
Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 4

Warszawa 1994

Henryk PAWŁAT, Zygmunt MATYJASIK

Ocena oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na środowisko

Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 4

Warszawa 1994

Spis treści

1. WSTĘP

2. CHARAKTERYSTYKA SKŁADOWISKA ODPADÓW PALENISKOWYCH I OBIEKTÓW TOWARZYSZĄCYCH

2.1. Lokalizacja składowiska	4
2.2. Opis poszczególnych obiektów	4
2.3. Eksploatacja i biologiczna rekultywacja składowiska	7
2.4. Charakterystyka morfologiczna oraz fizyko-chemiczna składowiska odpadów paleniskowych	8
2.5. Strefy ochronne składowiska	9
2.6. Rejon składowiska odpadów paleniskowych w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy	15

3. CHARAKTERYSTYKA ELEMENTÓW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO I SPOŁECZNEGO, KTÓRE MOGĄ BYĆ PODDANE ODDZIAŁYWANIU SKŁADOWISKA ODPADÓW PALENISKOWYCH I INNYCH OBIEKTÓW

3.1. Rzeźba terenu	16
3.2. Klimat lokalny	16
3.3. Hydrografia i hydrologia	18
3.4. Hydrogeologia	18
3.5. Gleby	20
3.6. Pokrycie terenu	20
3.7. Użytkowanie terenu	22
3.8. Wartości krajobrazowe i kulturowe	22
3.9. Źródła zagrożeń środowiska przyrodniczego na terenach bezpośrednio i pośrednio przyległych do składowiska	23

4. OCENA ODDZIAŁYWANIA SKŁADOWISKA NA ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE

4.1. Pylenie składowiska i opad pyłu w jego rejonie	24
4.2. Promieniotwórczość naturalna odpadów paleniskowych, gleby w strefie ochronnej, w pomieszczeniach składowiska i pobliskich gospodarstwach	29
4.3. Poziom hałasu na składowisku i na terenach przyległych	35
4.4. Wpływ składowiska na wody otwarte	36
4.5. Możliwości infiltracji opadów atmosferycznych przez warstwę odpadów paleniskowych składowiska do wód gruntowych	39

4.6. Możliwości migracji składników chemicznych ze składowiska odpadów paleniskowych do wód gruntowych	40
4.7. Erozja wodna składowiska i związane z nią zagrożenia.	42
4.8. Dynamika poziomów wody gruntowej i powierzchniowej w rejonie składowiska odpadów paleniskowych i ich wpływ na możliwości poziomego przemieszczania się składników chemicznych	42
4.9. Wpływ składowiska odpadów paleniskowych na wody gruntowe	47
4.10. Wpływ składowiska na gleby	56
4.11. Wpływ składowiska na roślinność	64
4.12. Potencjalne zagrożenia środowiska przyrodniczego w wyniku awarii wału przeciwpowodziowego Wisły	77
5. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I ZALECENIA	
6. LITERATURA	

1. Wstęp

Spalanie węgla kamiennego i brunatnego dla celów energetycznych powoduje gromadzenie dużych ilości odpadów paleniskowych w postaci lotnych popiołów i żużli. Odpady te składowane są zwykle w pobliżu zakładów energetycznych w dużych aglomeracjach miejskich i stają się uciążliwe dla otaczającego środowiska.

W końcu 1991 r. ilość nagromadzonych odpadów paleniskowych w kraju wynosiła 264,2 mln ton i zajmowała powierzchnię 3026 ha (Rocznik Statystyczny Ochrony Środowiska 1992). Obecnie roczna produkcja tych odpadów wynosi około 24 mln ton, na ich składowanie potrzebna jest więc powierzchnia 200 ha. Elektrociepłownia Siekierki w Warszawie większość produkowanych odpadów paleniskowych również transportuje na składowisko zlokalizowane w Zawadach.

Prezentowane opracowanie stanowi syntezę wcześniej prowadzonych badań, dotyczących wpływu składowiska odpadów paleniskowych z Elektrociepłowni

Siekierki na otaczające środowisko. Synteza ta może być przydatna do oceny składowisk z innych elektrociepłowni spalających węgiel kamienny.

Ocenę oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych na środowisko wykonano w Katedrze Przyrodniczych Podstaw Melioracji Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie według wymogów Zarządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 23 kwietnia 1990 r. (M. P. Nr 16 z 30.04.1990 r.) w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać sporządzona przez rzeczoznawcę ocena oddziaływania inwestycji i obiektów budowlanych na środowisko. Obejmuje ona elementy środowiska: powietrze, powierzchnię ziemi, glebę, wody powierzchniowe i podziemne oraz roślinność we wzajemnym ich oddziaływaniu.

Zlecniodawcą przedstawionego opracowania była Elektrociepłownia Siekierki w Warszawie.

2. Charakterystyka składowiska odpadów paleniskowych i obiektów towarzyszących

2.1. Lokalizacja składowiska

Składowisko odpadów paleniskowych położone jest w granicach Warszawy, na lewym brzegu Wisły, przy wale przeciwpowodziowym, na terenie Kępy Zawadowskiej, w odległości ok. 6 km na południowy wschód od Elektrociepłowni Siekierki (rys. 1).

Powierzchnia brutto składowiska wynosi 45 ha. Ograniczona ona jest wałem przeciwpowodziowym, zwanym także w tym rejonie Moczydłowskim, oraz bocznicą kolejową Elektrociepłowni Siekierki-Jeziorna.

2.2. Opis poszczególnych obiektów

Na składowisku odpadów paleniskowych wyróżnić można:

- składowisko stałe i przejściowe,
- bazę remontowo-socjalną,
- układ komunikacyjny,
- uzbrojenie podziemne terenu.

Poszczególne obiekty składowiska przedstawiono na rysunku 2.

2.2.1. Składowisko stałe i przejściowe

Właściwe składowisko odpadów paleniskowych o powierzchni 33,5 ha podzielone jest na stałe (pow. 27,4 ha) i przejściowe (pow. 6,1 ha).

Składowisko przejściowe zlokalizowane jest we wschodniej części, bezpośrednio przy pętli bocznicy kolejowej. Jest ono zapelniane zimą, w okresie niskich temperatur, a opróżniane w okresie letnim.

2.2.2. Baza remontowo-socjalna

Baza posiada halę napraw zgarniarek, pomieszczenie pomocnicze, betonową myjnię dla pojazdów oraz kontener socjalny.

2.2.3. Układ komunikacyjny

Do transportu odpadów paleniskowych wykorzystywana jest bocznicą kolejową Elektrociepłowni Siekierki-Jeziorna oraz jej odgałęzienie i przedłużenie tego odgałęzienia – bocznicą w kształcie tzw. pętli. Na boczniczy tej usytuowane są rampy rozładunkowe odpadów paleniskowych. Z rejonu rozładunku odpady są przemieszczane sprzętem mechanicznym do poszczególnych partii i sektorów składowiska.

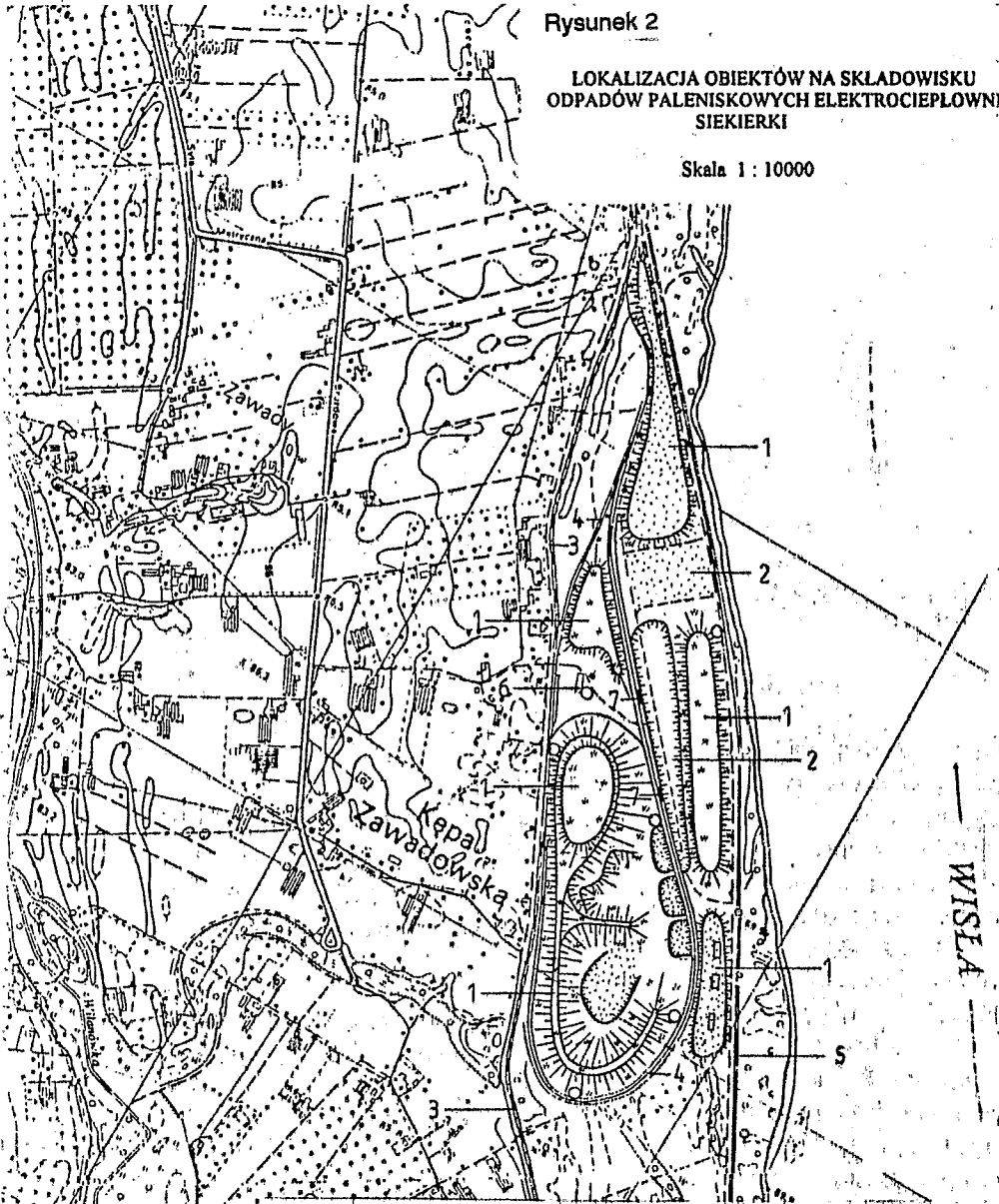
Wokół składowiska przejściowego na koronie Wału Zawadowskiego ułożona jest droga stała z płyt żelbetowych. Na obu końcach drogi są zjazdy na poziom dna składowiska. Składowisko stałe ze składowiskiem przejściowym i bazą remontowo-socjalną połączone jest układem dróg wewnętrznych. Z Warszawy do składowiska ruch komunikacyjny odbywa się ul. Zaściankową, a następnie ulicą Wał Zawadowski.



Rysunek 2

LOKALIZACJA OBIEKTÓW NA SKŁADOWISKU
ODPADÓW PALENISKOWYCH ELEKTROCIĘPŁOWNI
SIEKIERKI

Skala 1 : 10000



Objaśnienia :

- | | | | |
|-----|--|-------|--|
| 1 - | składowisko stałe | ⊖ - | składowisko stałe w trakcie eksploatacji |
| 2 - | składowisko przejściowe | 6 - | baza remontowo-socjalna |
| 3 - | tor boczny kolejowej | ○ - | ujęcie wody |
| 4 - | tor pętli boczny kolejowej | 7 - | rampa rozładunkowa |
| 5 - | wał przeciwpowodziowy | - - - | trasy komunikacyjne |
| ⊖ - | składowisko stałe z zakończoną eksploatacją i biologiczną rekultywacją | | |

2.2.4. Uzbrojenie podziemne terenu

Na uzbrojenie podziemne terenu składowiska składają się:

- ujęcie wgłębne wody za pomocą 5 studni wierconych z pompą głębinową i instalacją tłoczną,
- hydranty i rurociągi instalacji zraszającej,
- hydranty przeciwpożarowe,
- kanalizacja pomieszczeń bazy remontowo-socjalnej wraz z osadnikami gnilnymi,
- kable elektryczne i telefoniczne.

2.3. Eksploatacja i biologiczna rekultywacja składowiska

2.3.1. Eksploatacja składowiska

Elektrociepłownia Siekierki rozpoczęła pracę w 1962 r. W pierwszych latach odpady paleniskowe składano na tzw. składowisku rezerwowym na Kępie Zawadowskiej. Większość popiołu i żużlu była odbierana przez zakłady prefabrykarskie. W następnych latach w wyniku większych potrzeb energetycznych Warszawy nastąpiła rozbudowa Elektrociepłowni Siekierki. Efektem wzrostu mocy cieplnej i elektrycznej elektrociepłowni był przyrost ilości odpadów paleniskowych. Składowisko rezerwowe przekształcono w składowisko podstawowe. Bilans uchwyconych, wykorzystanych przemysłowo i przekazanych na składowisko popiołów i żużli podano w tabeli 1.

Do 1985 r. składowisko odpadów paleniskowych zostało wypełnione do poziomu korony wału przeciwpowodziowego Wisły (do rzędnej 90 m npm). W następnych latach składowisko sukcesywnie podwyższano. W 1993 r. wysokość głównego frag-

mentu składowiska osiągnęła rzędną około 114 m npm, a w rejonie wału przeciwpowodziowego rzędną ok. 108 m npm. Składowisko zostanie w całości wypełnione ok. 1997 r.

Odpady paleniskowe (popiół i żużel) powstałe w wyniku spalania węgla kamiennego w Elektrociepłowni Siekierki transportowane są w stanie zwilżonym taborem kolejowym na składowisko w Kępie Zawadowskiej. Wyładunek odbywa się na rampach. Stąd ładowarki spalinowe zabierają i wywożą popiół i żużel na składowisko stałe, gdzie są rozlokowane przez spychacze i zagęszczane walcem wibracyjnym. W okresie zimowym odpady paleniskowe są wywożone na składowisko przejściowe. W okresie letnim odpady są z kolei transportowane ze składowiska przejściowego na składowisko stałe. Ze składowiska przejściowego popiół i żużel odbierane są także przez odbiorców przemysłowych, głównie do produkcji prefabrykatów budowlanych.

Składowisko odpadów formowane było etapami, o miąższości nasypu w każdym z etapów wynoszącej ok. 4 m. Nachylenie skarp nasypu wynosi około 1:3. Pomiedzy skarpami kolejnych nasypów formowane były ławki szerokości 5 m. Każdy etap nasypu rozpoczynano od formowania z po-

TABELA 1. Bilans uchwyconych, wykorzystanych przemysłowo i przekazanych na składowisko odpadów paleniskowych (w tys. ton)

Lata	Uchwycono	Wykorzystano przemysłowo	Przekazano na składowisko
1978 ¹⁾	307	159	148
1984 ¹⁾	491	185	306
1991 ²⁾	266	87	179

¹⁾ Wg Jaroszek i in. 1986. ²⁾ Wg Martynuska i in. 1993.

piołu wału zewnętrznego i jego wyprofilowania. Następnie rozścielano warstwami odpady paleniskowe i zagęszczano aż do korony wału. W celu ograniczenia pylenia składowiska powierzchnie skarp zewnętrznych i ławek do czasu rekultywacji oraz poziome powierzchnie bieżące formowanych nasypów sztucznie zraszano.

2.3.2. Biologiczna rekultywacja składowiska

Składowisko odpadów paleniskowych, sukcesywnie, w miarę jego formowania, było biologicznie rekultywowane. Skarpy zewnętrzne nasypów i ławki między skarpami nasypów pokrywane były urodzajną ziemią i obsiewane nasionami traw i roślin motylkowatych. Lokalnie powierzchnię składowiska pokrywano darnią lub materacami trawiastymi.

