glebach wynoszącej 0,06 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995) wskazuje, że w rejonie badań są one niższe i wynoszą od 0,029 do 0,034 mg/kg.

Zawartość **strontu** wykazała dużą rozpiętość w zakresie jego stężeń. Koncentracje Sr w badanych gruntach wynosiły od 7 do 100 mg/kg. We wszystkich profilach obserwuje się bardzo wyraźny wzrost stężenia wraz z głębokością (fig. 5.19). Porównując wyniki analiz przeprowadzonych w próbkach pobranych w obszarze oddziaływania składowiska do wyników z profilu traktowanego jako tło, stwierdza się, że stężenia te są zbliżone, a w części próbek pobranych z profilu nr 2, są niższe i wynoszą od 41 do 67 mg/kg, podczas gdy w próbkach pobranych z podobnych głębokości w profilu 1 wynoszą od 98 do 100 mg/kg (tab. 5.12).

Poza określeniem zawartości pierwiastków śladowych, w badanych próbkach gruntu przeprowadzono analizę stężeń wybranych pierwiastków podstawowych: P, S, Ca, Fe, Al, Mg, Mn oraz zawartości ogólnego węgla organicznego (TOC).

Badania zawartość **fosforu** wykazały, że jego stężenie zmieniało się w zakresie od 0,007 do 0,047%. Stężenia te są porównywalne dla próbek pobranych z podobnych głębokości. Analizując zawartość pierwiastka w profilach pionowych obserwuje się wzrost jego koncentracji wraz z głębokością pobrania próbki (tab. 5.11, fig. 5.20). Ponadto, w próbkach o wyższej zawartości frakcji iłowej, widoczne jest występowanie wyższych stężeń pierwiastka. Porównując stężenie występujące w przypowierzchniowych częściach profili nr 1 i 2 (próbki T1 i T7) ze średnią zawartością fosforu w glebach Polski, można zauważyć, że są one dużo niższe i wynoszą od 0,007 do 0,008%, podczas gdy przeciętna wartość podana w Atlasie geochemicznym Polski jest równa 0,033% (Lis, Pasieczna 1995).

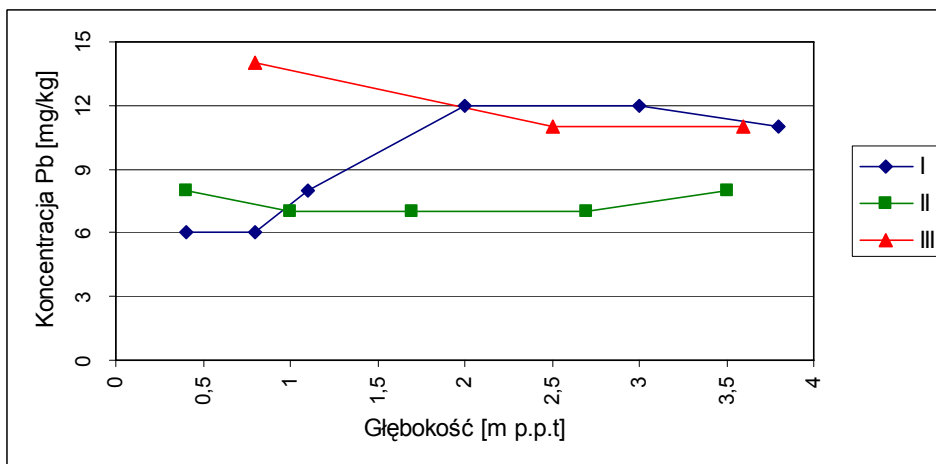


Fig. 5.17. Rozkład koncentracji ołowiu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

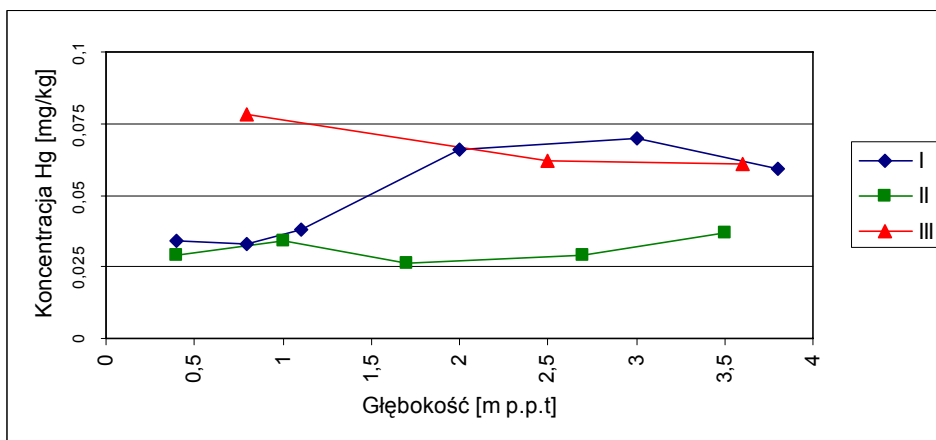


Fig. 5.18. Rozkład koncentracji rtęci w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

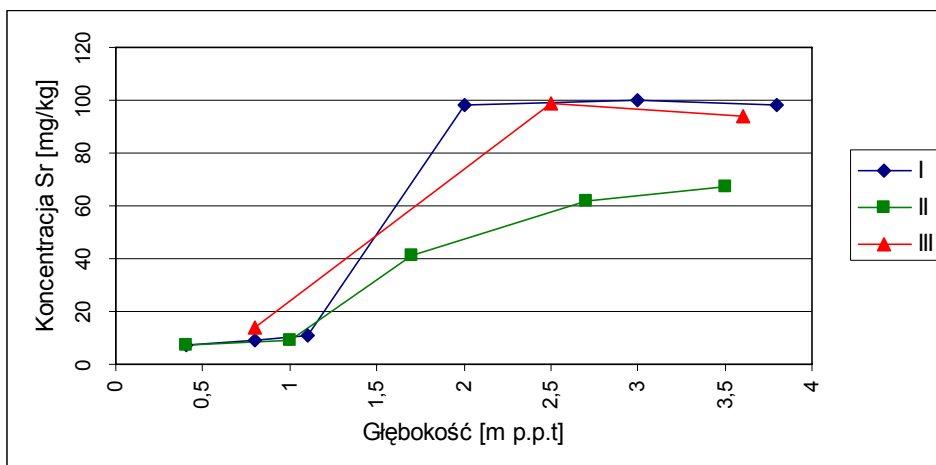


Fig. 5.19. Rozkład koncentracji strontu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

Oznaczenia **glinu** wykazały, że jego zawartość wynosiła od 0,69 do 1,24%, przy czym dla większości próbek, za wyjątkiem próbek: T2, T4, T8 i T12. Stężenia te mieściły się w przedziale od 0,69 do 0,78% (tab. 5.11). Były one porównywalne w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. Rozkład koncentracji Al w profilach pionowych jest zmienny. Mianowicie wraz z głębokością obserwuje się spadek lub wzrost koncentracji pierwiastka (fig. 5.21). Porównując stężenie występujące w przypowierzchniowych częściach profili nr 1 i 2 (próbki T1 i T7) ze średnią zawartością glinu w glebach Polski, można zaobserwować, że są one nieznacznie niższe i wynoszą od 0,74 do 7,78%, podczas gdy przeciętna wartość podana w Atlasie geochemicznym Polski to od 1 do 3,5% (Lis, Pasieczna 1995).

W przypadku **magnezu**, jego koncentracje w badanych próbkach wynosiły od 0,11 do 1,38% (tab. 5.11). W profilu 2, w jego górnej części (próbki T7, T8) stężenia były porównywalne ze stężeniami występujących w podobnym interwale głębokościowym w profilu 1 (tło). Natomiast koncentracje stwierdzone w pozostałych próbkach (T9 do T11) były ponad dwukrotnie niższe od koncentracji zbadanego tła. W profilu 3 zanotowano stężenia niewiele wyższe (próbki T13 i T14) od stężeń stwierdzonych poza obszarem oddziaływania składowiska. Analiza zmienności zawartości Mg w profilach pionowych wskazuje na wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością (fig. 5.22). Z porównania zawartości Mg w stropowych częściach profili 1 i 2, ze średnimi koncentracjami tego pierwiastka w glebach Polski wynika, że stężenia te w rejonie badań są nieznacznie wyższe i wynoszą 0,11% (próbka T1) oraz 0,14 (próbka T7), gdy w Atlasie geochemicznym Polski (Lis, Pasieczna 1995) średnia zawartość Mg w glebach Polski wynosi 0,1%.

Analiza stężeń **manganu** wykazała zmienność jego koncentracji w przedziale od 208 do 984 mg/kg, przy czym w przypadku dwóch próbek wartości te znacznie odbiegały od pozostałych. W próbce T1 zawartość Mn wynosiła 159 mg/kg a w próbce T2 - 42 mg/kg (tab. 5.11). We wszystkich profilach obserwuje się zmianę stężenia koncentracji manganu wraz z głębokością. Początkowo obserwuje się spadek stężenia a następnie jego wzrost (fig. 5.23). Ponadto, wyniki oznaczeń w strefie oddziaływania składowiska wykazały, że w profilu 3 zawartość Mn jest porównywalna z tłem. W profilu 2, w stropowej jego części koncentracja jest wyższa (próbka T7 - 493 mg/kg) od występującej w profilu 1 (próbka T1 - 159 mg/kg), natomiast w pozostałej jego części (próbki T9 do T11), koncentracje te są, ponad dwukrotnie niższe. Porównując zawartość Mn w próbkach pobranych w strefie przypowierzchniowej (0,4 m p.p.t.) z przeciętnym jego stężeniem w glebach Polski, wynoszącym 267 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995), w rejonie badań, poza strefą oddziaływania składowiska jego koncentracja jest niższa i kształtuje się na poziomie 159 mg/kg (próbka T1), natomiast w strefie oddziaływania obiektu wartość ta jest wyższa i wynosi 493 mg/kg (próbka T7) (tab. 5.12).

Duże zróżnicowanie w badanych próbkach wykazuje zawartość **siarki**. Kształtuje się na poziomie od 0 do 0,312%. próbki pobrane w stropowych częściach profili nr 1 i 2 zawierają 0,005 (próbka T1) i 0,007% siarki (próbka T7). W czterech kolejnych próbkach pobranych z dalszej części obu profili (próbki T2, T3, T8 i T9) nie stwierdzono występowania siarki, po czym stwierdzono stosunkowo wysokie jej stężenia pozostałych z pobranych próbek. Widoczna jest tendencja wzrostu koncentracji pierwiastka wraz z głębokością (fig. 5.24).

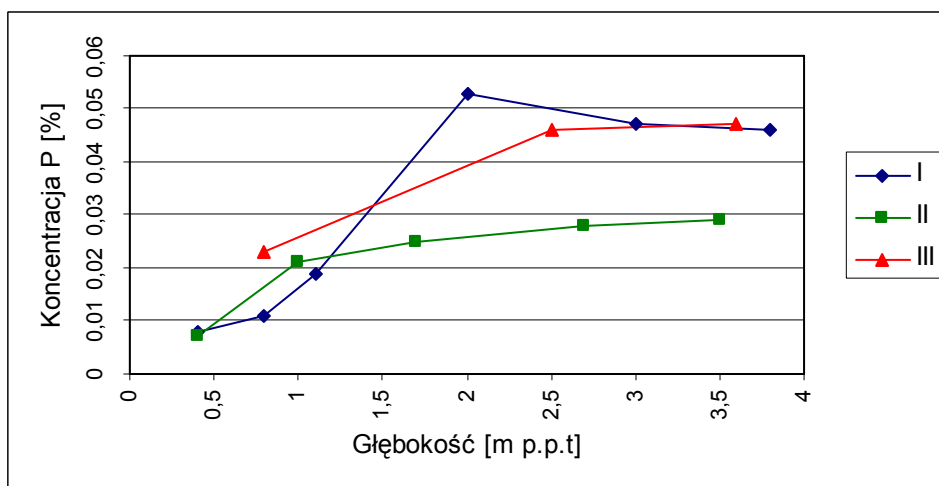


Fig. 5.20. Rozkład pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

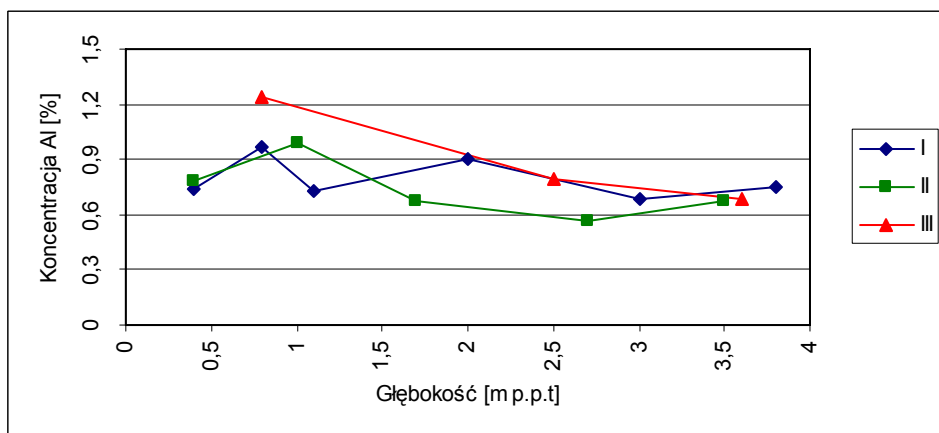


Fig. 5.21. Rozkład pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

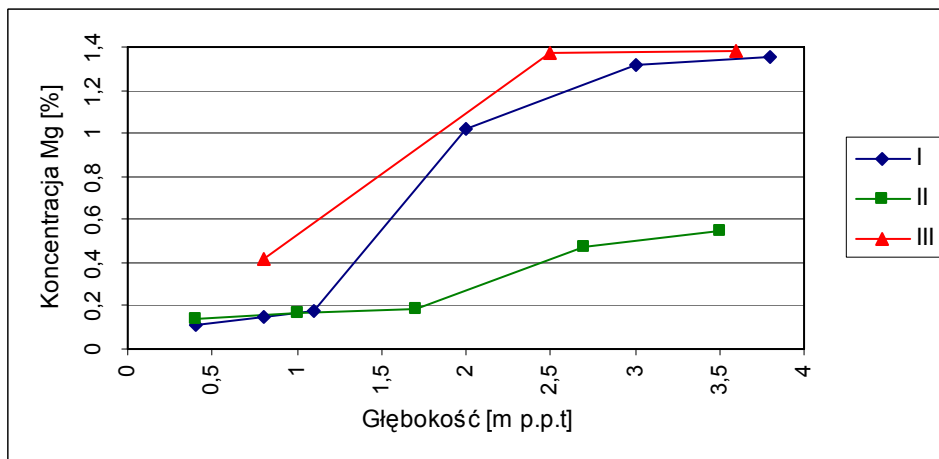


Fig. 5.22. Rozkład pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

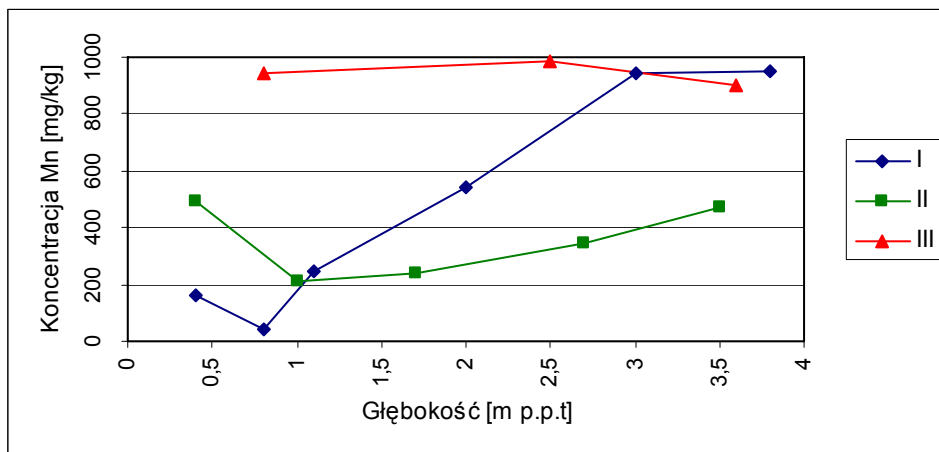


Fig. 5.23. Rozkład pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

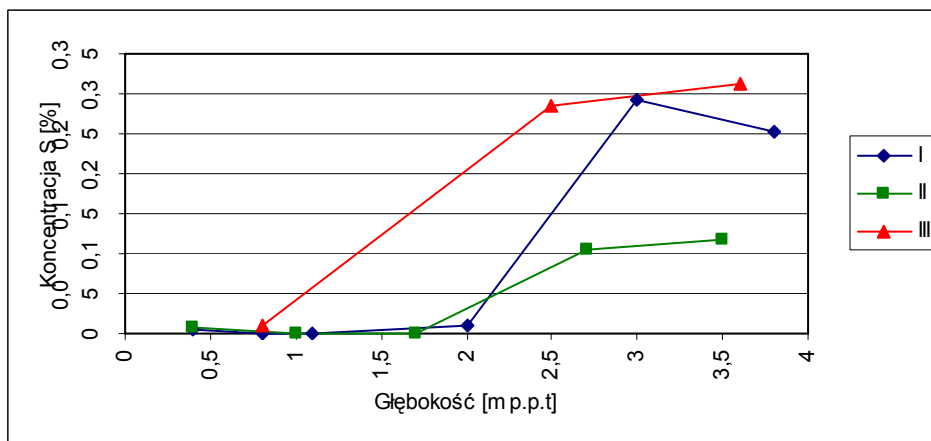


Fig. 5.24. Rozkład pionowych koncentracji siarki w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

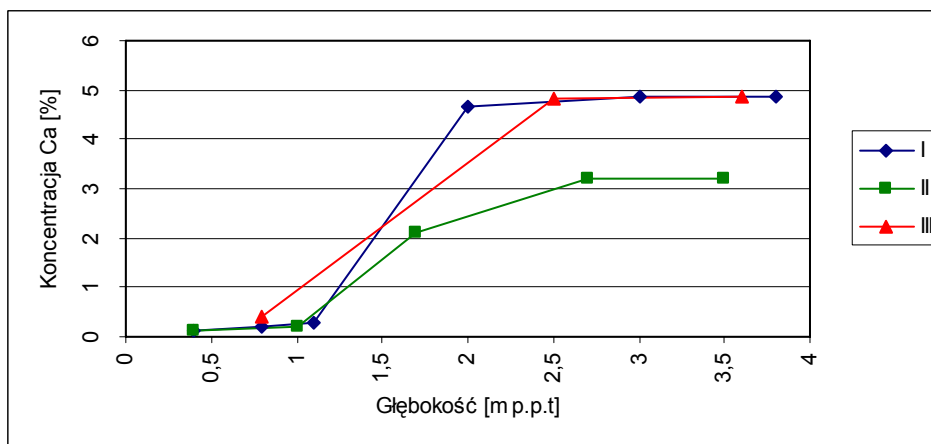


Fig. 5.25. Rozkład pionowych koncentracji wapnia w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

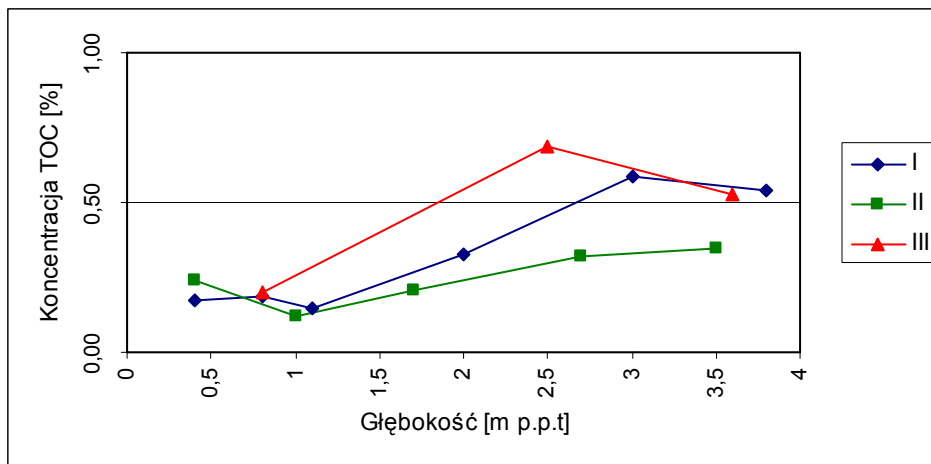


Fig. 5.26. Rozkład pionowych koncentracji TOC w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

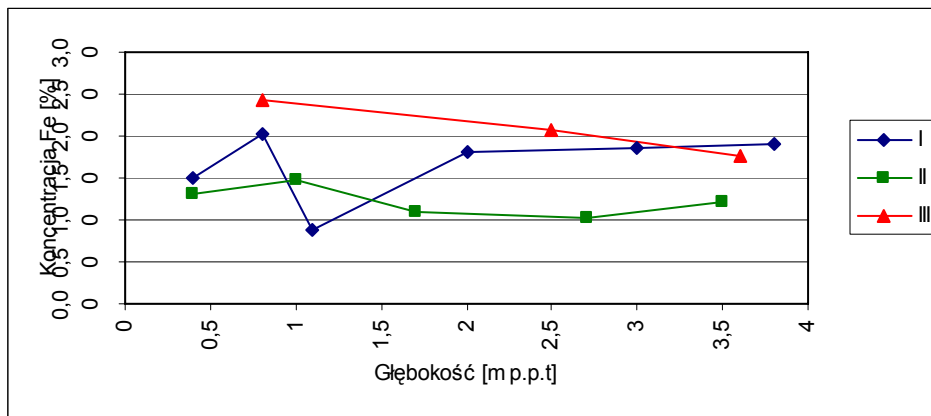


Fig. 5.27. Rozkład pionowych koncentracji żelaza w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

Również oznaczenia zawartość **wapnia** wykazały duże zróżnicowanie jego koncentracji w badanych próbkach gruntu i wynosiły one od 0,11 do 4,88%. Stężenia w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią były porównywalne. Analiza zmienności koncentracji Ca w profilu pionowym wskazuje na systematyczny wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością (fig. 5.25). Zawartość Ca w przypowierzchniowych częściach profili (próbki T1 i T7; 0,11% w przypadku obu próbek) jest niższa od przeciętnej jego zawartości w glebach Polski, która wynosi 0,47 % (Lis, Pasieczna 1995).

Kolejnym z oznaczanych wskaźników była całkowita zawartość **węgla organicznego** (TOC) (*ang. Total Organic Carbon*). Jego zawartość w badanych próbkach wynosiła od 0,12 do 0,69 %. Zarówno w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią stężenia te były porównywalne. W profilach 1 i 3 następuje wyraźny wzrost koncentracji wraz z głębokością pobrania próby, w przypadku profilu 2 zmiany stężenia są dużo mniejsze (fig. 5.26).

Analiza zawartości **żelaza** wykazuje małą zmienność koncentracji tego pierwiastka. Jego zawartość w badanych próbkach wynosiła od 0,88 do 2,44%. W górnej części wszystkich profili obserwuje się podwyższoną koncentrację żelaza, a następnie jej spadek wraz z głębokością i ponowny wzrost (fig. 5.27). Stężenia w próbkach pobranych poniżej składowiska nie wykazują wpływu obiektu na zmianę stężenia Fe. Co więcej, w profilu 2, stężenia są niższe aniżeli w profilu 1 (tab. 5.11). W porównaniu z przeciętną zawartością Fe w glebach Polski wynoszącą 0,67 % (Lis, Pasieczna 1995), w badanych próbkach koncentracje żelaza są wyższe i wynoszą 1,49 (próbka T1) i 1,330 % (próbka T7).

5.3.2 Składowisko Gromnik

W rejonie składowiska pobrano 13 próbek do badań geochemicznych, z trzech profili, których lokalizację prezentuje załącznik 3. Przeprowadzone badania próbek gruntów wykazały niskie wartości badanych parametrów (tab. 5.12).

Koncentracja **baru** w badanych próbkach kształtowała się na poziomie od 38 do 83 mg/kg, co w porównaniu z przeciętnym stężeniem tego pierwiastka w glebach Polski, wynoszącym 48 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995) wskazuje na występowanie w rejonie badań porównywalnych stężeń Ba. Przy porównaniu jego zawartości w próbkach pobranych w profilach nr 1 i 2 z zawartością tego pierwiastka w próbkach z profilu 3 (tło), można zauważyć, że w strefie oddziaływania składowiska nie nastąpiła znacząca zmiana jego koncentracji. W górnej części profilu 1 obserwuje się występowanie prawie dwukrotnie wyższych zawartości Ba (próbki G1 do G3), w porównaniu z koncentracjami występującymi na głębokości poniżej 2 m p.p.t. (próbki G4 i G5) (fig. 5.28).

Analiza zawartości **chromu** wskazuje, że jego koncentracje wynoszą od 15 do 27 mg/kg i są one znacznie wyższe od średnich stężeń tego pierwiastka w glebach określonych w Atlasie geochemicznym Polski (6 mg/kg). W profilach 1 i 2 zauważalny jest nieznaczny wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością, a następnie jej znaczące obniżenie i ponowny wzrost. Koncentracje Cr w próbkach pobranych w stropowych częściach profili 1 i 2, zlokalizowanych w strefie oddziaływania obiektu (próbka G1 – 24 mg/kg, próbka G6 – 27 mg/kg) są nieco wyższe od koncentracji Cr stwierdzonej w tej strefie w profilu 3 zlokalizowanym poza składowiskiem (próbka G10 – 20 mg/kg) (fig. 5.29). początkowo zawartość Ni wzrasta do wartości 40 mg/kg, poczym spada do poziomu 34 mg/kg i tak utrzymuje się w dalszej części profilu (fig. 5.33).

Również w przypadku **ołowiu** jego koncentracje w strefie oddziaływania obiektu nie różnią się od koncentracji tego pierwiastka w profilu przyjętym jako tło (fig.5.34). Nieznacznie podwyższoną w stosunku do tła zawartość Pb wykazują próbki pobrane ze strefy przypowierzchniowej (próbki G1 i G6), w których koncentracja pierwiastka wyniosła odpowiednio 19 i 15 mg/kg, a w próbce G10 (tło) wynosiła 13 mg/kg. Stwierdzone stężenia są dużo niższe od przeciętnej koncentracji Pb w glebach Polski, wynoszącej 35 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995).

Zawartość **cynku** w badanych próbkach gruntu wahają się od 36 do 75 mg/kg (tab. 5.12) i są one niższe od średnich koncentracji tego pierwiastka w glebach Polski, wynoszącej 88 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995). Rozkład koncentracji w profilach pionowych (fig. 5.30). Koncentracje Zn w próbkach gruntu pobranych w stropowych częściach profili numer 1 i 2 (próbki G1 – 75 mg/kg i G6 – 64 mg/kg) zlokalizowanych w strefie oddziaływania składowiska, są nieznacznie wyższe od jego zawartości w próbce gruntu pobranej z tego samego interwału głębokościowego w profilu 3 (próbka G10 – 53 mg/kg), zlokalizowanym poza strefą oddziaływania obiektu.

W żadnej z analizowanych próbek nie stwierdzono obecności **kadm**.

Koncentracja **kobaltu** wykazuje zmienność w zakresie od 6 do 13 mg/kg, co w porównaniu z przeciętnymi zawartościami tego pierwiastka w glebach Polski – 3 mg/kg, jest wartością wyższą. Wartości stężeń w strefie oddziaływania składowiska nie wykazują odstępstw od stężeń występujących w profilu 3 przyjętym jako tło. Analizując pionowy rozkład koncentracji, można zauważyć, że w górnych częściach profili nr 1 i 2 (próbki G1, G2, G3, G6 i G7) koncentracje są wyższe od zawartości pierwiastka zarejestrowanych w dalszych częściach obu otworów badawczych (próbki G4, G5, G8 i G9) (fig 5.31).

Zawartość **miedzi** w badanych próbkach mieściła się w zakresie od 12 do 26 mg/kg, podczas gdy średnia zawartość tego pierwiastka w glebach Polski podana w Atlasie geochemicznym wynosi 10 mg/kg. Analiza zawartości miedzi wskazuje na występowanie podobnych jej koncentracji w obszarze oddziaływania składowiska jak i poza nim. W profilu 1, w górnym jego odcinku, zaznacza się tendencja do niewielkiego wzrostu stężeń wraz z głębokością od 24 do 26 mg/kg (fig. 5.32), poczym następuje znaczący spadek koncentracji pierwiastka do poziomu 12 mg/kg (próbka G4) i ponowny wzrost (próbka G5). Podobną sytuację obserwuje się w profilu 2 gdzie na głębokości 1,3 m p.p.t następuje spadek zawartości Cu z poziomu 25,4 do 14,9 mg/kg (próbka G8), a następnie wzrost do wartości 21 mg/kg (próbka G9). W profilu 3 początkowo odnotowywuje się wzrost zawartości pierwiastka (próbki G10 i G11), a następnie jej spadek (próbki G12 i G13).