W celu zapewnienia prawidłowej bieżącej wegetacji roślin prowadzone są systematyczne zabiegi agrotechniczne (nawożenie mineralne, koszenie). W okresach posusznych roślinność jest deszczowana instalacją zraszającą. Dobowa dawka polewowa wynosi ok. 10 mm.

2.4. Charakterystyka morfologiczna oraz fizyko-chemiczna składowiska odpadów paleniskowych

Składowisko odpadów paleniskowych stanowi stałą pozostałość po spaleniu węgla. Odpady paleniskowe w swej masie zawierają od 90 do 99% popiołu lotnego i od 1 do 10% żużla. Popiół ma wygląd szarej ziemistej masy. W stanie suchym popiół

jest sypki, rozdrobniony, silnie pyłący, a w stanie mokrym – spoisty i często twardy. W składowisku żużel wbudowywany jest lokalnie, w formie kilkucentymetrowych warstewek. W dokumentacji archiwalnej brak jest badań dotyczących jego właściwości, ilości i miejsca wbudowania. Z uwagi na to, iż główną masą składowiska jest popiół, który stwarza zagrożenie dla środowiska, w niniejszym opracowaniu nie uwzględniono charakterystyki żużla, jak i jego wpływu na środowisko. Popiół na składowisku charakteryzuje się stosunkowo równomiernym składem granulometrycznym. W ocenie gleboznawczej odpowiada on piaskom gliniastym bądź glinom piaszczystym (tab. 2).

TABELA 2. Skład granulometryczny popiołu

Procentowa zawartość poszczególnych frakcji w mm			
> 1,0	1,0–0,1	0,1–0,02	< 0,02
—	50 ¹⁾	33	17
—	36 ¹⁾	40	24
—	47 ²⁾	36	17
—	45 ³⁾	36	19

1) Wg Maciaka i in. 1984. 2) Wg Maciaka i in. 1988. 3) Wg Maciaka i in. 1989.

Gęstość fazy stałej popiołu wynosi ok. 2 g/cm³ i jest niższa od gleb mineralnych. Jego gęstość objętościowa w stanie suchym kształtuje się na poziomie 1 g/cm³ (tab. 3). Można ją przyrównać do utworów organicznych zamulonych.

Popiół na składowisku charakteryzuje się dużą podatnością na pylenie. Niska gęstość fazy stałej i kulisty kształt ziarn stwarzają warunki łatwego ich odstawiania od

TABELA 3. Wybrane właściwości fizyczne popiołu (według Maciaka i in. 1984, 1988, 1991)

Gęstość fazy stałej g/cm ³	Gęstość objętościowa g/cm ³		Porowatość ogólna % obj.
	w stanie wilgotnym	w stanie suchym	
2,06 ¹⁾	1,40	1,00	51
1,82–2,15 ²⁾	1,35–1,46	0,93–1,03	49,0–57,0

1) Wartości średnie. 2) Wartości ekstremalne.

TABELA 4. Wybrane właściwości wodne popiołu (wg Maciaka i in. 1988, 1991)

Współczynnik filtracji cm/d	Wilgotność w % obj. przy pF				Maksymalna pojemność wodna % obj.
	4,2	3,7	2,2	0	
35	9	12	32	54	62–68

podłoża w stanie suchym i przenoszenia na duże odległości (Chróst i Kobus 1981).

Maksymalna pojemność wodna popiołu wynosi ok. 65% i jest stosunkowo wysoka. Zawartość wody użytecznej dla roślin wynosi tylko ok. 20%. Współczynnik filtracji dla popiołu wynosi ok. 35 cm/d (tab. 4).

Popiół charakteryzuje się dużą zmiennością właściwości chemicznych w poszczególnych latach (tab. 5–7). Skład chemiczny zależy od jakości węgla spalonego w elektrociepłowni. Popiół ma znaczną alkaliczność (pH 8,4–9,3). Zawiera duże ilości krzemionki (48–85% SiO₂ w s.m.), żelaza (1,2–9,2%) i glinu do 14,6%. Zawiera również znaczne ilości wapnia (do 8%) i magnezu (do 2,7%).

Popiół nie zawiera azotu, ma natomiast niewielkie ilości fosforu (0,07–0,27%) i potasu (0,06–4,4%). W procesie spalania węgla w wysokich temperaturach pierwiastki te ulegają stratom.

Dla większości oznaczonych metali ciężkich w popiołach zawartości średnie mieszczą się w pobliżu górnej granicy gleb nie zanieczyszczonych. Jedynie zawartość

Ba, V, Zn, Cu i Pb w popiołach jest często wyższa od średnich dla gleb mineralnych (Borucki 1991).

2.5. Strefy ochronne składowiska

Dla składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki, w celu ochrony środowiska i interesów użytkowników terenów przyległych, decyzją lokalizacyjną Nr 69/89 z 17.10.1989 r., Wydział Architektury i Gospodarki Mieszkaniowej Urzędu Dzielnicy-Gminy Warszawa-Mokotów ustalił 500-metrową strefę ochronną (normatywną). W jej obrębie określono 100-metrową strefę wykwaterowań i 50-metrowy pas zwartej zieleni izolacyjnej. Strefy te przedstawiono na rysunku 3.

Aktualnie Elektrociepłownia Siekierki reguluje prawa własności do gruntu w wymienionym 50-metrowym pasie terenu, bezpośrednio przyległym do składowiska.

TABELA 5. Charakterystyka właściwości fizyko-chemicznych popiołów w latach 1977–1991

Rok ozna- czenia	Straty na żarzenie % s.m.	Zasolenie mS/cm	pH w wodzie	Krze- mionka SiO ₂ % s.m.	Wapń Ca	Magnez Mg	Potas K
1977				<u>50</u> 48–51	<u>2,4</u> 2,3–2,5	<u>1,4</u> 1,2–1,5	<u>2,4</u> 2,3–2,5
1979	3,20			54	1,6	0,64	1,8
1980	4,7			57	1,8	1,1	1,6
1981				<u>55</u> 53–57	<u>7,1</u> 6,2–8,0	<u>2,5</u> 2,4–2,7	<u>2,0</u> 1,8–2,2
1984				54	1,7	1,2	
1984				<u>58</u> 54–65	<u>3,5</u> 1,7–4,9	<u>1,4</u> 1,0–2,0	<u>3,0</u> 2,8–3,2
1984	<u>10</u> 7–15	4,3	<u>9,2</u> 9,1–9,2	<u>73</u> 69–76	<u>2,8</u> 2,1–3,8	<u>0,9</u> 0,8–1,0	<u>0,9</u> 0,06–0,12
1985			9,1		0,2	0,27	0,27
1985		4,5	9,3	80	0,54	0,20	0,12
1985				51	2,0	1,3	2,6
1986			<u>9,0</u> 8,9–9,1	<u>55</u> 54–56	<u>2,0</u> 1,7–2,4	<u>2,0</u> 1,8–2,2	<u>3,5</u> 2,9–4,4
1986	<u>11,4</u> 8,0–14,9	5,0	<u>9,0</u> 8,9–9,1	<u>72</u> 69–76	<u>3,3</u> 2,9–3,8	<u>0,83</u> 0,67–1,0	<u>0,11</u> 0,10–0,12
1987	6,9	5,0	8,9	73	2,1	0,85	0,06
1989	4,0		8,4	84,5	0,95	0,90	0,09
1990				84,5	0,95	0,90	0,20
1991							
1977–1991	3,2–15,0	4,3–5,0	8,4–9,3	48–85	0,02–8,0	0,2–2,7	0,06–4,4

a) 1. Kobus (1985), 2. Jaroszek i in. (1986), 3. Maciak i in. (1984),
4. Maciak i in. (1985), 5. Maciak i in. (1988), 6. Kobus (1987),
7. Maciak i in. (1989), 8. Maciak i in. (1991), 9. Borucki (1991).

(średnio)
(zakres)

Fosfor	Sód	Żelazo	Glin	Tytan	Siarka	Autor ^{a)}
P	Na	Fe	Al	Ti	S	
$\frac{0,17}{0,15-0,20}$	$\frac{2,2}{1,7-3,3}$	$\frac{4,3}{4,2-4,6}$	$\frac{10,9}{9,4-11,8}$	$\frac{1,25}{0,97-1,78}$	$\frac{0,32}{0,26-0,38}$	1
0,14	0,26	3,1	12,9	1,00	0,33	2
0,24	0,38	9,2	13,2	1,20	0,47	2
$\frac{0,20}{0,14-0,27}$	$\frac{0,41}{0,31-0,51}$	$\frac{5,5}{5,2-5,8}$	$\frac{7,9}{7,4-8,4}$	$\frac{1,03}{1,00-1,07}$	$\frac{0,58}{0,48-0,68}$	1
		5,3	14,6			2
$\frac{0,08}{0,07-0,09}$	$\frac{0,57}{0,55-0,59}$	$\frac{4,8}{4,1-5,3}$	$\frac{11,6}{7,2-14,6}$	$\frac{1,05}{0,85-1,20}$	$\frac{0,84}{0,46-1,16}$	1
$\frac{0,14}{0,11-0,19}$	$\frac{0,05}{0,03-0,10}$	$\frac{3,3}{2,5-4,1}$	$\frac{2,5}{2,2-3,1}$		$\frac{0,2}{0,1-0,3}$	3
	0,16	1,9	1,6			4
0,14	0,04	3,0	1,6			5
0,15	0,48	5,7	12,0	1,01	0,39	2
$\frac{0,08}{0,07-0,09}$	$\frac{0,38}{0,37-0,39}$	$\frac{3,2}{1,3-4,2}$	$\frac{14,4}{14,0-14,6}$	$\frac{1,28}{1,19-1,41}$	$\frac{0,19}{0,14-0,28}$	6
$\frac{0,10}{0,08-0,12}$	$\frac{0,06}{0,03-0,09}$	$\frac{2,1}{1,5-2,7}$	$\frac{2,2}{2,2}$		$\frac{0,30}{0,30}$	7
0,11	0,04	3,5	2,3		0,20	5
	0,05	1,2				7
	0,15	1,2				8
		3,6	12,1	0,55		9
0,07-0,27	0,03-3,3	1,2-9,2	1,6-14,6	0,55-1,8	0,1-1,16	

TABELA 6. Zakres i średnie zawartości wybranych mikroskładników w popiołach w latach 1977–1991

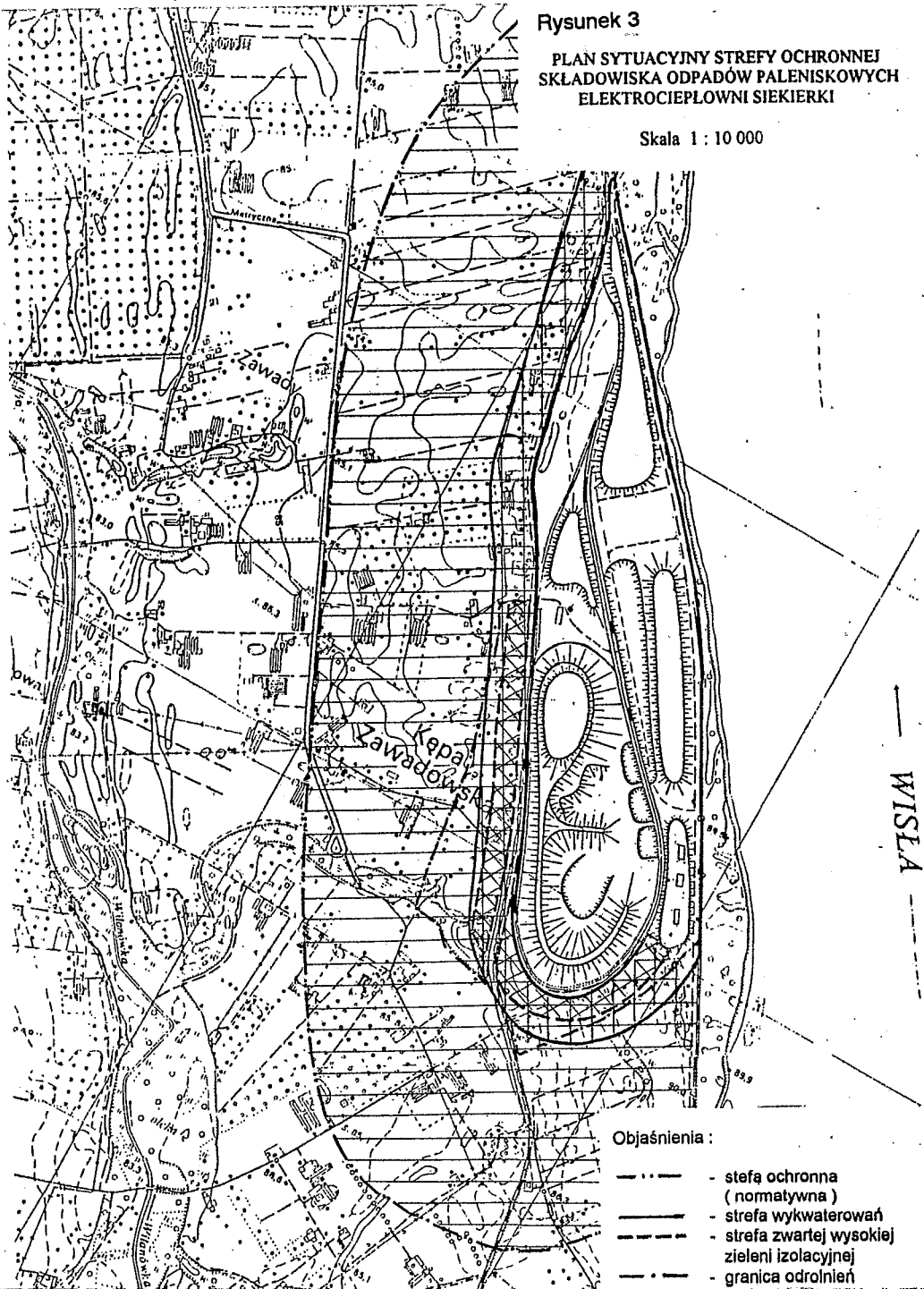
Rok ozna- czenia	Stront Sr	Lit Li	Arsen As	Miedź Cu	Cynk Zn	Ołów Pb	Chrom Cr	Nikiel Ni	Mangan Mn	Bor B	Kadm Cd	Kobalt Co	Au- tor ^{a)}
ppm													
1977	$\frac{59}{32-81}$	$\frac{180}{120-210}$		$\frac{83}{70-90}$	$\frac{147}{120-176}$		$\frac{136}{120-148}$		$\frac{547}{490-630}$		$\frac{26}{20-30}$		1
1981	$\frac{81}{57-106}$	$\frac{142}{133-152}$		100	$\frac{221}{202-240}$	115	$\frac{87}{81-94}$		680				1
1981			$\frac{39}{30-53}$	$\frac{106}{85-120}$	$\frac{178}{109-257}$	$\frac{157}{126-207}$	$\frac{160}{111-363}$	$\frac{124}{110-150}$	$\frac{708}{595-893}$	$\frac{160}{120-195}$	$\frac{6}{5-10}$	$\frac{27}{19-33}$	2
1984	$\frac{90}{42-140}$	$\frac{239}{164-314}$		$\frac{160}{100-250}$	$\frac{240}{170-370}$		$\frac{192}{95-320}$		$\frac{1000}{500-1600}$		$\frac{30}{10-50}$		1
1984			0,85	$\frac{70}{45-95}$	$\frac{128}{138-247}$	$\frac{41}{34-55}$	$\frac{40}{25-56}$	$\frac{20}{18-22}$	$\frac{650}{620-684}$				3
1985				40	51	12	72	30	224		4	18	4
1985				40	51	12	72	30	224		4	18	5
1986	$\frac{33}{20-70}$	$\frac{145}{140-180}$		$\frac{80}{70-90}$	$\frac{150}{130-160}$	$\frac{90}{80-100}$	$\frac{163}{110-190}$		$\frac{510}{470-560}$		$\frac{50}{50}$		6
1986			$\frac{0,85}{0,85}$	$\frac{75}{69-82}$	185	$\frac{54}{53-55}$	$\frac{41}{25-58}$	18	$\frac{634}{620-648}$		3	12	5, 7
1987				95	247	34	56	20	646		3	10	5
1989				56	84	23	54		224		1,5	śl.	7
1990				56	84	23	54	28	224		1,0	12	8
1991	477			135	174	72	140	84	563			31	9
1977– 1991	20–477	120–314	0,8–53	40–250	51–370	12–207	25–363	18–150	224–1600	120–195	1,0–50	śl.–33	

a) 1. Kobus (1985), 2. Chróst i Kobus (1981), 3. Maciak i in. (1984), 4. Maciak i in. (1985), 5. Maciak i in. (1988), 6. Kobus (1987), 7. Maciak i in. (1989), 8. Maciak i in. (1991), 9. Borucki (1991).