Stężenia **niklu** mieszczące się w zakresie od 29 do 44 mg/kg, w porównaniu ze średnią zawartością tego pierwiastka w glebach Polski (6 mg/kg) określoną w Atlasie geochemicznym Polski (Lis, Pasieczna 1995), są nawet siedmiokrotnie wyższe. Analizując rozkład koncentracji badanego pierwiastka w profilach pionowych można zauważyć, że w profilu 1 początkowo obserwuje się wzrost zawartości Ni, a następnie jej spadek i ponowny wzrost. W profilu 2 pojawia się tendencja spadku zawartości Ni wraz z głębokością, po czym w próbce pobranej w dolnej części otworu badawczego odnotowuje się ponowny wzrost koncentracji pierwiastka. W profilu badawczym nr 3

Tabela 5.12. Zawartość wybranych pierwiastków w gruntach z rejonu składowiska odpadów komunalnych w Gromniku

Nr otworu		Otwór 1					Otwór 2				Otwór 3			
Głębokość pobrania próbki (m)		0,3	0,8	1,4	2,2	2,7	0,4	1,3	2,2	3	0,3	0,6	1,1	2,1
Symbol próbki		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13
Fosfor	%	0,04	0,04	0,042	0,025	0,031	0,037	0,04	0,03	0,041	0,032	0,037	0,033	0,034
Glin		1,14	1,23	1,35	0,71	0,92	1,48	1,63	0,9	1,07	0,97	1,36	1,1	1,13
Magnez		0,68	0,85	0,85	0,37	0,59	0,8	0,79	0,42	0,67	0,53	0,65	0,54	0,54
Siarka		0,034	0,014	0,01	0,009	0,006	0,016	0,018	0,012	0,025	0,015	0,013	0,01	0,009
Wapń		0,8	1,48	1,44	0,43	0,83	0,86	0,81	0,36	0,82	0,64	0,62	0,53	0,54
Węgiel		1,1	0,75	0,63	0,45	0,56	0,53	0,57	0,31	1,11	1,12	0,85	0,88	0,6
Żelazo		2,4	2,53	2,75	1,55	1,82	2,67	2,79	1,87	2,25	2	2,74	2,3	2,32
Bar	mg/kg	71	69	75	41	38	73	80	38	66	59	83	68	70
Chrom		24	25	28	15	20	27	26	17	22	20	27	22	22
Cynk		75	59	65	36	49	64	69	45	68	53	72	60	61
Kadm		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kobalt		10	11	12	6	8	13	12	8	9	9	12	10	10
Mangan		616	745	804	386	325	839	674	238	677	574	731	668	659
Miedź		24	25	26	12	18	25,4	25,4	14,9	21	18	25	21	21
Nikiel		36	41	44	23	34	44	42	29	35	29	40	34	34
Olów		19	15	14	8	10	15	15	9	16	13	16	14	15
Rtęć		0,05	0,049	0,05	0,022	0,043	0,054	0,054	0,029	0,057	0,039	0,05	0,044	0,044
Stront		23	31	30	12	17	20	21	10	19	17	18	15	16

- - zawartość poniżej limitu detekcji

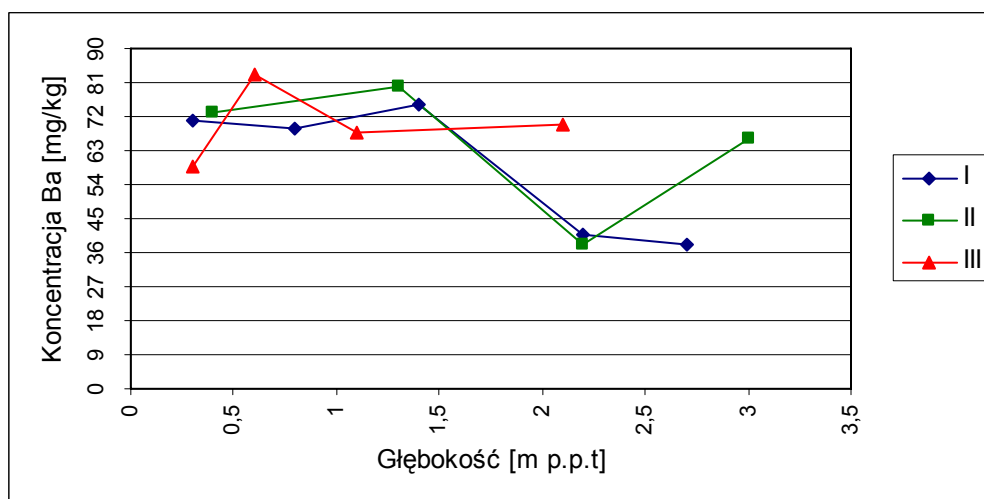


Fig. 5.28. Rozkład koncentracji baru w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

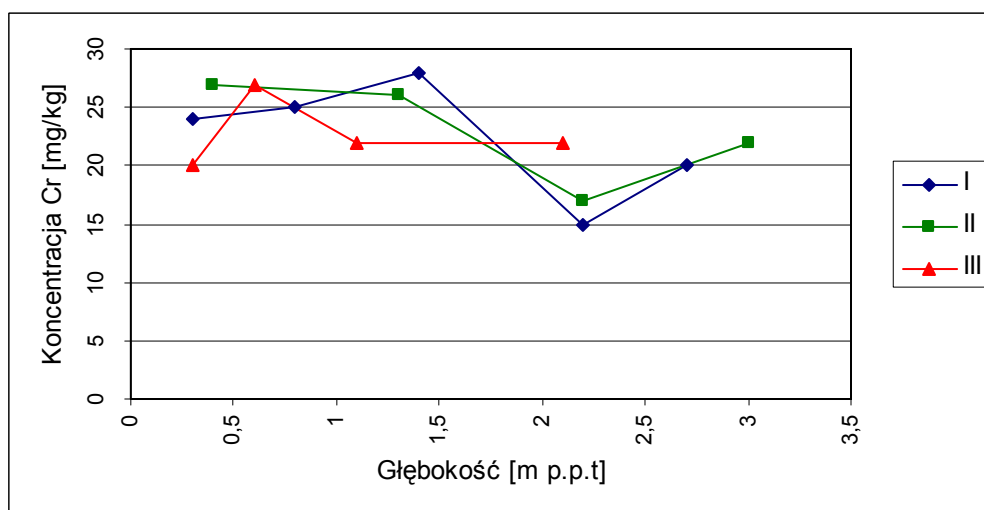


Fig. 5.29. Rozkład koncentracji chromu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

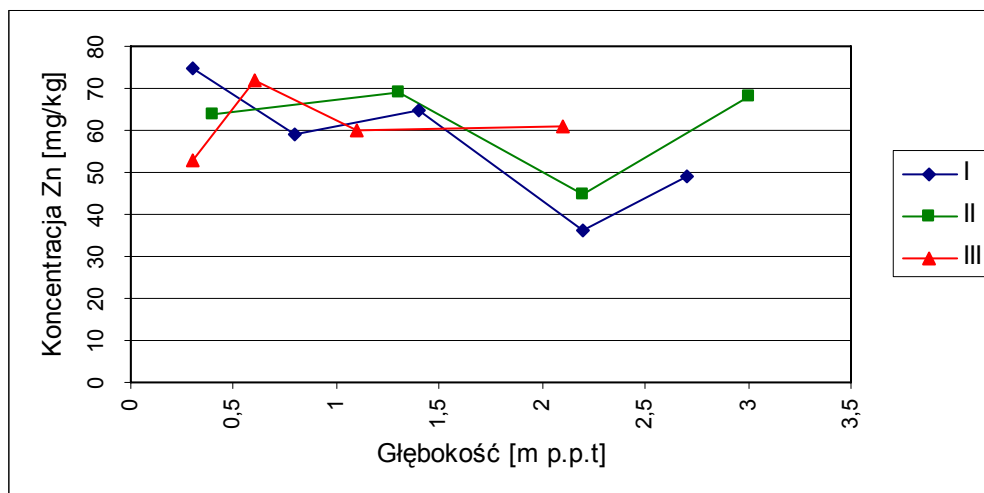


Fig. 5.30. Rozkład koncentracji cynku w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

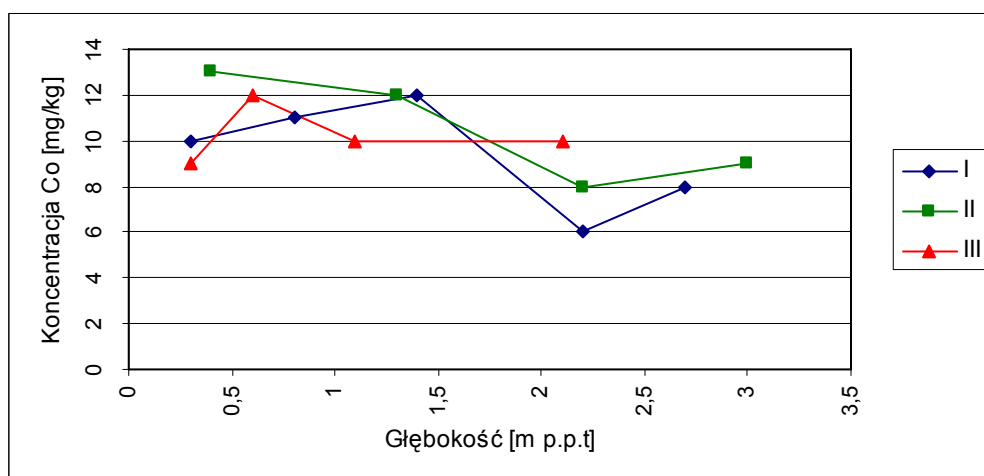


Fig. 5.31. Rozkład koncentracji Co w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

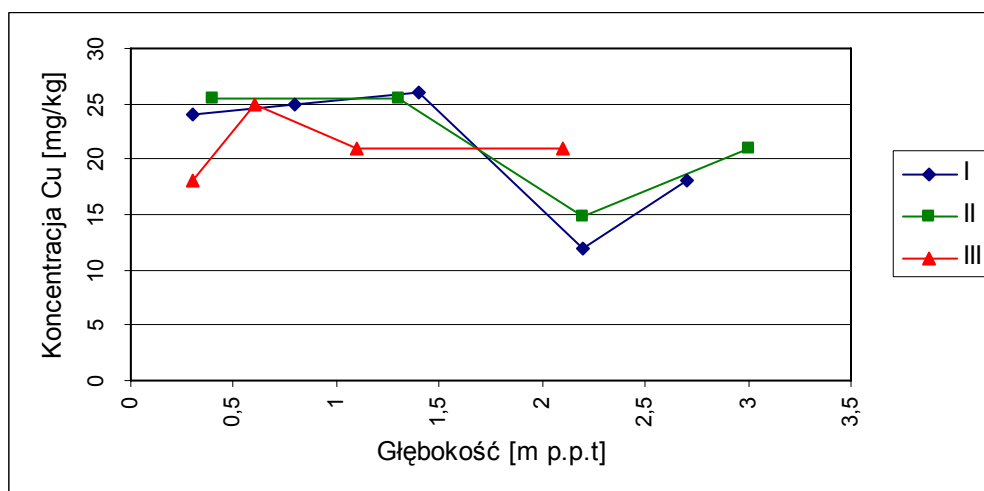


Fig. 5.32. Rozkład koncentracji miedzi w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

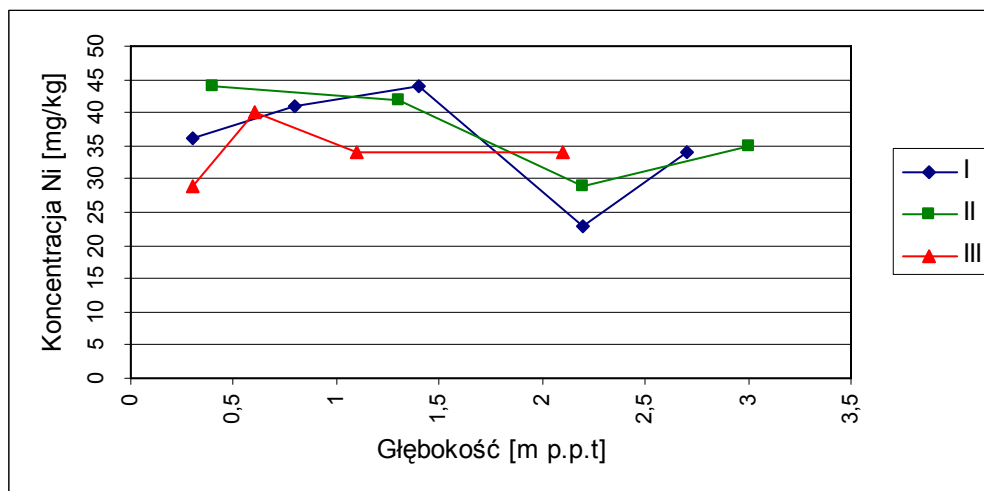


Fig. 5.33. Rozkład koncentracji niklu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

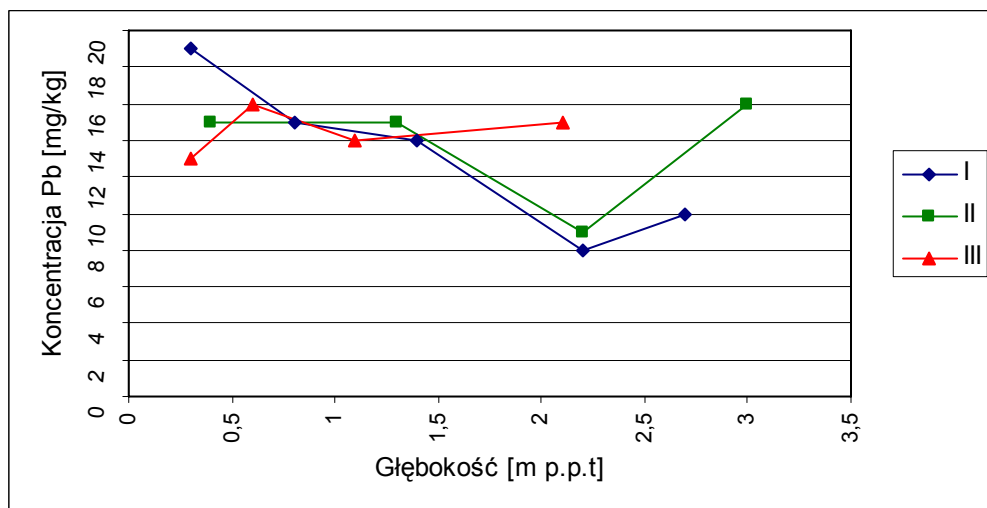


Fig. 5.34. Rozkład koncentracji ołowiu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

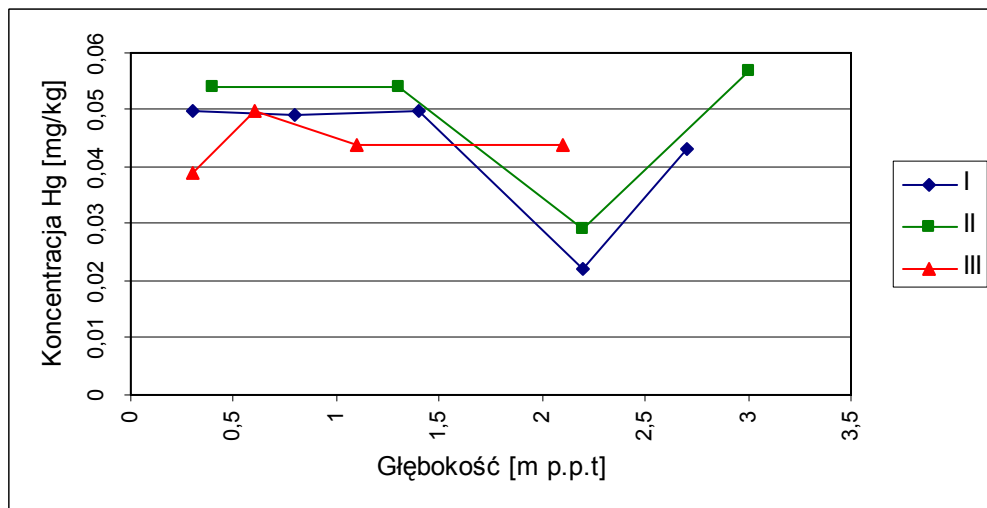


Fig. 5.35. Rozkład koncentracji rtęci w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

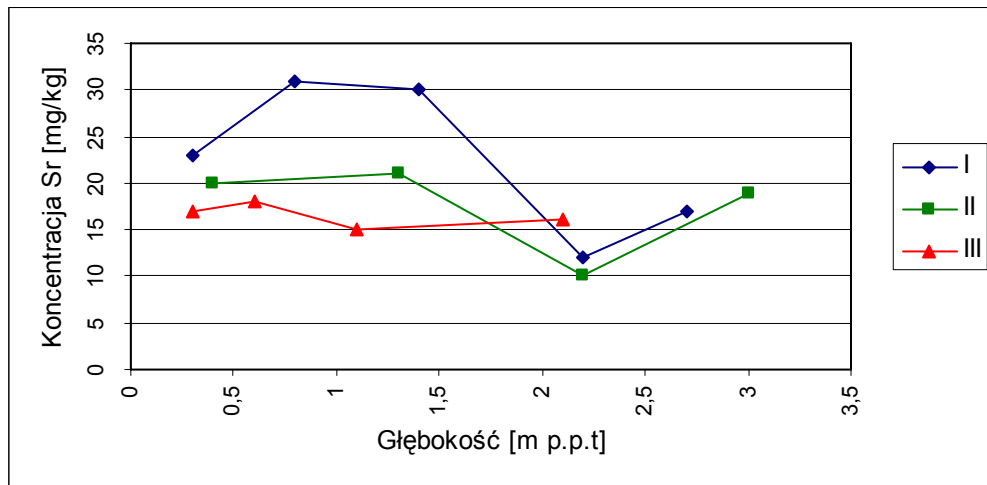


Fig. 5.36. Rozkład koncentracji strontu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

początkowo zawartość Ni wzrasta do wartości 40 mg/kg, poczym spada do poziomu 34 mg/kg i tak utrzymuje się w dalszej części profilu (fig. 5.33).

Również w przypadku **ołowiu** jego koncentracje w strefie oddziaływania obiektu nie różnią się od koncentracji tego pierwiastka w profilu przyjętym jako tło (fig. 5.34). Nieznacznie podwyższoną w stosunku do tła zawartość Pb wykazują próbki pobrane ze strefy przypowierzchniowej (próbki G1 i G6), w których koncentracja pierwiastka wyniosła odpowiednio 19 i 15 mg/kg, a w próbce G10 (tło) wynosiła 13 mg/kg. Stwierdzone stężenia są dużo niższe od przeciętnej koncentracji Pb w glebach Polski, wynoszącej 35 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995).

Zakres stężeń **rtęci** w badanych próbkach gruntu waha się od 0,022 do 0,057 mg/kg. Stężenia te są porównywalne w próbkach pobranych w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. W profilu 1 rozkład koncentracji pierwiastka charakteryzuje się naprzemiennym jej niewielkim obniżeniem lub wzrostem (próbki od G1 do G5). W górnej części profilu 2 zawartość Hg wynosi 0,054 mg/kg (próbki G6 i G7), następnie obserwuje się jej spadek (próbka G8 – 0,029 mg/kg) i ponowny wzrost do 0,057 mg/kg (próbka G9) (fig. 5.35). Koncentracja Hg w próbkach pobranych w strefie przypowierzchniowej (0-0,4 m p.p.t), z profili nr 1 i 2 jest nieco wyższa w porównaniu z koncentracją pierwiastka w tej samej strefie głębokościowej w profilu 3 traktowanym jako tło (tab. 5.12). Ocena koncentracji Hg w stropowych partiach profilu, w odniesieniu do średnich stężeń tego pierwiastka w glebach wynoszących 0,06 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995) wskazuje, że w rejonie badań są one porównywalne lub nieznacznie niższe.

Oznaczenia zawartości **strontu** w badanych próbkach gruntu wykazały małą zmienność w zakresie występujących jego koncentracji. Wyniosły one od 10 do 31 mg/kg; średnia zawartość tego pierwiastka w glebach Polski podana w Atlasie geochemicznym została odnotowana na poziomie 17 mg/kg. Odnosząc wyniki analiz przeprowadzonych w próbkach pobranych w obszarze oddziaływania składowiska do wyników z profilu traktowanego jako tło, stwierdza się, że stężenia te są porównywalne. Wzrost koncentracji pierwiastka obserwuje się przede wszystkim w górnych częściach profili 1 i 2 (fig. 5.36).

W badanych próbkach gruntu poza określeniem koncentracji metali ciężkich oznaczono zawartość wybranych pierwiastków podstawowych tj.: P, S, Ca, Fe, Al, Mg, Mn oraz zawartości ogólnego węgla organicznego (TOC).

Badania zawartości **fosforu** wykazały, że jego zawartość wyniosła od 0,030 do 0,041%, i dla większości z badanych próbek są one nieznacznie wyższe od średniej zawartości tego pierwiastka w glebach Polski określonej w Atlasie geochemicznym Polski (0,033%). Analizując zawartość pierwiastka w profilach pionowych obserwuje się zmianę jego koncentracji ma zmienny charakter (tab. 5.13, fig. 5.37). W wszystkich otworach badawczych obserwuje się na przemian występujący wzrost, a następnie spadek koncentracji P, w kolejno pobranych próbkach. Porównując zakresy stężeń P w obszarze oddziaływania obiektu ze stężeniami występującymi przed obiektem, można zauważyć, że w górnych częściach profili (od 0 do 1,4 m p.p.t.) są one nieznacznie wyższe. W obszarze oddziaływania składowiska wynoszą od 0,04 do 0,42%, jedynie dla jednej próbki 0,037%, natomiast w obszarze tła (profil nr 3) zawartości te mieszczą się w zakresie od 0,32 do 0,37%.

Zawartość **glinu** mieściła się w zakresie od 0,92 do 1,63%, przy czym dla większości próbek znajdowała się w przedziale od 1,07 do 1,36% (tab. 5.12) i odpowiadały średnim stężeniom Al w glebach podanym w Atlasie geochemicznym Polski (od 1 do 3,5%). Koncentracje pierwiastka w próbkach w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią, były porównywalne. Rozkład koncentracji Al w profilach pionowych jest zmienny, wraz ze wzrostem głębokości obserwuje się wzrost koncentracji pierwiastka, a następnie jej spadek i ponowny, niewielki wzrost (fig. 5.38).

Oznaczenia zawartości **magnezu** wykazały mało zróżnicowany zakres jego stężeń od 0,37 do 0,80% (tab. 5.12). W porównaniu ze średnią zawartością Mg w glebach Polski wynoszącą 0,1% (Lis, Pasieczna 1995), wartości te są zdecydowanie wyższe. Występowanie nieznacznie podwyższonych w stosunku do tła (profil 3) stężeń pierwiastka zaobserwowano w górnych częściach profili 1 i 2 (fig. 5.39). Rozkład koncentracji Mg w profilach pionowych jest zróżnicowany. Na ogół w górnych partiach otworów nr 1 i 3 zaznacza się tendencja do wzrostu zawartości pierwiastka wraz z głębokością, a następnie jej spadek. W przypadku otworu nr 2 początkowo zawartość pierwiastka spada wraz z głębokością, a w jego spągowej części obserwuje się jej wzrost.

Mangan występował w przedziale zawartości od 238 do 839 mg/kg. W porównaniu z przeciętnym stężeniem Mn w glebach Polski, wynoszącym 267 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995), w przypadku większości badanych próbek zarejestrowano dużo wyższe wartości (tab. 5.12). Wartości stężeń w strefie oddziaływania jak i poza nią były porównywalne. Również w przypadku Mn jego rozkład ma zmienny charakter. W górnych częściach profili nr 1 i 3 następuje wzrost zawartości pierwiastka wraz z głębokością, a następnie jej spadek. W przypadku otworu nr 2 początkowo zawartość pierwiastka maleje wraz z głębokością, a następnie w jego spągowej części następuje jej wzrost (fig. 5.40). W przypadku otworu nr 1 w jego górnej części koncentracje pierwiastka są prawie dwukrotnie wyższe w porównaniu z koncentracjami w dolnej części otworu.

Niewielkie zróżnicowanie w badanych próbkach wykazuje również zawartość **siarki**. Waha się ona w zakresie od 0,006 do 0,018%, i odpowiada przeciętnym stężeniom siarki w glebach Polskich oznaczonych na poziomie 0,005 do 0,020% (Lis, Pasieczna 1995). Analizując rozkład koncentracji pierwiastka w profilach pionowych, w otworze badawczym nr 1 i 3 obserwuje się spadek koncentracji wraz z głębokością pobrania próbki. Natomiast w otworze 2 zmiany te mają charakter skokowy (tab. 5.12, fig. 5.41). Próbkę pobraną w stropowych częściach profili nr 1 i 2 zawierają one 0,016 (próbka G6) i 0,034% S (próbka G1), podczas gdy zawartość S w próbce G10 pobranej z tego samego interwału głębokościowego w profilu 3 wyniosła 0,015 %. Tak, więc w przypadku profilu 1 obserwuje się ponad dwukrotny wzrost koncentracji siarki, poczym jednak w kolejnej z pobranych próbek obserwuje się spadek zawartości pierwiastka do poziomu 0,014 %.

Również przeprowadzona analiza wyników oznaczeń zawartości **wapnia** wykazała niewielkie zróżnicowanie jego koncentracji w badanych próbkach gruntu. Dla większości próbek mieściły się one w zakresie od 0,36 do 0,86 %. Jedynie w przypadku dwóch próbek (G2 i G3) zawartość Ca wyniosła odpowiednio 1,48 i 1,44 %. Przeciętna zawartość Ca w glebach Polski wynosi 0,47% (Lis, Pasieczna 1995) tak, więc w przypadku znacznej ilości próbek obserwuje się, że wartości te są podwyższone (tab.

5.12). Podwyższoną koncentrację pierwiastka w strefie oddziaływania obiektu obserwuje się przede wszystkim w górnych częściach otworów badawczych nr 1 i 2. Analiza zmienności koncentracji Ca w profilach pionowych wskazuje na zmienny jej rozkład. W profilu 1 najpierw obserwuje się wzrost, a potem spadek koncentracji wraz z głębokością, a następnie jej ponowne podwyższenie. W profilu 2 sytuacja jest analogiczna. W profilu 3 zaznacza się tendencja do spadku koncentracji wraz z głębokością, poczym w spągowej jego części zawartość pierwiastka ulega podwyższeniu (fig. 5.42).

Przedostatnim z oznaczanych wskaźników była całkowita zawartość węgla organicznego (**TOC**) (*ang. Total Organic Carbon*). Jego zawartość w badanych próbkach wynosiła od 0,31 do 1,12%, przy czym dla zdecydowanej większości próbek była ona < 1% (tab.5.12). Zarówno w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią stężenia te były porównywalne. Co więcej w profilach 1 i 2 zlokalizowanych w strefie oddziaływania obiektu zawartość TOC była nieznacznie niższa niż zawartość w próbkach pobranych w profilu 3, zlokalizowanym poza obszarem oddziaływania (fig.5.43).

Analiza zawartości **żelaza** wykazuje zmienność jego koncentracji w badanych próbkach w zakresie od 1,55 do 2,79%, co w porównaniu z przeciętną zawartością Fe w glebach Polski wynoszącą 0,67% (Lis, Pasieczna 1995) jest wartością zdecydowanie wyższą. We wszystkich profilach początkowo obserwuje się wzrost zawartości pierwiastka, a następnie jej spadek i ponowny wzrost (fig. 5.44). Stężenia w strefie oddziaływania składowiska nie wykazują znaczącego wpływu obiektu na zmianę stężenia Fe. W próbkach pobranych w profilach 1 i 2 z głębokości 0,3 -0,04 m p.p.t zawartość pierwiastka są nieznacznie wyższe (próbka G1 – 2,4 %, próbka G6 – 2,67% Fe) od zawartości w profilu 3 (próbka G10 – 2,0% Fe). Natomiast w dalszej części profili obserwuje się występowanie koncentracji niższych bądź porównywalnych z tłem.

5.3.3 Składowisko Biała Niżna

Z rejonu składowiska pobrano 8 próbek do badań geochemicznych, z trzech profili, których lokalizację prezentuje załącznik 4. Przeprowadzone badania próbek gruntów wykazały niskie wartości badanych parametrów (tab. 5.13).

Analiza zawartość metali ciężkich nie wykazała obecności kadmu, natomiast koncentracje pozostałych metali nie przekraczała dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu określającym standardy jakości gleby i ziemi, co więcej, ich wartości były zdecydowanie niższe. Koncentracje pozostałych badanych metali ciężkich prezentowała się następująco, zawartość: chromu mieściła się w przedziale od 27 do 41 mg/kg, rtęci od 0,050 do 0,075 mg/kg, ołowiu od 12 do 16 mg/kg, miedzi od 17,7 do 37,6 mg/kg, niklu od 35 do 72 mg/kg, cynku od 59 do 78 mg/kg oraz kobaltu od 11 do 13 mg/kg (tab. 5.13).

Koncentracja **baru** w badanych próbkach kształtowała się na poziomie od 38 do 83 % (tab. 5.14, fig. 5.45. Porównując stężenia w próbkach pobranych w profilach nr 2 i 3 ze stężeniami pierwiastka w próbkach z profilu 1 (tło), stwierdza się, że w strefie oddziaływania składowiska nie nastąpiła ponadprzeciętna zmiana koncentracji pierwiastka. We wszystkich otworach badawczych obserwuje się spadek zawartości B

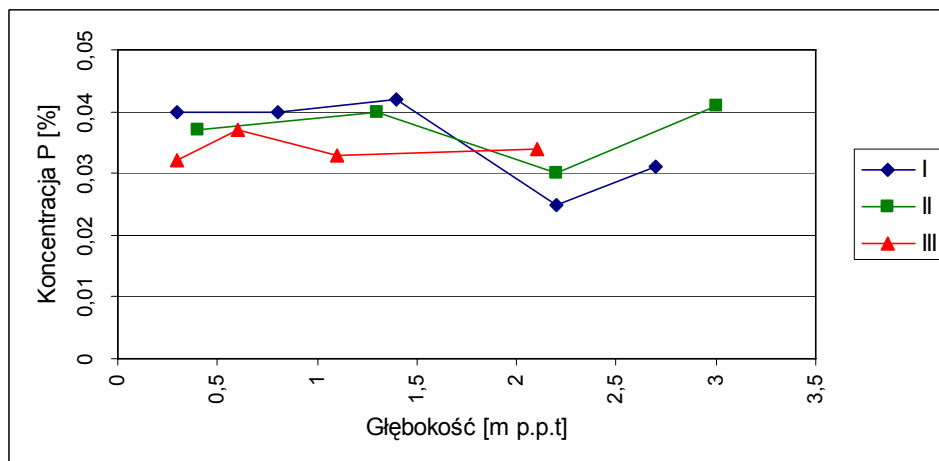


Fig. 5.37. Rozkład koncentracji fosforu w profilach pionowych w rejonie składowiska w w Gromniku

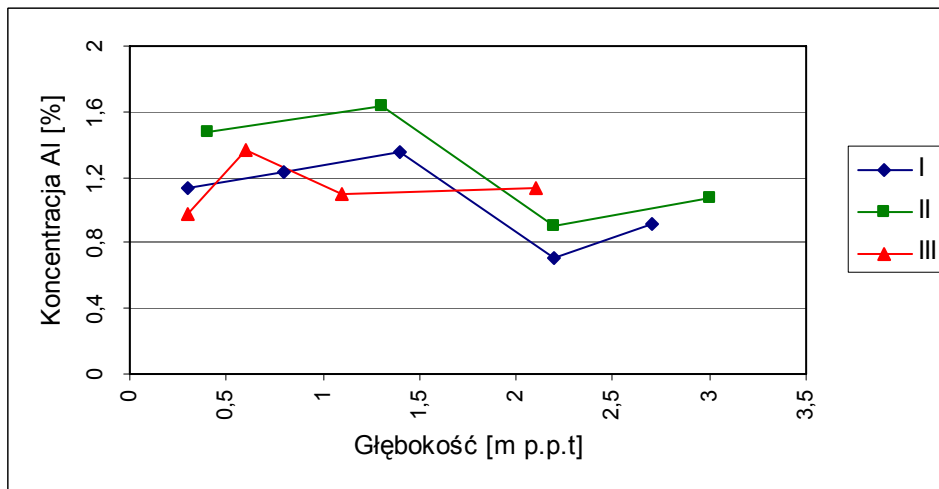


Fig. 538. Rozkład koncentracji glinu w profilach pionowych w rejonie składowiska w w Gromniku

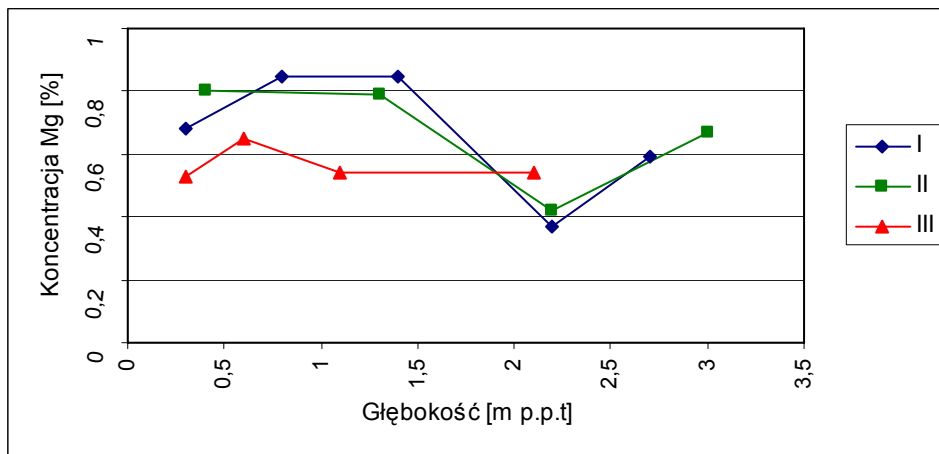


Fig. 5.39. Rozkład koncentracji magnezu w profilach pionowych w rejonie składowiska w w Gromniku

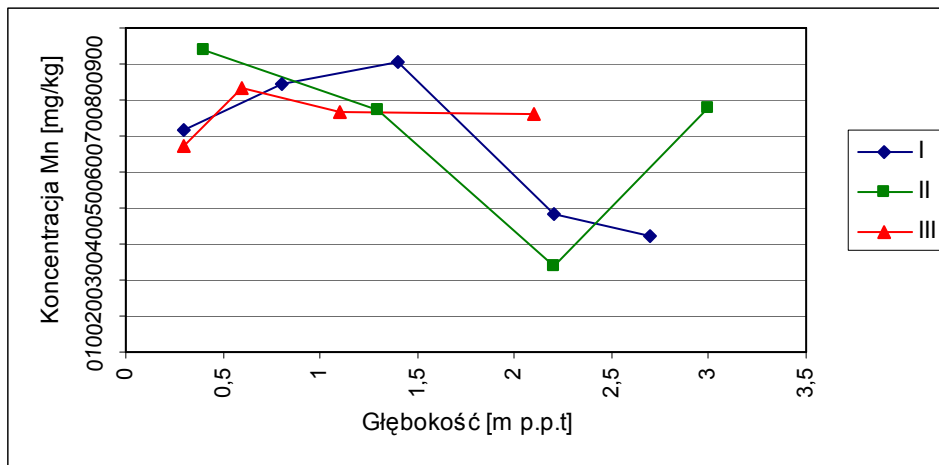


Fig. 5.40. Rozkład koncentracji manganu w profilach pionowych w rejonie składowiska w w Gromniku

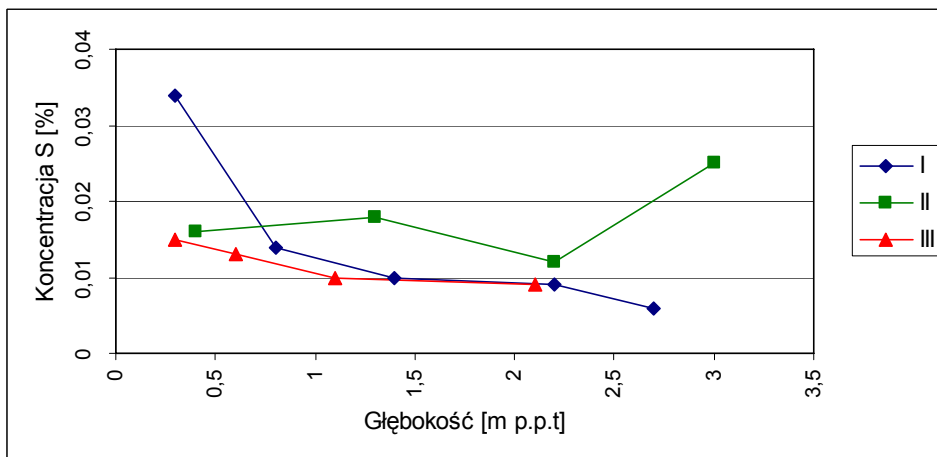


Fig. 5.41. Rozkład koncentracji siarki w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

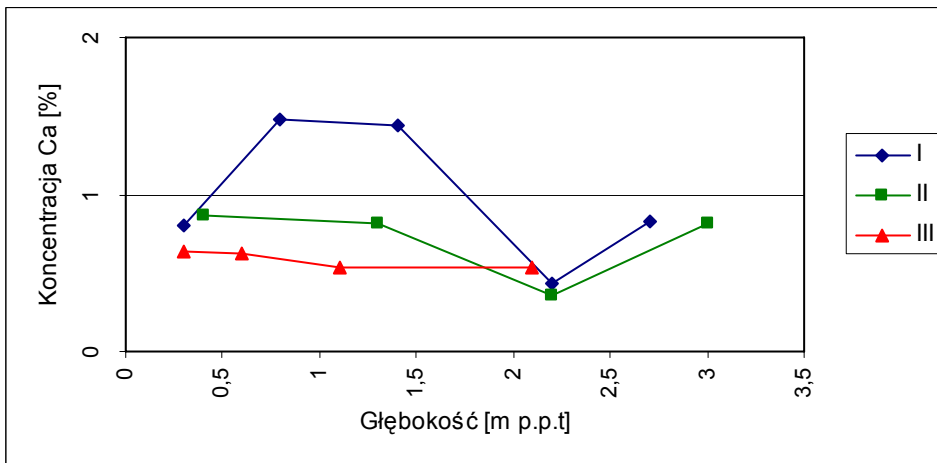


Fig. 5.42. Rozkład koncentracji wapnia w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

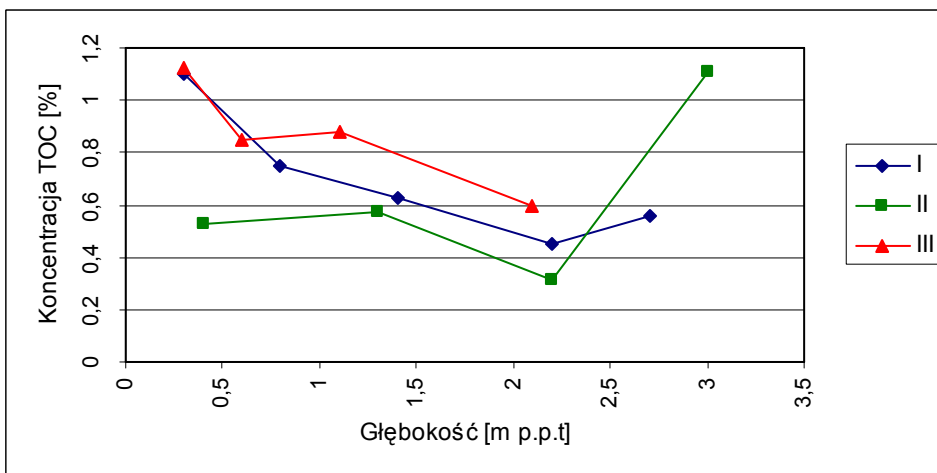


Fig. 5.43. Rozkład koncentracji TOC w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

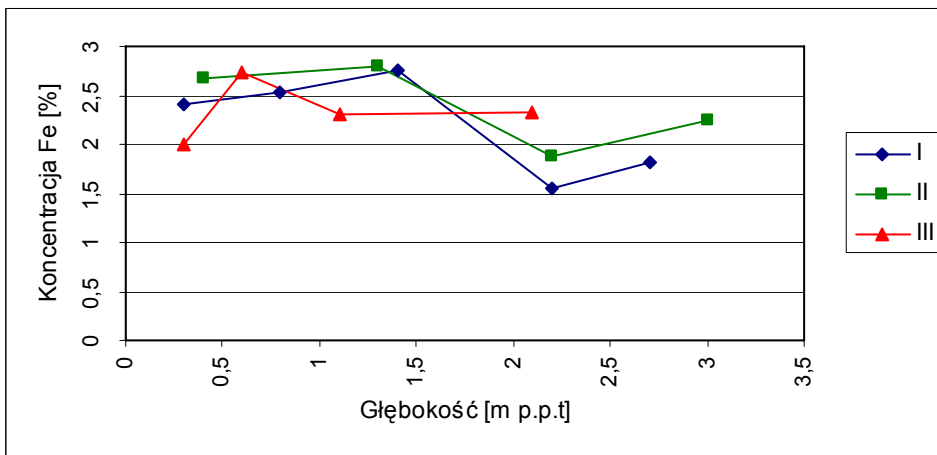


Fig. 5.44 Rozkład koncentracji żelaza w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku

wraz z głębokością. Porównując zawartość Ba w pobranych próbkach z jego średnimi stężeniem w glebach Polski, wynoszącym 48 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995), jego koncentracje w rejonie badań są porównywalne, a jedynie w przypadku próbek B1 i B6 nieznacznie wyższa.

Analiza stężeń **chromu** wskazuje na zbliżone zakresy jego stężeń w obszarze oddziaływania składowiska (profil 3) są nieznacznie podwyższone, w porównaniu z koncentracjami w próbkach pobranych poza strefą oddziaływania. Odnosząc zbadane stężenia chromu do jego zawartości tłowej w glebach Polski kształtującej się na poziomie 16,8 mg/kg, można stwierdzić, że dla większości próbek są one dwukrotnie wyższe. W profilach 1 i 3 zauważalna jest tendencja do spadku stężenia pierwiastka wraz z głębokością (fig. 5.46). Ponadto, dostrzegalna jest liniowa korelacja pomiędzy koncentracją Cr a zawartością frakcji ilastej (fi). Wraz ze wzrostem zawartości fi, wzrasta koncentracja badanego pierwiastka.

W przypadku **cynku** zakres stwierdzonych stężeń waha się od 59 do 78 mg/kg. W porównaniu ze średnimi zawartościami tego pierwiastka w glebach Polski wynoszącymi 88 mg/kg, są one nieznacznie niższe. Obserwuje się nieco wyższą jego koncentrację w górnej części profilu nr 3 (próbki B6 i B7), w porównaniu z koncentracjami tego pierwiastka w próbkach w otworze badawczym nr 1. W profilu 2 w próbce pobranej na głębokości 0,8 m zawartość Zn wynosi 59 mg/kg, podczas gdy w próbce pobranej na głębokości 1,5 m stężenie Zn jest równe 77 mg/kg tak, więc obserwuje się wyraźny wzrost stężenia badanego pierwiastka (fig. 5.47).

Analiza koncentracji **kobaltu**, wykazuje małą jej zmienność we wszystkich profilach badawczych (fig. 5.48). Kształtuje się ona na poziomie od 11 do 13 mg/kg. Ciekawym zjawiskiem jest brak zmiany stężeń badanego pierwiastka w całym profilu nr 3. Z porównania otrzymanych wyników z przeciętnymi stężeniami Co w glebach Polski wynoszącymi 3 mg/kg wynika, że we wszystkich badanych próbkach gruntów są one czterokrotnie wyższe.

Analogiczny obraz uzyskano w przypadku analizy zawartości **miedzi** w badanych próbkach gruntu. Przeprowadzone badania wykazały nieco wyższe koncentracje Cu w strefie oddziaływania obiektu (profile 2 i 3; próbki B5 do B8) w porównaniu ze stężeniami stwierdzonymi w próbkach pobranych poza tą strefą (profil 1; próbki B1 do B3). W próbkach pobranych poniżej obiektu stężenia Cu kształtują się na poziomie od 31,6 do 37,6 mg/kg, podczas gdy zawartość Cu w próbkach gruntu pobranych powyżej składowiska wynoszą od 23,7 do 27,3 mg/kg. W profilach 1 i 3 początkowo obserwuje się nieznaczny wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością, a następnie jej spadek (fig. 5.49). Z porównania otrzymanych wyników badań z przeciętnymi stężeniami Cu w glebach Polski (10 mg/kg), wynika, że są one zdecydowanie wyższe (tab. 5.13).

Analiza koncentracji **niklu** w otworze nr 1 w porównaniu z koncentracjami pierwiastka stwierdzonymi w otworach 2 i 3 zlokalizowanych w obszarze oddziaływania obiektu, wskazuje na występowanie nieco wyższych zawartości pierwiastka w obszarze oddziaływania składowiska. W próbkach gruntu pobranych

pobrane z profilu nr 1 przyjętym jako tło) próbki od B1 do B3) zakres stężeń wynosi od 54 do 60 mg/kg, podczas gdy w profilu 3 mieści się on w przedziale od 63 do 72 mg/kg. Ponadto, w profilu nr 2 zaobserwowano blisko dwukrotny wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością (próbka B4 – 35 mg/kg, próbka B5 – 63 mg/kg) (fig. 5.50). Odnosząc uzyskane wyniki badań do średniej zawartości Ni w glebach Polski, wynoszącą 6 mg/kg, można zauważyć, że są one zdecydowanie wyższe.

Ogólna zawartość **olowiu** w badanych próbkach gruntu charakteryzuje się bardzo małym, można nawet stwierdzić brakiem zróżnicowania koncentracji. Stężenia pierwiastka w każdym z profili kształtują się na bardzo zbliżonym poziomie: profil 1: od 12 do 13 mg/kg, profil 2: od 14 do 16 mg/kg, profil 3: od 14 do 15 mg/kg (fig. 5.51). Jednakże jego koncentracje w próbkach pobranych w strefie oddziaływania obiektu (próbki od B4 do B8) są nieznacznie wyższe od koncentracji w próbkach pobranych poza strefą oddziaływania (profil 1, próbki od B1 do B3).

Stężenia **rtęci** w badanych próbkach gruntu są porównywalne w próbkach pobranych w poszczególnych profilach z podobnych głębokości i wynoszą od 0,048 do 0,060 mg/kg (fig. 5.52). W profilu 1 i 3 zauważalny jest niewielki spadek koncentracji badanego pierwiastka wraz z głębokością. W profilu 2 koncentracja Hg w próbce B4 (0,050 mg/kg) jest niższa od jej koncentracji w próbce B5 pobranej w dalszej części profilu (0,071 mg/kg). Zaobserwowano, że w profilu 1 znajdującym się poza strefą oddziaływania składowiska, stężenia Hg są nieznacznie wyższe od stężeń oznaczonych np. w profilu 3, zlokalizowanym w strefie oddziaływania obiektu.

Oznaczenia zawartości **strontu** wykazały znaczną rozpiętość jego stężeń. Koncentracje Sr w badanych próbkach gruntów wynosiły od 17 do 178 mg/kg. We wszystkich profilach obserwuje się bardzo wyraźny wzrost stężenia wraz z głębokością (fig. 5.53). Porównując uzyskane wyniki z analiz przeprowadzonych dla próbek pobranych w obszarze oddziaływania składowiska do wyników z profilu

Tabela 5.13. Zawartość wybranych pierwiastków w gruntach z rejonu składowiska odpadów komunalnych w Biała Nizna

Nr próbki		Otwór 1			Otwór 2		Otwór 3		
Głębokość pobrania próbki (m)		0,8	1,5	1,9	0,8	1,5	0,8	2,1	2,7
Symbol próbki		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Fosfor	%	0,042	0,042	0,039	0,027	0,044	0,049	0,042	0,04
Glin		1,75	1,34	1,13	1,39	1,69	2,03	1,48	1,31
Magnez		0,61	1,39	1,58	0,45	1,12	0,7	1,5	1,38
Siarka		0,005	0,008	0,009	0,007	-	-	0,008	0,008
Wapń		0,41	6,43	7,25	0,25	1,94	0,54	6,75	7,68
Węgiel		0,24	0,18	0,21	0,3	0,26	0,23	0,19	0,18
Żelazo		2,93	2,59	2,51	2,43	2,83	3,29	2,7	2,52
Bar	mg/kg	72	50	46	53	47	83	41	38
Chrom		35	33	30	27	35	41	37	34
Cynk		72	68	76	59	77	82	78	74
Kadm		-	-	-	-	-	-	-	-
Kobalt		12	13	12	11	12	12	12	12
Mangan		364	555	620	844	492	526	457	552
Miedź		23,7	27,3	26	17,7	37,6	33,2	34,5	31,6
Nikiel		60	54	59	35	63	64	72	63
Ołów		13	12	13	14	16	15	14	14
Rtęć		0,075	0,06	0,057	0,05	0,071	0,072	0,048	0,053
Stront		17	153	177	13	43	22	160	178

- - zawartość poniżej limitu detekcji

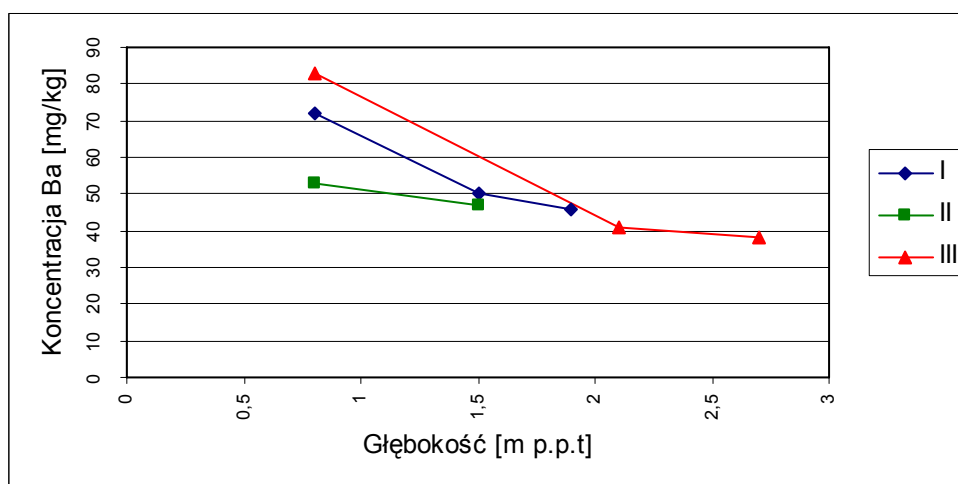


Fig. 5.45. Rozkład koncentracji baru w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

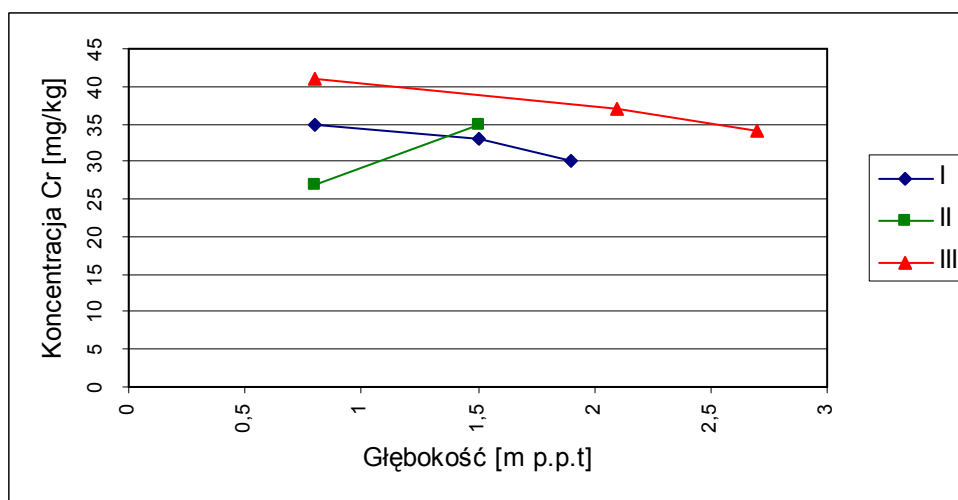


Fig. 5.46. Rozkład koncentracji chromu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

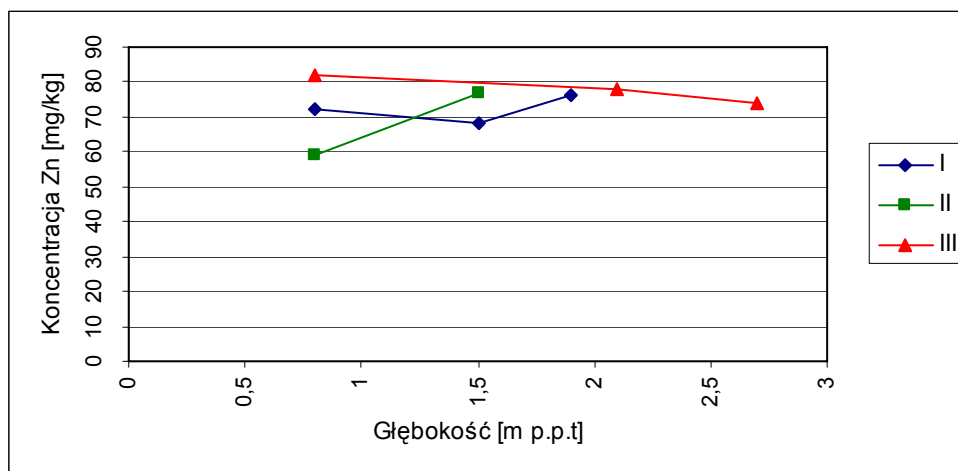


Fig. 5.47. Rozkład koncentracji cynku w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

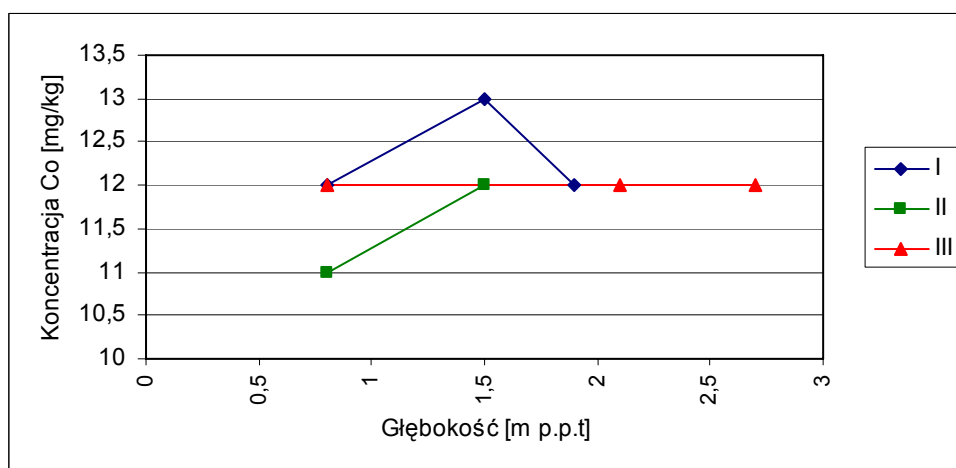


Fig. 5.48. Rozkład koncentracji kobaltu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

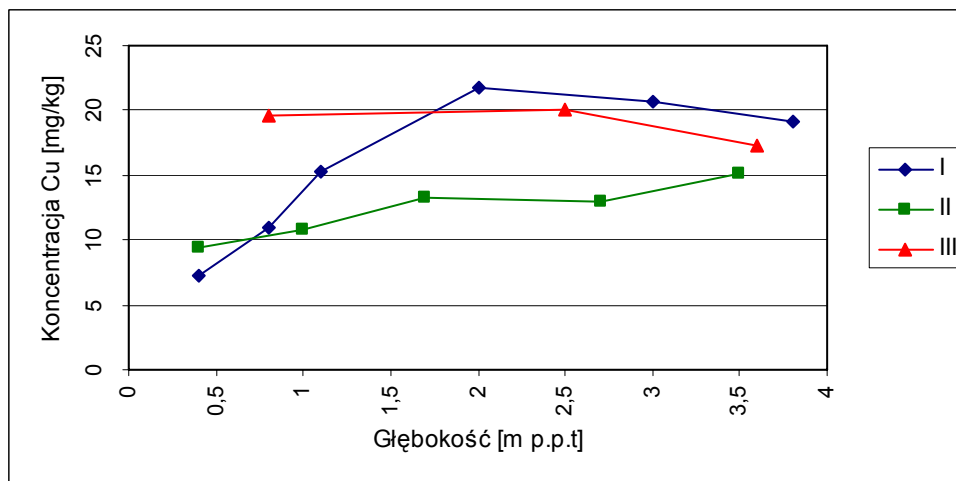


Fig. 5.49. Rozkład koncentracji miedzi w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

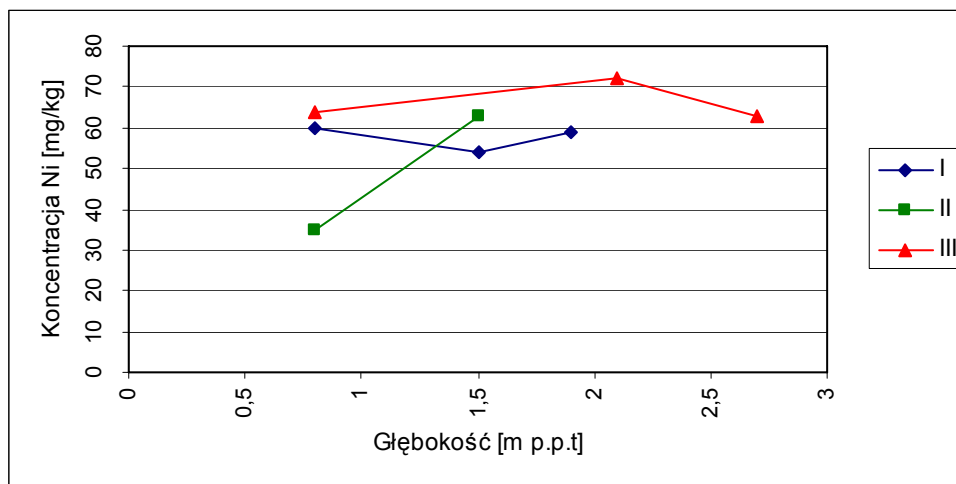


Fig. 5.50. Rozkład koncentracji niklu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

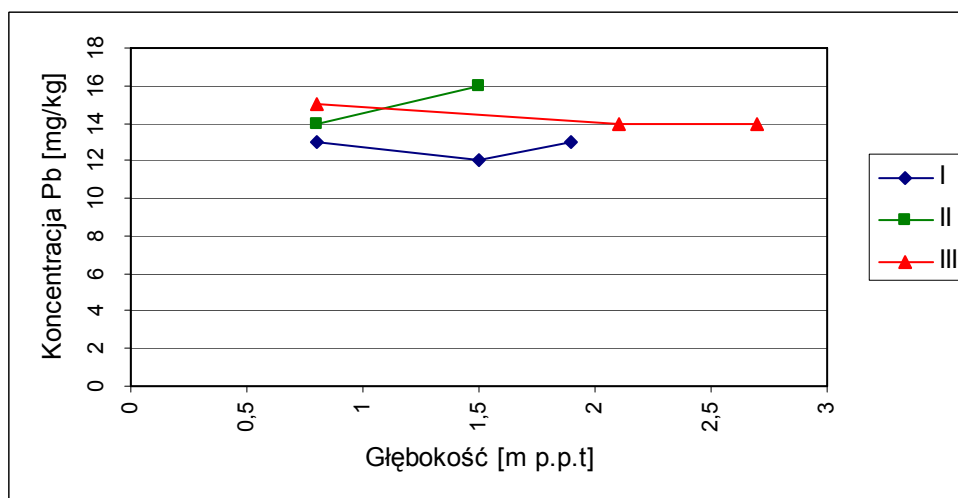


Fig. 5.51. Rozkład koncentracji ołowiu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

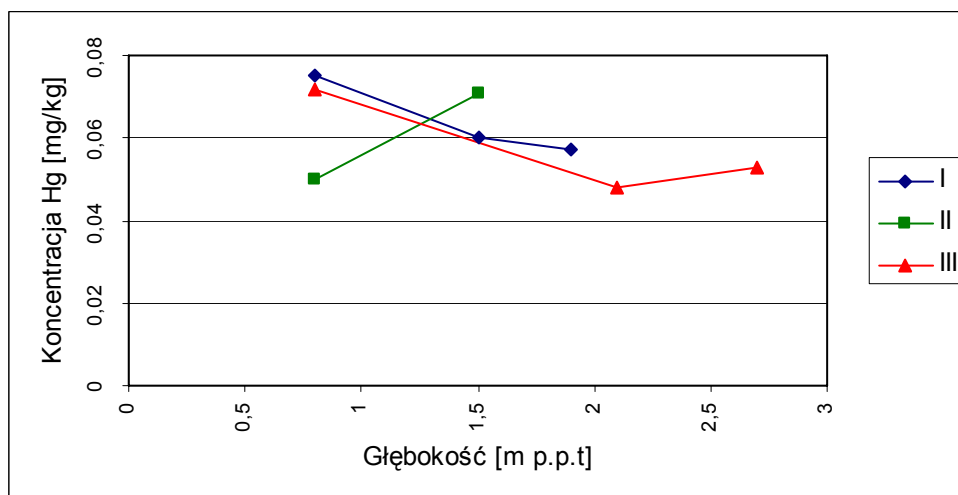


Fig. 5.52. Rozkład koncentracji rtęci w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

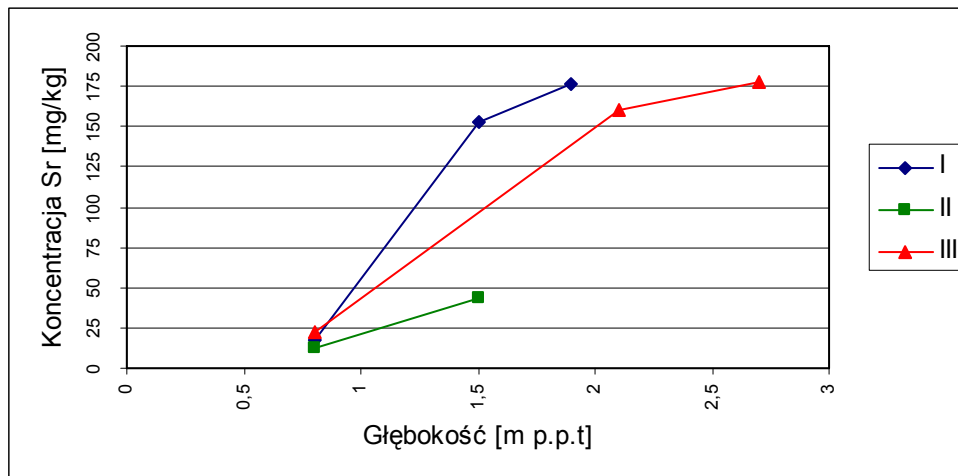


Fig. 5.53. Rozkład koncentracji strontu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej

traktowanego jako tło (profil nr 1), stwierdza się, że stężenia te są porównywalne, a w próbkach pobranych z profilu nr 2, są niższe i wynoszą 13 mg/kg (próbka B4) i 43 mg/kg (próbka B5).

W próbkach gruntu pobranych na terenie składowiska w Białej Niżnej poza oznaczeniem zawartości metali ciężkich wykonano również oznaczenie stężeń wybranych pierwiastków podstawowych: P, S, Ca, Fe, Al, Mg, Mn oraz zawartości ogólnego węgla organicznego (TOC).

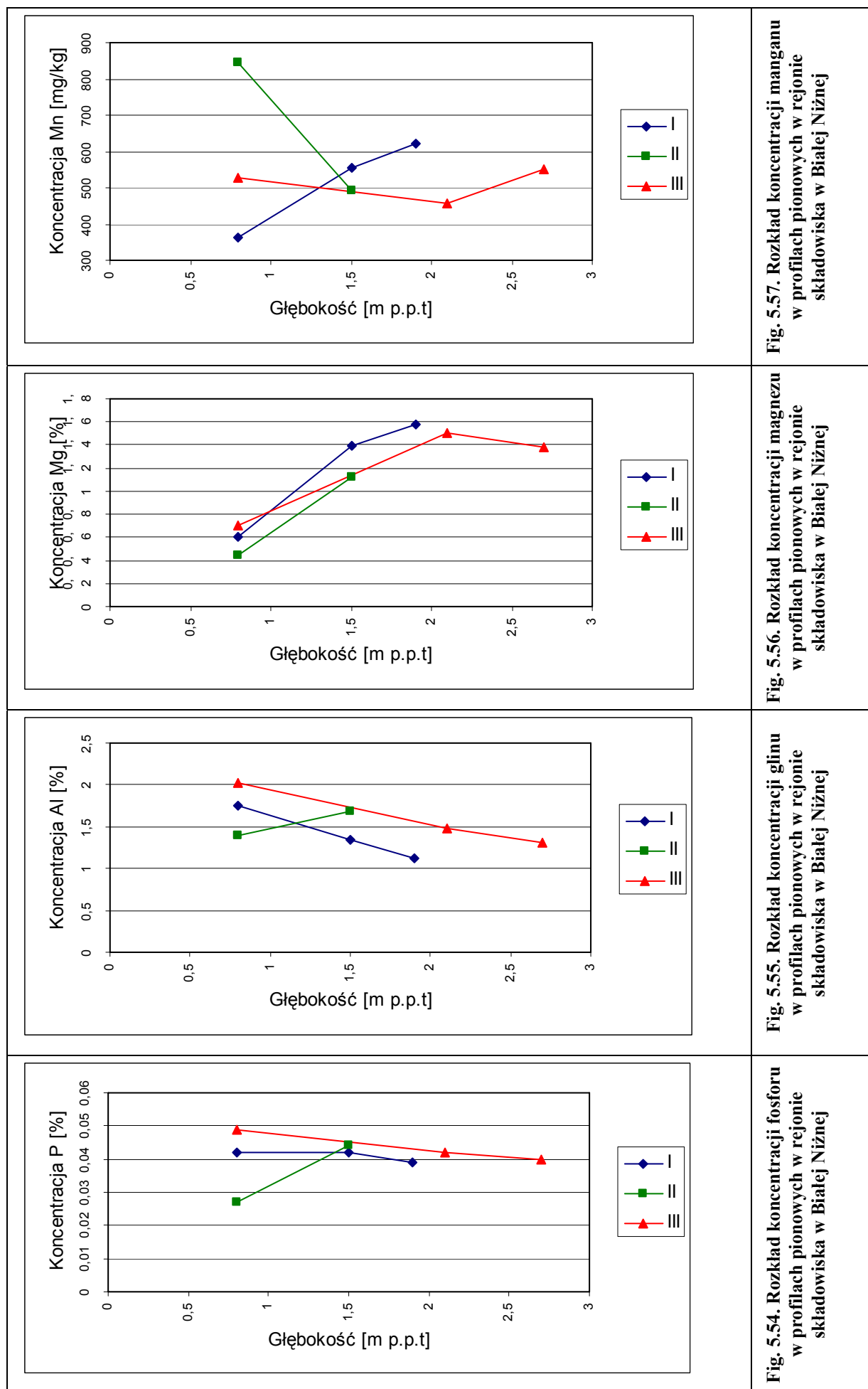
Badania zawartość **fosforu** wykazały, że jego zawartość wyniosła od 0,027 do 0,049%. Porównując występujące stężenie ze średnią zawartością fosforu w glebach Polski, ocenianą na 0,033 %, można zauważyć, że zawartości P w badanych próbkach gruntu są zdecydowanie wyższe. Analizując zawartość pierwiastka w profilach pionowych obserwuje się, w przypadku profilu nr 2 wzrost koncentracji wraz z głębokością, natomiast w profilu 3 obniżenie zawartości pierwiastka wraz z głębokością pobrania próbki. W otworze badawczym nr 1 obserwuje się nieznaczne obniżenie koncentracji P w spągowej części otworu (tab. 5.13, fig.5.54).