Rysunek 3

PLAN SYTUACYJNY STREFY OCHRONNEJ
SKŁADOWISKA ODPADÓW PALENISKOWYCH
ELEKTROCIĘPŁOWNI SIEKIERKI

Skala 1 : 10 000



Rysunek 4

REJON SKŁADOWISKA ODPADÓW ELEKTROCIĘPŁOWNI
SIEKIERKI W MIEJSCOWYM PLANIE OGÓLNYM
ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO
M. ST. WARSZAWY

Skala 1 : 25 000

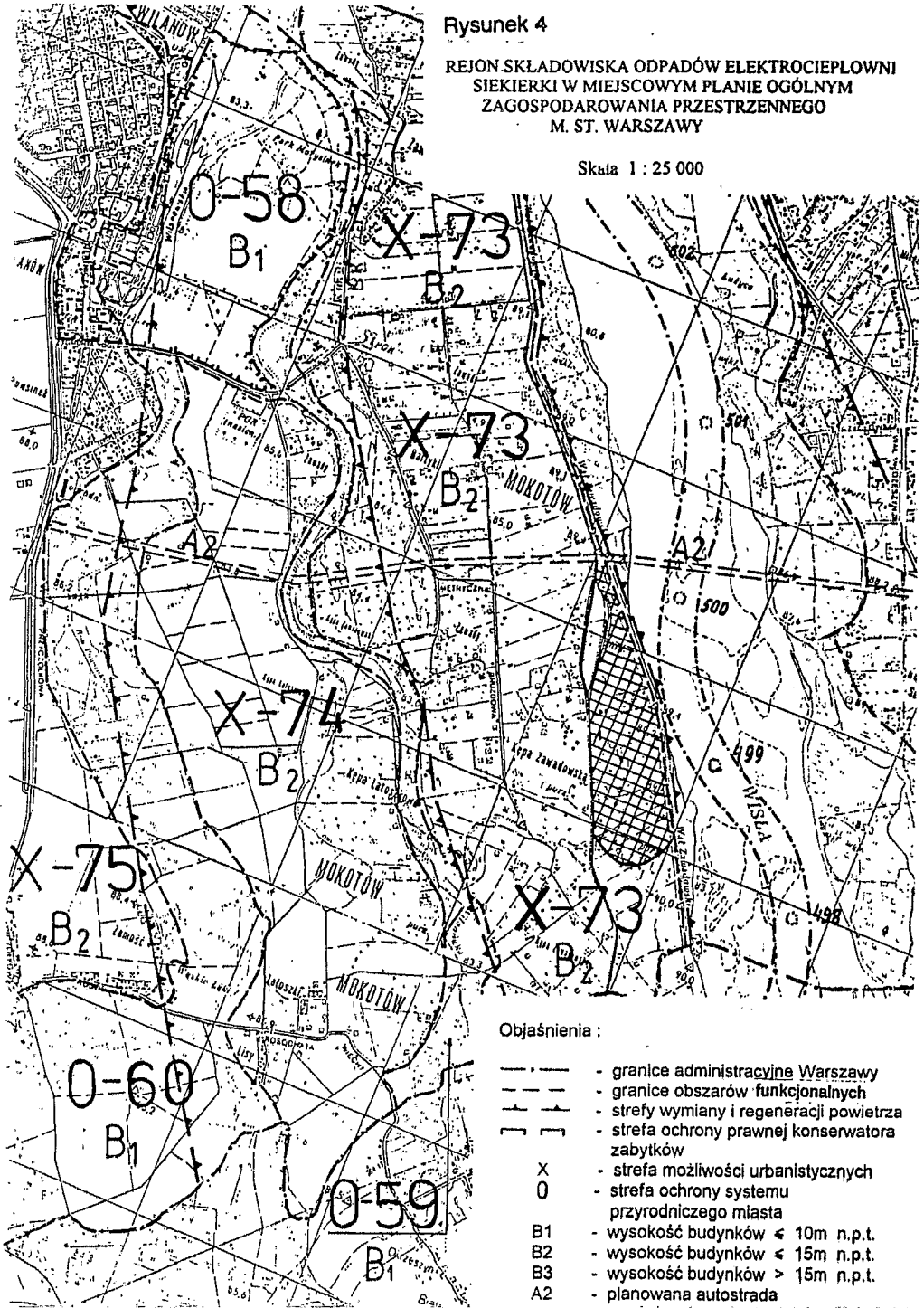


TABELA 7. Zakres i średnie zawartości wybranych metali w popiołach w latach 1981 i 1991

Metale		1981 r. wg Chróst i Kobus (1981)	1991 r. wg Boruckiego (1991)
		ppm	
German	Ge	12(10–15)	9
Gal	Ga	42(37–45)	33
Beryl	Be	4,4(4,1–4,7)	6
Cyna	Sn	5,6(5,1–6,1)	
Wanad	V	227(203–287)	189
Antymon	Sb	10(8–11)	
Molibden	Mo	6(3–10)	3
Tal	Tl	4(3–5)	
Cyrkon	Zr	3(1–10)	
Wolfram	W	3(1–10)	193

2.6. Rejon składowiska odpadów paleniskowych w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy

Składowisko odpadów paleniskowych i tereny sąsiednie, według miejscowego planu ogólnego zagospodarowania prze-

strzennego miasta stołecznego Warszawy (Rościszewski i in. 1992), położone są w granicach obszaru funkcjonalnego X-73. Obejmuje on obszar położony w międzyrzeczu Wisły i Wilanówki. Jest to strefa możliwości urbanistycznych z zabudową do 15 m wysokości (rys. 4).

Tereny bezpośrednio przyległe do obszaru funkcjonalnego X-73 pełnią następujące funkcje:

a) rzeka Wisła w granicach międzywala jest strefą wymiany i regulacji powietrza dla miasta Warszawy,

b) dolina rzeki Wilanówki jest strefą ochrony systemu przyrodniczego miasta.

Najcenniejszym obszarem przyrodniczo-kulturowym, funkcjonalnie związanym pośrednio, jest Zespół Pałacowo-Ogrodowy w Wilanowie i Park Marysinek. Obiekty te znajdują się w obszarze funkcjonalnym 0-58. Składowisko odpadów oddalone jest od granicy tego obszaru o 2,3 km (do Zespołu Pałacowo-Ogrodowego odległość wynosi ok. 3 km). Całość tego obszaru jest pod ochroną prawną konserwatora zabytków.

3. Charakterystyka elementów środowiska przyrodniczego i społecznego, które mogą być poddane oddziaływaniu składowiska odpadów paleniskowych i innych obiektów

3.1. Rzeźba terenu

Składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki położone jest na lewobrzeżnym tarasie zalewowym wyższym, wznoszącym się o około 5 m nad poziomem dna Wisły. Na powierzchni tarasu, w sąsiedztwie składowiska, zachowały się liczne starorzecza. Niektóre z nich wypełnione są wodą. Niektóre mikroformy zostały zniwelowane. Pojawiły się tu także nowe sztuczne obiekty – rowy melioracyjne, drogi. Łatwo wyróżnialną jednostką w rzeźbie terenu jest składowisko odpadów, wzniesione o ok. 29 m nad powierzchnią terenu. Jego bryła jest widoczna z dużych odległości i wielu punktów widokowych. Burzy ona krajobraz dolinowy w aspekcie wizualnym.

Omawiana rzeźba terenu jest funkcjonalnie związana z korytem rzeki Wisły i jej

współczesnym tarasem zalewowym. Obiektami sztucznymi, dominującymi w krajobrazie są wały przeciwpowodziowe – Moczydłowski i Miedzeszyński, wzniesione o ok. 5 m nad powierzchnią terenu.

3.2. Klimat lokalny

Klimat lokalny rejonu składowiska odpadów paleniskowych kształtują warunki klimatyczne doliny Wisły i wysoczyzny polodowcowej. Można go scharakteryzować przez wybrane elementy meteorologiczne ze stacji IMGW Warszawa-Ursynów i Warszawa-Okęcie, podane w tabeli 8 i na rysunku 5.

Średni roczny opad atmosferyczny wynosi ok. 510 mm. Średnia roczna temperatura powietrza $+7,9^{\circ}\text{C}$. W strefie powierzchniowej prędkość najczęściej

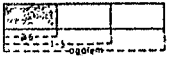
TABELA 8. Charakterystyka wybranych elementów meteorologicznych

Miesiące	Warszawa-Ursynów ¹⁾ 1960–1992		Warszawa-Okęcie ²⁾ 1931–1960		
	suma opadów w mm	średnia temperatura powietrza w $^{\circ}\text{C}$	suma opadów w mm	średnia liczba dni z opadem	
				1,0 mm	10,0 mm
IV–IX	332	14,3	327		
I–XII	516	7,9	502	101	127

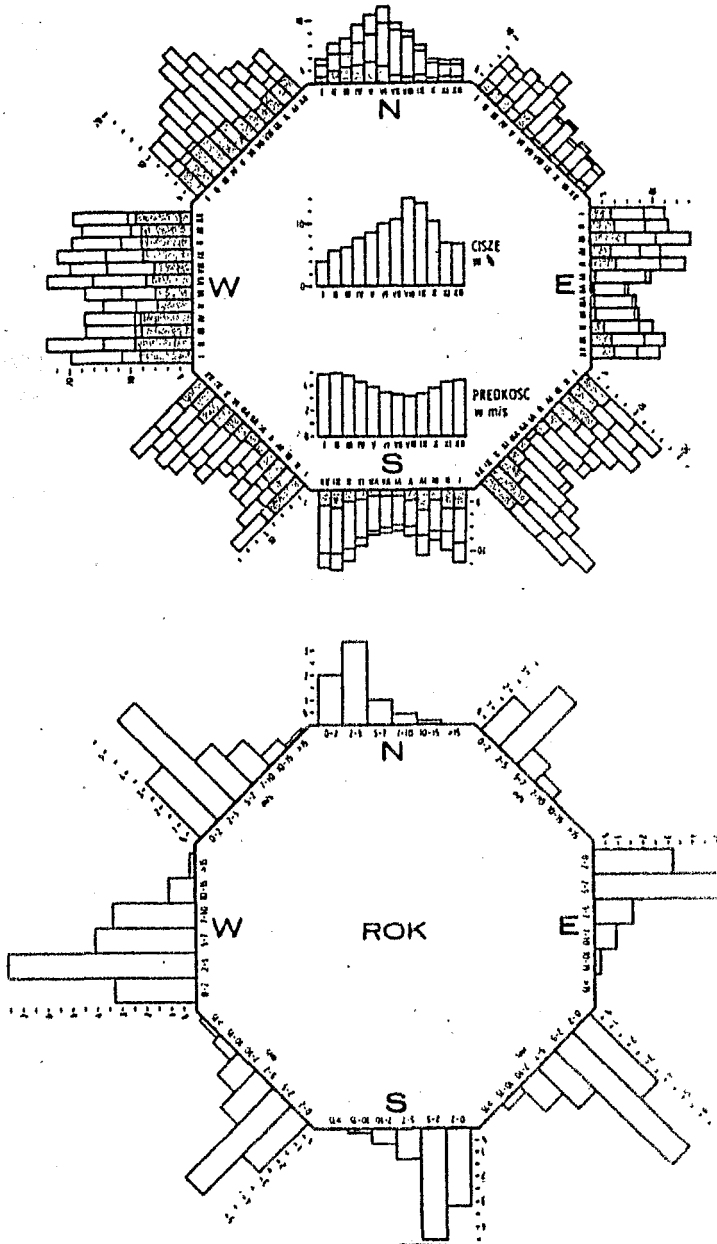
¹⁾ Wg notowań SGGW. ²⁾ Wg Atlasu Klimatycznego Polski (1979).

Rysunek 5

PROCENTOWY ROZKŁAD MIESIĘCZNY
I ROCZNY PRĘDKOŚCI WIATRU DLA
STACJI IMGW WARSZAWA-OKĘCIE
(w m/s) W LATACH 1931-1960
(wg, Atlasu Klimatycznego Polski 1973)



przedziały: 0-2, 2-5, 5-7,
7-10, 10-15, >15 m/s



wiejących wiatrów waha się w granicach 2–4 m/s. W przebiegu rocznym maksimum prędkości wiatrów przypada na okres zimowy, a minimum na sezon letni. Przeważają wiatry zachodnie.

3.3. Hydrografia i hydrologia

Sieć hydrograficzną w rejonie składowiska odpadów paleniskowych tworzą rzeki Wisła i Wilanówka (rys. 1).

Składowisko odpadów paleniskowych położone jest w zlewni Wilanówki. Jego zlewnia własna znajduje się w granicach wyznaczonych wałem przeciwpowodziowym Wisły i terenem bocznicy kolejowej. Układ wód powierzchniowych między Wisłą a Wilanówką nawiązuje do morfologii terenu i jego budowy geologicznej. Jest ona w istotnym stopniu zróżnicowana przez system ulic.

Integralną częścią hydrografii Wilanówki jest przepływowe Jezioro Wilanowskie. Jest ono zasilane przez Potok Służewiecki oraz system hydrograficzny Jeziora Powsinkowskiego. Ujściowy odcinek Wilanówki ma wały wsteczne obustronne, zabezpieczające tereny chronione od napływu wód wielkich ($Q_{p=1\%}$) od strony Wisły.

Składowisko oddzielone jest od współczesnego tarasu zalewowego Wisły w 498+700+500+200 km jej biegu wałem przeciwpowodziowym, chroniącym tereny doliny Moczydłowskiej i Wilanowskiej przed wielką wodą o prawdopodobieństwie występowania $p = 0,1\%$. Trasa regulacyjna Wisły na tym odcinku znajduje się w pobliżu wału przeciwpowodziowego (rys. 4).

Charakterystyczne przepływy i stany wody w Wiśle, na wysokości składowiska w km 500, według danych ODGW (za Martynuskiem i in. 1993) wynoszą:

przepływy	stany wody	czas trwania w roku
$Q_{0,1\%} = 9600 \text{ m}^3/\text{s}$	89,7 m npm	<10 dni
$Q_{1\%} = 7430 \text{ m}^3/\text{s}$	88,37 m npm	ok. 10 dni
Q_{BrzW} – brak danych	84,54 m npm	ok. 15 dni
$Q_{SW} = 900 \text{ m}^3/\text{s}$	ok. 82,00 m npm	ok. 40 dni
$Q_{SNW} = 190 \text{ m}^3/\text{s}$	ok. 80,60 m npm	ok. 345 dni

3.4. Hydrogeologia

Podłoże składowiska i terenów bezpośrednio przyległych budują utwory czwartorzędowe akumulacji rzecznej (rys. 6). Są to głównie piaski o zmiennej granulacji, lokalnie z wkładkami gruntów spoistych (Chróst i Kobus 1981). Zmienność utworów podłoża składowiska charakteryzują poniższe opisy profilów geologicznych zlokalizowanych przy Wale Moczydłowskim (Przedsiębiorstwa Hydrogeologiczne 1979):

Otwór 1

- 0,0–0,5 gleba
- 0,5–3,5 piasek gliniasty
- 3,5–6,0 piasek drobnoziarnisty
- 6,0–10,0 piasek średnioziarnisty
- 10,0–12,0 piasek pylasty
- 12,0–13,5 glina pylasta
- 13,5–20,5 piasek średnioziarnisty

Otwór 2

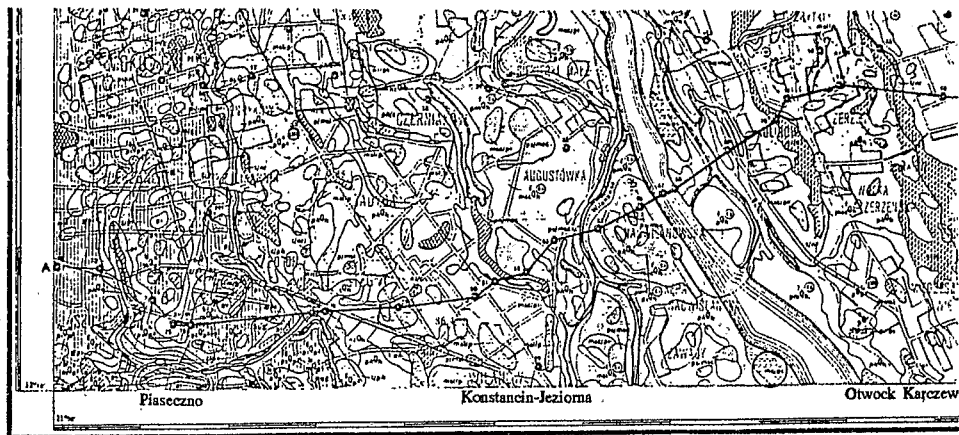
- 0,0–2,0 piasek drobnoziarnisty
- 2,0–6,0 piasek średnioziarnisty
- 6,0–11,0 piasek średnioziarnisty z otczkami i żwirem
- 11,0–11,6 il pylasty
- 11,6–16,0 piasek drobnoziarnisty
- 16,0–16,8 il

Podobna zmienność utworów akumulacji rzecznej występuje po prawej stronie Wisły (Pawlat i in. 1993).

Rysunek 6

MAPA GEOLOGICZNA POLSKI - ARKUSZ WARIANT WSCHÓD
REJON SKŁADOWISKA POPIÓŁÓW ELEKTROCIĘPŁOWNI SIEKIERKI
Wg. Sarnackiej 1980

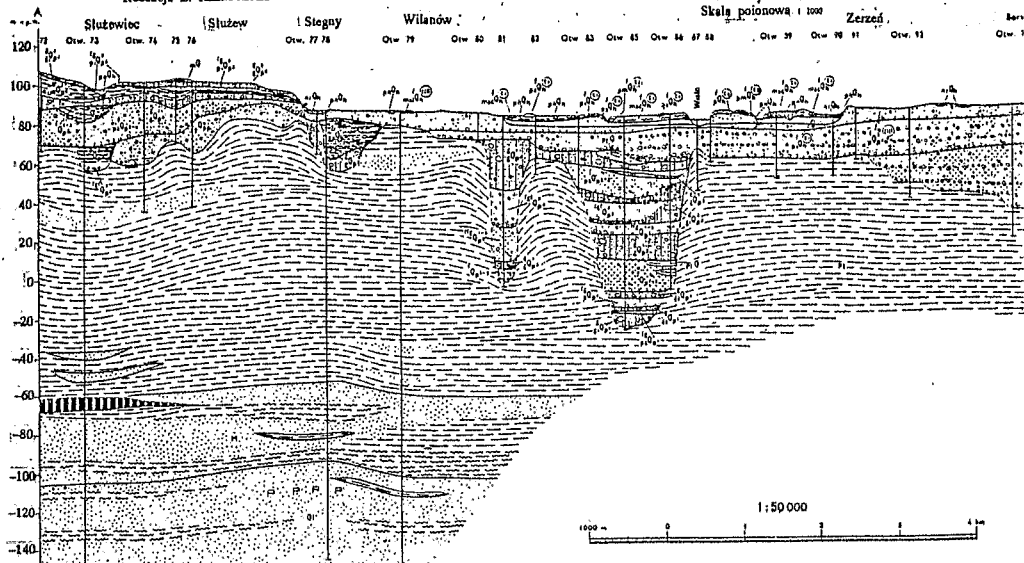
Skala 1 : 50 000



Akcept. do druku J. MALINOWSKI
Redakcja Z. KLIMCZAK

360 - Piaszczno

PRZĘCZÓJ GEOLOGICZNY
Skala pionowa 1:1000



Objaśnienia :

$^{s}_{mac}O_h^1$ - mulki ilaste	$^{s}_{p}O_h^1$ - piaski rzeczne	$^{s}_{g}O_p^1$ - gliny zwalowe
$^{s}_{zp}O_{p-1}$ - żwirki, piaski i mulki rzeczne	O_i - piaski, piaski ze żwirem, ropy i mulki	
M - piaski, ropy, mulki	pl - ropy, mulki i piaski	

W utworach czwartorzędowych występuje jeden poziom wód gruntowych o zwierciadle swobodnym, stabilizującym się na głębokości od 2 do 4 m ppt. Brak ciągłych warstw nieprzepuszczalnych powoduje, że wody gruntowe są zasilane przez infiltrujące opady atmosferyczne i wody roztopowe oraz dopływ wód gruntowych z terenów sąsiednich. W okresie niskich stanów wody w Wiśle spływ wód gruntowych odbywa się w kierunku rzeki, a w okresie wysokich stanów wody w kierunku odwrotnym.

W podłożu wodonośnych utworów piaszczystych występują trzeciorzędowe ropy, muły i piaski o miąższości ok. 180 m. Ograniczają one kontakt pierwszego poziomu wodonośnego z wodami oligoceńskimi, znajdującymi się na głębokości 200–250 m od powierzchni terenu (rys. 6).

3.5. Gleby

Pod składowiskiem odpadów paleniskowych, na terenach przyległych, jak też po prawej stronie Wisły, w rejonie Wału Miedzeszyńskiego, występują mady średnie i ciężkie, lokalnie lekkie. Wytworzone są one z różnych utworów: piaszczystych, gliniastych i pylastych na piasku luźnym i piasku słabogliniastym. Zasięg konturów poszczególnych rodzajów gleb podano na rysunku 7.

Gleby w rejonie składowiska charakteryzują się gospodarką wodną opadowo-retencyjną. Użytkowane są rolniczo. Uprawiane są głównie warzywa, przeważnie w celu zaopatrzenia mieszkańców Warszawy.

Z badań Czerwińskiego i Pracza (1990) wynika, iż w rejonie składowiska odpadów gleby w powierzchniowej 20 cm warstwie zawierają:

- do 50 mg/kg gleby Zn,
- do 20 mg/kg gleby Pb,
- 10 do 30 mg/kg gleby Cu,

- 10 do 30 mg/kg gleby Cr,
- 10 do 40 mg/kg gleby Ni,
- do 0,5 mg/kg gleby Cd.

Ponadto gleby te nie wykazują objawów zasolenia. Zawartość rozpuszczalnych jonów w 20-centymetrowej warstwie gleby wynosi:

- Ca^{2+} do 10 mg/100 g gleby,
- Mg^{2+} do 2 mg/100 g gleby,
- K^{+} do 5 mg/100 g gleby,
- Na^{+} do 2,5 mg/100 g gleby,
- Cl^{-} do 2,5 mg/100 g gleby,
- SO_4^{2-} do 10 mg/100 g gleby.

Występujące w rejonie składowiska mady charakteryzują się średnią i dużą przepuszczalnością. Mają wysoką pojemność kompleksu sorbcyjnego oraz słabo kwaśny lub obojętny odczyn (pH w 1M KCl 6,6–7,2).

3.6. Pokrycie terenu

Charakterystyczną cechą roślinności terenów sąsiadujących ze składowiskiem odpadów paleniskowych jest jej pasmowy układ, uwarunkowany budową doliny Wisły.

Po lewej stronie Wisły występują:

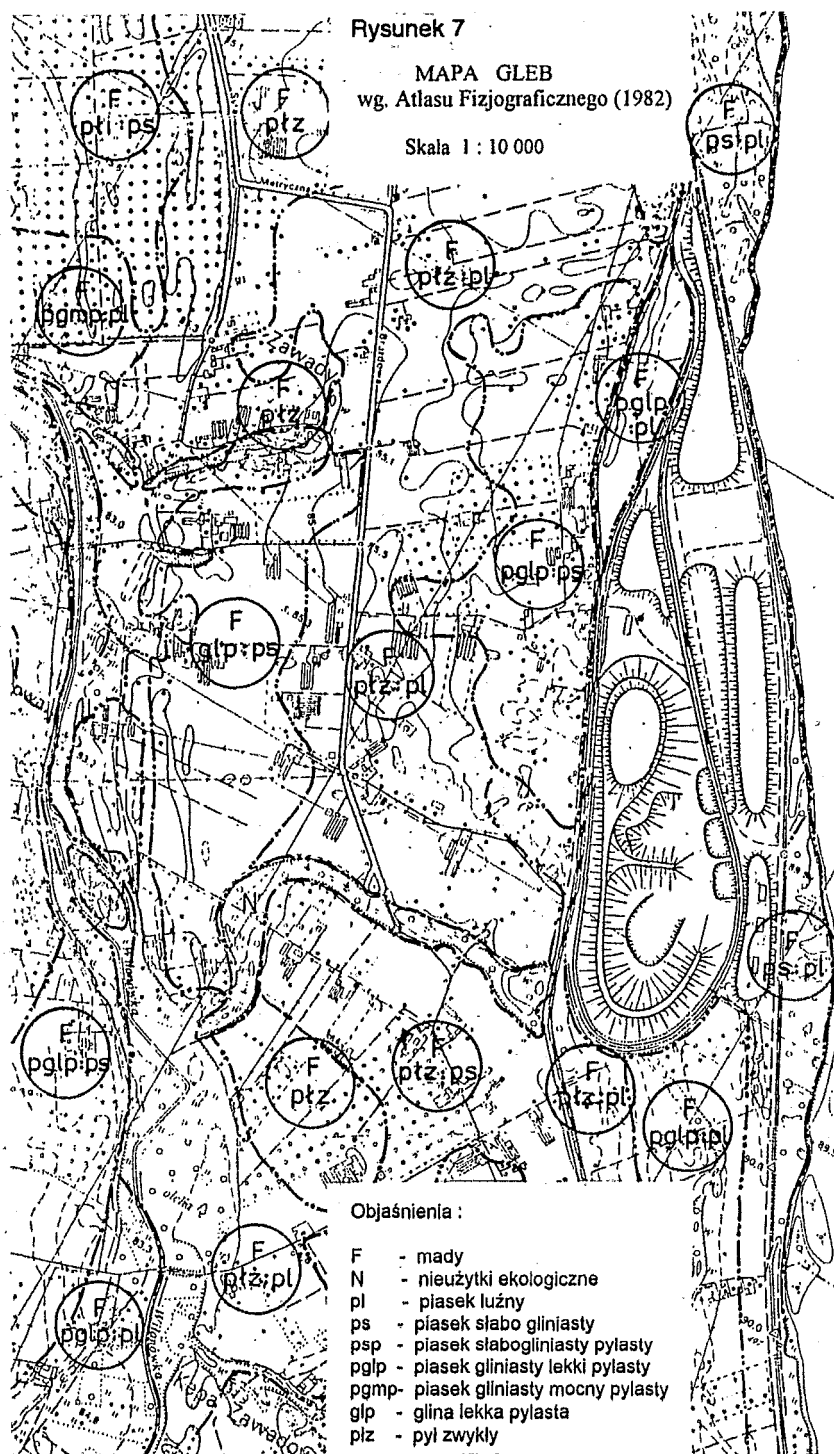
- pasmo współczesnego tarasu zalewowego z roślinnością łągową,
- pasmo tarasu zalewowego wyższego z roślinnością pól, sadów oraz roślinnością synantropijną, towarzyszącą siedliskom ludzkim,
- dolina Wilanówki, wzdłuż której występują zbiorowiska łąkowe i punktowo olszowe,
- pasmo jezior zakolowych ze zbiorowiskami roślinności szuwarowej oraz leśnej (fragmenty lasów łągowych),
- pasmo tarasu nadzalewowego, w części zajęte przez grunty orne, w części zabudowane.

Po prawej stronie koryta Wisły wyróżnia się:

Rysunek 7

MAPA GLEB
wg. Atlasu Fizjograficznego (1982)

Skala 1 : 10 000



- pasmo współczesnego tarasu zalewowego z roślinnością łąkową, lokalnie synantropijną, towarzyszącą siedliskom zabudowanym,
- pasmo tarasu zalewowego wyższego z roślinnością pól, sadów, łąk oraz roślin synantropijnych zabudowań.

3.7. Użytkowanie terenu

W 500-metrowej strefie ochronnej składowiska odpadów paleniskowych znajduje się teren o powierzchni ok. 285 ha. Obszar ok. 130 ha służy celom rolniczym. Pozostałe tereny zajęte są przez nieużytki ekologiczne, wody, drogi, tor kolejowy i zabudowania.

Na obszarze strefy znajduje się ok. 30 zabudowanych siedlisk. Jest to typowa podmiejska zabudowa mieszkaniowa, z budynkami gospodarczymi, których funkcja sprostawa się do obsługi głównego kierunku specjalizacji produkcji rolniczej, jaką jest gruntowa i szklarniowa produkcja warzyw.

Działki gruntów rolniczych są małe, przeważnie 1-hektarowe. Pod względem przydatności rolniczej występujące tu gleby zaliczyć można do kompleksu pszennego dobrego i bardzo dobrego oraz kompleksu żytniego bardzo dobrego. Bonitacyjnie blisko 60% gleb kwalifikuje się do klas najlepszych – od I do IIIb. Pozostałe zaliczane są do klasy IVa–V.

Gleby użytków rolnych mają dobrze wykształcony poziom próchniczny i utrzymywane są w wysokiej kulturze.

W strukturze użytków rolnych ok. 95% stanowią grunty orne, ok. 4% – sady i ok. 1% łąki. W strukturze zasiewów ok. 40% stanowią zboża. Stanowią one element płodozmianu warzywniczego. Pozostała powierzchnia gruntów ornych jest pod roślinami okopowo-przemysłowymi i warzywami. W strukturze upraw warzyw największą po-

wierzchnię zajmuje kapusta i marchew. Stosunkowo dużo uprawia się pietruszki, fasoli, ogórków, buraków ćwikłowych, pomidorów i bobu. Uprawia się tu także kalafior, cebulę, seler, pory, sałatę gruntową, koper, rzodkiewkę i inne rośliny. Niektóre warzywa oraz kwiaty uprawiane są w szklarniach przydomowych i w tunelach foliowych.

Produkcja rolnicza w strefie ochronnej składowiska jest bardzo intensywna, oparta na wysokich dawkach nawożenia. Lista uprawianych roślin dowodzi zaś, iż nie są brane pod uwagę przez użytkowników gruntów zagrożenia tego terenu związane z sąsiedztwem składowiska odpadów paleniskowych.

3.8. Wartości krajobrazowe i kulturowe

Ośią ekologiczną krajobrazu w rejonie składowiska odpadów jest koryto Wisły ze współczesnym tarasem zalewowym.