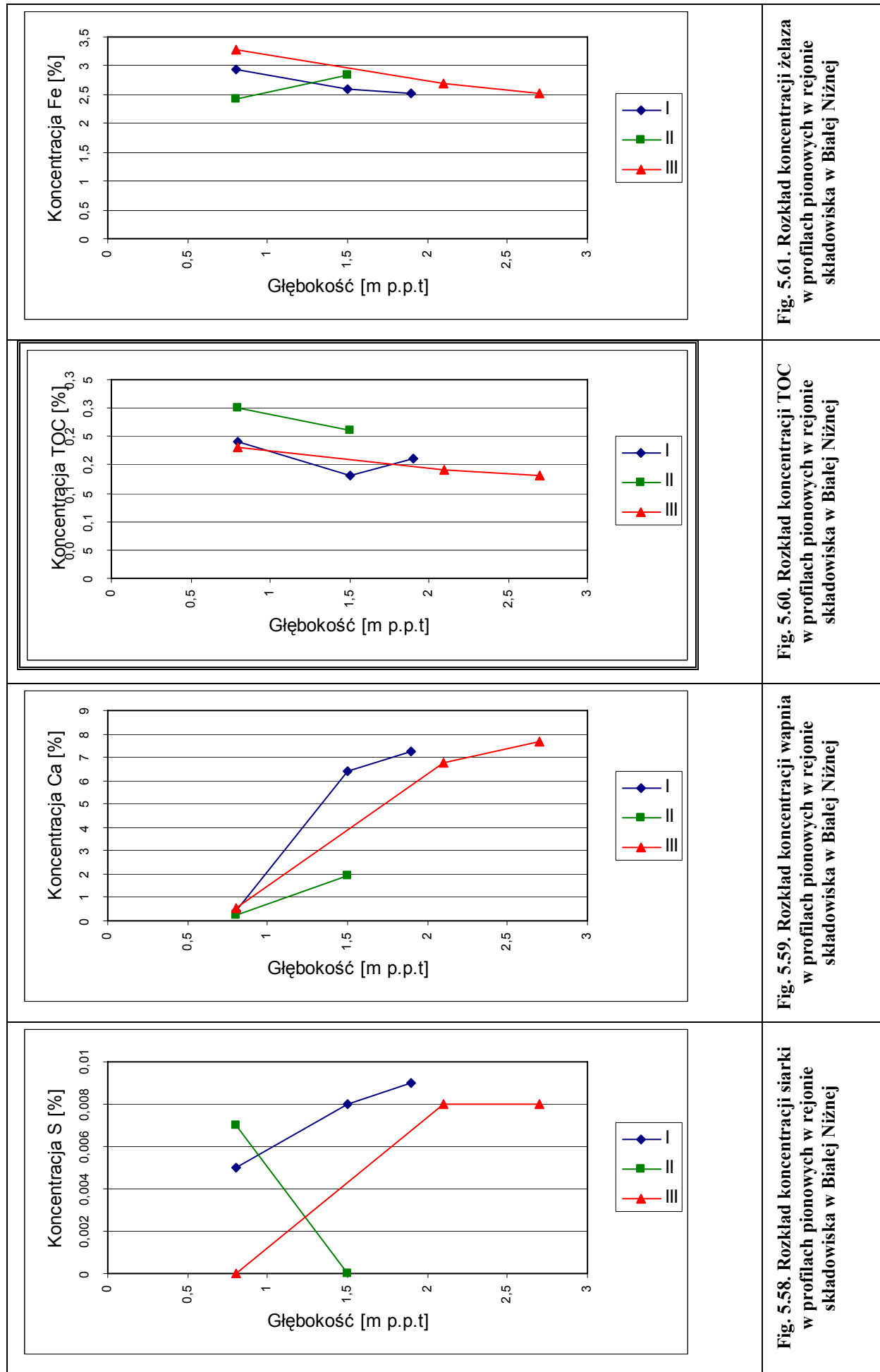
Analiza zawartość **glinu** wykazała, że jego zawartość wynosiła od 1,13 do 2,03%. Stężenia w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią były porównywalne. Analiza zmienności koncentracji Al w profilach pionowych wskazuje, że w otworach badawczych nr 1 i 3 wraz ze wzrostem głębokości obserwuje się nieznaczny spadek koncentracji badanego pierwiastka, natomiast w profilu drugim, wraz ze wzrostem głębokości wzrasta jego koncentracja (fig. 5.55).

Koncentracje **magnezu** w badanych próbkach wynosiły od 0,45 do 15% (tab. 5.13). Brak jest dużego zróżnicowania pomiędzy koncentracjami pierwiastka w próbkach z profilu 1 (tło), a jego zawartością w próbkach pobranych z obszaru oddziaływania składowiska. Analiza zmienności zawartości Mg w profilach pionowych wskazuje, że w profilach 1 i 2 wraz z głębokością następuje wzrost koncentracji pierwiastka. Natomiast w profilu 3 występuje sytuacja odwrotna - wraz z głębokością następuje obniżenie jego zawartości (fig.5.56)

Analiza stężeń **manganu** wskazuje na występowanie zmiennych jego koncentracji. Oznaczone stężenia mieściły się w przedziale od 364 do 844 mg/kg. We wszystkich profilach obserwuje się inny przebieg zmienności koncentracji tego pierwiastka. W profilu 1 wraz z głębokością wzrasta zawartość Mn od 364 mg/kg (próbka B1) do 620 mg/kg (próbka B3). W profilu 2 obserwuje się spadek zawartości Mn wraz z głębokością (próbka B4 – 844 mg/kg, próbka B5 – 492 mg/kg), natomiast w przypadku profilu 3 zmiany te mają charakter zmian skokowych (fig. 5.57). Wyniki oznaczeń w strefie oddziaływania składowiska wykazały, że za wyjątkiem próbki B4 koncentracje Mn są porównywalna z tłem. Porównując uzyskane wyniki badań ze średnimi stężeniami Mn w glebach Polski, wynoszącym 267 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995), można stwierdzić, iż w rejonie badań są one wyższe.

Również małe zróżnicowanie w badanych próbkach wykazuje zawartość **siarki**. Kształtuje się na poziomie od 0 do 0,009%. W profilu 1 obserwuje się wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością od 0,005 do 0,009% zawartości S (fig.5.58). W profilu 2 występowanie stwierdzono w jednej z dwóch pobranych próbek





(próbka B4). Stężenie to było równe 0,007%. W profilu 3, w próbce B6 nie stwierdzono występowania S, natomiast próbki pobrane w spągowych częściach profilu nr 3 zawierają 0,008% (próbki B7 i B8). Koncentracje S w rejonie badań odpowiadają średnim zawartością S w glebach Polski zdefiniowanymi w Atlasie geochemicznym.

Również oznaczenia zawartość **wapnia** wykazały duże zróżnicowanie jego koncentracji w badanych próbkach gruntu i wynosiły od 0,41 do 7,68%. Stężenia w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią były porównywalne. Minimalny wzrost koncentracji obserwuje się w profilu 3. Analiza zmienności koncentracji Ca w profilu pionowym wskazuje na skokowy wzrost koncentracji pierwiastka wraz z głębokością (tab. 5.13, fig.5.59). Zawartość Ca w próbkach pobranych na głębokości 0,8 m p.p.t (próbki B1, B4 i B6) jest zdecydowanie niższa (od 0,25 do 0,54%) od zawartości stwierdzonych w próbkach pobranych w dalszych częściach otworów badawczych (od 1,94 do 7,68%). Stężenia stwierdzone w górnych częściach profili są porównywalne z przeciętną zawartością Ca w glebach Polski, która wynosi 0,47%.

Zawartość węgla organicznego (TOC) (*ang. Total Organic Carbon*) w badanych próbkach wynosiła od 0,18 do 0,30 % (tab.5.13). Zarówno w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią stężenia te były porównywalne. W profilach 2 i 3 zaznacz się nieznaczny spadek zawartości TOS wraz z głębokością pobrania próby. Natomiast w profilu 1 stężenie TOC wykazuje niewielkie zróżnicowanie (fig. 5.60).

Oznaczenie zawartości **żelaza** wykazało małą zmienność koncentracji tego pierwiastka. Jego zawartość w badanych próbkach wynosiła od 2,43 do 3,29%. W porównaniu z przeciętną zawartością Fe w glebach Polski wynoszącą 0,67% (Lis, Pasieczna, 1995) zawartości te są znacząco wyższe. W profilu 1 obserwuje się spadek zawartości Fe wraz z głębokością. W profilu 2 następuje nieznaczny wzrost koncentracji Fe w próbce B5 (2,43%) w porównaniu z próbką B4 (2,83), natomiast w profilu 3 początkowo obserwuje się wzrost (próbki B6 i B7), a następnie jej spadek zawartości Fe (próbka B8) (fig.5.61). Stężenia w próbkach pobranych poniżej składowiska nie wykazują wpływu obiektu na zmianę stężenia Fe.

5.4. Badania wód podziemnych

5.4.1. Składowisko Tarnów-Krzyż

Ocenę stanu wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu wykonano na podstawie wyników badań monitoringowych prowadzonych w otoczeniu obiektu w latach 2003 do 2005. Na składowisku monitoring wód podziemnych jest prowadzony w zakresie określonym we wcześniej cytowanym rozporządzeniu. Obejmuje on pomiar: pH i PEW, oznaczenie zawartości metali ciężkich, WWA i OWO. W analizowanym okresie badawczym, analizy w zakresie pomiaru zawartości OWO i WWA wykonało Laboratorium Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, natomiast oznaczenie pozostałych wskaźników przeprowadziło Laboratorium Delegatury Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska Tarnowie.

Z udostępnionej dokumentacji wynika, że stan wód podziemnych w rejonie składowiska nie był badany przed rozpoczęciem jego eksploatacji (Bardel, 1996). Badania w trakcie, których podjęto próbę określenia tła hydrochemicznego przeprowadzono w roku 1996. Próbkę wód podziemnych zostały pobrane z piezometru nr 1 zlokalizowanego poza strefą oddziaływania składowiska. Ponadto, w celu określenia zanieczyszczenia wód pobrano próbki wód z piezometru nr 5, zlokalizowanego w strefie oddziaływania obiektu. Badania prowadzono w trzech cyklach badawczych w miesiącach: wrześniu, listopadzie i grudniu 1996 roku. Analizy przeprowadziły: Laboratorium Zakładów Azotowych (w listopadzie) oraz Laboratorium Zakładu Geochemii AGH (w miesiącach wrześniu i grudniu). W poniższych tabelach zamieszczono wyniki badań wód podziemnych przeprowadzone w 1996 r. (tab. 5.14) oraz wyniki badań monitoringowych przeprowadzone w analizowanym okresie czasu (tab. 5.15 do 5.18). Jako wartości tła hydrochemicznego przyjęto wartości wskaźników uzyskane dla próbek wód podziemnych pobranych z piezometru nr 1 w miesiącu wrześniu 1996 r. Ponadto, w przypadku piezometru nr 5 porównano wyniki badań monitoringowych z wynikami analizy przeprowadzonej we wrześniu 1996 roku (tab. 5.14). Na wybór wpłynął zakres parametrów objętych analizą, co umożliwia porównanie wyników badań prowadzonych w dalszych okresach czasu. Na figurze nr 4.1 przedstawiono rozmieszczenie piezometrów, z których pobierano próbki wód podziemnych do badań.

Badania próbek wód podziemnych pobranych z **piezometru 1**, zlokalizowanego powyżej składowiska, przeprowadzone w roku 1996 wykazały występowanie wód o odczynie słabo zasadowym ($\text{pH}=7,15$). Na podstawie obserwacji przeprowadzonych w latach 2003 do 2005 (fig.5.62) można stwierdzić, że w badanych okresie odczyn ulegał zmianie od obojętnego do słabo zasadowego (obniżenie wartości pH z 7,7 do 6,1).

Oznaczenia zawartości **miedzi** w wodach wykonane w roku 1996 wykazały, że jej zawartość wynosiła 0,005 mgCu/l. W latach 2003 do 2005 obserwuje się nieznaczne podwyższenie zawartości tego pierwiastka (tab. 5.15). Jedynie w maju 2003 r. i lipcu 2004 r. wykonane analizy wykazały, że zawartość miedzi kształtowała się na poziomie 0,01 mgCu/l. Wyniki oznaczeń zawartości **cynku** w roku 1996 wykazały zawartość 0,075 mgZn/l. W analizowanym przedziale czasowym obserwuje się obniżenie jego stężenia do wartości 0,001 mgZn/l, jedynie w sierpniu 2003 r. przeprowadzone badania wykazały jego zawartość na poziomie 0,06 mgZn/l, w lipcu 2004 r. zawartość 0,002

mgZn/l. Z porównania wyników badań wód pobranych z tego piezometru wynika, że za wyjątkiem wcześniej opisanych przypadków, zawartość cynku jest wartością mało zmienną. Analizy stężenia **ołowiu** wykonana w 1996 r. wykazała, że pierwiastek ten występował w stężeniu 0,062 mgPb/l. W kolejnych okresach badawczych obserwuje się znaczne obniżenie jego zawartości w badanych próbkach wód podziemnych. W maju 2003 stwierdzono, że zawartość Pb wynosiła 0,04 mgPb/l, natomiast kolejne analizy przeprowadzone w latach 2004 i 2005, wykazały, że występuje on w ilościach poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody - 0,003 mgPb/l. Prowadzone badania monitoringowe wód podziemnych wskazują na występowanie zmiennej ilości **kadm**, przy czym zauważalna jest tendencja do podwyższania jego zawartości. Badania przeprowadzone w roku 1996 wykazały, że zawartość Cd kształtowała się na poziomie 0,005 mgCd/l, natomiast w 2003 roku na poziomie 0,1 (sierpień) i 0,3 mgCd/l (maj). Badania przeprowadzone w kwietniu i lipcu 2004 roku wykazały na występowanie Cd w ilościach poniżej granicy wykrywalności, natomiast już w kolejnych okresach badawczych stwierdzono, że zawartość kadmu wynosiła 0,3 mgCd/l (grudzień 2004 r.), 0,6 mgCd/l (czerwiec 2005 r.), 0,4 mgCd/l (wrzesień 2005 r.) oraz 0,6 mgCd/l (grudzień 2005 r.). Analizy wód pobranych próbek wód podziemnych wykonane w latach 2003 do 2005 (za wyjątkiem analizy z sierpnia 2003 r.) wykazały występowanie **chromu** w ilościach poniżej granicy wykrywalności, podczas gdy badania wykonane w 1996 r. wykazały jego zawartość na poziomie 0,005 mgCr/l.

Tabela 5.14. Zestawienie wyników badań jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu przeprowadzonych w 1996 r.

Parametr	Miesiąc poboru próbki do badań					
	Piezometr 1			Piezometr 5		
	IX	XI	XII	IX	XI	XII
pH	7,15	7,7	7,2	5,85	7,2	6,8
BZT ₅ mgO ₂ /l	10,2	-	-	56,2	-	-
ChZT mgO ₂ /l	52,4	62,4	58,6	259	566	368
Miedź mgCu/l	0,005	-	-	0,005	-	-
Cynk mgZn/l	0,075	-	-	0,040	-	-
Ołów mgPb/l	0,062	-	-	0,005	-	-
Kadm mgCd/l	0,005	-	-	0,005	-	-
Cr mgCr/l	0,005	-	-	0,005	-	-
Chlorki mgCl/l	90	31,9	81	1335	1086	1288
Siarczany mgSO ₄ /l	81,5	-	-	153	-	-
Fosforany mgPO ₄ /l	0,04	-	-	0,02	-	-
Azot amonowy mgN/l	1,83	0,83	1,21	9,8	1,7	4,21
Azot azotanowy mgN/l	0,30	1,3	0,7	20,85	24	21,2
Azot azotynowy mgN/l	0,028	-	0,03	4,85	-	2,21

WWA mg/l	-	-	-	0,66	-	-
-------------	---	---	---	------	---	---

„-” - nie wykryto

Tabela 5.15. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu - Piezometr 1

Parametr	Data poboru próbek Piezometr P1								
	2003			2004			2005		
	21.V	11.VIII	17.XI	07.IV	22.VII	31.XII	06.VI	16.IX	01.XII
pH	7,0	7,3	—	6,5	6,6	7,0	6,1	7,7	6,1
Miedź mgCu/l	0,011	0,007	—	0,006	0,01	0,008	0,007	0,002	0,007
Cynk mgZn/l	0,01	0,06	—	0,01	0,02	0,01	0,01	<0,01	0,01
Ołów mgPb/l	0,04	0,013	—	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,003	<0,001
Kadm mgCd/l	0,3	0,1	—	<0,1	<0,1	0,3	0,6	0,4	0,6
Chrom mgCr/l	<0,001	0,002	—	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Rtęć mgHg/l	<0,2	0,3	—	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
WWA µg/l	1,927	<0,006	—	<0,020	<0,020	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
OWO mgC/l	3,1	15,5	—	8,59	11,04	3,78	3,09	6,24	3,09

Tabela 5.16. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu - Piezometr 2

Parametr	Data poboru próbek Piezometr P2								
	2003			2004			2005		
	21.V	11.VIII	17.XI	07.IV	22.VII	31.XII	06.VI	16.IX	01.XII
pH	6,7	6,6	6,7	6,9	6,8	6,8	6,6	6,8	6,8
Miedź mgCu/l	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,007	0,006	<0,001	<0,001
Cynk mgZn/l	0,03	0,04	<0,01	0,02	0,02	0,01	0,001	<0,001	<0,001
Ołów mgPb/l	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kadm mgCd/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,2	0,4	0,2
Chrom mgCr/l	0,002	0,004	0,003	0,003	<0,005	0,004	0,004	0,006	0,004
Rtęć mgHg/l	0,2	<0,2	0,3	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
WWA µg/l	0,860	0,142	0,324	<0,020	0,558	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
OWO mgC/l	89,9	130,3	117,90	107,80	145,30	77,45	<1,00	92,34	61,20

Tabela 5.17. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu - Piezometr 4

Parametr	Data poboru próbki Piezometr P4								
	2003			2004			2005		
	21.V	11.VIII	17.XI	07.IV	22.VII	31.XII	06.VI	16.IX	01.XII
pH	7,1	7,0	7,1	7,3	7,2	7,0	6,9	6,9	7,3
Miedź mgCu/l	0,006	0,007	0,009	0,006	0,005	0,004	0,007	<0,001	0,003
Cynk mgZn/l	0,03	0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
Ołów mgPb/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,016	<0,001	0,004
Kadm mgCd/l	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1
Chrom mgCr/l	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Rtęć mgHg/l	<0,2	<0,2	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
WWA µg/l	0,265	<0,006	<0,020	<0,020	<0,020	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
OWO mgC/l	10,2	8,5	13,00	15,90	44,50	5,50	<1,00	10,36	10,20

Tabela 5.18. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu - Piezometr 5

Parametr	Data poboru próbki Piezometr P5								
	2003			2004			2005		
	21.V	11.VIII	17.XI	07.IV	22.VII	31.XII	06.VI	16.IX	01.XII
pH	7,0	—	—	7,1	7,2	7,2	—	—	—
Miedź mgCu/l	0,017	—	—	0,015	0,022	0,018	—	—	—
Cynk mgZn/l	0,16	—	—	0,01	0,02	0,01	—	—	—
Ołów mgPb/l	0,002	—	—	<0,001	<0,001	0,004	—	—	—
Kadm mgCd/l	0,5	—	—	<0,1	0,3	0,4	—	—	—
Chrom mgCr/l	0,005	—	—	0,002	0,003	0,003	—	—	—
Rtęć mgHg/l	<0,2	—	—	<0,1	<0,1	<0,1	—	—	—
WWA µg/l	0,168	—	—	<0,020	<0,020	<0,012	—	—	—
OWO mgC/l	27,4	—	—	40,90	40,50	25,12	—	—	—

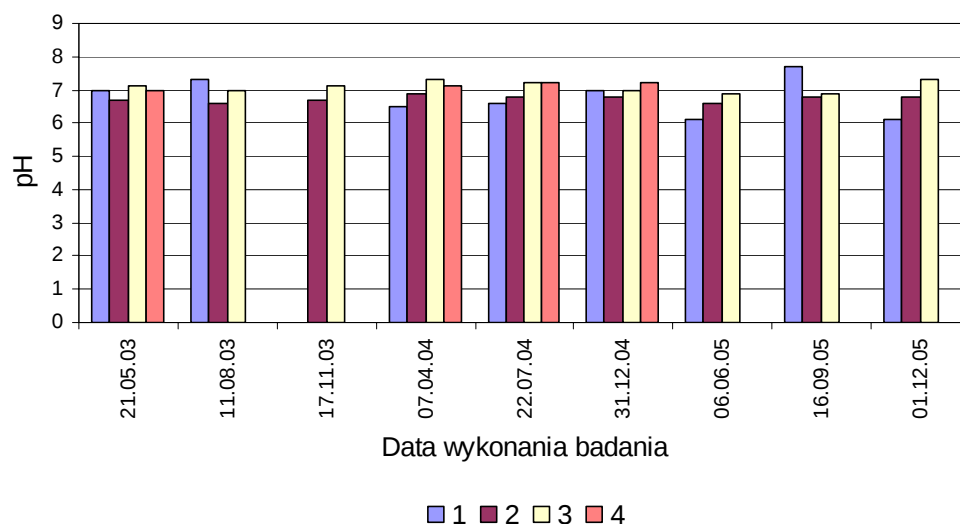


Fig.5.62 Wartości pH próbek wód z piezometrów w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu. Numeracja piezometrów zgodna z numeracją na figurze 4.1.

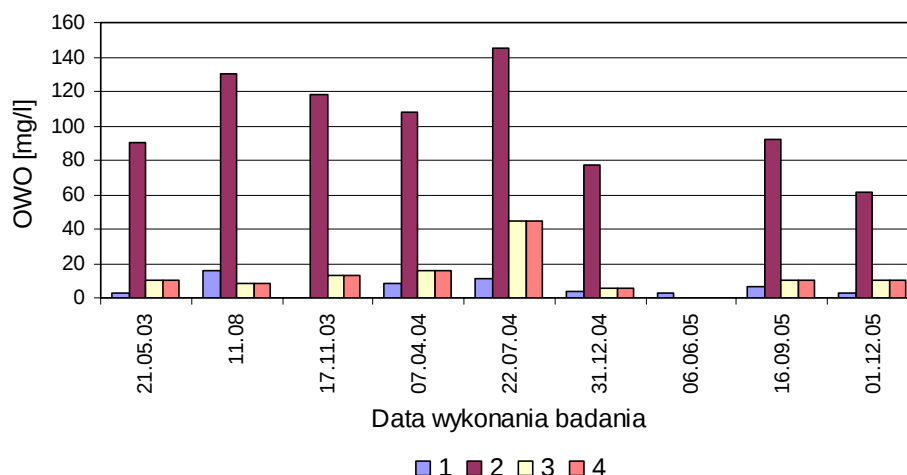


Fig.5.63 Zawartość OWO w próbkach wód z piezometrów w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu. Numeracja piezometrów zgodna z numeracją figurze 4.1.

W analizowanym okresie funkcjonowania składowiska, zakres analizy obejmował również oznaczenie zawartości **rtęci**. Oznaczenia tego pierwiastka nie przeprowadzono w 1996 r., wobec czego trudno jest dokonać oceny zmiany stanu środowiska w odniesieniu do wcześniejszego okresu. Jak pokazują wyniki badań monitoringowych z lat 2003 do 2005, w maju i sierpniu 2003 r. stwierdzono występowanie Hg w ilości poniżej 0,2 i 0,3 mgHg/l, można zauważyć, że stężenia te są znacząco wyższe od wartości granicznych określonych w stosownym Rozporządzeniu W pozostałych okresach badawczych zawartość tego pierwiastka kształtowała się na poziomie poniżej granicy wykrywalności.

Przeprowadzone badania zawartości **ogólnego węgla organicznego (OWO)** wykazują na występowanie zmiennych jego ilości (tab. 5.15, fig. 5.63). Jego zawartość mieściła się w granicach od 3,09 do 15,5 mgC/l. Występowanie najwyższych koncentracji stwierdzano w miesiącach letnich (od lipca do września). W latach 2003 do 2005 przeprowadzono również oznaczenie zawartości sumy **wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych**. Badania wykonane w 1996 roku nie wykazały ich

obecności. W analizowanym okresie funkcjonowania obiektu jedynie analiza przeprowadzona w maju 2003 roku wykazała występowanie WWA na poziomie 1,927 µg/l, w pozostałych okresach badawczych zawartość WWA była zdecydowanie niższa i jej wartości mieściły się poniżej granicy wykrywalności (tab.5.15).

W celu oceny wpływu istniejącego składowiska na jakość wód podziemnych przeprowadzono analizę udostępnionych przez administratora obiektu wyników badań monitoringowych wód podziemnych pobranych z trzech piezometrów zlokalizowanych w strefie oddziaływania obiektu (piezometry nr: 2, 4 i 5).

Analizy próbek wód pobranych z **piezometru 2** wskazują, że wody te charakteryzują się odczynem słabo kwaśnym (pH od 6,6 do 6,9). W kolejnych okresach badawczych charakter ten nie ulega zmianom. Przeprowadzone analizy zawartości **miedzi** wykazały, że jej zawartość jest niska i wykazuje okresową zmienność. Najwyższe zawartości tego pierwiastka stwierdzono w grudniu 2004 roku – 0,007 mgCu/l oraz czerwcu 2005 roku – 0,006 mgCu/l, natomiast w dwóch ostatnich analizowanych okresach (wrzesień i grudzień 2005 r.) ilość Cu wynosiła poniżej granicy oznaczalności. Badania zawartości **cynku** wskazują na występowanie nieznacznie niższych wartości w porównaniu z tłem oraz na tendencję do obniżania się zawartości tego pierwiastka. Jego zawartość w próbkach wód pobranych w 2003 r. wynosiła 0,03 i 0,04 mgZn/l. W kolejnym roku obserwuje się obniżenie tej wartości do poziomu 0,02 mgZn/l, natomiast analizy wykonane w roku 2005 wykazały, że zawartość Zn wynosi poniżej granicy wykrywalności (tab. 5.16). Jedynie analizy pobranych próbek wód podziemnych na obecność **ołowiu**, przeprowadzone w maju 2003 roku wykazały zawartość Pb na poziomie 0,008 mgPb/l, badania prowadzone od sierpnia 2003 do grudnia 2005 roku, wykazały jego występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Oznaczenie zawartości **kadm** wskazują na stopniowe podwyższanie się jego ilości w wodach podziemnych. W roku 1996, zawartość Cd wynosiła 0,005 mgCd/l, w roku 2003 i w dwóch pierwszych okresach badawczych 2004 roku odnotowano stężenia tego pierwiastka na poziomie poniżej granicy wykrywalności, a od grudnia 2004 roku obserwuje się podwyższenie jego zawartości w zakresie od 0,2 do 0,4 mgCd/l (tab.5.16). Badania zawartości **chromu** wykazały, że pierwiastek ten występował w ilości od 0,005 do 0,006 mgCr/l. Jego zawartość wykazuje małą zmienność w analizowanym przedziale czasowym, a uzyskane wartości są porównywalne z wynikami badań przeprowadzonymi w 1996 r. Badania wód podziemnych w okresie od maja 2003 roku do kwietnia 2004 roku wykazały zawartość **rtęci** w zakresie od 0,1 do 0,3 mgHg/l, w pozostałych okresach badawczych uległa ona obniżeniu i była poniżej granicy oznaczalności.

Wyniki oznaczeń zawartości sumy **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych**, wskazują na obniżanie się ich ilości w wodach podziemnych. W roku 2003 stężenia WWA wynosiły od 0,142 do 0,860 µg/l, w roku 2004 jedynie w miesiącu kwietniu badania wykazały występowanie WWA w ilości 0,558 µg/l, w kolejnych okresach stężenia kształtowały się na poziomie poniżej granicy oznaczalności (tab.5.16). Przeprowadzone analizy wykazały natomiast wysoką zawartość **OWO** i zmienną koncentrację, w niektórych okresach badawczych była ona znacząca np. w grudniu 2004 roku zawartość OWO wynosiła 77,45 µg/l, w maju 2005 roku - poniżej 1,00, natomiast we wrześniu 2005 roku – 92,34 µg/l. W przeciągu trzech analizowanych lat zauważono tendencję do obniżania się zawartości OWO w wodach podziemnych, jednakże występujące stężenia są zdecydowanie wyższe od wartości granicznych dla

klasy V jakości wód podziemnych określonych w Rozporządzeniu (Dz.U. Nr 32, poz. 284)

W próbkach wód pobranych z **piezometru 4** odczyn ulega okresowym zmianom w zakresie od słabo kwaśnego (6,9) do słabo zasadowego (7,3). Uzyskane wartości pomiarów są porównywalne z wartościami tła.

W kolejnych latach eksploatacji obiektu prowadzone badania monitoringowe wykazywały występowanie niskiej zawartości **miedzi** w wodach podziemnych. Wartości te wynosiły od 0,003 do 0,009 mgCu/l, we wrześniu 2005 roku – poniżej granicy oznaczalności (tab. 5.17). Również badania wód na zawartość **cynku** wykonane w analizowanym przedziale czasu wykazały, że jego zawartość w wodach podziemnych jest bardzo niska i wynosiła od wartości poniżej granicy oznaczalności do 0,03 mgZn/l. Przy czym można zauważyć, że wyższe zawartości Zn zostały stwierdzone w miesiącach letnich, od maja do sierpnia. Kolejnym z badanych wskaźników była zawartość **ołowiu**, w latach 2003 do 2005, jedynie w czerwcu 2005 odnotowano, że zawartość tego pierwiastka w wodzie wynosiła 0,016 mgPb/l, analizy próbek wód pobranych w pozostałych okresach wykazały, że zawartość Pb wynosiła poniżej granicy oznaczalności (tab. 5.17).

Analizy zawartości **kadmu** dwukrotnie, w maju 2003 roku oraz czerwcu 2005 roku wykazała, jego zawartość w ilości 0,3 mgCd/l. Wyniki badań przeprowadzonych w pozostałych okresach badawczych wykazały, że zawartość Cd w badanych próbkach wód podziemnych wynosiła poniżej granicy oznaczalności (tab. 5.17). Odnosząc wyniki oznaczeń do wartości tła równej 0,005 mgCd/l, można jednoznacznie stwierdzić, że zawartość Pb mieści się w granicach I i II klasy jakości wód (zgodnie z cytowanym Rozporządzeniem), ale w okresie funkcjonowania składowiska nastąpiło znaczące podwyższenie ilości Cd w wodach podziemnych. Badania zawartości **chromu** przeprowadzone w roku 1996 wykazały występowanie tego pierwiastka w ilości 0,005 mgCr/l. W miesiącach maju i sierpniu 2003 roku stwierdzono, że zawartość Cr w wodach podziemnych wynosiła odpowiednio 0,001 i 0,002 mgCr/l, natomiast w kolejnych okresach badania monitoringowe wykazały, że ilość Cr mieściła się poniżej granicy oznaczalności. Wyniki badań wykonanych w maju i sierpniu 2003 roku, pokazują, że zawartość **rtęci** była poniżej 0,2 mgHg/l, w listopadzie tego roku stwierdzono nieznaczne podwyższenie zawartości tego pierwiastka do poziomu 0,4 mgHg/l. Natomiast wszystkie z analiz przeprowadzone w latach 2004 i 2005 wykazały obniżenie się zawartości rtęci i jej występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności (tab. 5.17). Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że początkowo wartości stężeń znacznie przekraczają wartości graniczne określone w cytowanym Rozporządzeniu.