W kierunku prostopadłym do Wisły można wyróżnić następujące jednostki krajobrazowo-kulturowe:

a) po lewej stronie:

- Park Marysinek z doliną Wilanówki, przyległymi polami uprawnymi, sadami i zabudową jednorodziną,
- Zespół Pałacowo-Ogrodowy Wilanów, z osadą Wilanów i Powsińsk, jeziorami Wilanowskim i Powsińskim, przyległymi polami uprawnymi, sadami i zabudowaniami;

b) po prawej stronie:

- osady Błota, Julianów, Miedzeszyna i Kuligów, rozmieszczone wzdłuż Wału Miedzeszyńskiego, z przyległymi łąkami, polami i sadami.

W wymienionych jednostkach, w aspekcie przyrodniczym i kulturowym, szcze-

gólnie wyróżnia się Zespół Pałacowo-Ogrodowy z przyległymi jeziorami oraz Park Marysinek z doliną Wilanówki. W ocenie przyrodniczej na uwagę zasługuje także współczesny taras zalewowy. Na jego terenie w części przylegającej do Wału Moczydłowskiego, w km 497+700–499+000, projektowany jest park ornitologiczny.

3.9. Źródła zagrożeń środowiska przyrodniczego na terenach bezpośrednio i pośrednio przyległych do składowiska

Źródłem bezpośrednich zagrożeń dla środowiska ożywionego i nieożywionego w rejonie składowiska są:

- składowisko odpadów (emisja pyłów i migracja składników chemicznych),
- Elektrociepłownia Siekierki (emisja pyłów 1988 r. – 26 300 t/rok; emisja gazowa 1988 r. – 41 200 t/rok wg Kielkiewicza (1992),
- zabudowa jednorodzinna i gospodarstwa warzywnicze (brak kanalizacji, ogrzewanie pomieszczeń),
- rolnictwo (nawozy, środki ochrony roślin),
- sieć dróg i linia kolejowa (emisja gazów i pyłów),
- rzeka Wisła (zanieczyszczenia, przepływy wielkich wód).

Źródłem pośredniego zagrożenia jest emisja pyłu i gazu z dalej położonych obszarów.

4. Ocena oddziaływania składowiska na środowisko przyrodnicze

4.1. Pylenie składowiska i opad pyłu w jego rejonie

Drobne cząstki popiołów zgromadzone na składowisku, a w szczególności na powierzchni nie pokrytej roślinnością, po wysuszeniu są porywane przez wiatr i wynoszone na duże odległości. Zjawisko to potęguje się znacznie w czasie prac eksploatacyjnych (transport, składowanie ...).

O intensywności rozwiewania popiołów decydują przede wszystkim ich granulometria, prędkość i rozkład kierunków wiatrów, wysokość składowiska oraz pokrycie powierzchni (bez roślinności i z roślinnością).

Większość ziarn i agregatów popiołu waha się w granicach 0,02–1,0 mm. Mają one bardzo małą gęstość objętościową (tab. 3). Prędkości wiatrów potrzebne do podderwania ziarn popiołu szacować można na podstawie literatury przedmiotu (Juda i Chróściel 1974, Głowiak i in. 1973, Mikolajków 1991) następująco:

średnica ziarn (mm)	przybliżone prędkości wiatru (m/s)
0,25	10
0,2	8
0,1	4
0,06	2,5

Pylenie ze składowiska pojawia się przy wiatrach wiejących z prędkością powyżej 2–3 m/s (Chróst i Kobus 1981). Rozkład wiatrów w granicach 2–4 m/s jest w miarę równomierny. Wiatry o tych prędko-

ściach wywiewają cząstki popiołu poniżej 0,1 mm. Cząstki te stanowią około 55% masy popiołu. Pylenie wywoływane jest pracami eksploatacyjnymi i lokalnie występującymi zawirowaniami powietrza.

Natomiast wiatry o prędkości 4–10 m/s mogą porywać cząstki popiołu o średnicy powyżej 0,1 mm. Wiatry takie mają przeważnie kierunek zachodni. Na tym kierunku znajduje się Wisła (szerokość międzywała ok. 1 km) i przyszłe osiedle Gocław-Julianów.

Najintensywniej emituje pył wyschnięta, biologicznie nieczynna powierzchnia składowiska. Roślinność trawiasta na składowisku nie tylko stabilizuje cząstki popiołu, ale także zmniejsza szybkość wiatru i wyłapuje emitowany pył z innych części składowiska.

W strefie bezpośrednio przyległej do składowiska także występuje pylenie. Powodowane ono jest podrywaniem i osadzaniem lekkich frakcji popiołu z powierzchni roślin przez występujące podmuchy i zawirowania powietrza.

Emisja pyłu ze składowiska w różnym stopniu może oddziaływać na środowisko. Zagrożenia mogą dotyczyć:

- zmian składu chemicznego roślin, w mniejszym stopniu gleb, w bardzo małym stopniu wód otwartych i podziemnych,
- warunków życia i zdrowia mieszkańców i załogi pracującej na składowisku (drażniące działanie na błony śluzowe, ewentualna pylica).

W trakcie formowania składowiska prowadzono wiele prac zabezpieczających przed pyleniem:

- odpady paleniskowe transportowano z terenu elektrociepłowni na składowisko w stanie zwilżonym,
- wagony transportujące odpady czyszczono po załadunku w elektrociepłowni i po rozładunku na składowisku,
- w czasie prowadzenia rozładunku wagonów, przemieszczania odpadów i ich wbudowywania w miarę potrzeby zraszano je wodą,
- powierzchnie robocze składowiska, na które będą przemieszczane następne warstwy odpadów, były także w miarę potrzeby zraszane wodą,
- podzielono składowisko na pola i koncentrowano się z eksploatacją na najmniejszej powierzchni,
- na składowisku głównym budowano obwałowania od strony zachodniej i południowej,
- powierzchnię skarp obwałowań wraz z ławkami sukcesywnie rekultywowano (umacniano zbiorowiskami trawiastymi),
- w okresie zimy odpady składowano w zagłębieniu składowiska przejściowego, znajdującego się tuż przy rampach rozładunkowych.

Obecnie składowisko główne jest już uformowane docelowo i zabezpieczone biologicznie przed pyleniem. Odpady paleniskowe wbudowywane są na polu położonym przy wale powodziowym. Formowane tu składowisko jest na bieżąco biologicznie rekultywowane.

Źródłem pylenia jest obecnie przede wszystkim składowisko przejściowe, na którym rozładowuje się i składa odpady w zimie. Jest ono zagłębione i zasłonięte od strony zachodniej i południowej składowiskiem głównym, a od wschodu częściowo formowanym składowiskiem. W warunkach tych, w porównaniu do lat poprzednich, stopień zagrożenia terenów sąsiednich emisją pyłu jest mniejszy.

Ocena wielkości i zasięgu emisji pyłu w rejonie składowiska jest problemem złożonym i bez specjalistycznych badań jest utrudniona. Tereny przyległe do składowiska są także w zasięgu emisji pyłu Elektrociepłowni.

Badania stopnia oddziaływania na otoczenie emitowanego ze składowiska pyłu zostały wykonane przez Chrósta i Kobus (1981). Próbowano oszacować zmiany natężenia pyłu w powietrzu w miarę wzrostu odległości od składowiska, przy różnych szybkościach wiatru.

Zasięg pyłu przenoszono ze składowiska niezrekultywowanego na tereny przyległe, przy prędkości wiatru do 4 m/s, określono na 250 m. Maksymalne stężenie pyłu w powietrzu stwierdzono w 150-metrowej strefie. Zasięg pylenia przy prędkości wiatru 4–8 m/s, trwającego w roku ok. 30 dni, oceniono na ok. 800 m. Przy wyższych prędkościach wiatru (> 8 m/s), trwających w roku ok. 10 dni, smuga emitowanego pyłu może obejmować zasięgiem kilka, a w niektórych przypadkach kilkanaście kilometrów.

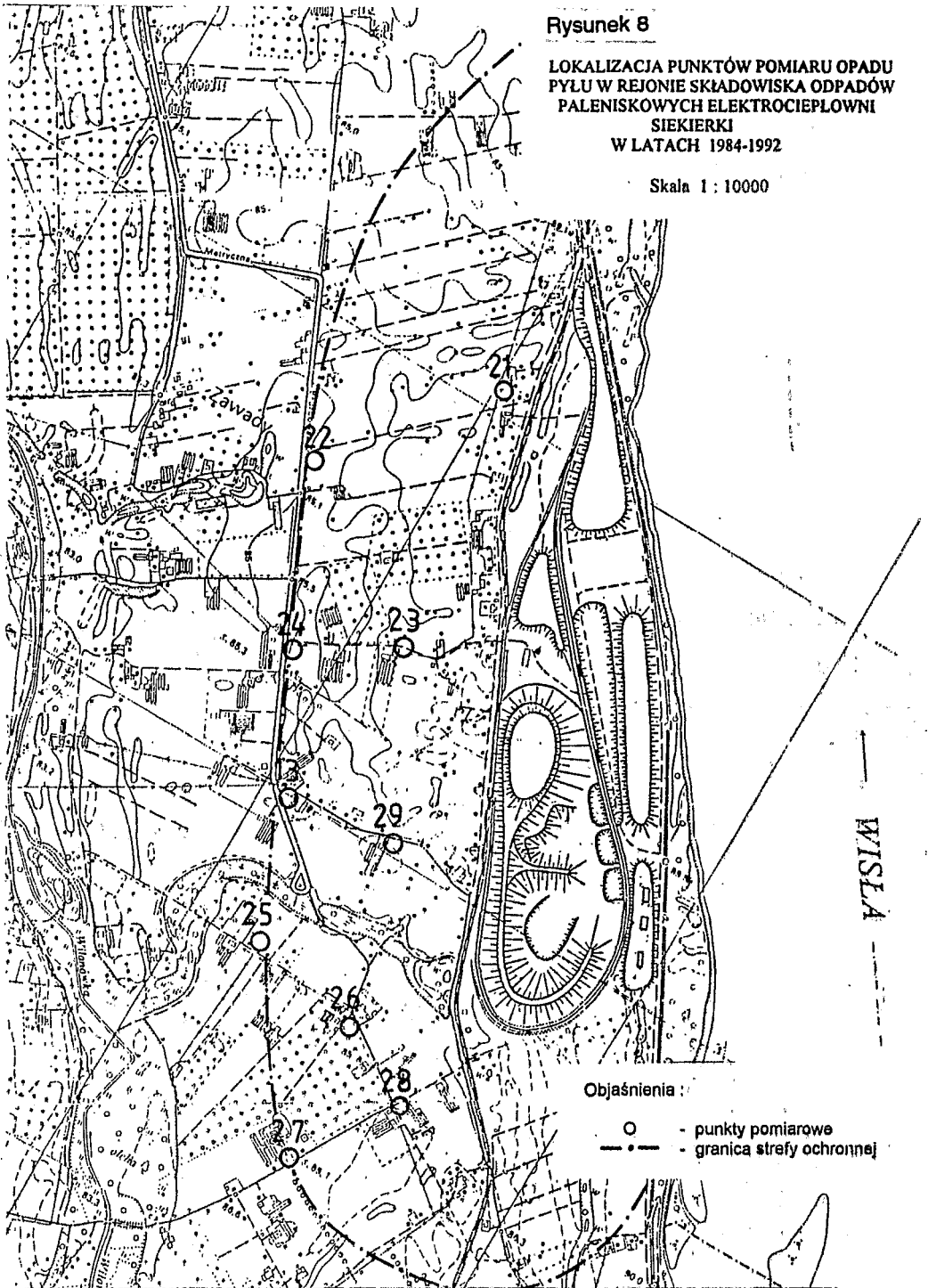
Badania Chrósta i Kobus (1981) dotyczyły składowiska równego z poziomem Wału Moczydłowskiego. W następnych latach zwałowisko zostało podwyższone o 24 m. W warunkach tych intensywność emisji i strefa zapylenia jest większa. Badań w tym zakresie w latach 1991–1993 nie prowadzono.

Opad pyłu w rejonie Elektrociepłowni Siekierki i jej składowiska odpadów charakteryzują wyniki pomiarów w latach 1984–1992, wykonanych przez Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska (Kaczorowski 1984–1989) i Ekoservis (Piros-Kowalska 1992) w Warszawie. Lokalizację punktów ekspozycyjnych w rejonie składowiska przedstawiono na rysunku 8. Miesięczny i roczny opad pyłu określono na podstawie zbiorczego opadu pyłu z powietrza atmosferycz-

Rysunek 8

LOKALIZACJA PUNKTÓW POMIARU OPADU
PYŁU W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW
PALENISKOWYCH ELEKTROCIĘPŁOWNI
SIEKIERKI
W LATACH 1984-1992

Skala 1 : 10000



nego do naczyń osadowych (słoików Weck'a) w wyznaczonych punktach na wysokości 3 m. Syntezy wyników badań podano w tabelach 9–12.

Analiza badań wskazuje, że ilość opadu pyłu w rejonie składowiska odpadów jest zbliżona do ilości opadu pyłu w rejonie Elektrociepłowni. Suma roczna opadu pyłu, średnio w latach 1984–1992, wynosiła ok. 145 g/m², przy wahaniami od 110 do 170 g/m² (tab. 9). Jest to opad pyłu mniejszy od wartości dopuszczalnej dla tzw. obszarów, która wynosi 200 g/m² (Załącz. 1 do Rozporz. MOŚZNiL z 12.02.1990, poz. 92). W okresie roku najmniej opadu pyłu spada w miesiącach I, II i XII, a najwięcej w miesiącach V i VI (tab. 10).

Suma roczna opadu pyłu w latach 1984–1992 w 250-metrowym pasie przyległym do składowiska od strony zachodniej i południowej wynosiła średnio 165 g/m², a w pa-

sie odległym o 250–500 m – średnio 139 g/m². Istnieje podstawa twierdzenia, iż w 250-metrowej strefie bezpośrednio przyległej do składowiska istnieje podwyższona ilość opadu pyłu (średnio ok. 26 g/m²/rok), uwarunkowana emisją pyłu ze składowiska. Od strony wschodniej (w kierunku Wisły), z racji przewagi wiatrów zachodnich suma opadu pyłu w przyległej 250-metrowej strefie będzie wyższa. Hipotezę o podwyższonej ilości opadu pyłu w strefie bezpośrednio przyległej do składowiska potwierdzają wyniki badań zapylenia roślinności (Siuta i in. 1986, Chmielewski i in. 1990), omawiane w rozdziale 4.11.1.

O istotnym oddziaływaniu rozkładu kierunku wiatrów w rejonie składowiska wskazują dane porównawcze opadu pyłu zestawione w tabeli 11. Roczna suma opadu pyłu w strefie położonej na zachód od skła-

TABELA 9. Opad pyłu w g/m²/rok w strefach różnie odległych od składowiska w latach 1984–1992 (wg danych Kaczorowskiego 1984–1989 i Piros-Kowalskiej 1992)

Odległość od składowiska w m	Nr punktu	Lata					średnio
		1984	1986	1987	1989	1992	
<250	21	168	189	162	230	132	176
	23	204	240	186	139	129	180
	29	140	119	187	145	111	140
200–500	13	156	185	183	143	79	149
	22	185	160	119	133	97	139
	24	199	170	117	146	109	148
	25	145	129	86	152	69	116
	26	139	182	98	164	112	139
	28	194	145	122	130	111	140
600	27	166	131	121	127	165	142
Średnio:							
<250		171	183	178	171	124	165
200–500		170	162	121	145	96	139
600		166	131	121	127	165	142

dowiska jest o 24 g/m² wyższa niż w strefie położonej na południe.

W obszarze jednej strefy, w poszczególnych punktach pomiarowych występują znaczne różnice w ilości opadu pyłu (tab. 9). Uwarunkowane są one pokryciem terenu (zabudowa, roślinność).

Generalnie obserwuje się trend zmniejszania się sum miesięcznych i rocznych

TABELA 10. Procentowy rozkład opadu pyłu (wg danych Kaczorowskiego 1984–1989 i Piros-Kowalskiej 1992)

Miesiące	Procentowy udział	Miesiące	Procentowy udział
I	6,1	VII	8,8
II	7,2	VIII	9,8
III	8,3	IX	8,2
IV	8,3	X	8,7
V	9,5	XI	8,3
VI	10,0	XII	6,8

opadu pyłu w rejonie składowiska, jak i Elektrociepłowni (tab. 12). Jest to efekt zmniejszenia emisji pyłu Elektrociepłowni i składowiska. Potwierdzają to mieszkańcy ulic Włóki i Bruzdowej.

W poszczególnych latach notowano dużą dynamikę wahań opadu pyłu. Kształtowana ona jest zmiennością przebiegu elementów meteorologicznych.

Rejestrację opadu pyłu w rejonie składowiska odpadów prowadziła także w analizowanym okresie Wojewódzka Stacja Epidemiologiczna. Dostępne wyniki badań zestawiono w tabeli 13. Wynika z nich, że głównym źródłem emisji pyłów w analizowanym rejonie jest Elektrociepłownia (Augustówka-Zawodzie). W rejonie składowiska istnieje podwyższona ilość opadu pyłu (np. w porównaniu do Wilanowa k. Kuźni). Po prawej stronie Wisły, w rejonie Wału Miedzeszyńskiego, występuje także podwyższony opad pyłu.

Notowane ilości opadu pyłu w analizo-

TABELA 11. Opad pyłu w g/m²/rok w strefach położonych na zachód i południe od składowiska w latach 1984–1992 (wg danych Kaczorowskiego 1984–1989 i Piros-Kowalskiej 1992)

Strefa	Nr punktu	Lata					średnio
		1984	1986	1987	1989	1992	
Zachodnia	21, 22, 23, 24	189	190	146	162	117	161
Południowa	13, 25, 26, 28, 29	155	152	135	146	96	137

TABELA 12. Opad pyłu w g/m²/rok w rejonie Elektrociepłowni Siekierki i składowiska odpadów w latach 1984–1992 (wg danych Kaczorowskiego 1984–1989 i Piros-Kowalskiej 1992)

Rejon	Lata					
	1984	1986	1987	1989	1992	średnio
Składowiska odpadów	170	165	138	151	111	147
Elektrociepłowni	168	159	133	150	109	144

TABELA 13. Opad pyłu w g/m²/rok w rejonie składowiska, po lewej i prawej stronie Wisły w latach 1986–1990 (wg danych Wojewódzkiej Stacji Epidemiologicznej 1986–1990)

Punkty pomiarowe	Lata				
	1986	1987	1988	1989	1990
Prawa strona Wisły:					
Wał Miedzeszyński 424	135	90	120	168	157
Trakt Lubelski 274a	107	69	67	86	75
Trakt Lubelski 774	142	83	58	131	91
Przewodowa 147	124	—	116	75	91
Bysławska w prawo	106	81	73	67	—
Lewa strona Wisły:					
Bruzdowa przy Prętowej	114	135	114	104	91
Wilanów k. Kuźni	160	—	67	77	80
Augustówka-Zawodzie	319	155	155	204	240
Dolny Mokotów			103	132	131
Rejon składowiska odpadów ¹⁾	165	138	—	151	—

¹⁾ Wg danych z tab. 10.

wanym rejonie Mokotowa i Pragi-Południe w dużym stopniu emitowane są przez Elektrownię Siekierki i składowisko odpadów paleniskowych. Źródłem emisji opadów pyłu są także zanieczyszczenia stałe pochodzenia naturalnego i antropogenicznego z terenu własnego, jak i z makroregionu. Na zanieczyszczenia naturalne składają się pyły mineralne (rozpylone cząstki gleby) i organiczne (pyłki roślin, rozpylone cząstki obumarłych organizmów). Zanieczyszczenia wywołane działalnością człowieka są pochodzenia przemysłowego (motoryzacja, przemysł ...) i rolniczego (związane z uprawą roli). Pyły te przynoszone są z różnych dzielnic Warszawy, jak i bardzo dalekich odległości.

Istotny wpływ na zanieczyszczenie atmosfery w rejonie składowiska mogą mieć pojazdy ciężarowe wywożące piasek z międzywału Wisły do Warszawy. Są to przede wszystkim zanieczyszczenia gazowe.

W ramach niniejszego opracowania na

podstawie dostępnych materiałów archiwalnych nie można oszacować udziału poszczególnych źródeł emisji w opadach pyłu na terenach przyległych do składowiska odpadów.

4.2. Promieniotwórczość naturalna odpadów paleniskowych, gleby w strefie ochronnej, w pomieszczeniach składowiska i pobliskich gospodarstwach

Dla oceny promieniotwórczości naturalnej odpadów paleniskowych składowiska i związanego z nim środowiska wykonano w latach 1981–1993 specjalistyczne badania (Chróst i Kobus 1981; 1987; Jarošek i in. 1986; Mamont-Cieśla i in. 1988, 1989; Martynuska i in. 1993).

Dotyczyły one pomiarów:

- 1) stężenia K-40, Ra-226 i Th-228 popiołu ze składowiska (52 próby), gleby z terenów przyległych (40 prób), roślinności z terenu strefy ochronnej (19 prób) i z okolic Puszczy Kampinoskiej (3 próby) – tylko stężenie Ra-226 i Th-228, oraz wody ze składowiska i terenów przyległych (15 prób) – tylko Ra-226;
- 2) mocy dawki promieniowania gamma *in situ* na składowisku i w jego otoczeniu (w 40 punktach pomiarowych);
- 3) dawki promieniowania gamma w pomieszczeniach składowiska i pobliskich gospodarstw;
- 4) stężenie radonu w pomieszczeniach składowiska i pobliskich gospodarstw.

Pomiar stężeń naturalnych izotopów promieniotwórczych wykonano za pomocą spektrometru scyntylacyjnego z trzykanałowym analizatorem amplitudy impulsów

AZAR-82. Moc dawki ekspozycyjnej ziemskiego tła promieniowania gamma określono za pomocą komory jonizacyjnej. Pomiar dawki gamma w pomieszczeniach wykonano za pomocą detektorów termoluminescencyjnych. Stężenie radonu ²²² w powietrzu oznaczono za pomocą detektorów śladowych. Zbiorcze zestawienie wyników badań podano w tabelach 14–19.

Promieniotwórczość naturalna popiołów na składowisku Elektrociepłowni Sierkiei zawiera się w granicach:

- dla potasu K-40 od 431 do 938 Bq/kg (średnio 750 Bq/kg),
- dla radu Ra-226 od 47 do 170 Bq/kg (średnio 125 Bq/kg),
- dla toru Th-228 od 36 do 103 Bq/kg (średnio 83 Bq/kg).

Wartości stężeń naturalnych radionuklidów w popiołach składowiska są podwyższone w stosunku do środowiska glebowe-

TABELA 14. Stężenie K-40, Ra-226, Th-228 i wartości współczynników f_1 i f_2 popiołów (wg danych Chróst i Kobus 1981 (1), Kobus 1985 (2), 1987 (4), Jaroszek i in. 1986 (3), Mamont-Cieśla i in. 1988 (5), Martynuska i in. 1993 (6))

K-40	Ra-226 Bq/kg	Th-228	Wartości współczynnika		Liczba stanowisk badawczych
			f_1	f_2	
$\frac{589^{1)}}{579-601}$	$\frac{121}{113-128}$	$\frac{75}{65-81}$	$\frac{0,80}{0,75-0,85}$	$\frac{120}{113-127}$	6
$\frac{840^{2)}}{812-870}$	$\frac{132}{100-163}$	$\frac{95}{81-103}$	$\frac{0,99}{0,85-1,09}$	$\frac{132}{100-163}$	3
$\frac{667^{3)}}{938^{4)}}{667-938}$	$\frac{102}{150}$	$\frac{77}{90}$	$\frac{0,78}{1,05}$	$\frac{102}{150}$	1
$\frac{699^{5)}}{431-884}$	$\frac{99}{47-141}$	$\frac{67}{36-89}$	$\frac{0,90}{0,7-1,10}$		30
$\frac{762^{6)}}{697-814}$	$\frac{142}{119-170}$	$\frac{92}{83-100}$			11 ^{x)}

Wartości dopuszczalne wg Instrukcji ITB (1980): $f_1 = 1$, $f_2 = 185$.

^{x)} Pomiary w 11 comiesięcznych terminach (01.92–02.93)

go (tab. 15). Nie przekraczają one wartości dopuszczalnych przez normy dla materiałów budowlanych (Instrukcja ITB 1980) w stosunku do stężenia radu (f_2). W niektórych przypadkach są wyższe od warunku na sumaryczne stężenie pierwiastków promieniotwórczych (f_1).

TABELA 15. Stężenie K-40, Ra-226 i Th-228 w glebie strefy ochronnej składowiska (wg danych Mamont-Cieśla i in. 1988)

K-40	Ra-226	Th-228	Uwagi
Bq/kg			
362 159-498	29 6-51	25 7-38	gleby strefy ochronnej
259	7,4	7,4	piasek wiślany ¹⁾
148-999	14,8-74	9,6-66,6	gleby ¹⁾
370	25,9	25,9	skorupa ziemska ¹⁾
535 357-735	23 13-34	29 15-44	gleba uprawiana rolniczo ²⁾
536 237-785	26 13-28	24 11-45	gleba uprawiana ogrodniczo ²⁾

¹⁾ Wg danych Wyd. Nauk. Tech. 1987: Energetyka a ochrona środowiska.

²⁾ Wg danych Chrósta i Kobus (1981) dla gleb pobranych z Brześcia Kujawskiego, Koronowa, Łodygowie i Starego Sącza.

Wartości stężeń naturalnych radionuklidów potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w glebach z terenu strefy ochronnej składowiska popiołu (tab. 15) odpowiadają typowym wartościom stężeń dla gleb występujących w Polsce (Dzikiewicz-Sapiecha 1977; Chrósta i Kobus 1981).

Stężenie radu-226 i toru-228 w warzy-

wach i owocach z gospodarstw strefy ochronnej oraz w trawie ze składowiska są mniejsze niż 100 mBq na 1 kg masy próbki nie odwodnionej (tab. 16).

Dawka graniczna promieniowania jonizującego dla osób przebywających w otoczeniu źródeł promieniowania, wyrażona jako efektywny równoważnik dawki w ciągu 12 miesięcy wynosi 1 mSv (Zarz. Prez. Państw. Agencji Atomistyki z 31.03.1988 – M.P. Nr 14 z 21.05.1988 r.). Jest to wartość dawki otrzymanej przez człowieka ponad dawkę wynikającą z istniejącego naturalnego tła promieniowania gamma. Wartości rocznego wchłonięcia granicznego (ALI) odpowiadające wymienionej dawce dla 1 osoby dorosłej wynoszą: dla Ra-226 – 1400 Bq/rok, a dla Th-228 – 4000 Bq/rok.

Zakładając, że mieszkaniec strefy ochronnej składowiska konsumuje w ciągu roku warzywa i owoce wytworzone w tej strefie w ilości 1 kg dziennie (365 kg rocznie) o stężeniu 100 mBq/kg – to wartość aktywności wchłoniętej w wyniku spożycia tej żywności wyniesie dla Ra-226 i dla Th-228 zaledwie 36,5 Bq/rok. Rośliny uprawiane w strefie ochronnej składowiska nie stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka i zwierząt trawożernych w aspekcie żywieniowym.

Stężenie radu-226 w próbach wody ze studni położonych na terenie składowiska i w strefie ochronnej jest niższe niż 110 Bq/m³.

Wartość rocznego wchłonięcia granicznego (ALI) promieniowania jonizującego drogą pokarmową przy spożywaniu wody dla Ra-226 wynosi $7 \cdot 10^4$ Bq (Zarz. Prez. Państw. Agencji Atomistyki z 31.03.1988 – M.P. Nr 14 z 21.05.1988 r.). Przyjmując zużycie wody pitnej dla człowieka 820 dm³/rok i współczynnik przejścia od nara-

TABELA 16. Wyniki oznaczeń stężeń Ra-226 i Th-228 w próbkach roślin pastewnych i warzyw z terenu strefy ochronnej składowiska popiołów i z samego składowiska oraz w porównawczych próbkach z okolic Puszczy Kampinoskiej (wg danych Mamont-Cieśla i in. 1988)

Nr próbki	Nazwa próbki	Stężenie mBq/kg	
		Ra-226	Th-228
1	cykoria	<100	<100
2a	burak pastewny	<100	<100
2b	burak ćwikłowy	<100	<100
2c	pietruszka	<100	<100
3a	marchew	<100	<100
3b	burak ćwikłowy	<100	<100
4a	pory	<100	<100
4b	marchew	<100	<100
4c	seler	<100	<100
4d	burak ćwikłowy	<100	<100
4e	jabłka – antonówka	<100	<100
5a	marchew	<100	<100
5b	pietruszka	<100	<100
5c	burak pastewny	<100	<100
5d	burak ćwikłowy	<100	<100
6	burak pastewny	<100	<100
7a	cykoria	<100	<100
7b	burak pastewny	<100	<100
8	trawa	<100	<100
	marchew ^{x)}	<100	<100
	buraki ^{x)}	<100	<100
	ziemniaki ^{x)}	<100	<100

^{x)} Próbki z okolic Puszczy Kampinoskiej.

żenia zawodowego do narażenia ogółu ludności w wysokości 0,01 (jak dla dzieci), wartość granicznego stężenia Ra-226 w wodzie pitnej wyniesie 850 Bq/m³.

Woda z badanych studni odnośnie stężenia Ra-226 nie stwarza zagrożenia dla zdrowia człowieka i zwierząt. Nie prowadzono natomiast badań stężenia innych radionuklidów. Niskie stężenie Ra-226 w wodzie badanych studni może wskazywać na brak ujemnego wpływu składowiska na

stężenie naturalnych izotopów w wodzie gruntowej na terenach przyległych.

Moc dawki promieniowania gamma na terenie składowiska i w jego otoczeniu waha się od 11,1 do 19,6 μ R/h (tab. 18). Wartości te mieszczą się w granicach zmienności tła naturalnego w Polsce (Dzikiewicz-Sapiecha i in. 1977). Na terenie składowiska, w porównaniu do terenów przyległych, notowano wyższą moc dawki promieniowania gamma.