Jedynie analiza próbek wód wykonana w maju 2003 roku wykazała występowanie nieco wyższej zawartości sumy **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** - 0,265 µg/l. Badania przeprowadzone w kolejnych okresach wykazały, iż ich zawartość w wodach podziemnych jest niska i jej wartości były poniżej granicy wykrywalności (tab. 5.17). Oznaczenia zawartości **OWO** wykazały, znaczną zmienność tego parametru. W kolejnych seriach badawczych stwierdzono na przemian występujące (nieraz znaczące) obniżenie i podwyższenie ilości OWO w wodach podziemnych (tab.5.17).

Bardzo trudno jest dokonać oceny zmian jakości wód, na podstawie oznaczeń prowadzonych dla próbek pobranych w **piezometrze 5**. Jest to spowodowane bardzo małą ilością danych. W analizowanych okresie funkcjonowania obiektu, pełna analiza jakości wód podziemnych pobranych z tego piezometru prowadzona była jedynie w maju 2003 roku oraz trzykrotnie w roku 2004. W całym tym okresie prowadzono jedynie oznaczenia zawartości OWO.

Badania próbek wód podziemnych wykazały, że odczyn wód ulegał zmianom ze słabo zasadowego (pH=5,85 w roku 1996) do słabo zasadowego (pH=7,2, w roku 2004), (tab. 5.17, fig.5.62).

Wyniki badań zawartości **miedzi** wykazują jej występowanie w małych ilościach, jednakże obserwuje się nieznaczny wzrost zawartości Cu w kolejnych okresach badawczych. Jednakże, w porównaniu z wartością tła oraz wynikami badań próbek wód pobranych z tego piezometru w 1996 roku, obserwuje się ponad trzykrotny wzrost zawartości Cu w wodach podziemnych. Wykonane analizy wskazują na występowanie niskiej zawartości **cynku** w wodach podziemnych. Zawartość tego pierwiastka w roku 1996 kształtowała się na poziomie 0,040 mgZn/l, podczas gdy wartość tła wynosiła 0,075 mgZn/l. W roku 2003 stwierdzono znaczne podwyższenie zawartości Zn w wodach podziemnych do poziomu 0,16 mgZn/l, jednakże w kolejnych okresach badawczych wartość ta jest zdecydowanie niższa i wynosi od 0,01 do 0,02 mgZn/l (tab. 5.18). W kolejnych okresach badawczych obserwuje się sukcesywne obniżenie zawartości **ołowiu** w badanych próbkach wód podziemnych, ale w grudniu 2004 zaobserwowano wzrost do poziomu 0,004 mgPb/l. Z porównania wyników monitoringu z wynikami badań przeprowadzonymi w 1996 roku, można stwierdzić, że nie zachodzą negatywne zmiany pod względem zawartości tego pierwiastka w wodach podziemnych. Badania monitoringowe wód podziemnych wskazały wzrost stężenia **kadm** w wodach podziemnych. W próbkach wód pobranych z piezometru nr 5, pobranych roku 1996, zawartość Cd wynosiła 0,005 mgCd/l, a w roku 2003 - 0,5 mgCd/l, natomiast w roku 2004, jego zawartość zmieniała się od stężeń poniżej granicy wykrywalności do 0,4 mgCd/l. Oznaczenia **chromu** w pobranych próbkach wód podziemnych w latach 2003 i 2004 wykazały, że występuje on w stężeniach porównywalnych, bądź nieznacznie niższych od wartości tła oraz zawartości stwierdzonej badaniami w 1996 roku (tab. 5.14, tab.5.18). W analizowanym okresie funkcjonowania składowiska, zakres analizy obejmował również oznaczenie zawartości **rtęci**. Badania te wykazały, że zawartość tego pierwiastka w badanych próbkach była poniżej granicy oznaczalności.

Przeprowadzone badania wykazały występowanie wysokiej zawartości **OWO** w wodach podziemnych. W badanych próbkach wód wynosiła ona od 25,12 do 40,90 mgC/l. (tab. 5.18, fig. 5.63). Z uwagi na małą ilość danych trudno jest określić tendencje zmian zawartości tego parametru. W latach 1996, 2003 i 2004 wykonano oznaczenie zawartości sumy **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych**. W roku 1996 badania wykazały występowanie WWA na poziomie 0,66 µg/l, w roku 2003 stwierdzono ponad dwukrotny wzrost ilości WWA w porównaniu z rokiem 1996, natomiast w pozostałych okresach badawczych zbadana zawartość WWA była poniżej granicy oznaczalności (tab.5.18).

W roku 1996 przeprowadzono również oznaczenia zawartości **chlorków, siarczanów, fosforanów, azotu amonowego, azotanowego i azotanowego** (tab. 5.14). Wyniki tych badań bardzo wyraźnie pokazują negatywne oddziaływanie składowiska na

wody podziemne. Wartości parametrów w próbce wód pobranej z piezometru nr 5 są nawet kilkudziesięciokrotnie wyższe od ich wartości uzyskanych dla próbki wód z piezometru nr 1. W analizowanym okresie zakres analizy nie obejmował oznaczenia omówionych powyżej parametrów, co uniemożliwia dokonanie oceny aktualnej sytuacji, i wysunięcia ewentualnych wniosków, co do kierunków zachodzących zmian.

5.4.2. Składowisko Gromnik

W swojej blisko dwudziestoletniej historii istnienia składowisko w Gromniku nie objęte było programem badań monitoringowych. Pierwsze badania jakości wód podziemnych w rejonie obiektu zostały przeprowadzone w roku 2002, przy okazji opracowywania „*Przeglądu ekologicznego*” dla tego obiektu (Tracz A. i in. 2002). Kolejne badania przeprowadzono w roku 2005, bezpośrednio przed zaprzestaniem eksploatacji składowiska oraz w roku 2006, jako badania monitoringowe fazy poeksploatacyjnej.

Stan wyjściowy środowiska przed rozpoczęciem eksploatacji składowiska nie jest znany, co dodatkowo utrudnia, a właściwie uniemożliwia dokonanie prawidłowej oceny stanu rzeczywistego. Ponadto zadanie uniemożliwia bardzo mała ilość dostępnych danych. W roku 2002 analizy przeprowadzono dla próbek wód pobranych z wykonanego otworu wiertniczego, a w latach 2005 i 2006 przeprowadzono oznaczenia dla próbek wód pobranych jedynie z dwóch piezometrów zlokalizowanych poniżej składowiska. Z uwagi na fakt, że w trzecim z piezometrów zlokalizowanym powyżej obiektu (fig. 4.3) nie stwierdzono występowania wód, niemożliwe staje się porównanie jakości wód dostających się do składowiska i z niego wypływających. Dostępne dane umożliwiają przeprowadzenie jedynie ogólnej oceny jakości wód w tym rejonie oraz jej zmianę od roku 2002. Zakres przeprowadzonych analiz obejmował pomiar pH, Eh oraz oznaczenie zawartości metali ciężkich, WWA i OWO. Ponadto, w roku 2002 wykonano oznaczenia zawartości: niklu, żelaza i manganu oraz chlorków, siarczanów, fosforanów, azotu amonowego, azotanowego, azotanowy. Badanie jakości wód w roku 2002 wykonało Laboratorium Przedsiębiorstwa Geologicznego w Kielcach, natomiast w latach 2005 i 2006 analizy przeprowadziło Laboratorium Wojewódzkiego Instytutu Ochrony Środowiska w Nowym Sączu.

W tabeli 5.19 zestawiono uzyskane wyniki badań. Rezultaty badań wykonanych w 2002 roku wskazują bardzo zły stan wód w rejonie składowiska odpadów i ponadnormatywne zawartości dziewięciu z oznaczanych parametrów. Obniżoną wartość wykazywał odczyn pH, natomiast przekroczone były zawartości metali ciężkich: ołowiu, kadmu, chromu, niklu, a ponadto żelaza, manganu, siarczanów i fosforanów.

Jak wynika z przeprowadzonych badań próbek wód podziemnych pobranych z **piezometru 1**, wody charakteryzują się odczynem słabo kwaśnym (pH od 6,6 do 6,8). W przeciągu dwóch lat obserwuje się nieznaczne obniżenie wartości PEW z 960 do 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Badania wykazały występowanie niskiej zawartości wszystkich z badanych metali. Stężenie miedzi uległo obniżeniu z 0,003 mgCu/l (2005 r.) do 0,001 mgCu/l (2006 r.). Podobnie kształtuje się zmiana w zawartości w cynku, którego stężenie uległa obniżeniu z 0,04 do 0,02 mgZn/l . Obserwuje się natomiast nieznaczne podwyższenie zawartości ołowiu w badanych próbkach wód. W dwóch kolejnych latach wzrosła ona z poziomu poniżej granicy oznaczalności do 0,003 mgPb/l . Pozostałe z badanych metali: kadm, chrom i rtęć, występowały w ilościach śladowych oraz w ilościach poniżej

granicy oznaczalności. Również oznaczenia zawartości sumy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych wykazały ich zawartość w ilości poniżej granicy oznaczalności. Parametrem ulegającym wyraźnej zmianie jest zawartość OWO. Jego ilość wzrosła blisko dwukrotnie z poziomu 4,4 do 7,43 mgC/l.

Tabela 5.19. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Gromniku

Badany wskaźnik	Data poboru próbki do analizy				
	16.IV.02	10.V.2005		22.XI.06	
	Otw.I	P1	P2	P1	P2
pH	6,44	6,8	6,8	6,6	6,8
Przewodność $\mu\text{S/cm}$	1610	960	950	930	1020
Miedź mgCu/l	0,066	0,003	0,001	0,001	0,004
Cynk mgZn/l	0,427	0,04	0,03	0,02	0,03
Ółów mgPb/l	0,081	<0,001	<0,001	0,003	0,004
Kadm $\mu\text{gCd/l}$	4	0,1	0,2	<0,1	<0,1
Chrom mgCr/l	0,081	0,001	0,001	<0,001	<0,001
Rtęć mgHg/l	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nikiel mgNi/l	0,142	-	-	-	-
Żelazo mgFe/l	58,0	-	-	-	-
Mangan mgMn/l	2,2	-	-	-	-
Chlorki mgCl/l	102,0	-	-	-	-
Siarczany mgSO_4/l	349,7	-	-	-	-
Azot amonowy $\text{mgN}_{\text{NH}_4}/\text{l}$	0,02	-	-	-	-
Azot azotynowy $\text{mgN}_{\text{NH}_2}/\text{l}$	0,002	-	-	-	-
Azot azotanowy $\text{mgN}_{\text{NH}_3}/\text{l}$	0,04	-	-	-	-
Fosforany $\text{mgN}_{\text{PO}_4}/\text{l}$	7,20	-	-	-	-
Detergenty mg/l	0,030	-	-	-	-
WWA $\mu\text{g/l}$	-	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
OWO mgC/l	-	4,4	5,24	7,43	11,20

„-” nie oznaczano

Badania próbek wód z **piezometru 2** nie wykazały zmiany wartości pH, wynosiła ona 6,8, wody te charakteryzowały się odczynem słabo kwaśnym. W analizowanym okresie obserwuje się wzrost wartości przewodności elektrolitycznej od 950 $\mu\text{S/cm}$ (2005 r.) do 1020 $\mu\text{S/cm}$ (2006 r.).

W przypadku pozostałych parametrów, ich wartości są porównywalne z wynikami uzyskanymi dla próbek wód pobranych z piezometru 1. Odnotowano bardzo niskie zawartości wszystkich badanych metali. Obserwuje się niewielkie podwyższenie zawartości Cu od wartości 0,001 do 0,004 mgCu/l oraz ołowiu z poziomu poniżej granicy oznaczalności do 0,004 mgPb/l. Badania wykazały, że w ilościach poniżej limitu detekcji występują: kadm, chrom, rtęć oraz węglowodory aromatyczne. Parametrem wykazującym duże zmiany jest zawartość OWO. W roku 2005 była ona równa 5,24 mgC/l, natomiast w roku 2006 wynosiła 11,20 mgC/l.

5.4.3. Składowisko Biała Niżna

Do oceny jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej wykorzystano wyniki badań monitoringowych prowadzonych w otoczeniu obiektu w latach 2001 do 2005.

Jako tło hydrochemiczne dla oceny wód gruntowych z rejonu obiektu przyjęto wartości pomiarów badanych parametrów w okresie poprzedzającym rozpoczęcie eksploatacji. Za takie uznano wyniki badań wód podziemnych z piezometrów przeprowadzone w roku 1997. Dodatkowo wykorzystano wyniki tzw. monitoringu zerowego przeprowadzonego w lipcu 2001 r. Umożliwiło to na dokonanie w miarę obiektywnej oceny zanieczyszczenia. Badanie jakości wód w roku 1997 przeprowadziło Laboratorium Wojewódzkiego Instytutu Ochrony Środowiska w Nowym Sączu. W latach 2001 i 2002, analizy wykonało przedsiębiorstwo GeoAnaliza z Krakowa, natomiast w latach 2004 i 2005 badania próbek wód przeprowadziło laboratorium Zakładu Geochemii Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Za zgodą WIOŚ w roku 2003 nie przeprowadzono badań monitoringowych. Rozmieszczenie piezometrów, z których pobierano próbki wód podziemnych do badań przedstawia fig. 4.5.

Zakres badanych parametrów w poszczególnych latach ulegał zmianom, dlatego też istnieje możliwość porównania jedynie niektórych z badanych parametrów. W tabelach tab. 5.20 - 5.24 zestawiono badane wskaźniki oraz ich wartości.

Przeprowadzone w roku 1997 badania próbek wód podziemnych pobranych z **piezometru 1**, zlokalizowanego powyżej składowiska, wykazały występowanie wód o odczynie słabo zasadowym (pH=7,76). Badania prowadzone w latach 2002 do 2005 (fig.5.64) pokazują, że w okresie istnienia składowiska odczyn ulegał zmianie od słabo zasadowego do słabo kwaśnego (obniżenie wartości pH z 7,5 do 6,82).

W okresie eksploatacji składowiska obserwuje się wzrost wartości przewodności elektrolitycznej od 600 $\mu\text{S/cm}$ (2002 r.) do 1272 $\mu\text{S/cm}$ (2004 r.) oraz 1082 $\mu\text{S/cm}$ w roku 2005. W porównaniu z latami 1997 i 2001 obserwuje się znaczący wzrost wartości PEW (tab.5.20, fig.5.65).

Analiza zawartości **cynku**, przeprowadzona w roku 2002 wykazała, że jego zawartość kształtuje się na poziomie poniżej granicy oznaczalności. W 2004 obserwuje się podwyższenie jego ilości do 0,005 mgZn/l, natomiast w roku 2005 jego zawartość była poniżej 0,002 mgZn/l. Z porównania z wynikami badań wód pobranych z tego piezometru w latach 1997 i 2001, wynika, że wartości te są dużo niższe. Badania wód na zawartość **niklu** wykonane w roku 2002 wykazały, że jego zawartość wynosiła poniżej

0,1 mgNi/l, podczas gdy w roku 2001 i 1997 jego zawartość kształtowała się na poziomie poniżej granicy wykrywalności. Zakres analizy w latach 2004 -2005, nie obejmował oznaczenia jego zawartości. Przeprowadzona w 1997 roku analiza wód również nie wykazała występowania **kadm**, także badania przeprowadzone w latach 2001 do 2005 wykazały jego występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Analizy zawartości **olowiu** przeprowadzone w rok po rozpoczęciu eksploatacji składowiska wskazują, że występował on w ilości poniżej 0,1 mgPb/l, w latach 2004 do 2005 w ilości poniżej 0,01 mgPb/l. W porównaniu z wynikami analiz przeprowadzonych w roku w 1997 roku, kiedy Pb występował w ilości 0,025 mgPb/l, stwierdzono znaczne obniżenie się jego zawartości. Badania zawartości **chromu** zostały przeprowadzone w latach 2004 i 2005. Wykazały, one, że pierwiastek ten występuje w ilości poniżej granicy oznaczalności, podczas gdy w próbce wody pobranej z tego piezometru w 1997 roku stwierdzono jego zawartość równą 0,005 mgCr/l. Oznaczenia miedzi w próbkach wód podziemnych pobranych w latach 2002 -2005 wykazały jej występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności, podczas gdy badania wykonane przed rozpoczęciem eksploatacji obiektu, wykazały jej zawartość na poziomie 88 mgCu/l. Badania zawartości **żelaza** przeprowadzone w latach 2001 – 2002 wykazały, że jego zawartość w roku 2001 wynosiła 0,303 mgFe/l, a w roku 2002 stwierdzono jego występowanie w ilościach poniżej 0,1 mgFe/l. W pozostałych okresach badawczych analiza nie obejmowała oznaczenia tego pierwiastka w pobranych próbkach wód.

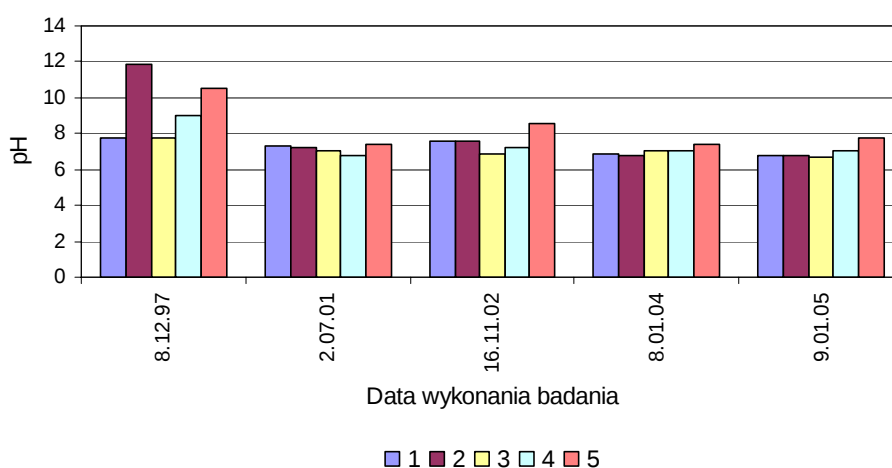


Fig.5.64 Wartości pH próbek wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżej.
Numeracja piezometrów zgodna z numeracją na figurze 4.5.

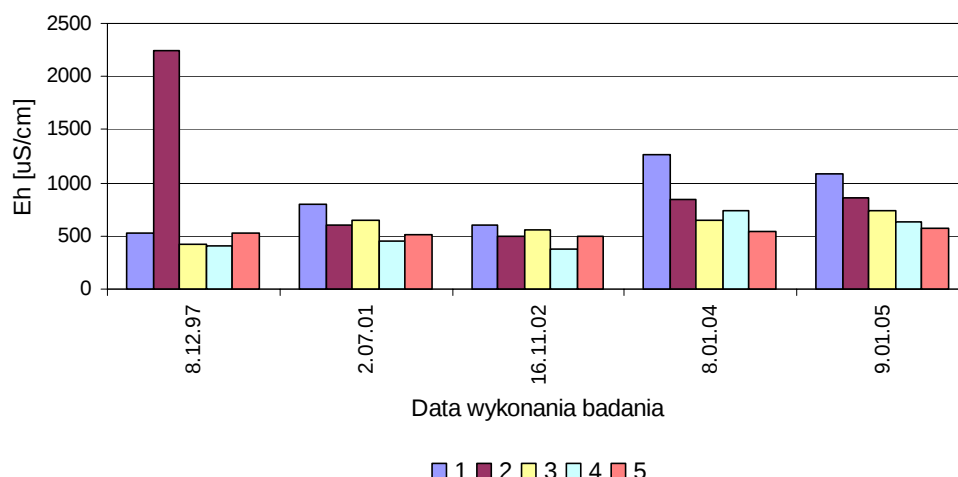


Fig.5.65 Wartości PEW próbek wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej. Numeracja piezometrów zgodna z numeracją na figurze 4.5

Przeprowadzone w latach 2004 i 2005 badania zawartości **TOC** wykazały, znaczący wzrost jego zawartości z 9,1 mgC/l, w roku 2004 do stwierdzonej w 2005 roku wartości 38 mgC/l. Wykonane w latach 2004 i 2005 oznaczenie zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych**, wykazały znaczący wzrost zawartości wszystkich z analizowanych węglowodorów za wyjątkiem antracenu, którego ilość uległa znacznemu obniżeniu z 26,91 do 3,15 ng/l, oraz fluorantenu, którego zawartość spadła z 13,71 do 4,90 ng/l (tab.5.21).

Tabela 5.20. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 1

Parametr	Data poboru próbki do analizy z piezometru P1				
	8.12.97	2.07.01	16.11.02	8.01.04	9.01.05
pH	7,76	7,27	7,55	6,87	6,82
Przewodność µS/cm	521	792	600	1272	1082
Miedź mgCu/l	-	89	<0,006	<0,005	<0,005
Cynk mgZn/l	0,072	0,072	<0,005	0,005	<0,002
Ołów mgPb/l	0,025	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01
Kadm mgCd/l	nw	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
Chrom mgCr/l	0,005	-	-	<0,003	<0,003
Rtęć mgHg/l	-	-	-	<0,001	<0,001
Nikiel mgNi/l	nw	<0,005	<0,1	-	-
Chlorki mgCl/l	14,8	17	21	-	-
Siarczany mgSO ₄ /l	136,8	89	67,6	-	-
Azotany mgNO ₃ /l	-	15,0	0,23	-	-

Azotyny mgNO₂/l	-	0,04	0,0495	-	-
TOC mg C/l	-	-	-	9,1	38
Ogółem liczba coli	-	150	60	-	-
Miano coli typu fekalnego	-	1,0	0,4	-	-

„-” - nie oznaczono

nw – nie wykryto

Tabela 5.21. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 1 suma WWA*
(*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)

Parametr (µg/l)	Data poboru próbek Piezometr P1	
	8.01.04	9.01.05
naftalen	144,08	529,20
acenaften	3,72	8,41
acenaftylen	2,24	24,71
fluoren	3,89	34,03
fenantren	0,00	67,80
antracen	26,91	3,15
fluoranten	13,71	4,90
piren	15,47	20,68
benzo(a)antracen	0,64	2,25
chryzen	2,27	2,60
benzo(b)fluoranten	6,62	22,74
benzo(k) fluoranten	12,46	12,61
benzo(a)piren	24,63	19,97
indeno(1,2,3,-cd)Iren	0,72	3,84
dibenzo(a,h)antracen	0,56	4,90
benzo(g,h,i)perylene	1,71	9,21
suma WWA*	46,7	73,27

Tabela 5.22. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 2

Parametr	Data poboru próbek Piezometru P2				
	8.12.97	2.07.01	16.11.02	8.01.04	9.01.05
pH	11,9	7,2	7,61	6,82	6,79
Przewodność µS/cm	2250	597	490	842	855
Miedź mgCu/l	-	<0,003	<0,006	<0,005	<0,005
Cynk mgZn/l	0,015	0,051	<0,005	0,126	0,076
Ołów mgPb/l	nw	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01
Kadm mgCd/l	nw	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
Chrom mgCr/l	0,009	-	-	<0,003	<0,003

Rtęć mgHg/l	-	-	-	<0,0001	<0,0001
Nikiel mgNi/l	nw	<0,005	<0,1	-	-
Chlorki mgCl/l	-	20,0	18	-	-
Siarczany mgSO₄/l	232,3	51,2	71,7	-	-
Azotany mgNO₃/l	-	1,0	0,56	-	-
Azotyny mgNO₂/l	-	0,024	0,0389	-	-
TOC mg C/l	-	-	-	3,0	12,4
Ogółem liczba coli	-	100	20	-	-
Miano coli typu fekalnego	-	1	2	-	-

**Tabela 5.23. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 2 suma WWA*
(*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)**

Parametr (µg/l)	Data poboru próbki Piezometr P2	
	8.01.04	9.01.05
naftalen	65,45	405,46
acenaften	1,84	24,09
acenaftylen	1,08	39,54
fluoren	3,15	41,45
fenantren	0,00	32,10
antracen	16,56	16,42
fluoranten	11,03	51,42
piren	13,97	56,43
benzo(a)antracen	0,77	19,59
chryzen	2,13	8,23
benzo(b)fluoranten	3,33	12,550
benzo(k) fluoranten	4,36	8,41
benzo(a)piren	5,10	9,90
indeno(1,2,3,-cd)Iren	1,04	4,17
dibenzo(a,h)antracen	0,47	8,55
benzo(g,h,i)perylene	1,43	9,42
suma WWA*	15,73	52,95

Tabela 5.24. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 3

Parametr	Data poboru próbki Piezometr P3				
	8.12.97	2.07.01	16.11.02	8.01.04	9.01.05
pH	7,75	7,02	6,85	7,04	6,72
Przewodność μS/cm	417	653	550	653	744
Miedź mgCu/l	-	<0,003	<0,006	<0,005	<0,005
Cynk mgZn/l	0,044	0,6	<0,005	0,006	0,155
Ołów mgPb/l	0,008	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Kadm mgCd/l	nw	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
Chrom mgCr/l	0,003	-	-	<0,003	<0,003
Rtęć mgHg/l	-	-	-	<0,0001	<0,0001
Nikiel mgNi/l	nw	<0,005	<0,1	-	-
Chlorki mgCl/l	17,9	20,0	20,0	-	-
Siarczany mgSO ₄ /l	48,7	30,4	36,9	-	-
Azotany mgNO ₃ /l	-	1,0	0,33	-	-
Azotyny mgNO ₂ /l	-	0,131	0,0353	-	-
TOC mg C/l	-	-	-	6,5	11,6
Ogółem liczba coli	-	70	100	-	-
Miano coli typu fekalnego	-	9	0,1	-	-

**Tabela 5.25. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 2 suma WWA*
(*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)**

Parametr (μg/l)	Data poboru próbki Piezometr P3	
	8.01.04	9.01.05
naftalen	201,80	242,33
acenaften	5,41	20,24
acenaftylen	5,59	27,95
fluoren	13,71	16,09
fenantren	50,42	22,70
antracen	24,65	9,88
fluoranten	27,45	36,73
piren	27,55	26,85

benzo(a)antracen	1,65	6,16
chryzen	4,51	9,09
benzo(b)fluoranten	8,44	15,85
benzo(k) fluoranten	10,28	13,69
benzo(a)piren	3,49	12,31
indeno(1,2,3,-cd)Iren	2,37	8,32
dibenzo(a,h)antracen	1,10	4,90
benzo(g,h,i)perylene	3,62	9,59
suma WWA	29,3	64,66

Tabela 5.26. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr4

Parametr	Data poboru próbki Piezometr P4				
	8.12.97	2.07.01	16.11.02	8.01.04	9.01.05
pH	9,01	6,8	7,2	7,04	7,01
Przewodność μS/cm	408	451	370	734	628
Miedź mgCu/l	-	<0,003	<0,006	<0,005	<0,005
Cynk mgZn/l	0,035	0,052	<0,005	<0,002	0,005
Ółów mgPb/l	0,015	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01
Kadm mgCd/l	nw	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
Chrom mgCr/l	0,014	-	-	<0,003	<0,003
Rtęć mgHg/l	-	-	-	<0,0001	<0,0001
Nikiel mgNi/l	nw	<0,005	<0,1	-	-
Chlorki mgCl/l	14,4	12,0	7,0	-	-
Siarczany mgSO ₄ /l	120	30,8	0,8	-	-
Azotany mgNO ₃ /l	-	31,0	0,23	-	-
Azotyny mgNO ₂ /l	-	0,154	0,0294	-	-
TOC mg C/l	-	-	-	3,3	10,1
Ogółem liczba coli	-	110	150	-	-
Miano coli typu fekalnego	-	3	0,04	-	-

Tabela 5.27. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 2 suma WWA*
 (*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)

Parametr (µg/l)	Data poboru próbki Piezometr P4	
	8.01.04	9.01.05
naftalen	468,36	216,92
acenaften	5,73	28,51
acenaftylen	5,89	28,90
fluoren	7,05	2,33
fenantren	0,00	6,59
antracen	23,44	6,24
fluoranten	20,88	4,20
piren	21,15	2,94
benzo(a)antracen	1,42	21,96
chryzen	5,88	19,46
benzo(b)fluoranten	8,38	11,59
benzo(k) fluoranten	10,43	11,64
benzo(a)piren	3,98	5,73
indeno(1,2,3,-cd)Iren	2,40	2,43
dibenzo(a,h)antracen	1,30	1,09
benzo(g,h,i)perylene	2,87	5,41
suma WWA	29,36	37,89

Tabela 5.28. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 5

Parametr	Data poboru próbki Piezometr P5				
	8.12.97	2.07.01	16.11.02	8.01.04	9.01.05
pH	10,53	7,38	8,58	7,42	7,72
Przewodność µS/cm	525	507	490	546	568
Miedź mgCu/l	-	<0,003	<00,006	<0,005	<0,005
Cynk mgZn/l	0,100	0,030	<0,005	<0,002	0,10
Ołów mgPb/l	0,031	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01
Kadm mgCd/l	0,001	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
Chrom mgCr/l	0,004	-	-	<0,003	<0,003
Rtęć mgHg/l	-	-	-	<0,0001	<0,001
Nikiel mgNi/l	0,009	<0,005	<0,1	-	-
Chlorki mgCl/l	20,1	9,0	10,0	-	-
Siarczany mgSO ₄ /l	154,4	38,2	41,9	-	-
Azotany mgNO ₃ /l	-	8,0	0,42	-	-
Azotyny mgNO ₂ /l	-	0,020	0,0284	-	-

TOC mg C/l	-	-	-	1,5	11,5
Ogółem liczba coli	-	800	50	-	-
Miano coli typu fekalnego	-	9	0,4	-	-

Tabela 5.29. Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 2 suma WWA*
(*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)

Parametr (µg/l)	Data poboru próbki Piezometr P4	
	8.01.04	9.01.05
naftalen	255,02	205,55
acenaften	5,31	29,59
acenaftylen	6,93	9,89
fluoren	9,81	2,96
fenantren	0,00	7,58
antracen	19,68	5,08
fluoranten	9,03	1,90
piren	10,90	2,03
benzo(a)antracen	0,60	3,54
chryzen	1,78	7,69
benzo(b)fluoranten	4,03	1,86
benzo(k) fluoranten	5,21	8,42
benzo(a)piren	5,72	6,51
indeno(1,2,3,-cd)Iren	1,42	8,70
dibenzo(a,h)antracen	1,10	8,15
benzo(g,h,i)perylene	1,83	13,18
suma WWA	19,31	46,82

W strefie oddziaływania składowiska w Białej Niżnej zlokalizowane są cztery piezometry nr:2, 3, 4 i 5. Analizy próbek wód pobranych z **piezometru 2** wskazują, że odczyn uległ zmianie z zasadowego (11,90) do słabo kwaśnego (6,78). W kolejnych latach eksploatacji obserwuje się spadek jego wartości. Natomiast zauważalny jest wzrost wartości przewodnictwa elektrolitycznego od wartości 490 do 855 µS/cm (tab.5.23).

Przeprowadzone analizy zawartości **cynku** wykazały, że jego zawartość jest zmienna. W roku 2002 kształtuje się ona na poziomie poniżej granicy oznaczalności, w roku 2004 wzrasta ona do poziomu 0,124 mgZn/l, następnie w roku 2005 nieznacznie spada i wynosi 0,076 mgZn/l. W porównaniu z wynikami analiz próbek wód pobranych z piezometru nr 2 przeprowadzonymi w latach 1997 (0,015 mg/Zn/l) i 2001 (0,051 mgZn/l), obserwuje się podwyższenie zawartości Zn (tab.5.22). Oznaczenia zawartości **niklu** wykonane zostały w latach 1997, 2001 i 2002. W roku 1997 nie stwierdzono występowania Ni, także w następnych latach jego zawartość była poniżej granicy oznaczalności, Zakres analizy w latach 2004 -2005 nie obejmował oznaczenia zawartości tego pierwiastka. Przeprowadzona w 1997 roku analiza wód również nie wykazała występowania **kadm**, także badania przeprowadzone w latach 2001 do 2005 wykazały występowanie tego pierwiastka w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Przeprowadzone w 1997 roku analizy wód podziemnych nie wykazały zawartości

ołowiu, także w latach 2001, 2004 i 2005 stwierdzono jego występowanie na poziomie poniżej 0,01 mgPb/l. Badania zawartości **chromu** zostały przeprowadzone w latach 2004 i 2005. Wykazały, one, że pierwiastek ten występuje w ilości poniżej granicy oznaczalności, podczas gdy w próbce wody pobranej z tego piezometru w 1997 roku stwierdzono jego zawartość równą 0,009 mgCr/l. Wszystkie z przeprowadzonych analiz wykazały obecność **miedzi** w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Wykonane w latach 2001 – 2002 badania zawartości żelaza wykazały, że w roku 2001 jego zawartość wynosiła 0,462 mgFe/l, natomiast w roku 2002 poniżej 0,1 mgFe/l. W pozostałych okresach badawczych (2004 do 2005 r.) zakres analizy nie obejmował oznaczenia zawartości tego pierwiastka.

Przeprowadzone w latach 2004 i 2005 badania zawartości **TOC** wykazały, że w roku 2004 jego zawartość wynosiła 3,0 mgC/l, natomiast w roku 2005 - 12,4 mgC/l, wykazując na znaczący wzroście ilości TOC. Oznaczenia zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** wykazały wzrost koncentracji wszystkich oznaczanych węglowodorów za wyjątkiem antracenu (tab.5.23).

W próbkach wód pobranych z **piezometru 3** odczyn ulegał obniżeniu ze słabo zasadowego (7,75) do słabo kwaśnego (6,72). W kolejnych latach eksploatacji obiektu zaznacza się tendencja do wzrostu wartości przewodnictwa elektrolitycznego. Przed rozpoczęciem eksploatacji w roku 1997 wartości przewodnictwa wynosiła 417 μ S/cm, natomiast w roku 2001 – 653 μ S/cm. W kolejnych latach jej zmiany kształtowały się następująco: 550 μ S/cm (2002), 653 μ S/cm (2004) oraz 744 μ S/cm w roku 2005 (tab. 5.23).

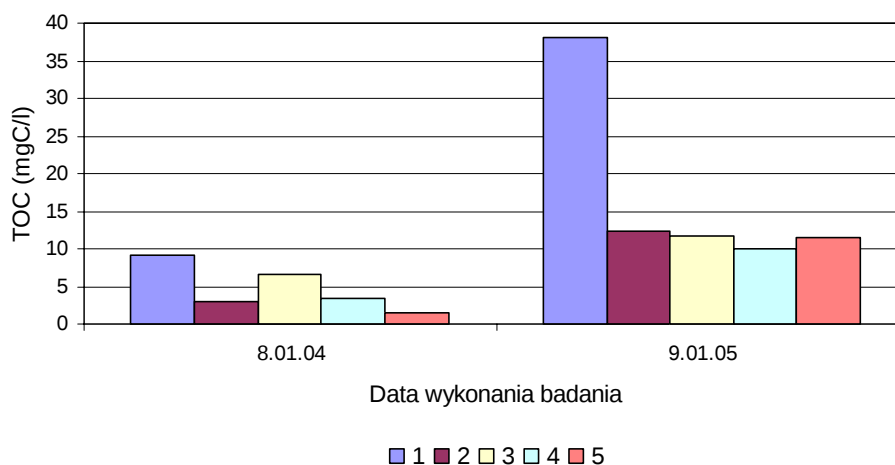


Fig.5.66 Zawartość TOC w próbkach wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej. Numeracja piezometrów zgodna z numeracją na figurze 4.5.

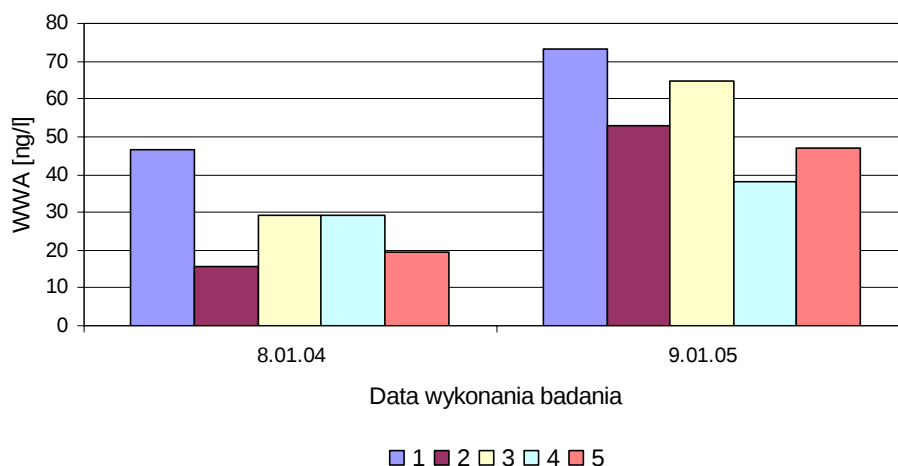


Fig.5.67 Zawartość sumy WWA w próbkach wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej. Numeracja piezometrów zgodna z numeracją na figurze 4.5.

W okresie funkcjonowania składowiska obserwuje się tendencję do wzrostu zawartości **cynku** od wartości poniżej granicy oznaczalności, w roku 2002, do 0,155 mgZn/l w roku 2005. Jednakże poziom ten jest znacznie niższy od zawartości Zn stwierdzonych w próbkach wód pobranych z tego piezometru w roku 2001, kiedy to wyniosła ona 0,6 mgZn/l. Badania wód na zawartość **niklu** wykazały, że jego zawartość była poniżej granicy oznaczalności stosowanych metod analitycznych. Przeprowadzone badania wód również nie wykazały występowania **kadm** w stężeniu powyżej limitu detekcji zastosowanych metod. Analizy zawartości **ołowiu** przeprowadzona po pierwszym roku eksploatacji składowiska wykazała, że występował on w ilości poniżej 0,1 mgPb/l, w latach 2004 do 2005 – poniżej 0,001 mgPb/l. W próbne wody pobranej z tego piezometru w roku 1997 zawartość Pb wynosiła 0,008 mgPb/l, natomiast w roku 2001 – poniżej 0,01 mgPb/l. Badania zawartości **chromu** przeprowadzone w latach 2004 i 2005 wykazały występowanie tego pierwiastka w ilości poniżej granicy oznaczalności, zaś w próbce wody pobranej z tego piezometru w 1997 roku stwierdzono, że jego zawartość wynosi 0,003 mgCr/l. Wszystkie z przeprowadzonych analiz wykazały występowanie **miedzi** w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Badania zawartości **żelaza** zostały przeprowadzone w latach 2001 do 2002. W roku 2001 wykazały, że jego zawartość wynosiła 1,133 mgFe/l, natomiast w roku 2002 stwierdzono jego występowanie w ilościach poniżej 0,1 mgFe/l. W pozostałych okresach badawczych, analiza nie obejmowała oznaczeń tego pierwiastka w pobranych próbkach wód.

W latach 2004 i 2005 przeprowadzono badania zawartości **TOC**. Wykazały one, że w roku 2004 ilość TOC wynosiła 6,5 mgC/l, natomiast w roku 2005 analiza wykazała wzrost jego zawartość do poziomu 11,6 mgC/l. Analiza wód pod kątem zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** wykazała wzrost koncentracji sumy WWA (według rozporządzenia Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.) z 29,3 do 64,66 ng/l, naftalenu z zawartości 201,80 do 242,33 ng/l, acenaften z stężenia 5,41 do 20,24 ng/l, acenaftylen - z 5,59 do 27,95 ng/l, fluoranu - z 13,71 do 16,09 ng/l, fluorantenu - z 27,45 do 36,73 ng/l, benzo(a)antracenu - z 1,65 do 6,16 ng/l oraz chryzenu - z 4,51 do 9,09 ng/l (tab.5.24).

Również w próbkach wody pobranych z **piezometru 4** obserwuje spadek wartości pH w porównaniu z rokiem 1997 (pH=9,01), do poziomu rzędu 7,0 (lata 2002 do 2005), co wskazuje na zmianę odczynu wód z zasadowego do słabo zasadowego. W całym okresie istnienia składowiska wartość pH ulega niewielkim zmianom i generalnie wykazuje tendencje spadkowe. Wartości przewodności ulega ciągłym zmianom. Po pierwszym roku eksploatacji widoczny jest jej spadek w porównaniu z latami 1997 i 2001 (do wartości 370 $\mu\text{S/cm}$). W 2004 roku następuje blisko dwukrotne jej podwyższenie (734 $\mu\text{S/cm}$), natomiast analizy przeprowadzone w roku 2005 wykazały ponowny spadek do poziomu 628 $\mu\text{S/cm}$.

Zawartość **cynku** w próbkach wód zbadanych w latach 1997 i 2001 wynosiła odpowiednio: 0,035 i 0,052 mgZn/l. W kolejnych latach (2002 i 2004) stwierdzono jego występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności, natomiast w roku 2005 odnotowano podwyższenie zawartości tego pierwiastka do poziomu 0,005 mgZn/l. Przeprowadzone analiza wód wykazały występowania **niklu** w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Zakres analizy w latach 2004 -2005, nie obejmował oznaczeń tego parametru. Wykonane analizy wód również nie wykazała występowania **kadm** w stężeniu powyżej granicy oznaczalności. Analizy zawartości **ołowiu** wykazały, że za wyjątkiem analizy wykonanej po pierwszym roku eksploatacji w roku 2002, w okresie eksploatacji składowiska występuje on w ilościach poniżej granicy oznaczalności, podczas, gdy w próbne wody pobranej z piezometru w roku 1997 jego zawartość wynosiła 0,015 mgPb/l. mgPb/l. Również badania zawartości **chromu** przeprowadzone w latach 2004 i 2005 wykazały, że występuje on w ilości poniżej granicy oznaczalności, podczas gdy w próbce wody pobranej z tego piezometru w 1997 roku stwierdzono występowanie chromu w ilości 0,014 mgCr/l. Wszystkie z przeprowadzonych analiz wykazały występowanie **miedzi** w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Badania zawartości **żelaza** przeprowadzone w roku 2001 wykazały, że jego zawartość wynosiła 0,24 mgFe/l, natomiast w roku 2002 stwierdzono jego występowanie w ilościach poniżej 0,01 mgFe/l. W pozostałych latach nie prowadzono badań wód pod kątem zawartości tego pierwiastka.

Przeprowadzone w latach 2004 i 2005 badania zawartości **TOC** wykazały, że w roku 2004 występował on w ilości 3,3 mgC/l, natomiast w roku 2005 jego zawartość wzrosła ponad trzykrotnie do wartości 10,1 mgC/l. Analiza zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** wykazała wzrost koncentracji: sumy WWA z 29,36 do 37,89 ng/l, acenaftylenu - z poziomu 5,73 do 28,90 ng/l, fenantrenu - z 0 do 6,59 ng/l, benzo(a)antracenu - z 1,42 do 21,96 ng/l oraz chryzenu z 5,88 do 19,46 ng/l. W przypadku pozostałych (naftalen, acenaften, fluoren,antracen, fluoranten, oraz piren) stwierdzono znaczące spadki ich zawartości (tab.5.27).

Próbki wód pobrane z **piezometru 5** w latach 2001 do 2005 charakteryzowały się odczynem słabo zasadowym (pH w przedziale 7,42 do 8,58), co w porównaniu z rokiem 1997 wskazuje na spadek wartości pH. W okresie istnienia składowiska odczyn ulega niewielkim zmianom i w kolejnych okresach badawczych wykazuje niewielkie wahania. W okresie eksploatacji składowiska obserwuje się wzrost wartości przewodności elektrolitycznej od 490 do 568 $\mu\text{S/cm}$. W porównaniu z latami 1997 i 2001, w pierwszym roku funkcjonowania składowiska stwierdzono występowanie niższej wartości PEW (490 $\mu\text{S/cm}$).

Przeprowadzone w latach 1997 i 2001 analizy zawartości **cynku** wykazały jego zawartość na poziomie odpowiednio: 0,1 i 0,03 mgZn/l. W kolejnych okresach badawczych (2002 i 2004) stwierdzono jego występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności, natomiast w roku 2005 odnotowano podwyższenie zawartości tego pierwiastka do poziomu 0,01 mgZn/l. Badania wód na zawartość **niklu** wykonane w roku 2002 wykazały, że jego zawartość wynosiła poniżej 0,1 mgNi/l, podczas gdy w roku 1997 jego zawartość kształtowała się na poziomie 0,009 mgNi/l. Zakres analizy w latach 2004 -2005, nie obejmował oznaczenia zawartości tego pierwiastka. Przeprowadzona w 1997 roku analiza wód wykazała występowanie **kadm** w ilości 0,001 mgCd/l, natomiast badania przeprowadzone w latach 2001 do 2005 wykazały jego występowanie w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Analizy zawartości **ołowiu** przeprowadzona po pierwszym roku eksploatacji składowiska wykazała, że występował on w ilości poniżej 0,1 mgPb, w latach 2004 do 2005 – poniżej 0,001 mgPb/l, podczas gdy w próbce wody pobranej z tego piezometru w roku 1997 zawartość Pb wynosiła 0,015 mgPb/l. Badania zawartości **chromu** –przeprowadzone w latach 2004 i 2005 wykazały, że pierwiastek ten występuje w ilości poniżej granicy oznaczalności, podczas gdy w próbce wody pobranej z tego piezometru w 1997 roku stwierdzono jego zawartość równą 0,004 mgCr/l. Wszystkie z przeprowadzonych analiz wykazały występowanie **miedzi** w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Badania zawartości **żelaza** zostały przeprowadzone w roku 2001 wykazały zawartości w wysokości 0,148 mgFe/l, a w roku 2002 stwierdzono jego występowanie w stężeniu poniżej 0,1 mgFe/l. W pozostałych okresach badawczych nie prowadzono oznaczeń tego pierwiastka w pobranych próbkach wód (tab.5.28).

W analizowanym okresie czasu, w latach 2004 i 2005, wykonano badania zawartości **TOC**. W roku 2004 wielkość tego parametru wynosiła 1,5 mgC/l, natomiast w roku 2005 obserwuje się znaczący wzrost zawartość TOC do poziomu 11,5 mgC/l. W latach 2004 i 2005 przeprowadzono również analizę wód pod kątem zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych**. Wykazała ona wzrost koncentracji: sumy WWA z 19,31 do 46,82 ng/l, acenaften - z poziomu 5,31 do 29,59 ng/l, acenaftylenu - z 6,93 do 9,89 ng/l, benzo(a)antracenu - z 0,60 do 3,54 ng/l oraz chryzenu - z 1,78 do 7,69 ng/l. W przypadku pozostałych (naftalen, fluoren, antracen, fluoranten, oraz piren) stwierdzono spadki ich zawartości (tab.5.29).

Po roku eksploatacji obiektu przeprowadzono oznaczenia zawartości **chlorków, siarczanów, azotanów i azotynów**. W odniesieniu do roku 1997 zaobserwowano niekorzystne zmiany w piezometriach 1 i 5. W piezometrze 1 stwierdzono podwyższenie zawartości chlorków i azotynów, natomiast w piezometrze 5 podwyższenie zawartości azotynów. W kolejnych okresach badawczych zakres analizy nie obejmował oznaczenia tych parametrów.

6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

6.1. Ocena naturalnej bariery izolacyjnej

Przeprowadzone prace i badania geologiczno-inżynierskie na terenie składowiska w **Tarnowie Krzyżu** wykazały, że do głębokości 4m p.p.t. występują gliny o typowych dla tych utworów właściwościach geologiczno-inżynierskich. Analizując wybrane parametry mineralnej warstwy izolującej, których minimalne wartości zostały określone w Instrukcji ITB nr 337, można stwierdzić, że utwory te charakteryzują się nieco gorszymi właściwościami od określonych w cytowanej Instrukcji. Badania laboratoryjne wykazały, że w rejonie składowiska występują utwory spoiste o charakterze glin (G), glin pylastych ($G\pi$) i glin pylastych zwięzłych ($G\pi z$), lokalnie przewarstwianych gliną piaszczystą (Gp). Z przeprowadzonych badań wynika, że jedynie $G\pi z$ spełnia kryteria określone w Instrukcji ITB nr 337, odnośnie zawartości frakcji ilastej. Jej zawartość w badanych utworach wynosiła od 22 do 23%. W przypadku pozostałych mieściła się w przedziale od 3 do 19%. Wykonana analiza składu granulometrycznego wykazała, że we wszystkich za wyjątkiem jednej próbki gruntów, zawartość frakcji piaskowej (f_p) była niższa niż 60%. Znaczna liczba próbek gruntów charakteryzowała się zawartością f_p w granicach od 40 do ponad 50%. Jedynie nieliczne z badanych próbek charakteryzowały się I_p poniżej 20%. Grunty występujące w podłożu, w rejonie składowiska można zaklasyfikować do dwóch grup. Pierwszą stanowią grunty, których granica plastyczności była niższa niż 30%. Do tej grupy należą $G\pi z$ i $G\pi$. Do drugiej grupy należą grunty, których granica płynności wynosi ponad 30%. Do tej zostały zaliczone gliny (G) i gliny pylaste ($G\pi$). Zawartość $CaCO_3$ we wszystkich badanych próbkach gruntów wynosiła poniżej 1%. Badania laboratoryjne współczynnika filtracji (k) przeprowadzone dla $G\pi$, wykazały, że wartość $k = 4,5 \times 10^{-8}$ m/s tak, więc jest o jeden rząd wielkości niższa od wartości określonej w cytowanej Instrukcji dla warstwy izolacyjnej składowisk komunalnych. Badania pojemności sorpcyjnej metodą błękitu metylowego przeprowadzone przez GEOGRUNT (Wachowska, 2003) wykazały, że omawiane gliny pylaste charakteryzują się pojemnością sorpcyjną –wynoszącą od 11,05 do 11,42 mval/100 g gruntu. Oznaczenia pojemności sorpcyjnej gliny piaszczystej wykazały, że jest ona równa 12,74 mval/100 g gruntu. Badania właściwości mechanicznych glin pylastych zwięzłych oraz glin i glin piaszczystych wykonane przez GEOGRUNT (Bardel, 1996), wykazały, że: gliny pylaste charakteryzują się niskim kątem tarcia wewnętrznego (5°) oraz spójnością 55 MPa, natomiast wartość kąta tarcia wewnętrznego (Φ) dla glin i glin piaszczystych wynosiła od 8° do 9° , bardzo zmienna okazał się być spójność (c), której wartość wahała się w przedziale od 0,26 do 0,40 MPa. A badania współczynnika filtracji (k) przy zastosowaniu metody „FLOW-PUMP” przeprowadzone przez GEOGRUNT (Bardel, 1996) wykazały, że w przypadku glin pylastych zwięzłych wynosi on od $4,8 \times 10^{-9}$ do $6,4 \times 10^{-11}$, natomiast dla glin piaszczystych mieści się w przedziale od $7,8 \times 10^{-6}$ do $2,56 \times 10^{-8}$.

Poniżej omówionych utworów występują iły krakowieckie, których strop w rejonie badań zalega na głębokości od 2 do 5m, osiągające miąższość do 2000m (Wachowska, 2003, Bardel, 1996, Surowaniec, 1967). Jednak przeprowadzone badania gruntów nie wykazały występowania utworów o właściwościach iłów krakowieckich. Można przypuszczać, że w rejonie, gdzie wykonane zostały wiercenia strop iłów znajduje się na głębokości poniżej 4m. Ponadto, według danych archiwalnych bardzo trudne jest ustalenie granicy pomiędzy gliną pylastą, która uważana jest za stropową

część iłów, a samymi iłami, dlatego też nawiercone w trakcie badań utwory, uznane na podstawie wyników analizy granulometrycznej za glinę pylastą zwięzłą, przez innych autorów mogły zostać określone –iłami. Według Wachowskiej (2003) iły krakowieckie charakteryzowały się następującymi parametrami: wilgotność naturalna od 18 do 28%, stopień plastyczności od 0,2 do 0,4, kąt tarcia wewnętrznego od 8 do 10°, spójność od 40 do 45 MPa i współczynnik filtracji $1,0 \times 10^{-9}$ m/s.

Reasumując, podłoże w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu budują gliny o miąższości kilku metrów, o typowych dla tych utworów parametrach geologiczno-inżynierskich. Wartość k dla glin pylastych wynosiła $4,8 \times 10^{-8}$ m/s, natomiast w przypadku glin piaszczystych k mieściło się w granicach $7,8 \times 10^{-6}$ - $2,56 \times 10^{-8}$ m/s. W ocenie ogólnej gliny stanowią dobrą barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

Przeprowadzone prace i badania geologiczno-inżynierskie na terenie składowiska w **Gromniku** wykazały, że w strefie do 3 m p.p.t występują gliny o typowych dla nich właściwościach geologiczno-inżynierskich. Oceniając te gliny pod względem jakości parametrów, jakimi powinna cechować się mineralna warstwa izolująca, których minimalne wartościach zostały określone w Instrukcji ITB nr 337, utwory te charakteryzują się nieco gorszymi właściwościami od określonych w Instrukcji. Przeprowadzone badania wykazały, że w rejonie składowiska naturalną warstwę izolacyjną stanowią gliny pylaste ($G\pi$), a jedynie lokalnie gliny pylaste zwięzłe ($G\pi z$), o miąższości od 1,8 do ponad 2 m, Zawartość frakcji ilastej w omawianych utworach jest nieznacznie niższa od wartości określonej w Instrukcji ITB, i mieści się ona w granicach od 13 do 19%. Jedynie w próbce $G\pi z$ zawartość f_i wynosił 22%. Wykonana analiza składu granulometrycznego wykazała, że badane grunty charakteryzowały się stosunkowo wysoką zawartością frakcji piaskowej. W próbkach gliny pylastej ($G\pi$) wynosiła od 55 do 61%, natomiast w próbce gliny pylastej zwięzłej ($G\pi z$) - 56%. Jedynie dwie z badanych próbek charakteryzowały się wartością I_p rzędu 19%, dla pozostałych wartości te były wyższe. Grunty występujące w podłożu, w rejonie składowiska charakteryzowały się wysokimi wartościami tego parametru. Dla $G\pi$ wynosiła ona od 48,00-57,87%, natomiast dla $G\pi z$ 56,49%. We wszystkich badanych próbkach gruntów zawartość $CaCO_3$ wynosiła poniżej 1%. Badania laboratoryjne współczynnika filtracji przeprowadzone dla próbki gliny pylastej ($G\pi$), wykazały, że wartość $k = 9,1 \times 10^{-8}$ m/s. Wartość ta jest o jeden rząd wielkości niższa od określonej dla utworów stanowiących warstwę izolacyjną składowisk odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w cytowanej Instrukcji. Wyniki badań pojemności sorpcyjnej (Skiba 2005) wykazały, że jest ona duża i wynosi 14,6 mval/100 g gruntu. W ocenie ogólnej gliny stanowią dobrą barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

Podsumowując podłoże w rejonie składowiska w Gromniku stanowią gliny pylaste o typowych dla tych utworów parametrach geologiczno-inżynierskich, o miąższości od 1,8 do ponad 2m, występujące bezpośrednio na powierzchni lub pod niewielkiej miąższości warstwą gleby. Wartość współczynnika k dla omawianych utworów wynosiła $9,1 \times 10^{-8}$ m/s. Gliny te stanowią dobrą barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

Przeprowadzone prace i badania geologiczno-inżynierskie na terenie składowiska w **Białej Niżnej** wykazały, że w strefie do 2,5 m p.p.t występują utwory ilaste i gliniaste

o charakterystycznych dla nich właściwościach geologiczno-inżynierskich. Odnosząc wybrane z parametrów, jakimi powinna cechować się mineralna warstwa izolująca, których minimalne wartościach zostały określone w Instrukcji ITB nr 337, utwory występujące w rejonie składowiska charakteryzują się nieznacznie gorszymi parametrami od tych określonych w Instrukcji. Przeprowadzone badania wykazały, że w rejonie składowiska naturalną warstwę izolacyjną tworzą ropy i ropy pylaste (I i I π) oraz gliny pylaste (G π). Zawartość frakcji ilastej w ropy wynosiła 32%, w ropy pylastych 31%, natomiast w glinach pylastych była ona niższa i mieściła się w granicach od 15 do 20%. Najwyższą zawartością frakcji piaszkowej charakteryzowała się próbka ropy. Zawartość fp wynosiła 33%. Pozostałe grunty zawierały odpowiednio: I π -10%, G π od 11 do 27%. Wszystkie z badanych próbek I, I π oraz G π charakteryzowały się wyższą od określonej w Instrukcji ITB wartością Ip. Wynosił ona odpowiednio: I-41,07%, I π -31,60%, G π -30,78-36,56%. Nieznacznie wyższymi niż określona w Instrukcji wartościami granicy płynności charakteryzowały się glina pylasta (30,78-36,56 %) oraz ropy pylaste (31,60%). W przypadku ropy wynosiła ona 41,07%. Wszystkie badane próbki gruntów charakteryzowały się zawartością CaCO₃ poniżej 1%. Badania laboratoryjne współczynnika filtracji przeprowadzone G π z, wykazały, że wartość $k = 8,3 \times 10^{-9}$ m/s. Wartość ta odpowiada rzędowi wartości określonej w Instrukcji ITB dla utworów stanowiących warstwę izolacyjną składowisk odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne.

W ocenie ogólnej utwory znajdujące się w podłożu składowiska w Białej Niżnej stanowią dobrą (gliny pylaste) i bardzo dobrą (ropy) barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

Oceniając ciągłość naturalnej warstwy izolacyjnej, należy zwrócić uwagę, że za wyjątkiem obszaru, na którym zlokalizowane jest składowisko w Gromniku, w dwóch pozostałych przypadkach obserwuje się zmianę rodzaju gruntów w poszczególnych profilach pionowych, zatem można mówić o braku jednorodności naturalnej bariery mineralnej.

Uwzględniając kryterium, jakim jest rodzaj utworów występujących w podłożu w bezpośrednim otoczeniu badanych składowisk oraz ich skład granulometryczny (zawartość frakcji ilastej (fi) oraz piaszkowej (fp)), za najkorzystniejsze należałoby uznać warunki występujące w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Białej Niżnej (tab.6.1). Najlepszymi parametrami charakteryzują się występujące tu ropy i ropy pylaste. Nieznacznie gorszymi parametrami charakteryzują się natomiast występujące w podłożu gliny. W przypadku dwóch pozostałych składowisk, dla wszystkich występujących w ich rejonie gruntów stwierdzono stosunkowo niską zawartość fi. Ponadto, badania wykonane dla próbek glin i glin piaszczystych pobranych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu, wykazały wysoką zawartość fp dochodzącą nawet do 61%. Jak wskazują dane literaturowe występowanie w podłożu składowiska utworów piaszczystych i zwirowych (Rzonca, Tomaszewska 1999; Szamańska-Pulikowska 2002) stanowi poważne ryzyko migracji wraz z odciekami składników pochodzących ze składowiska. Jest to niezwykle istotne, gdyż zawsze istnieje realne ryzyko uszkodzenia sztucznej bariery inżynierskiej, a występujące w podłożu utwory zawierające znaczny udział frakcji piaszkowej, zwirowej i kamienistej nie będą w stanie przejąć roli bariery na drodze przemieszczających się zanieczyszczeń.

Analizując pozostałe parametry geologiczno-inżynierskie określone w Instrukcji ITB, wartość: współczynnika filtracji (k), wskaźnika plastyczności (Ip), granicy płynności (w_L), stwierdza się, że najwyższą spośród omawianych gruntów wartość współczynnika k, wykazują gliny pylaste zwięzłe z rejonu składowiska odpadów w Białej Niżnej $8,3 \times 10^{-9}$ (tab.6.2). W przypadku dwóch pozostałych obiektów wartość tego parametru określona dla występujących tam glin pylastych była o jeden rząd wielkości niższa. Zdecydowana większość gruntów z rejonu badanych składowisk spełnia przyjęte kryterium wartości wskaźnika plastyczności ($I_p > 20\%$). W nielicznych próbkach badania wykazały występowanie niższych wartości tego parametru (tab. 6.2).

Tabela 6.1 Porównanie składu granulometrycznego gruntów występujących w rejonie badanych składowiska

Tarnów	zawartość fi %	> 20%	Gлина pylasta zwięzła: 22-23 Gлина pylasta: 14-17 Gлина: 13-19 Gлина piaszczysta: 13 -19
Gromnik			Gлина pylasta zwięzła: 22 Gлина pylasta: 13-19
Biała Niżna			II:32 II pylasty:31 Gлина pylasta: 15-20 Gлина piaszczysta: 19
Tarnów	zawartość fp %	<60%	Gлина pylasta zwięzła: 11-17 Gлина pylasta: 12-16 Gлина: 39-50 Gлина piaszczysta: 56-61
Gromnik			Gлина pylasta zwięzła: 22 Gлина pylasta: 22-29
Biała Niżna			II: 33 II pylasty: 10 Gлина pylasta: 11-27 Gлина piaszczysta: 55

Tabela 6.2 Porównanie parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów występujących w rejonie badanych składowisk

Tarnów	wartość współczynnika filtracji (k) m/s	rzędu 10^{-9}	Gлина pylasta: $4,5 \times 10^{-8}$ Gлина/Gлина piaszczysta: $7,8 \times 10^{-6}$ - $2,56 \times 10^{-8}$
Gromnik			Gлина pylasta: $9,1 \times 10^{-8}$
Biała Niżna			Gлина pylasta zwięzła: $8,3 \times 10^{-9}$
Tarnów	wskaźnik plastyczności (Ip) %	>20	Gлина pylasta zwięzła: 40,48-41,29 Gлина pylasta: 35,39-36,16 Gлина: 18,98-35,46 Gлина piaszczysta: 20,60-31,90
Gromnik			Gлина pylasta zwięzła: 27,99 Gлина pylasta: 19,00-36,16
Biała Niżna			II: 41,07 II pylasty: 31,60 Gлина pylasta: 30,78-36,56 Gлина piaszczysta: 28,68

Tarnów	granica płynności (w_L) %	>30	Gлина пыlasta zwięzła: 61,80 Gлина пыlasta: 57,87 Gлина: 40,00-47,08 Gлина piaszczysta: 33,80-47,08
Gromnik			Gлина пыlasta zwięzła: 56,49 Gлина пыlasta: 48,00-57,87
Biała Niżna			II: 65,18 II пыlasty: 57,31 Gлина пыlasta: 50-65,18 Gлина piaszczysta: 52,08

Przeprowadzone badania geologiczno-inżynierskie wykazały, że grunty w rejonie wszystkich składowisk charakteryzowały się korzystnymi wartościami kolejnego z analizowanych parametrów - granicy płynności. Jednakże za najkorzystniejsze można uznać warunki występujące w rejonie obiektu w Białej Niżnej, gdzie wartość w_L dla wszystkich próbek przekraczała 50%, osiągając w przypadku ładu poziom 65,18%. Nieznacznie gorszymi wartościami tego parametru charakteryzują się utwory występujące w otoczeniu obiektu w Gromniku (tab.6.2). Znaczne zróżnicowanie wartości w_L obserwuje się w gruntach pobranych z rejonu składowiska w Tarnowie. Kształtuje się ona w granicach od 33,80% (gliny piaszczyste) do 61,80% (gliny pylaste zwięzłe).