TABELA 17. Wyrziki oznaczeń stężeń Ra-226 w próbkach wody (wg danych Mamont-Cieśla i in. 1988)

Nr próbki	Miejsca poboru	Bq/m ³
1 A	kolektor instalacji zraszającej na wale zachodnim	<110
1 B		
1 C		
2 A	kolektor instalacji zraszającej umieszczony we wschodnim rejonie składowiska (wzdłuż wału wiślanego)	<110
2 B		
2 C		
3 A	studnia w gospodarstwie przy ul. Włóki 49	<110
3 B		
3 C		
4 A	studnia w gospodarstwie przy ul. Włóki 7	<110
4 B		
4 C		
5 A	studnia w gospodarstwie przy ul. Włóki 21	<110
5 B		
5 C		

TABELA 18. Moce dawki promieniowania gamma na terenie składowiska i w jego otoczeniu (wg danych Mamont-Cieśla i in. 1989)

Nr punktu pomiaru	Opis miejsca pomiaru	Moc dawki promieniowania gamma	
		μR/h	nGy/h
1	2	3	4
1	Przed budynkiem Z-du Zadrzewień, Zieleni i Rekultywacji	12,6	110
2	Rampy rozładunkowe popiołu	13,0	113
3	Rampy rozładunkowe popiołu pierwszy słup ośw.	18,8	164
4	ul. Włóki 49	13,1	114
5	ul. Włóki 59A	13,2	115
6	ul. Włóki 61	13,1	114
7	ul. Włóki 63	13,0	113
8	Przed wałem przeciwpowodziowym – znak 500 km	12,4	108
9	Naprzeciwno wjazdu na teren składowiska	14,3	124
10	ul. Włóki 45	13,0	113
11	ul. Włóki – 150 m na pld. od wjazdu na teren składowiska	13,1	114
12	ul. Włóki – 100 m od punktu 11 w kierunku pld.	12,9	112
13	Teren bazy na trawniku	11,5	100

cd. tabeli 18

1	2	3	4
15	Teren bazy – na terenie rekultywowanym	13,3	116
16	Rampy rozładunkowe popiołu za torami	19,5	170
18	ul. Włóki 21 przy zakręcie w prawo	11,6	101
20	ul. Włóki – na południe od Bazy Socjalnej	12,2	106
22	Skrzyżowanie ul. Włóki z ul. Prętową	12,4	108
23	ul. Prętowa w kierunku wału nad Wisłą	11,7	102
26	ul. Calowa 1 przy przejeździe kolejowym	11,8	103
27	Skrzyżowanie ul. Prętowej z ul. Bruzdową	14,7	128
28	ul. Bruzdowa 3	13,8	120
29	Przy dojeździe do ul. Włóki 21	14,2	124
30	Na tyłach gospodarstwa ul. Włóki 21	14,2	124
31	100 m za gospodarstwem ul. Włóki 21 na zachód	13,7	119
32	ul. Bruzdowa 14	13,6	118
33	Pętla linii autobusowej 164 na Zawadach	11,1	97
34	ul. Bruzdowa 16	12,5	109
35	Skrzyżowanie ul. Bruzdowej z drogą polną	13,6	118
36	ul. Bruzdowa 16	13,1	114
37	Skrzyżowanie ul. Bruzdowej z drogą polną	12,7	111
38	100 m od punktu 37 w kierunku wysypiska	14,5	126
39	100 m od punktu 36 w kierunku wysypiska	13,7	119
40	Na tyłach gospodarstwa ul. Włóki 63	12,9	112
Średnio:	– teren składowiska (1, 2, 3, 8, 9, 13, 15, 16)	14,4	125
	– w strefie 0–200 m od składowiska (4–7, 10–12, 19–22, 29, 30, 40)	13,0	113
	– w strefie >200 m (23, 26, 27, 28, 31–39)	13,1	114

Na podstawie wykonanych pomiarów mocy promieniowania gamma (D_p) i stężeń radonu-222 (S) w powietrzu w wybranych pomieszczeniach bazy remontowo-socjalnej na składowisku oraz w budynkach mieszkalnych, jak też czasu przebywania pracowników Elektrociepłowni i mieszkańców strefy ochronnej w pomieszczeniach, wykonano oceny narażenia pracowników i ludności na zewnętrzne promieniowanie gamma oraz promieniowanie alfa radonu-222 i jego pochodnych (tab. 19). Narażenie to określają dwie składowe:

– roczny efektywny równoważnik dawki zewnętrznego promieniowania gamma (ER^Y),

– roczny efektywny równoważnik dawki promieniowania alfa pochodnych wdychanych przez organizm człowieka (ER^a).

Roczny efektywny równoważnik dawki od promieniowania gamma i alfa ($ER = ER^Y + ER^a$) waha się od 0,26 do 1,2 mSv. Wartość ER jest dwukrotnie niższa w budynkach na składowisku w porównaniu do

TABELA 19. Średnie wartości mocy dawki promieniowania gamma Dp i stężenia radonu w powietrzu S w pomieszczeniach składowiska w okresie 27.10.1988 – 2.05.1989 r. oraz odpowiadające im roczne efektywne równoważniki dawki ER^γ, ER^α i ER (wg danych Mamont-Cieśla i in. 1989)

Lp.	Miejsce pomiaru	Dp nGy/n	S Bq/m ³	ER ^γ mSv/rok	ER ^α mSv/rok	ER mSv/rok
Baza Zakładu Zadrzewienia, Zieleni i Rekultywacji:						
1	Szatnia lewa	56	6,1	0,073	0,186	0,259
2	Szatnia prawa	62	6,2	0,081	0,189	0,270
3	Pokój kierownika	64	6,2	0,084	0,189	0,273
4	Jadalnia	71	5,5	0,093	0,168	0,261
Gospodarstwa w sąsiedztwie składowiska:						
5	ul. Włóki 59 ^A	83	10,9	0,407	0,333	0,730
6	ul. Włóki 45	88	15,5	0,432	0,473	0,905
7	ul. Włóki 45 ^A	74	10,1	0,362	0,308	0,671
8	ul. Włóki 49	65	10,3	0,319	0,314	0,633
9	ul. Włóki 7	100	6,8	0,491	0,207	0,698
10	ul. Włóki 47	81	15,6	0,397	0,476	0,873
11	ul. Włóki 21	84	25,7	0,412	0,784	0,186
Średnio: baza na ter. skład.		63,25	6,00	0,083	0,183	0,266
gospodarstwa przy ul. Włóki		82,14	13,56	0,403	0,413	0,816

budynków przy ul. Włóki. Roczny efektyw-
ny równoważnik dawki promieniowania
gamma i alfa w budynkach na składowisku
i przy ul. Włóki jest niższy od wartości
przeciętnej dla statystycznego Polaka, wy-
noszącej 2,04 mSv (Jagielak i in. 1985).

4.3. Poziom hałasu na składowisku i na terenach przyległych

Źródłem hałasu na składowisku odpa-
dów w trakcie jego eksploatacji są ładowar-
ki, spycharki, ciągniki i tabor kolejowy. Po-
ziom hałasu pracy tych maszyn w ich bezpo-

średnim otoczeniu wynosi od 80 do 100
dB(A). Maksymalny poziom dźwięków jest
najczęściej krótkotrwały.

Aktualnie praca maszyn odbywa się na
składowisku przejściowym (zagłębionym)
i głównym przy wale przeciwpowodziow-
ym. Na składowisku głównym od strony
ul. Włóki eksploatacja jest już zakończona.

W warunkach tych hałas emitowany na
składowisku przejściowym jest tłumiony
przez ekran w formie nasypów z popiołu. Je-
go natężenie na terenie międzywała Wisły i
ul. Włóki jest minimalne (10–15 dB). Podo-
bnie hałas wytwarzany przez maszyny w
trakcie sypania nasypu północno-wschod-
niego przy wale powodziowym jest tłumio-
ny na kierunku zachodnim przez składowi-

sko główne przy ul. Włoki. Przysypaniu nasypu przy wale powodziowym natomiast hałas jest emitowany w kierunku międzywala Wisły. Jego natężenie może być okresowo uciążliwe tylko dla awifauny bytującej na lewobrzeżnym tarasie zalewowym Wisły. W odległości ok. 500 m poziom hałasu spada poniżej 40 dB (Kucharski 1981). Nie oddziałuje on w istotnym stopniu na warunki gniazdowania awifauny projektowanego parku ornitologicznego.

4.4. Wpływ składowiska na wody otwarte

W rejonie składowiska odpadów paleniskowych w strefie bezpośredniej występują wody Wisły, a w strefie pośredniej wody Wilanówki oraz wody jezior: Wilanowskiego, Powsińskiego, Podmorgami i oczek wodnych w pobliżu ul. Bruzdowej i Grabalówki. Znajdują się one pod wpływem zasięgu emisji pyłów różnego pochodzenia, w tym także ze składowiska. Zasilane są wodą ze zlewni własnych, zawierającą w czasie wiosennych roztopów oraz deszczy ulewnych i nawałnych cząstki gleby i popiołu oraz rozpuszczone składniki chemiczne. Wisła w km 498+700–500+200 znajduje się dodatkowo pod wpływem migracji składników chemicznych ze składowiska w procesie filtracji wód gruntowych i erozji wodnej.

Oddziaływanie składowiska na chemizm wód otwartych, a w szczególności wód rzek Wisły i Wilanówki, jest stosunkowo małe i trudne do udokumentowania. W latach 1977–1985 prowadzone były badania składu chemicznego wód Wilanówki (pkt. 23) i Wisły (pkt. 10, 10a, 10b) na

wysokości składowiska (Kobus 1985, 1986). Lokalizację punktów pomiarowych podano na rysunku 10.

Jakość wód Wisły charakteryzuje się dużą zmiennością w poszczególnych latach, nawet w tych samych miesiącach roku (tab. 20). Klasyfikują się one najczęściej do II klasy czystości. Wody Wilanówki mają lepszą jakość – przeważnie I klasy czystości (tab. 21).

Analiza porównawcza składu chemicznego wód Wisły na wysokości składowiska (pkt. 10), przed składowiskiem (pkt. 10a) i za składowiskiem (pkt. 108) nie wykazuje istotnych różnic w zawartości poszczególnych pierwiastków. Wybrane wyniki badań zawiera tabela 21. Dokumentują one oczywisty fakt, że składowisko popiołu, nawet w czasie intensywnego pylenia, nie może zmienić chemizmu wód Wisły przepływających w tym rejonie w ciągu kilku minut.

Lepszym wskaźnikiem stopnia skażenia ekosystemów wodnych jest skład chemiczny osadów wodnych. Wyniki badań osadów Wilanówki (na wysokości ulicy Bruzdowej) i oczka wodnego położonego między ulicami Syta i Grabalówki zawiera Atlas Geochemiczny Warszawy i Okolic (Lis 1992). Zestawiono je w tabeli 22. Wskazują one na brak podwyższonej zawartości metali w osadach oczka wodnego położonego w odległości ok. 700 m od składowiska.

Przedstawiona powyżej ocena daje podstawę do przypuszczenia, iż składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki wpływa na środowisko wód otwartych. Oddziaływanie to nie stwarza zagrożenia dla przyległych ekosystemów wodnych. Nie ma też istotnego wpływu na jakość wód dla ujęcia wody przy Moście Łazienkowskim.

TABELA 20. Wyniki analiz chemicznych wody Wisły na wysokości składowiska odpadów (P-10), w latach 1977–1985 (wg danych Kobus 1985, 1986)

Rodzaj oznaczeń (Jednostki: mg/dm ³)		28.06. 1977	26.06. 1981	02.07. 1985	1977–1985 ¹⁾
Sucha pozostałość	mg/dm ³	597	457	343	571(343–858)
Twardość ogólna	mval/dm ³	6,1	6,0	5,0	5,8(4,3–6,6)
Odczyn	pH	7,8	7,5	7,2	7,7(7,3–8,2)
ChZT		12,10	6,20	8,90	7,8(4,3–12,9)
Wapń	Ca	83,20	65,60	60,80	78,7(46,0–102,6)
Magnez	Mg	23,04	33,18	7,32	19,6(7,3–33,2)
Sód	Na	68,25	39,00	36,87	74,6(26,0–132,5)
Potas	K	6,80	6,12	6,10	8,1(2,6–17,1)
Azot	N-NH ₄	ślad	0,03	ślad	0,16(0,0–0,9)
Azot	N-NO ₃	0,88	7,74	1,00	2,2(0,4–9,8)
Azot	N-NO ₂	0,53	0,02	ślad	0,11(śl.–0,53)
Fosforany	PO ₄			0,38	0,23(0,14–0,48)
Siarczany	SO ₄	133,44	149,00	65,00	104(65–140)
Chlorki	Cl	87,00	66,00	65,80	131(39–228)
Lit	Li	0,02	0,01	0,01	0,01(<0,01–0,03)
Miedź	Cu	n. stw.	0,01	0,01	<0,01(<0,01)
Stront	Sr	0,59	0,30	0,35	0,49(0,29–0,65)
Chrom	Cr	n. stw.	<0,01	<0,01	<0,01(<0,01)
Bor	B	n. stw.	4,00		1,35(n. stw. –4,0)
Cynk	Zn	0,07	0,08	0,05	0,04(<0,01–0,08)
Ołów	Pb	n. stw.	n. stw.	<0,01	<0,01(<0,01–0,01)
Żelazo	Fe	0,72	n. stw.	1,28	1,05(0,44–2,85)
Mangan	Mn	n. stw.	n. stw.	0,20	0,12(n. stw. –0,31)
Kadm	Cd	0,02	<0,01	<0,01	<0,01(<0,01–0,01)
Arsen	As		<0,005		0,006(0,005–0,007)
Kobalt	Co		<0,005		<0,005(<0,005)
Nikiel	Ni		<0,01		<0,01(<0,01)
Selen	Se		0,01		0,01(0,01)
Srebro	Ag		<0,002		<0,002(<0,002)
Wanad	V		<0,005		<0,005(<0,005)

1) Średnie wartości z 15 pomiarów, w nawiasach wartość od-do

TABELA 21. Wybrane analizy chemiczne wody Wilanówki (P-23) oraz Wisły przed (P-10a), za (P-10b) i na wysokości składowiska (P-10) w dniu 28.08.1984 r. (wg danych Kobus 1985)

Rodzaj oznaczeń w mg/dm ³		Miejsce pobrania prób wody			
		P-23	P-10a	P-10	P-10b
Sucha pozostałość	mg/dm ³	393,0	614,0	628,0	636,0
Twardość ogólna	mval/dm ³	5,72	5,54	5,83	5,94
Odczyn	pH	7,4	7,3	7,4	7,3
ChZT		6,60	7,40	7,80	7,60
Wapń	Ca	80,58	73,92	91,08	90,60
Magnez	Mg	20,79	22,57	15,25	17,58
Sód	Na	25,00	112,25	104,75	108,50
Potas	K	5,70	9,40	9,45	9,45
Azot	N-NH ₄	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Azot	N-NO ₃	0,01	0,72	0,72	0,01
Azot	N-NO ₂	0,01	2,00	0,02	0,20
Fosforany	PO ₄	<0,05	0,16	0,16	0,16
Siarczany	SO ₄	71,8	89,3	85,2	96,3
Chlorki	Cl	50,0	190,0	195,0	190,0
Lit	Li	<0,01	0,02	0,02	0,02
Miedź	Cu	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Stront	Sr	0,17	0,54	0,52	0,52
Chrom	Cr	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Cynk	Zn	0,02	0,04	<0,01	0,04
Ołów	Pb	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Żelazo	Fe	1,00	1,02	0,88	1,30
Mangan	Mn	0,08	0,25	0,24	0,25
Kadm	Cd	<0,01	<0,01	0,01	<0,01

TABELA 22. Średnia zawartość metali w osadach wodnych (w ppm) Wilanówki i oczka wodnego w rejonie składowiska w latach 1989–1991 wg Lisa (1992)

Składnik		Rzeka Wilanówka	Oczko wodne	Oczka wodne w obrębie pól uprawnych z zabudową miejską Warszawy
1		2	3	4
Arsen	As	18	6	6,5
Kadm	Cd	3,8	0,1	2,7
Kobalt	Co	6,0	3,7	6
Chrom	Cr	25	5	59
Miedź	Cu	95	10	39

1	2	3	4	
Rtęć	Hg	160	10	0,18
Mangan	Mn	>1200	1050	258
Nikiel	Ni	17	7	15
Ołów	Pb	80	5	81
Cynk	Zn	350	20	234

4.5. Możliwości infiltracji opadów atmosferycznych przez warstwę odpadów paleniskowych składowiska do wód gruntowych

Składowisko odpadów formowane jest z "suchych" popiołów, o bardzo małej wilgotności. Ma ono opadową gospodarkę wodną. Źródłem wody są opady atmosferyczne i deszczowanie.

Roczna suma opadów atmosferycznych w wieloleciu waha się od 350 do 635 mm; średnio 510 mm (Stacja SGGW Warszawa-Ursynów). Średnie roczne parowanie terenowe wynosi tu ok. 600 mm. W warunkach tych bilans wodny jest ujemny (-90 mm).