6.2. Ocena właściwości geochemicznych gruntów

W gruntach zbadanych na terenie składowiska w **Tarnowie Krzyżu** zawartość badanych metali ciężkich (Cr, Hg, Pb, Cu, Ni, Zn i Co) nie przekraczała dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu odnośnie standardów jakości gleby i ziemi, co więcej, ich wartości były dużo niższe. Przeprowadzone analizy wykazały występowanie Cd w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Zawartości: Cr, Cu, Zn, Pb są porównywalne w strefie oddziaływania jak i poza nią. W przypadku: Ni, Cr, Cu i Hg zaznacza się wyraźna tendencja do wzrostu zawartości pierwiastka wraz z głębokością. Przeprowadzone analizy zawartości: P, S, Ba, Ca, Fe, Al, Mg wykazały niskie zawartości tych pierwiastków. Koncentracje: Ba, Sr, Ca, Fe, Al i Mg są porównywalne w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią. W odniesieniu do pierwiastków tj.: P, S, Sr, Ca i Mg, obserwuje się wzrost ich zawartości wraz z głębokością. W badanych próbkach stwierdzono natomiast występowanie wysokich koncentracji Mn, wielokrotnie przekraczające 900 mg/kg. Oznaczenia całkowitej zawartości TOC wykazały występowanie porównywalnych koncentracji w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. Ponadto w profilach 1 (tło) i 3 (obszar oddziaływania) zaznacza się tendencja do wzrostu zawartości TOC wraz z głębokością. Przeprowadzone analizy geochemiczne gruntów prezentują aktualny obraz geochemiczny w rejonie składowiska. Z uwagi na brak informacji o stanie geochemicznym gruntów w rejonie obiektu z okresu poprzedzającego jego eksploatację, trudno jest dokonać rzetelnej oceny zmiany tego stanu. W poniższej tabeli zaprezentowane zostały parametry statystyczne pierwiastków oznaczanych w gruntach z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu (tab.6.3).

W utworach występujących na terenie składowiska w **Gromniku** koncentracja metali ciężkich (Cr, Hg, Pb, Cu, Ni, Zn, Co i Cd) nie przekraczała dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu odnośnie standardów jakości gleby i ziemi. Uzyskane wyniki były dużo niższe. Analizy wykazały występowanie Cd w ilościach

Tabela 6.3. Parametry statystyczne oznaczonych pierwiastków w gruntach w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu

Pierwiastek	jednostka	Średnia	Geometr. Średn.	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.Std.
Fosfor	%	0,029	0,025	0,027	0,007	0,053	0,016
Glin		0,80	0,78	0,75	0,57	1,24	0,17
Magnez		0,63	0,42	0,45	0,11	1,38	0,53
Siarka		0,100		0,009	0,000	0,312	0,128
TOC		0,33	0,29	0,28	0,12	0,69	0,18
Wapń		2,42	1,08	2,64	0,11	4,88	2,14
Żelazo		1,60	1,53	1,63	0,88	2,44	0,46
Bar	mg/kg	36	34	32	22	63	12
Chrom		13	13	13	10	19	3
Cynk		43	40	36	22	65	17
Kobalt		8	7	8	2	14	4
Mangan		534	400	483	42	984	345
Miedź		15	15	15	7	22	5
Nikiel		21	18	22	6	39	11
Olów		9	9	8	6	14	3
Rtęć		0,047	0,044	0,038	0,026	0,078	0,018

poniżej granicy oznaczalności. Odnotowano występowanie nieznacznie wyższych zawartości: Cr, Hg, Ni, Zn w stropowych częściach profili zlokalizowanych w strefie oddziaływania składowiska. W przypadku: Ni, Cr i Cu zmiany koncentracji w profilach pionowych mają charakter zmian skokowych. Oznaczenia zawartości: P, S, Ba, Ca, Fe, Al, Mg wykazały niskie zawartości tych pierwiastków. Koncentracje: Ba, Sr, Ca, Fe, Al i Mg są porównywalne lub nieznacznie wyższe w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią. W odniesieniu do większości pierwiastków obserwuje się zmienny rozkład ich koncentracji w profilach pionowych. Obserwuje się na przemian występujący wzrost bądź spadek koncentracji. W strefie oddziaływania zauważono występowanie nieco wyższe w porównaniu z tłem zawartości: Al., Ca, S, Fe, Ba, Mn i Sr w stropowych częściach profili. W większości badanych próbek stwierdzono występowanie wysokich koncentracji Mn, przekraczające 500 mg/kg. Należy zwrócić uwagę, że stężenia takie występują niezależnie od miejsca pobrania próbki. Oznaczenia całkowitej zawartości TOC wykazały występowanie porównywalnych koncentracji w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. Co więcej w profilu 2 (strefa oddziaływania) w strefie przypowierzchniowej zawartość OWO jest dwukrotnie niższa od wartości stwierdzonej poza obszarem oddziaływania. Ponadto w profilu 1 (obszar oddziaływania) zaznacza się tendencja do spadku zawartości TOC wraz z głębokością. W poniższej tabeli zaprezentowano parametry statystyczne pierwiastków oznaczanych w gruntach z rejonu składowiska w Gromniku (tab.6.4).

Badania gruntów na terenie składowiska w **Bialej Niżnej** wykazały, że podobnie jak w przypadku składowisk w Tarnowie Krzyżu i Gromniku zawartość metali ciężkich (Cr, Co, Hg, Pb, Cu, Ni, Zn i Cd) nie przekraczała dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu odnośnie standardów jakości gleby i ziemi. Ich koncentracje były dużo niższe, natomiast Cd występował w ilościach poniżej granicy oznaczalności. Zawartości omawianych pierwiastków są porównywalne w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią. W profilu 3 obserwuje się występowanie nieznacznie wyższych koncentracji: Cr, Cu, Ni, Pb, i Zn w porównaniu z zawartościami tych pierwiastków w profilu 1.

**Tabela 6.4. Parametry statystyczne oznaczonych pierwiastków
w gruntach w rejonie składowiska w Gromniku**

Pierwiastek	Jednostka	Średnia	Geometr. Średn.	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.Std.
Fosfor	%	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,01
Glin		1,15	1,13	1,13	0,71	1,63	0,26
Magnez		0,64	0,62	0,65	0,37	0,85	0,16
Siarka		0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
TOC		0,73	0,68	0,63	0,31	1,12	0,27
Wapń		0,78	0,72	0,80	0,36	1,48	0,34
Żelazo		2,31	2,27	2,32	1,55	2,79	0,40
Bar	mg/kg	64	62	69	38	83	15
Chrom		23	22	22	15	28	4
Cynk		60	59	61	36	75	11
Kobalt		10	10	10	6	13	2
Mangan		610	577	668	238	839	184
Miedź		21	21	21	12	26	4
Nikiel		36	35	35	23	44	6
Olów		14	13	15	8	19	3
Rtęć		0,045	0,044	0,049	0,022	0,057	0,010
Stront		19	18	18	10	31	6

W przypadku Cr i Zn obserwuje się obniżanie ich koncentracji wraz z głębokością. Koncentracje większości z badanych pierwiastków są porównywalne w strefie oddziaływania składowiska jak i poza nią. Analizy zawartości: Ca, Mg i Sr wykazały wzrost ich koncentracji wraz z głębokością, natomiast w przypadku: Ba, Fe, Cr i Zn jej obniżanie się. W profilu 3 obserwuje się podwyższenie koncentracji: Al., Ca, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sr i Zn w porównaniu z zawartościami tych pierwiastków w profilu 1. Oznaczenia całkowitej zawartości TOC wykazały jego występowanie w niewielkich ilościach, a jego koncentracje były porównywalne w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. W tabeli 6.5. zaprezentowane zostały parametry statystyczne pierwiastków oznaczanych w gruntach z rejonu składowiska w Białej Niżnej (tab.6.5).

**Tabela 6.5. Parametry statystyczne oznaczonych pierwiastków
w gruntach w rejonie składowiska w Białej Niżnej**

Pierwiastek	Jednostka	Średnia	Geometr. Średn.	Mediana	Minimum	Maksimum	Odch.Std.
Fosfor	%	0,041	0,040	0,042	0,027	0,049	0,006
Glin		1,52	1,49	1,44	1,13	2,03	0,29
Magnez		1,09	1,00	1,25	0,45	1,58	0,44
Siarka		0,006		0,008	0,000	0,009	0,004
TOC		0,22	0,22	0,22	0,18	0,30	0,04
Wapń		3,91	2,00	4,19	0,25	7,68	3,39
Żelazo		2,73	2,71	2,65	2,43	3,29	0,28
Bar	mg/kg	54	52	49	38	83	16
Chrom		34	34	35	27	41	4
Cynk		73	73	75	59	82	7
Kobalt		12	12	12	11	13	1
Mangan		551	537	539	364	844	141
Miedź		29	28	29	18	38	7
Nikiel		59	58	62	35	72	11
Olów		14	14	14	12	16	1
Rtęć		0,061	0,060	0,059	0,048	0,075	0,011
Stront		95	60	98	13	178	77

Istotny wpływ na właściwości sorpcyjne gruntu względem pierwiastków śladowych mają zawartość: Al, Fe i TOC. Koncentracja Al w znacznym stopniu odzwierciedla zawartość minerałów ilastych w gruncie, TOC – zawartość materii organicznej, natomiast Fe - uwodnionych wodorotlenków żelaza.

Spośród badanych składowisk, najwyższą zawartością Al charakteryzowały się grunty z rejonu składowiska w Białej Niżej, w granicach od 1,13 do 2,03% (średnio 1,52%). Najniższą zawartością omawianego pierwiastka charakteryzowały się grunty z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu. Wynosiła ona od 0,69 do 1,24% (0,80%). W próbkach gruntu pobranych w Gromniku zawartość Al wahała się w granicach od 0,92 do 1,63% (średnio 1,15%).

Najwyższą zawartością TOC charakteryzowały się próbki pobrane w rejonie obiektu w Gromniku. Zawartość ogólnego węgla organicznego wynosiła od 0,31 do 1,12% (średnio 0,73%). Zawartość TOC w gruntach z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu wynosiła od 0,12 do 0,69% (średnio 0,33%). Najniższą zawartość TOC badania wykazały w gruntach pobranych w rejonie obiektu w Białej Niżej: od 0,18 do 0,30% (średnio 0,22%) (tab.6.6).

Tabela 6.6. Porównanie średnich zawartości pierwiastków w gruntach z rejonu składowisk w: Tarnowie Krzyżu, Gromniku i Białej Niżej

Pierwiastek	Średnia geometryczna zawartość w glebach Polski	Jednostka	Składowisko		
			Tarnów	Gromnik	Biała Niżna
Fosfor	0,042	%	0,029	0,04	0,041
Glin			0,80	1,15	1,52
Magnez	0,10		0,63	0,64	1,09
Siarka	0,017		0,100	0,01	0,006
TOC			0,33	0,73	0,22
Wapń	0,47		2,42	0,78	3,91
Żelazo	0,67		1,60	2,31	2,73
Bar	32	mg/kg	36	64	54
Chrom	6		13	23	34
Cynk	88		43	60	73
Kobalt	3		8	10	12
Mangan	267		534	610	551
Miedź	10		15	21	29
Nikiel	6		21	36	59
Ołów	35		9	14	14
Rtęć	0,06		0,047	0,045	0,061
Stront	17		51	19	95

Najwyższą zawartość Fe stwierdzono w gruntach z rejonu składowiska w Białej Niżej: od 2,43 do 3,29% (średnio 2,73%), w dalszej kolejności grunty pobrane w Gromniku: 1,55 do 2,79% (średnio 2,31%), najniższą zawartość Fe stwierdzono w gruntach z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu: od 0,69 do 1,24% (średnio 0,80%) (tab.6.6).

Należy zwrócić również uwagę na zawartość wapnia w badanych gruntach. W przypadku badanych obiektów najwyższą koncentrację tego pierwiastka stwierdzono w gruntach z rejonu składowiska w Białej Niżej, od 0,41 do 7,68% (średnio 3,91%), najniższą natomiast w gruntach z rejonu składowiska w Gromniku, od 0,36 do 1,48%

(średnio 0,78%) (tab.6.6). Zawartość 1% Ca odpowiada 2,5% CaCO_3 lub ok.3% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. W przypadku badanych składowisk wapń jest związany w dużym stopniu w dolomicie, o czym świadczy zawartość Mg. Mogło to wpływać na brak reakcji z HCl (dolomit nie wykazuje tej reakcji). Z tego też względu, właściwości neutralizujące omawianych gruntów względem zakwaszonych odcieków są niewielkie.

Średnia zawartość chromu, kobaltu, miedzi i niklu w gruntach występujących na obszarze omawianych składowisk jest wyższa w stosunku do średniej zawartości tych pierwiastków w glebach Polski. Jednakże zawartość tych pierwiastków w glebach występujących na południu Polski jest naturalnie podwyższona w porównaniu do zawartości tych pierwiastków w glebach środkowej i północnej części Polski (Lis, Pasieczna 1995). Jednocześnie zaobserwowano, że grunty z terenu składowisk w Gromniku i Białej Niżnej charakteryzują się wyższymi zawartościami tych pierwiastków, a także baru, cynku i ołowiu, niż grunty z terenu składowiska w Tarnowie Krzyżu.

W badanych gruntach nie stwierdzono wyraźnej korelacji pomiędzy zawartością frakcji ilastej a koncentracją metali ciężkich. Jedynie w przypadku składowiska w Białej Niżnej zauważa się, że wraz ze wzrostem zawartości frakcji ilastej podwyższeniu ulega koncentracja Cr.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz zawartości: P, Mg, S oraz Ba, najwyższe koncentracje P i Mg stwierdzono w gruntach z rejonu składowiska w Białej Niżnej (P – średnio 0,41%; Mg – średnio 1,09%), w przypadku S najwyższą zawartością tego pierwiastka charakteryzowały się grunty z rejonu obiektu w Tarnowie Krzyżu (średnio 0,1%), natomiast występowanie najwyższych koncentracji Ba stwierdzono w gruntach z Gromnika (średnio 64mg/kg).

Tabela 6.7. Wyniki analizy czynnikowej parametrów geochemicznych

Pierwiastek	Tarnów Krzyże		Gromnik			Biała Niżna		
	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3
Al	-0,549	0,750	0,941	0,027	0,239	0,463	-0,832	0,227
Ba	-0,015	0,878	0,873	0,362	0,155	0,132	-0,927	-0,153
Ca	0,959	0,124	0,253	0,029	0,965	0,226	0,915	-0,318
Co	0,456	0,749	0,940	0,047	0,286	0,557	0,168	-0,680
Cr	0,162	0,947	0,875	0,160	0,432	0,887	-0,336	0,020
Cu	0,649	0,698	0,851	0,253	0,447	0,900	0,185	0,334
Fe	0,153	0,751	0,927	0,159	0,312	0,642	-0,739	0,065
Hg	0,475	0,859	0,723	0,445	0,380	0,418	-0,782	-0,110
Mg	0,921	0,335	0,657	0,143	0,722	0,413	0,856	-0,215
Mn	0,699	0,592	0,774	0,280	0,349	-0,797	0,179	0,298
Ni	0,720	0,619	0,837	0,018	0,515	0,941	0,191	-0,024
P	0,864	0,370	0,635	0,461	0,561	0,950	-0,229	-0,165
Pb	0,473	0,861	0,643	0,716	0,181	0,338	-0,221	0,907
S	0,924	0,060	0,118	0,865	0,061	-0,443	0,703	-0,473
Sr	0,954	0,155	0,377	0,196	0,886	0,214	0,905	-0,341
TOC	0,942	0,142	0,020	0,903	0,078	-0,551	-0,571	0,557
Zn	0,637	0,764	0,763	0,593	0,162	0,933	-0,001	0,124
War.wyj.	8,01	6,95	8,75	3,23	3,80	6,90	6,26	2,42
Udział	0,47	0,41	0,51	0,19	0,22	0,41	0,37	0,14

Analiza czynnikowa zbadanych gruntów wykonana dla poszczególnych składowisk wykazała, że dla wszystkich analizowanych składowisk można wyróżnić czynnik związany z obecnością w gruntach węglanów wapnia (czynnik 1 dla składowiska w Tarnowie Krzyżu, czynnik 3 – dla składowiska w Gromniku i czynnik 2 – dla składowiska w Białej Niżnej (tab. 6.7), łączący występowanie strontu, magnezu i wapnia. W przypadku gruntów z terenu składowiska w Gromniku czynnik 1, łączący występowanie: bar, kobalt, chrom, miedź, nikiel wraz z glinem, żelazem i manganem – ma charakter litologiczny i związany jest z obecnością w gruntach związków żelaza (uwodnione wodorotlenki żelaza), a częściowo z obecnością w nich minerałów ilastych. Podobny charakter ma także czynnik 1 wyznaczony dla gruntów ze składowiska w Białej Niżnej, łączący występowanie w gruntach chromu, miedzi, niklu, fosforu i cynku. Czynnik 2 w przypadku składowiska w Tarnowie Krzyżu, łączący występowanie rtęci, ołowiu, a także baru, chromu i glinu, może mieć częściowo charakter czynnika antropogenicznego. Podobnie też czynnik 2 wyznaczony dla gruntów ze składowiska w Gromniku, łączący występowanie ołowiu, siarki i materii organicznej oraz czynnik 3 wyznaczony dla gruntów ze składowiska w Białej Niżnej, mogą być czynnikami antropogenicznymi.

6.3. Ocena jakości wód podziemnych

Na podstawie obserwacji monitoringowych prowadzonych na terenie składowiska w **Tarnowie Krzyżu** wynika, że w analizowanym okresie funkcjonowania składowiska, stężenia większości z badanych wskaźników odpowiadały I i II klasie jakości wód, jedynie zawartość Cd i OWO w kilku przypadkach odpowiadały klasie III, IV bądź V jakości wód określonym w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. (Dz. U. Nr 220, poz. 1858). Wody podziemne w rejonie badanego obiektu charakteryzowały się: odczynem pH w granicach od 6,1 do 7,7, wysokim stężeniem ogólnego węgla organicznego (OWO), kształtującym się na poziomie od 3,1 do 145,30 mgC/l, zawartością sumy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych od wartości poniżej granicy wykrywalności do 0,265 ng/l, systematycznym obniżaniem się zawartości większości z badanych metali (Zn, Pb, Cr) i ich występowaniem w ilościach poniżej granicy wykrywalności, zmienną zawartością miedzi oraz wysoką, i wykazującą tendencję do podwyższania się, zawartością kadmu, którego ilość wahała się od wartości poniżej granicy wykrywalności do 0,6 mgCd/l. Największe zmiany wśród badanych parametrów odnotowano dla **OWO i Cd**. We wszystkich piezometriach zlokalizowanych poniżej składowiska stwierdzono znaczące podwyższenie wartości OWO. Wzrost zawartości Cd odnotowano w próbkach wód podziemnych pobranych z piezometrów nr 2 i 5 zlokalizowanych w strefie oddziaływania składowiska. Podwyższenie zawartości Cd stwierdzono również w próbkach wód pobranych z piezometru nr 1 zlokalizowanego poza strefą oddziaływania obiektu. Analiza wyników badań próbek wód podziemnych wskazuje, że małą zmienność wykazuje odczyn (**pH**). Jego wartości są porównywalne w analizowanym przedziale czasu. Jego zmianę wyraźnie można stwierdzić w przypadku piezometru nr 5, gdzie w 1996 roku pH= 5,85, natomiast w roku 2005 badania wykazały, że wynosi on 7,2. Widoczne, więc jest podwyższenie jego wartości i zmiana ze słabo kwaśnego do słabo zasadowego. Wśród pozostałych z analizowanych **metali**, zmienność wykazuje zawartość miedzi. Ogólnie zauważalna jest tendencja do nieznacznej, podwyższania się jej ilości w wodach podziemnych. W roku 1996 przeprowadzono również oznaczenia zawartości **chlorków, siarczanów, fosforanów, azotu amonowego, azotanowego i azotanowego**. Wyniki tych badań bardzo wyraźnie pokazują negatywne oddziaływanie składowiska na

wody podziemne. Wartości parametrów w próbce wód pobranej z piezometru nr 5 są nawet kilkudziesięciokrotnie wyższe od ich wartości uzyskanych dla próbki wód z piezometru nr 1. W analizowanym okresie zakres analizy nie obejmował oznaczenia omówionych powyżej parametrów, co uniemożliwia dokonanie oceny aktualnej sytuacji, i wysunięcia ewentualnych wniosków, co do kierunków zachodzących zmian.

Z wyników badań monitoringowych prowadzonych na składowisku w **Gromniku** wynika, że jakość wód podziemnych w rejonie przedmiotowego składowiska uległa zdecydowanej poprawie pod względem zawartości pierwiastków śladowych. Wartości wszystkich parametrów, dla których istnieje możliwość porównania z rokiem 2002, uległy obniżeniu. Aktualnie wartości większości z badanych wskaźników odpowiadały I i II klasie jakości wód określonym w Rozporządzeniu z dnia 11 lutego 2004 r. Wody podziemne w rejonie badanego obiektu charakteryzowały się: słabo kwaśnym odczynem pH w granicach od 6,6 do 6,8, wartością przewodności elektrolitycznej (PEW) mieszczącą się w granicach od 930 do 1020 $\mu\text{S}/\text{cm}$, zawartością ogólnego węgla organicznego (OWO) na poziomie od 4,4 do 11,20 mgC/l, zawartością sumy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w ilości poniżej granicy oznaczalności, zawartością większości z badanych metali (Cd, Cr, Hg) poniżej granicy wykrywalności oraz niską zawartością pozostałych metali (Cu, Pb, Zn). Największe zmiany wśród badanych parametrów wykazała zawartość **OWO**. W dwóch kolejnych latach odnotowano znaczący wzrost tego parametru w obu piezometriach. Znacznemu podwyższeniu uległa również wartość PEW.

Badania monitoringowe wykonywane na terenie składowisk w **Białej Niżnej** wynika, że w analizowanym okresie funkcjonowania składowiska, stężenia większości z badanych wskaźników odpowiadały I i II klasie jakości wód określonym we wcześniej cytowanym Rozporządzeniu. Wody podziemne w rejonie badanego obiektu charakteryzowały się: odczynem w granicach od 6,72 do 8,58 (pH), wartością przewodności elektrolitycznej (Eh) mieszczącą się w granicach od 370 do 1272 $\mu\text{S}/\text{cm}$, stężeniem ogólnego węgla organicznego (TOC), się na poziomie od 1,5 do 38 mgC/l, zawartością sumy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w granicach od 15,73 do 73,27 ng/l, zawartością większości z badanych metali (Ni, Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Fe) poniżej granicy wykrywalności oraz zawartością cynku w zakresie od wartości poniżej granicy wykrywalności do 0,126 mgZn/l. Największe zmiany wśród badanych parametrów wykazała zawartość **TOC i WWA**. W dwóch kolejnych latach stwierdzono wzrost ich stężeń. Z uwagi na fakt, że badania obu parametrów prowadzone są dopiero od 2004 roku, prawidłowa ocena sytuacji będzie możliwa dopiero po kilkuletnim okresie badań, które umożliwią dokonanie oceny tendencji i kierunków zachodzących zmian. Analiza wyników badań próbek wód podziemnych wskazuje na ogólną tendencję do obniżania się odczynu (**pH**) z zasadowego do kwaśnego. Próbkę wód pobrane z piezometrów 1 i 3 wykazują, że w okresie eksploatacji składowiska, nastąpiła zmiana odczynu ze słabo zasadowego do słabo kwaśnego. W przypadku piezometrów 2 i 4 obserwuje się zmianę odczynu z zasadowego do słabo kwaśnego, natomiast w przypadku piezometru 5 odczyn zmienił się ze zasadowego do słabo zasadowego. Tendencja do spadku wartości pH może być spowodowana obecnością kwasów organicznych, związków humusowych oraz wzrostem stężenia CO_2 . W przypadku piezometru 1 zlokalizowanego powyżej składowiska oraz piezometru 4 zlokalizowanego w strefie oddziaływania składowiska, w kolejnych latach funkcjonowania obiektu obserwuje się występowanie zmiennych wartości **PEW**. W przypadku pozostałych piezometrów zlokalizowanych w strefie oddziaływania

obiektu, zaznacza się tendencja do wzrostu wartości PEW. Wśród analizowanych **metali** w piezometriach 2 i 3 nieznacznie podwyższeniu uległa zawartość cynku. W przypadku pozostałych ich zawartości wynosiły poniżej granicy oznaczalności. Po roku eksploatacji obiektu przeprowadzono oznaczenia zawartości **chlorków, siarczanów, azotanów i azotynów**. W odniesieniu do roku 1997 zaobserwowano niekorzystne zmiany w piezometriach 1 i 5. W piezometrze 1 stwierdzono podwyższenie zawartości chlorków i azotynów, natomiast w piezometrze 5 podwyższenie zawartości azotynów. W kolejnych okresach badawczych zakres analizy nie obejmował oznaczenia tych parametrów.

W przypadku wszystkich składowisk obserwuje się niekorzystne zmiany w zakresie podwyższania zawartości TOC. Ponadto, w odniesieniu do składowiska w Białej Niżnej, w dwóch kolejnych okresach badawczych zaobserwowano wzrost zawartości WWA. W odniesieniu do pozostałych parametrów, których oznaczenie prowadzono (pH, przewodnictwo, zawartość: Cu, Zn, Pb, Cd, Cr oraz Hg), w wodach podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu obserwuje się podwyższanie zawartości Cd oraz Cu, w rejonie obiektu w Białej Niżnej analizy wykazały nieznaczne podwyższenie koncentracji Zn. W rejonie składowiska w Gromniku zaobserwowano podwyższenie wartości przewodności elektrolitycznej.

O wyraźnym zanieczyszczeniu wód podziemnych związanym z istnieniem składowiska, można mówić w przypadku obiektu w Gromniku, na co jednoznacznie wskazują wyniki badań jakości wód podziemnych z wcześniejszych lat. Brak wyników badań jakości wód z okresu poprzedzającego rozpoczęcie eksploatacji uniemożliwia dokonanie oceny skali tych zmian. Na taki stan rzeczy z pewnością wpłynęły brak właściwego uszczelnienia dna oraz sam system składowania odpadów. Najistotniejszy jest jednak fakt, że w ostatnich latach sytuacja uległa radykalnej poprawie, o czym mogą świadczyć ostatnie z przeprowadzonych badań.

O wpływie na jakość wód podziemnych można również mówić w przypadku składowiska w Tarnowie Krzyżu. W wodach obserwuje się nieznaczne, ale ciągłe podwyższenie koncentracji Cu i Cd.

Trudna natomiast jest ocena czy podwyższone wartości Zn, OWO i WWA w wodach podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej są spowodowane istniejącym obiektem. Jest on odpowiednio zabezpieczony i uszczelniony przed przenikaniem odcieków do wód podziemnych.

Jak wskazuje literatura (Rinke, Szpadt, 1997), istotne znaczenie na jakość wód podziemnych w rejonie składowisk odpadów ma występowanie w podłożu utworów słaboprzepuszczalnych, uniemożliwiających migrację do wód zanieczyszczeń odcieków i ich szkodliwych składników. Można uznać, że stan ten oddają wyniki badań jakości wód podziemnych w rejonie składowiska Białej Niżnej. Co prawda nie można mówić o jednorodności występującej tam bariery mineralnej (rolę tę w jednej części składowiska pełnią ility, w drugiej gliny pylaste), ale utwory stanowiące tę barierę charakteryzują się korzystnymi parametrami geologiczno-inżynierskimi, zapewniającymi wysoką ochronę. W przypadku składowiska w Tarnowie istotne znaczenie na jakość wód ma lokalne występowanie w podłożu silnie zapiaszczonych glin, co biorąc pod uwagę fakt, że niecałe dno składowiska zostało zabezpieczone geomembraną, może stanowić dogodną drogę dla migracji odcieków w głąb. W przypadku składowiska w Gromniku jego negatywne oddziaływanie na jakość wód

podziemnych wynikało z jego niewłaściwej lokalizacji (pod względem hydrogeologicznym i geologiczno-inżynierskim). Brak jest informacji na temat uszczelnienia dna i skarb wyrobiska, w którym zlokalizowane było składowisko. Można jedynie przypuszczać, że uszczelnienia takiego nie było i nie wykonano, czego skutki w postaci złej jakości wód były widoczne jeszcze w roku 2002.

7. WNIOSKI

1. Podłoże w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu budują gliny o miąższości kilku metrów, o typowych dla tych utworów parametrach geologiczno-inżynierskich. Wartość k dla glin pylastych wynosiła $4,8 \times 10^{-8}$ m/s, natomiast w przypadku glin piaszczystych k mieściło się w granicach $7,8 \times 10^{-6}$ - $2,56 \times 10^{-8}$ m/s. Gliny stanowią dobrą barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

2. W rejonie składowiska w Gromniku podłoże stanowią gliny pylaste o typowych dla tych utworów parametrach geologiczno-inżynierskich, o miąższości od 1,8 do ponad 2m, występujące bezpośrednio na powierzchni lub pod niewielkiej miąższości warstwą gleby. Wartość współczynnika k dla omawianych utworów wynosiła $9,1 \times 10^{-8}$ m/s. Gliny te stanowią dobrą barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

3. W podłożu składowiska w Białej Niżnej zalegają iły i gliny od 2 do około 3m, o typowych dla tych utworów parametrach geologiczno-inżynierskich. Wartości współczynnika k dla glin pylastych zwięzłych wynosiła $8,3 \times 10^{-9}$ m/s, natomiast dla iłów współczynnik k wynosił od $3,7 \times 10^{-9}$ m/s (ił) do $9,3 \times 10^{-9}$ m/s (ił pylasty). W ocenie ogólnej utwory te stanowią dobrą (gliny pylaste) i bardzo dobrą (iły) barierę izolującą dla migracji zanieczyszczeń pochodzących ze składowiska.

4. Z punktu widzenia geologiczno-inżynierskich właściwości gruntów można uznać, że najpełniej rolę naturalnej bariery izolacyjnej spełniają iły występujące w rejonie składowiska odpadów w Białej Niżnej. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że utwory te nie występują na obszarze całego składowiska, a jedynie we wschodniej części.

5. Badania geochemiczne gruntów na terenie składowiska w Tarnowie Krzyżu wykazały bardzo niskie koncentracje badanych pierwiastków oraz mała ich zmienność zarówno w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. Zaobserwowano wzrost zawartości P, S, Sr, Ca i Mg, wraz z głębokością. Zawartość metali ciężkich w gruntach nie przekracza dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.

6. Na terenie składowiska w Gromniku zaobserwowano zbliżone koncentracje większości badanych pierwiastków w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. Stwierdzono jednak występowanie nieznacznie wyższych koncentracji Cr, Hg, Pb, Ni w strefie oddziaływania obiektu. Odnotowano występowanie wyższych stężeń Co, Ba, Sr, Ca, Mg, w stropowych częściach profili gruntowych. Zawartość metali ciężkich w gruntach nie przekracza dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska.

7. Przeprowadzone badania gruntów na terenie składowiska w Białej Niżnej wykazały, że występuje bardzo mała zmienność koncentracji badanych pierwiastków zarówno w strefie oddziaływania obiektu jak i poza nią. Stwierdzono występowanie nieznacznie wyższych koncentracji Hg, Pb, Cu, Ni, w bezpośredniej strefie oddziaływania składowiska. Zaobserwowano tendencje do obniżania się koncentracji Cr, Hg, Ba i Sr wraz z głębokością, podczas gdy obserwuje się wzrost koncentracji S wraz z głębokością. Zauważono wzrost koncentracji Cu, Zn oraz Ni w porównaniu

z ich zawartościami określonymi w ramach tzw. monitoringu zerowego. Zawartość metali ciężkich nie przekracza dopuszczalnych stężeń określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska.

8. Spośród badanych metali (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) najwyższą koncentracją Cr, Zn, Ni, oraz Cu charakteryzowały się grunty w rejonie składowiska w Białej Niziej, koncentracje pozostałych metali były porównywalne dla wszystkich składowisk.

9. Najwyższe koncentracje P i Mg stwierdzono w gruntach z rejonu składowiska w Białej Niziej, najwyższe koncentracje S analizy wykazały w gruntach z rejonu obiektu w Tarnowie Krzyżu, natomiast występowanie najwyższych koncentracji Ba stwierdzono w gruntach z Gromnika

10. Najwyższą zawartością TOC charakteryzowały się grunty z rejonu składowiska w Gromniku, natomiast najniższą grunty z rejonu składowiska w Białej Niziej. Najwyższą koncentrację Al stwierdzono w gruntach pobranych w rejonie obiektu w Gromniku, najniższą natomiast w gruntach pobranych z Tarnowie Krzyżu. Najwyższą zawartością Fe charakteryzowały się grunty z rejonu składowiska w Białej Niziej, najniższą grunty z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu.

10. W przypadku gruntów z rejonu badanych składowisk wapń jest związany w dużym stopniu w dolomicie, o czym świadczy zawartość Mg. Mogło skutkować brakiem reakcji gruntu z HCl (dolomit nie wykazuje reakcji). Dlatego też, można uznać, że właściwości neutralizujące omawianych utworów względem zakwaszonych odcieków są niewielkie.

11. W gruntach badanych składowisk nie stwierdzono wyraźnej korelacji pomiędzy zawartością frakcji ilastej a koncentracją metali ciężkich. Jedynie zaobserwowano korelację pomiędzy zawartością frakcji ilastej w gruntach a koncentracją Cr na terenie składowiska w Białej Niziej.

12. Przeprowadzone analizy geochemiczne gruntów prezentują aktualny obraz geochemiczny w rejonie składowiska. Z uwagi na brak informacji o tle geochemicznym dla pozostałych pierwiastków, trudno jest dokonać rzetelnej oceny w tym zakresie.

13. W wodach podziemnych na terenie składowiska w Tarnowie Krzyżu największą zmienność wykazuje zawartość ogólnego węgla organicznego. Przy czym zmiany te mają charakter skokowy. W strefie oddziaływania obiektu podwyższeniu uległa zawartość Cd i Cu, zaś obniżeniu uległa zawartość sumy węglowodorów aromatycznych (WWA).

14. Badania monitoringowe wód podziemnych na terenie składowiska w Gromniku wskazują na systematyczną poprawę jakości wód podziemnych w rejonie składowiska - obniżenie koncentracji większości z metali ciężkich. Podwyższeniu uległa jedynie zawartość OWO.

15. Wody podziemne na terenie składowiska w Białej Niziej wykazują największą zmienność w zawartości ogólnego węgla organicznego oraz węglowodorów

aromatycznych. Zaobserwowano tendencję do zmiany odczynu pH z zasadowego na kwaśny oraz odnotowano nieznaczne podwyższenie zawartość Zn.

16. W rejonie wszystkich składowisk zaobserwowano zmiany w kierunku podwyższania się zawartości TOC w wodach podziemnych. W rejonie składowiska w Białej Niżnej stwierdzono wzrost zawartości WWA oraz nieznaczne podwyższenie koncentracji Zn. W rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu stwierdzono podwyższanie zawartości Cd oraz Cu. W rejonie składowiska w Gromniku zaobserwowano podwyższenie wartości przewodności elektrolitycznej.

17. Występowanie w podłożu utworów o określonych parametrach geotechnicznych zapewnia nie tylko stateczność składowiska, ale przede wszystkim ogranicza migrację do wód podziemnych szkodliwych substancji powodujących ich zanieczyszczenie.

18. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w warunkach naturalnych bardzo trudna jest lokalizacja składowisk na obszarach, które pod każdym względem, a w szczególności pod względem rodzaju utworów budujących podłoże, spełniałyby przyjęte kryteria geologiczno-inżynierskie, dlatego istotne jest, aby jako miejsca lokalizacji składowisk odpadów wybierać obszary o parametrach jak najbardziej zbliżonych do tych określonych w cytowanych Instrukcji i Ustawie, dodatkowo uzupełniając istniejącą warstwę mineralną barierą syntetyczną.

SPIS TABEL:**Str:**

2.1	Wartość współczynnika filtracji oraz minimalna miąższość utworów stanowiących naturalną barierę izolacyjną na obszarze lokalizacji poszczególnych typów składowisk odpadów	28
3.1	Wartości dopuszczalne stężeń wybranych zanieczyszczeń w glebie i ziemi (wg Rozporządzenie MŚ z dnia 9.09.2002 (Dz. U. Nr 165, poz. 1359))	34
4.1	Rodzaj odpadów gromadzonych na składowisku Tarnów Krzyż	36
4.2	Rodzaj odpadów gromadzonych na składowisku Biała Niżna	42
5.1	Zestawienie wyników przeprowadzonych wyników badań ankietowych	50
5.2	Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu	53
5.3	Zestawienie wyników badań parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów z rejonu składowiska w Tarnowie Krzyżu	56
5.4	Porównani parametrów geologiczno-inżynierskich naturalnej warstwy izolacyjnej składowiska w Tarnowie Krzyżu z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337	57
5.5	Zestawienie wyników badań parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów z rejonu składowiska w Gromniku	60
5.6	Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów z rejonu składowiska w Gromniku	61
5.7	Porównani parametrów geologiczno-inżynierskich naturalnej warstwy izolacyjnej składowiska w Gromniku z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337	62
5.8	Zestawienie wyników badań składu granulometrycznego gruntów z rejonu składowiska w Białej Niżnej	63
5.9	Zestawienie wyników badań parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów z rejonu składowiska w Białej Niżnej	66
5.10	Porównani parametrów geologiczno-inżynierskich naturalnej warstwy izolacyjnej składowiska w Białej Niżnej z wymaganiami Instrukcji ITB nr 337	67
5.11	Zawartość wybranych pierwiastków w gruntach z rejonu składowiska odpadów komunalnych w Tarnowie	69
5.12	Zawartość wybranych pierwiastków w gruntach z rejonu składowiska odpadów komunalnych w Gromniku	79
5.13	Zawartość wybranych pierwiastków w gruntach z rejonu składowiska odpadów komunalnych w Białej Niżnej	90
5.14	Zestawienie wyników badań jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu przeprowadzonych w 1996 r.	99
5.15	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu – piezometr 1	100
5.16	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu – piezometr 2	100
5.17	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu – piezometr 4	101
5.18	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu – piezometr 5	101
5.19	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Gromniku	107
5.20	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej – piezometr 1	110

5.21	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 1 suma WWA* (*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)	111
5.22	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej – piezometr 2	111
5.23	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 2 suma WWA* (*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)	112
5.24	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej – piezometr 3	113
5.25	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 3 suma WWA* (*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)	113
5.26	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej – piezometr 4	114
5.27	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 4 suma WWA* (*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)	115
5.28	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej – piezometr 5	115
5.29	Zestawienie wyników badań monitoringowych jakości wód podziemnych w rejonie składowiska w Białej Niżnej - Piezometr 5 suma WWA* (*zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z dnia 11 lutego 2004 r.)	116
6.1	Porównanie składu granulometrycznego gruntów występujących w rejonie badanych składowiska	124
6.2	Porównanie parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów występujących w rejonie badanych składowisk	124
6.3	Parametry statystyczne oznaczonych pierwiastków w gruntach w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	126
6.4	Parametry statystyczne oznaczonych pierwiastków w gruntach w rejonie składowiska w Gromniku	127
6.5	Parametry statystyczne oznaczonych pierwiastków w gruntach w rejonie składowiska w Białej Niżnej	127
6.6	Porównanie średnich zawartości pierwiastków w gruntach składowisk w: Tarnowie Krzyżu, Gromniku i Białej Niżnej	128
6.7	Wyniki analizy czynnikowej parametrów geochemicznych	129

SPIS FIGUR:

4.1	Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu wraz z lokalizacją otworów badawczych	39
4.2	Kierunek spływu wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu	40
4.3	Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów w Gromniku wraz z lokalizacją otworów badawczych	43
4.4	Kierunek spływu wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Gromniku	44
4.5	Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów w Białej Niżnej wraz z lokalizacją otworów badawczych	46
4.6	Kierunek spływu wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Białej Niżnej	47

5.1	Szkic lokalizacyjny składowiska odpadów objętych badaniami ankietowymi	51
5.2	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 1 w Tarnowie Krzyżu	54
5.3	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 2 w Tarnowie Krzyżu	54
5.4	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 3 w Tarnowie Krzyżu	54
5.5	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 1 w Gromniku	59
5.6	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 2 w Gromniku	59
5.7	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 3 w Gromniku	59
5.8	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 1 w Białej Niżnej	65
5.9	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 2 w Białej Niżnej	65
5.10	Profil litologiczny otworu wiertniczego nr 3 w Białej Niżnej	65
5.11	Rozkład koncentracji baru w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	70
5.12	Rozkład koncentracji chromu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	70
5.13	Rozkład koncentracji cynku w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	70
5.14	Rozkład koncentracji kobaltu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	71
5.15	Rozkład koncentracji miedzi w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	71
5.16	Rozkład koncentracji niklu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	71
5.17	Rozkład koncentracji ołowiu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	73
5.18	Rozkład koncentracji rtęci w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	73
5.19	Rozkład koncentracji strontu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	73
5.20	Rozkład koncentracji fosforu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	75
5.21	Rozkład koncentracji glinu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	75
5.22	Rozkład koncentracji manganu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	75
5.23	Rozkład koncentracji manganu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	75
5.24	Rozkład koncentracji siarki w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	76
5.25	Rozkład koncentracji wapnia w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	76
5.26	Rozkład koncentracji TOC w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	76
5.27	Rozkład koncentracji żelaza w profilach pionowych w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	76
5.28	Rozkład koncentracji baru w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	80

5.29	Rozkład koncentracji chromu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	80
5.30	Rozkład koncentracji cynku w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	80
5.31	Rozkład koncentracji kobaltu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	81
5.32	Rozkład koncentracji miedzi w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	81
5.33	Rozkład koncentracji niklu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	81
5.34	Rozkład koncentracji ołowiu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	82
5.35	Rozkład koncentracji rtęci w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	82
5.36	Rozkład koncentracji strontu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	82
5.37	Rozkład koncentracji fosforu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	86
5.38	Rozkład koncentracji glinu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	86
5.39	Rozkład koncentracji magnezu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	86
5.40	Rozkład koncentracji manganu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	86
5.41	Rozkład koncentracji siarki w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	87
5.42	Rozkład koncentracji wapnia w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	87
5.43	Rozkład koncentracji TOC w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	87
5.44	Rozkład koncentracji żelaza w profilach pionowych w rejonie składowiska w Gromniku	87
5.45	Rozkład koncentracji baru w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	91
5.46	Rozkład koncentracji chromu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	91
5.47	Rozkład koncentracji cynku w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	91
5.48	Rozkład koncentracji kobaltu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	92
5.49	Rozkład koncentracji miedzi w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	92
5.50	Rozkład koncentracji niklu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	92
5.51	Rozkład koncentracji ołowiu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	93
5.52	Rozkład koncentracji rtęci w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	93
5.53	Rozkład koncentracji strontu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	93

5.54	Rozkład koncentracji fosforu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	95
5.55	Rozkład koncentracji glinu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	95
5.56	Rozkład koncentracji magnezu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	95
5.57	Rozkład koncentracji manganu w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	95
5.58	Rozkład koncentracji siarki w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	96
5.59	Rozkład koncentracji wapnia w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	96
5.60	Rozkład koncentracji TOC w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	96
5.61	Rozkład koncentracji żelaza w profilach pionowych w rejonie składowiska w Białej Niżnej	96
5.62	Wartości pH próbek wód z piezometrów w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	102
5.63	Zawartość OWO w próbkach wód z piezometrów w rejonie składowiska w Tarnowie Krzyżu	102
5.64	Wartości pH próbek wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej	109
5.65	Wartości PEW próbek wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej	110
5.66	Zawartość OWO w próbkach wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej	117
5.67	Zawartość sumy WWA w próbkach wód z piezometrów w rejonie składowiska w Białej Niżnej	118

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

- 1 Załącznik 1: Ankieta
- 2 Załącznik 2: Krzywe składu granulometrycznego próbek gruntów pobranych w rejonie składowiska odpadów w Tarnowie Krzyżu
- 3 Załącznik 3: Krzywe składu granulometrycznego próbek gruntów pobranych w rejonie składowiska odpadów w Gromniku
- 4 Załącznik 4: Krzywe składu granulometrycznego próbek gruntów pobranych w rejonie składowiska odpadów w Białej Niżnej

SPIS LITERATURY I WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW

1. Alloway B.J., Ayres D.C., 1997 – Chemical principles of environmental pollution. Blackie Academic&Professional.London.
2. Arup Velze S., 1999 – Waste management in Denmark. Waste Management&Research, vol.17, p.: 78-79.
3. Bardel L., 1996 – Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne w związku z projektowanymi inwestycjami mogącej zanieczyszczyć wody podziemne. Geogrun. Tarnów.
4. Bedeker M.J., Back W., 1979 – Hydrogeological processes and chemical reactions at landfill. Ground Water 17, no 5, p.:429-437.
5. Biesiada M., i in. 2006 – Ocena ryzyka zdrowotnego mieszkańców Wiślinki związanego z oddziaływaniem hałdy fotogipsu. Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego. Sosnowiec [www.woj-pomorskie.pl].
6. Bliht G.E. at all – 1999 – The effect of waste composition on leachate and gas quality: a study In South Africa. Waste Management&Research vol.17, p.: 124-140.
7. Bojakowska I., Sokołowska G. – 2003 – Polycyclic aromatic hydrocarbons In materials of burned peatlands. Polish Journal of Environmental Studies 12 (4):401 – 408.
8. Bojakowska I., Sokołowska G., Strzelecki R., 2000 – Trwałe zanieczyszczenia organiczne – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorowane bifenyle i pestycydy chloroorganiczne – w osadach zbiornika wrocławskiego. Przegląd Geologiczny vol. 48, s.837-843.
9. Bojakowska I., Sokołowska G., 1998 – Tło geochemiczne wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebach leśnych. Przegląd Geologiczny vol. 46, s. 1083-1085.
10. Bojakowska I., Sokołowska G., Konieczńska M. 1998 — Impact of mine water disposal on concentration of barium and strontium in waters and sediments of the Odra River. *Geological Quarterly*, 42 (1): 113-120.
11. Bojakowska I., 1994 — Wpływ czynnika antropogenicznego na procesy geochemiczne w powierzchniowych warstwach litosfery. Państw. Inst. Geol. Instrukcje i metody badań geologicznych nr 53, s.199. Warszawa.
12. Blight G.E. At all 2000 – The effects of climate and waste composition on leachate gas quality: an updated report of work in South Africa. Waste Management& Research vol. 18, p.: 393 – 401.
13. Buczkowska N., 2006 – Wpływ makroelementów na prawidłowy rozwój zwierząt. Wiadomości Rolnicze, IV 2006 s. 18.

14. Budek L., Wardas M., Kasprzyk A., 2000 – Rozprzestrzenianie się metali ciężkich w środowisku wód powierzchniowych wokół wysypiska odpadów komunalnych w Baryczy.
15. Capaccioni B. i in. 1995 – Light hydrocarbons in hydrothermal and magmatic fumaroles: hints of catalytic and thermal reactions. *Bulletin of vulcanology*, 56 (8): 593 – 600.
16. Choma – Moryl K., 2004 – Badania wybranych gruntów spoistych z terenu dolnego śląska jako uszczelnień składowisk odpadów komunalnych. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław.
17. Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste.
18. Czurejno M., 2005 – Odoroczynny charakter składowisk odpadów komunalnych. *Odpady i Środowisko*, No 2/2005. Dziennikarska Agencja wydawnicza MAXPRESS. Warszawa.
19. Dearlove J.P.L., 1993 – Geochemical interaction processes between landfill clay liners and leachate. *Geoconfine 93 Rotterdam*, s.39-45.
20. Dojlido J., Siepak J., Taboryska B., 1994 – Oznaczanie węgla organicznego w wodzie i ściekach. Materiały Komisji Analizy Wody Komitetu Chemii analitycznej PAN. Warszawa.
21. Dyrektywa Rady 75/442/EWG z dnia 15 lipca 1975 r. w sprawie odpadów. *Official Journal of the European Communities*, No L.194 z 25.07.75 p.39.
22. Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów.
23. Earle C., Rhue R., 1999 – Mercury in a municipal solid waste landfill. *Waste Management&Research* vol.17, p.: 305-312.
24. Eisenberg J., i in. 1998 – Chemical dynamics of persistent organic pollutants: a sensitivity analysis relating soil concentration levels to atmospheric emissions. *Environ. Sci. Technol.*, 32 (1): 115-123.
25. Fajfer J., 2005 – Jak radzimy sobie z odpadami w Polsce? w: *Informator Centrum Doskonałości badań środowiska abiotycznego*, No 12. PTG. Warszawa.
26. Faifer J., Rolka M., 2005 – Metody i sposoby gospodarowania odpadami w aspekcie minimalizacji niekorzystnego ich oddziaływania na środowisko. *Mat. LXXVI Zjazdu Naukowego PTG Rudy k/Rybnika*.
27. Fourie A.B, Röhrs L.H, Blight G.E., 1999 – Evaluating the increased risk of leachate generation resulting from codisposal of sewage sludge in a municipal solid waste landfill in a semi-arid climate. *Waste Management&Research* vol.17, p.: 27-36.

28. Frankowski Z., Mitrega J., 1998 – Metodyka poszukiwania składowiska odpadów promieniotwórczych. Postęp techniki Jądrowej vol. 41 z. 4 s.10-18.
29. Garbulewski K., 1999 – Skład i geotechniczne właściwości odpadów komunalnych. Geotechnika Środowiska z. I. Wyd. SGGW. Warszawa.
30. Gocht T., i in. 2001- Historical record of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and heavy metals in floodplain sediments from the Rhine River (hessisches Ried, Germany). Appl Geochem. 16: 1707 – 1721.
31. Grzesik-Filus K., Korbut R., Kuczyńska I. 2000 – Odpady niebezpieczne pochodzenia komunalnego w gminie rolniczej na przykładzie gminy Słomniki. Inżynieria środowiska T.5, z.1, s. 211 – 220. Wyd. AGH. Kraków.
32. Harvey R., 1998 – environmental chemistry of PAHs. In PAHs and related compounds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p:1-54.
33. Haarstad K., Maehlum T., 1999 – Important aspects of long-term production and treatment of municipal solid waste leachate. Waste Management&Research, vol.17, p.: 470-477.
34. Hoehn E., i in., 2000 – Investigative strategies and risk assessment of old unlined municipal solid waste landfills. Waste management and Research 18 (6), p: 577-589.
35. Howsam M., Jonem K., - 1998 – Sources of PAHs in the environment. PAHs and related compounds. Chemistry. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 137 – 174.
36. Hsu Y., i in. 2003 – Locating and quantifying PCB sources in Chicago: receptor modeling and field sampling. Environ. Sci. Technol. 37 (4): 681-890.
37. Izdebska- Mucha D., 2005 – Wpływ zanieczyszczeń ropopochownych na wybrana geologiczno – inżynierskie właściwości gruntów spoistych. Przegląd Geologiczny vol. 53, nr 9, s. 766 – 769.
38. Juszczak M., i in., 1997 – Projekt prac geologicznych dla rozpoznania środowiska gruntowo – wodnego: wysypisko odpadów Biała Niżna. ProGeo. Nowy Sącz.
39. Kabata – Pendias A., Pendias H., 1993 – Biochemia pierwiastków śladowych. PWN. Warszawa.
40. Kabata-Pendias A., Mukherjee A. 2007. Trace elements from soil to human. Springer.
41. Kathiresan K., 2003 – Polythene and Plastisc degrading microbes from the mangrove soil. Rev.Biol.Trop. 51(3): 629-634.
42. Kleczkowski A., Różkowski A.,[red.] 1997 – Słownik hydrogeologiczny. TRIO.Warszawa.

43. Korfiatis G.P., Demetracopoulos A.C., Shuring J.R., 1986 – Laboratory testing for permability and dispersivity of cohesive soil. International Symposium on Environmental Geotechnology.
44. Kondracki J., 2000 – Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa.
45. Koziński J., Saade R., 1998 – Effect of biomass burning on the formation of soot particles and heavy hydrocarbons. An experimental Study. Fuel, 77 (4): 225 - 237.
46. Krawczyk A., - 2002 – Przegląd ekologiczny składowiska odpadów komunalnych Biała Niżna gm. Grybów. Nowy Sącz.
47. Kulig A., 2004 – Metody pomiarowo – obliczeniowe w ocenach oddziaływania na środowisko obiektów gospodarki komunalnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław.
48. Lanndva A.O., Clark J.I., 1990 – Geotechnics of waste fill. *In: Geotechnics of waste fills – theory and practice*. ASTM Special Technical Publication 1070, p: 86-103.
49. Leszczyński S., Radomski A., 1994 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 :50 000 arkusz Ciężkowice (1019). PIG. Warszawa.
50. Lis J., Pasieczna A., 1995 – Atlas geochemiczny Polski. PIG. Warszawa.
51. Łuniewski S., 2000 – Wpływ składowisk na środowisko naturalne w: Bezpieczne składowanie odpadów. Wyd. Ekonomia i środowisko. Warszawa.
52. Macioszczyk A.[red.], 2006 – Podstawy hydrogeologii ogólnej. PWN. Warszawa.
53. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002 – Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. PWN. Warszawa.
54. Maksymowicz B., Polkowski J., 1997 – Odpady niebezpieczne typy komunalnego. Mat. Konf.: Konferencja Naukowo-Techniczna: Geotechnika w budowie składowisk odpadów. Pułtusk 22-24 października 1997 r. s: 221-234.
55. Maliszewska-Kordybach B., 2000 – Polycyclic aromatic carbons In agroecosystems – example of Poland. Polycyclic aromatic compounds 21: 287 – 295.
56. Małecki J., [red]- 2006 – Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska. Poradnik metodyczny. Ministerstwo środowiska.
57. Mavropoulos A., Kaliampakos D., - 1999 – International report: uncontrolled landfill inestigation – a case study In Athens. Waste Management&Research vol.17, p.: 159-164.
58. Myślińska E., 2001 – Laboratoryjne badanie gruntów. PWN. Warszawa.

59. Ministerstwo Środowiska – 2004 – Dostosowanie składowisk odpadów komunalnych do wymogów Dyrektywy Rady w sprawie składowanie odpadów. Opady i Środowisko, No 6/2004. Dziennikarska Agencja wydawnicza MAXPRESS. Warszawa.
60. Ministerstwo Środowiska, Departament Geologii., 2000 – Poradnik – Metody badania i rozpoznania wpływu na środowisko gruntowo – wodne składowisk odpadów stałych. Wyd. El – Press. Lublin.
61. Naraoka H., i in. 2002 – d of individual PAHs from the Murchinson and Antarctic carbonaceous chondrite. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, vol. 66 (15A): A546.
62. Offenbergl J., Baker J., 1997 – Polichlorynated biphenyls in Chicago precipitation: enhanced wet deposition in near-shore lake Michigan. *Environ. Sci. Technol.* 31: 1534-1538.
63. O'Neill P., 1993 – Environmental Chemistry. Champan&Hall.UK.
64. Osmęda-Ernst E., Witeczak S., 1991 – Parametry migracji wybranych zanieczyszczeń w wodach podziemnych w: *Ochrona wód podziemnych w Polsce. Stan i kierunki badań*. Wyd. SGGW-AR. Warszawa.
65. Paul Z., 1993 – Objąśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Grybów (1036). *PIG*. Warszawa.
66. Paul Z., 1991 - Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, arkusz Grybów. *PIG*. Warszawa.
67. Pisarczyk S., 2001 – Gruntoznawstwo inżynierskie. PWN. Warszawa.
68. Polska Norma Budowlana (PN-81/B-04481). Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu.
69. Polska Norma Budowlana (PN-86/B-02480). Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.
70. Pośniak M., Makhniashvili I., Kowalska J., 2000 - Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w procesach stosowania asfaltów. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w procesach stosowania asfaltów. 7-8/2000, str. 11-13.
71. Ramamoorthy S., Ramamoorthy S., 1997 – Chlorinated organic compounds in in the Environment. Lewis Publishers, p.370.
72. Rapant S., Vrana K., Curlik J., 2004 – Environmental risk from the contamination of geological compartments of ehe environment of the Slovak Republic. *Statny geologicky ustav Dionyza Stura*. Bratislava.
73. Rinke M., Szpadt R., 1997 – Badania zanieczyszczenia środowiska w otoczeniu składowisk odpadów komunalnych dla potrzeb jego sanitacji. *II International Forum on Waste Management*. Poznań.

74. Rosik - Dulewska Cz., 2002 – Podstawy gospodarki odpadami. PWN. Warszawa.
75. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 września 1998 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. Nr 126, poz. 839).
76. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. Nr 257, poz. 2573).
77. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz. U. Nr 61, poz. 549).
78. Rozporządzeni Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu wód (Dz.U. Nr 32, poz. 284).
79. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r., w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz U. Nr 220, poz. 1858).
80. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165 poz.1359).
81. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r., w sprawie katalogu odpadów (Dz U. Nr 112, poz. 1206).
82. Rybicki S., Bauer S., - 1997 – Wpływ różnych roztworów chemicznych na cechy geotechniczne mineralnych uszczelnień składowisk odpadów. Mat. Konf.: Geotechnika w budowie składowisk odpadów. Pułtusk.
83. Rzonca B., Tomaszewska B., 1999 – Wpływ składowiska odpadów Elektrownik „Skawina” na jakość wód podziemnych w rejonie wsi Kopanka. Inżynieria Środowiska, T.4, z.1, s:197-204.
84. Seńczuk W. [red.], 1999 – Toksykologia. Wyd. Lekarskie. PZWL. Warszawa.
85. Seńczuk W. [red]. 2005 - Toksykologia współczesna Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
86. Siebielska I., 2002 – Migracja węglowodorów aromatycznych w wodach podziemnych. Mat. Konf. VIII Konferencja Naukowo – Techniczna Gospodarki Odpadami Komunalnymi, Koszalin – Kołobrzeg.

87. Skiba M., 2005 - Projekt badań hydrogeologicznych składowiska odpadów komunalnych w Gromnik. HYDRODOL. Tarnów.
88. Steinnes E., 1995 – Merkury. *In: Heavy metals in soil*, Alloway E., Blackie B. J. Academic & Professional. Londyn.
89. Styliński J. i in., 1998 – Projekt budowlany składowiska odpadów komunalnych w Białej Niżnej. Część konstrukcyjno – technologiczna. Kraków.
90. Surowaniec M., 1967 – Dokumentacja geologiczna w kat. C₁ z jakością w kat. B złoża surowców ilastych ceramiki budowlanej Krzyż. CAG. Warszawa.
91. Szpadt R., 1996 – Budowa bezpiecznych składowisk odpadów. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. WIOŚ Rzeszów.
92. Szyc J., 2003 - Odcieki ze składowisk odpadów komunalnych. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.
93. Szymańska – Pulikowska A., 2002 – Wpływ lokalizacji wysypiska odpadów komunalnych na skład jakościowy wód podziemnych. *Mat. Konf. VIII Konferencji naukowo – technicznej: Gospodarka odpadami komunalnymi*, Koszalin – Kołobrzeg.
94. Totten L., i in. 2003 – Reevaluation of air-water exchanged fluxes of PCBs in Green Bay and Southern Lake, Michigan. *Environ. Sci. Technol.* 37: 1739-1743.
95. Tracz A., i in. 2002 – Przegląd ekologiczny gminnego składowiska odpadów komunalnych w Gromniku. *InwestGeo*. Kielce.
96. Tsiliyannis C.A., 1999 – Report: comparison of environmental impacts from solid waste treatment and disposal facilities. *Waste Management & Research* vol.17, p.: 231-241.
97. Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach” z dnia 11 sierpnia 2006 r. (Dz. U. 2006 nr 144 poz. 1042).
98. Ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych” z dnia 11 maja 2001 (Dz. U. 2001 nr 63 poz. 638 z późn. zm.).
99. Ustawa o odpadach z dnia z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 628).
100. Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2004 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 627).
101. Ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska z dnia 31 stycznia 1980 r. (Dz. U. 94.49.196 z zm.).
102. Wachowska E., 2003a – Dokumentacja hydrologiczna, hydrogeologiczna i geologiczno-inżynierska pod projektowane wysypisko odpadów. CAG. Warszawa

103. Wachowska E., 2003b – Operat hydrogeologiczny miejskiego wysypiska odpadów komunalnych w Tarnowie – Krzyżu (bilans wód wchodzących i wychodzących ze składowiska w trakcie jego eksploatacji). CAG. Warszawa.
104. Westlake K., 1995 – Landfill. Issue in Environmental Science and Technology, no. 3: Waste Treatment and Disposal. The Royal Society of Chemistry, p: 43-67.
105. WIOŚ, 2005 - Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w roku 2004. Biblioteka Monitoringu Środowiska Kraków.
106. Witczak S., Adamczyk A.F., 1994 - Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. 1. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
107. Wójcik R., 2004 - Ocena wpływu niektórych odpadów przemysłu cynkowo-olowiowego na środowisko. Rozprawa doktorska. AGH.
108. Wreford K.A., Atwater J.W., Lavkulich L.M., 2000 – The effects of moisture inputs on landfill gas production and composition and leachate characteristics at the Vancouver Landfill Site at Burns Bog. Waste Management & Research, vol. 14, p.: 386-392.
109. Wysokiński L., 1995 – Projektowanie przesłon izolacyjnych na składowiskach odpadów komunalnych. Instrukcja nr 337. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa.
110. Zabiegała B., 2002 – Oznaczenie zawartości węgla całkowitego, całkowitego węgla organicznego oraz węgla nieorganicznego w próbkach środowiskowych z kulometrycznym oznaczeniem końcowym. PG (Materiały autorskie).
111. Żygadło M., 1998 – Gospodarka odpadami komunalnymi. Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce.
112. Yamamura K., 1983 – Current status of waste management In Japan. Waste Management and Research, vol.1, p:1-15.

ZASOBY INTERNETU

1. www.eduseek.interklasa.pl
2. www.gim.staszic.waw.pl/eko
3. www.ipipotash.org
4. www.kamienie.alte.pl/ziel.odpady
5. www.mpancz.webpark.pl
6. www.nfos.com.pl/rceeporsegregacja.htm#odpa

7. www.portalwiedzy.onet.pl
8. www.pl.wikipedia.org
9. www.wastec.isproductions.net
10. www.wasteonline.org.uk
11. <http://www.wios.tarnow.pl/n1/ftp/dunajec98-2004.pdf>

MATERIAŁY KARTOGRAFICZNE

1. Cieszkowski M., i in. 1987 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Ciężkowice (1019). PIG. Warszawa
2. Kleczkowski A., 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony. AGH. Kraków
3. Kowalski J., 1997a - Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Grybów (1036). PIG. Warszawa
4. Kowalski J., 1997a - Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Grybów (1036). PIG. Warszawa
5. Kowalski J., 1997b – Objąsnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Grybów (1036). PIG. Warszawa
6. Kowalski J., 1997c - Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Ciężkowice (1019). PIG. Warszawa
7. Kowalski J., 1997d – Objąsnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Ciężkowice (1019). PIG. Warszawa
8. Kuciński T., 1964 - Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Wola Rzędzińska (978) – wydanie tymczasowe. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa
9. Witczak S., Kowalski J., 1998a – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Wola Rzędzińska (978). PIG. Warszawa
10. Witczak S., Kowalski J., 1998b – Objąsnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Wola Rzędzińska (978). PIG. Warszawa
11. Mapa topograficzna w skali 1:10 000 ark. Grybów. Główny Geodeta Kraju. Warszawa 2003
12. Mapa topograficzna w skali 1:10 000 ark. Tarnów-Os.Jasna. Główny Geodeta Kraju. Warszawa 2001

13. Mapa topograficzna w skali 1:10 000 ark. Lisia Góra. Główny Geodeta Kraju.
Warszawa 2001
14. Mapa topograficzna w skali 1:10 000 ark. Gromnik. Główny Geodeta Kraju.
Warszawa 2000