Opady atmosferyczne o mniejszym natężeniu wsiąkają w całości w wierzchnią warstwę składowiska. Opady o większym natężeniu, a szczególnie ulewne i nawalne, w części infiltrują, a w części spływają po powierzchni.

Poziom wód gruntowych pod składowiskiem układa się najczęściej na głębokości ok. 3–4 m. W czasie wysokich stanów wody w korycie Wisły poziom wody gruntowej może układać się na głębokości ok. 0,5–1,0 m (brak danych). Trwa on nie dłużej jak 10 dni w roku. Nie ma on wówczas najczęściej istotnego wpływu na wilgotność popiołu w składowisku.

W celu określenia zasięgu infiltracji wód z opadu atmosferycznego wykonano na terenie składowiska badania lizymetryczne (Kobus 1985). Lizymetry wypełnione popiołem zraszano wodą raz na dobę. W okresie 10 dni łączna dawka wody wynosiła 200 mm. W miarę stosowania kolejnych dawek wody obserwowano przesuwanie się strefy zawilgoconej do 62 cm. Po zaprzestaniu imitowania opadu nie obserwowano dalszego przesączania się wody i wzrostu miąższości warstwy zawilgoconej. Woda stopniowo wyparowała z powierzchni lizymetrów.

Na wpływ opadów atmosferycznych na wilgotność tylko wierzchniej warstwy składowiska wskazują także poniższe obliczenia.

Przyjęto, że maksymalny opad atmosferyczny w okresie kilku następujących po sobie dni wynosi 100 mm i w całości wsiąka w składowisko. Wilgotność popiołu odpowiada wodzie trudno dostępnej dla roślin ($pF = 3,7$). W warunkach tych ilość powietrza wolnych przestworów w profilu popiołu ($p\%$) wynosi:

$$p = p_1 - p_2 = 32\% - 12\% = 20\%$$

p_1 – wilgotność przy $pF = 2,2$

p_2 – wilgotność przy $pF = 3,7$.

Wartości p_1 i p_2 przyjęto na podstawie badań Maciaka i in. (1988) podanych w tabeli 4.

Mięższość strefy nasycenia wodą do pełnej pojemności wodnej profilu popiołu (h) wynosi:

$$h = \frac{\text{opad}}{10 p} = \frac{100}{10 \cdot 20} = 0,5 \text{ m}$$

Założono także, że opad atmosferyczny wystąpił po deszczowaniu składowiska. Wówczas łączna strefa pełnego nasycenia wodą wyniesie ok. 0,7 m.

Granulometryczne właściwości popiołu powodują zjawisko kapilarnego zawieszenia zretencjonowanego słupa wody. Woda ta w części zostanie pobrana przez rośliny, a w części wyparuje. Proces ten stymuluje system korzeniowy i podsiąk kapilarny. Wiosną parowanie terenowe wynosi od 0,5 do 1 mm, a w okresie lata w niektórych dniach przekracza 5–6 mm.

W rzeczywistości opady atmosferyczne najczęściej nasycają górną warstwę składowiska o miąższości do 20 cm. W warunkach tych brak jest kontaktu wody zawieszonej z wodą gruntową.

Po wiosennych roztopach śniegu i intensywnych opadach atmosferycznych znaczna część wody odpływa powierzchniowo ze składowiska i zasila tereny niżej położone. Wody te infiltrują do środowiska gruntowego na zewnętrznych obrzeżach składowiska i na terenie składowiska przejściowego. Na teren składowiska przejściowego spływa także woda z terenu bazy remontowo-socjalnej i płukania wagonów.

Składowisko przejściowe jest zagłębione. Miąższość warstwy popiołu jest niewielka (do ok. 0,5 m). Lokalnie dno składowiska dla celów odwodnieniowych jest zagłębione w podłoże naturalne, w formie oczka wodnego. Tu następuje najintensywniejsza infiltracja wody i rozpuszczonych składników chemicznych do podłoża składowiska.

4.6. Możliwości migracji składników chemicznych ze składowiska odpadów paleniskowych do wód gruntowych

Analizując oddziaływanie przesiąkającej wody przez składowisko należy liczyć się z następującymi procesami:

- wymywaniem substancji, które w wodzie filtrującej są rozpuszczalne,
- wytrącaniem z odcieków niektórych związków jako nierozpuszczalnych osadów,
- adsorpcją składników organicznych i nieorganicznych.

Popioły Elektrociepłowni Siekierki charakteryzują się niewielką rozpuszczalnością w wodzie, rzędu 2,5–4,0% (Kobus 1985). Najszybciej ulegają rozpuszczeniu chlorki wapnia, sodu, magnezu i potasu. Nieco dłużej rozpuszczają się siarczany magnezu, sodu i potasu. Najdłużej węglany oraz siarczany wapnia. Mineralizacja wody metalami ciężkimi jest bardzo mała. Rucholiwość ich ogranicza odczyn alkaliczny.

Alkaliczność popiołu powoduje wytrącanie w postaci osadów związków, które w środowisku zasadowym są nierozpuszczalne. Należą do nich m.in. sole metali ciężkich.

Popiół charakteryzuje się dużą adsorpcją składników chemicznych, związaną z jego zewnętrzną powierzchnią właściwą. Wstrzymuje ona także migrację zanieczyszczeń.

Badania kinetyki wymywania składników chemicznych z popiołu Elektrociepłowni Siekierki prowadzone były przez Kobus (1985). Popiół w lizymetrze o średnicy 10 cm i wysokości 1,0 m przepłukiwano wodą deszczową. Otrzymane odcieki poddano analizie chemicznej.

Uzyskane wyniki wskazują, że woda filtrująca przez warstwę popiołu mineralizuje się w znacznym stopniu (sucha pozostałość – 3698 mg/dm³). Woda odciekająca zawierała:

- głównie siarczany (2242 mg/dm³), potas (525 mg/dm³), wapń (400 mg/dm³) i sód (282 mg/dm³),
- minimalne ilości azotanów i azotynów,
- w bardzo dużych ilościach lit (48 mg/dm³), chrom (6 mg/dm³) i stront (3,8 mg/dm³),
- w stosunkowo niewielkich ilościach miedź (0,3 mg/dm³), cynk (0,5 mg/dm³), ołów (0,4 mg/dm³), żelazo

(0,6 mg/dm³), kadm (0,01 mg/dm³) i nikiel (0,1 mg/dm³).

Podobne badania lizymetryczne prowadzili Duczyński, Maciak i Hrynkiewicz (1992). Popiół ze składowiska Elektrociepłowni Siekierki (płz) i glebę aluwialną z doliny Wisły (pglp) w lizymetrze o objętości 10 dm³ przemywano wodą destylowaną (w 3 dawkach po 150 mm).

Zawartość składników chemicznych oznaczano w popiele, glebie i w odciekach. Potas i sód oznaczano fotopłomieniowo, bor kolorymetrycznie, a pozostałe składniki metodą ASA. Wyniki badań podano w tabeli 23.

Popiół ze składowiska, w porównaniu

TABELA 23. Właściwości chemiczne odpadów paleniskowych¹⁾ i gleby aluwialnej²⁾ oraz ilość wymytych składników przez trzy dawki wody destylowanej (łącznie 450 mm na jednostkę powierzchni) w badaniach lizymetrycznych (wg danych Duczyńskiego i in. 1992)

Składniki chemiczne	Właściwości chemiczne ³⁾		Wymyte składniki chemiczne ⁴⁾	
	popiół	gleba	popiół	gleba
	zawartość form rozpuszczalnych w 0,5 M HCl		wartości średnie (wartości przy I dawce – wartości przy III dawce)	
K	0,044	0,015	38,9(89,0–13,0)	26,9(32,5–18,3)
Na	0,041	0,021	76,4(136–63,0)	28,0(11,7–54,8)
Ca	1,09	0,01	46,8(39,9–62,9)	40,2(46,8–34,2)
Mg	0,48	0,05	5,8(16,9–0,26)	2,3(3,6–1,3)
Fe	0,376	0,08	0,10(0,19–0,05)	0,57(1,19–0,13)
Mn	175	168	0,007(0,02–śl.)	0,41(0,048–0,64)
B	173,8	56	0,18(0,03–0,48)	0,56(0,23–0,43)
Cu	13	3	16(32–6)	12(16–9)
Zn	50	10	37(45–33)	48(60–55)
Pb	śl.	śl.	37(śl.–72)	82(49–122)
Cr	25	śl.	496(1216–100)	śl.(śl.–śl.)
Ni	9	śl.	26(39–śl.)	13(38–śl.)

1) Popiół ze składowiska EC Siekierki.

2) Gleba z doliny Wisły.

3) K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, B w % s.m.; Cu, Zn, Pb, Cr, Ni w ppm.

4) K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, B w mg/dm³; Cu, Zn, Pb, Cr, Ni w µg/dm³.

do gleby aluwialnej, ma wyższą zawartość form rozpuszczalnych badanych składników chemicznych i przeważnie wyższą ich zawartość w odciekach wodnych. O ilości składników chemicznych w odcieku decydowało głównie początkowe stężenie w roztworze popiołu. Ocieki wodne z popiołu charakteryzowały się zwiększoną zawartością niektórych składników chemicznych, a w szczególności sodu, potasu, wapnia, magnezu, chromu i niklu. Potwierdzają to także badania chemiczne odcieków wody z popiołów innych składowisk (Kempa 1988; Mattigod i in. 1990; Simsiman i in. 1987).

W wodach naturalnych Warszawy szeregi jonowy jest następujący: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ (Czerwiński i Prac 1972), w odciekach z popiołu składowiska kationy układają się inaczej: $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg}$, co wskazuje na zwiększone wymywanie Na, a zmniejszone Mg.

Maksymalne stężenie niektórych składników w odciekach z popiołu przekroczyły dopuszczalne wartości podawane dla klas czystości wód powierzchniowych: Na (I kl.), K (III kl.), Cr (III kl.).

4.7. Erozja wodna składowiska i związane z nią zagrożenia

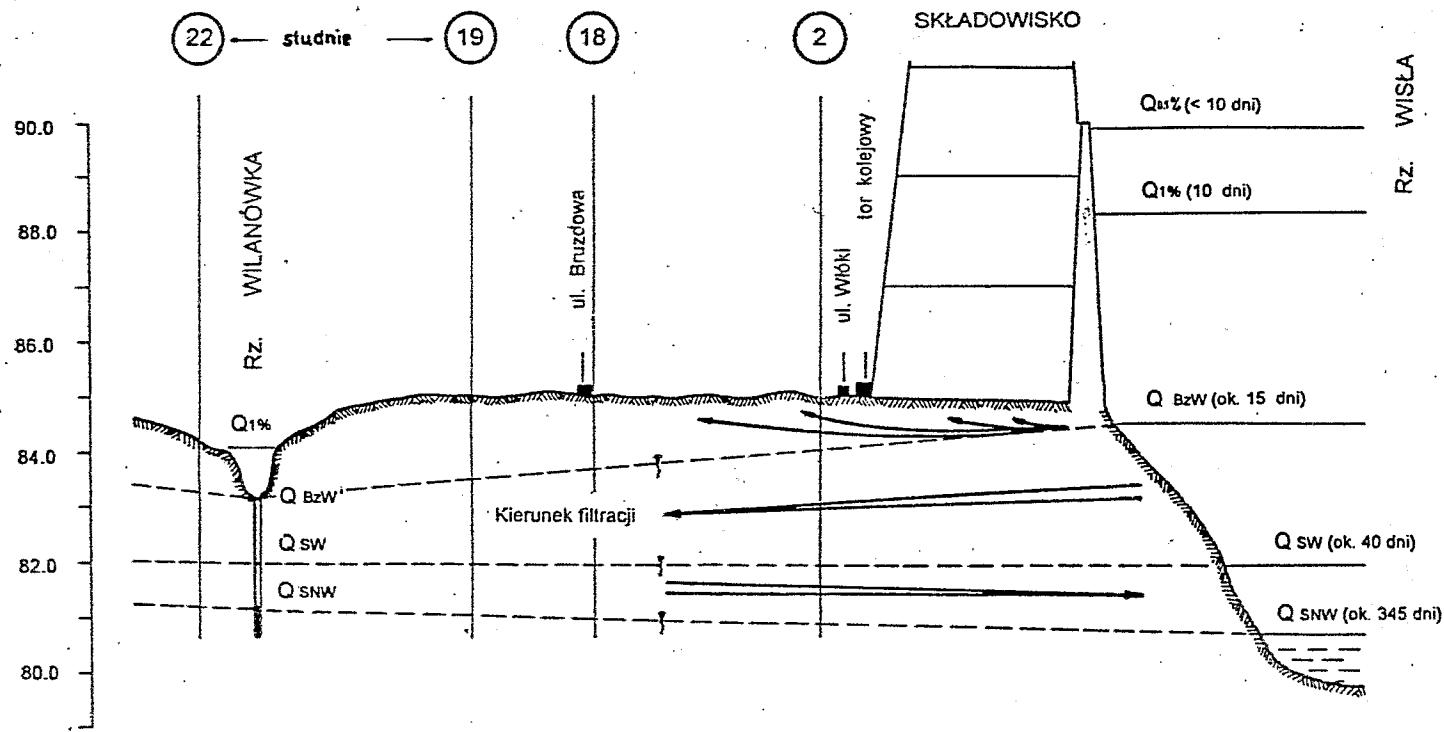
Przy ulewnych i nawałnych opadach atmosferycznych znaczna część wody spływa po skarpach składowiska i wywołuje erozję. Na terenach zadarnionych występuje przeważnie erozja powierzchniowa, a na terenach nie pokrytych roślinnością przeważnie erozja liniowa, w formie żłobin, przekształcających się lokalnie w wąwozy. Woda wymywa cząstki popiołu i gleby z darniny oraz zawarte w nich składniki che-

miczne. Spływają one po skarpach do zewnętrznych rowów opaskowych i na teren składowiska przejściowego, gdzie części stałe są osadzane, a woda z rozpuszczonymi składnikami infiltruje do wód gruntowych.

4.8. Dynamika poziomów wody gruntowej i powierzchniowej w rejonie składowiska odpadów paleniskowych i ich wpływ na możliwości poziomego przemieszczania się składników chemicznych

Dynamika poziomu wody gruntowej w rejonie składowiska odpadów paleniskowych kształtowana jest przede wszystkim stanami wody w Wiśle i Wilanówce. Czynnikiem współdziałającym jest opad atmosferyczny. Wskazują na to wyniki badań stanów wód w Wiśle i Wilanówce (wg IMGW i IDGW za Gołędowski i in. 1971; Maciak i Piórecki 1972; Sokołowski i in. 1993; Martynuska 1993), jak też niskich poziomów wód gruntowych w rejonie składowiska (tab. 24). Na ich podstawie wykonano schemat (przekrój A-A) układu wód gruntowych pod składowiskiem i w jego rejonie przy charakterystycznych stanach wody w korycie Wisły i Wilanówki (rys. 9). Na linii przekroju znajdują się badane studnie kopane, oznaczone numerami: 2, 18, 19 i 20 (rys. 10).

Wzrost stanów wody w Wiśle i w Wilanówce wywołany jest zwiększonym zasilaniem opadami atmosferycznymi i topniejącym śniegiem na terenie zlewni. Stany wód w Wilanówce uwarunkowane są do-



Rys.9. Kierunki filtracji wód gruntowych w rejonie składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki przy różnych charakterystycznych stanach wód w korycie rzeki Wisły i Wilanówki (Przekrój A-A)

Rysunek 10

LOKALIZACJA PUNKTÓW POBORU WODY DO
ANALIZ CHEMICZNYCH W REJONIE SKŁADOWISKA
ODPADÓW PALENISKOWYCH ELEKTROCIĘPŁOWNI
SIEKIERKI

Skala 1 : 10000

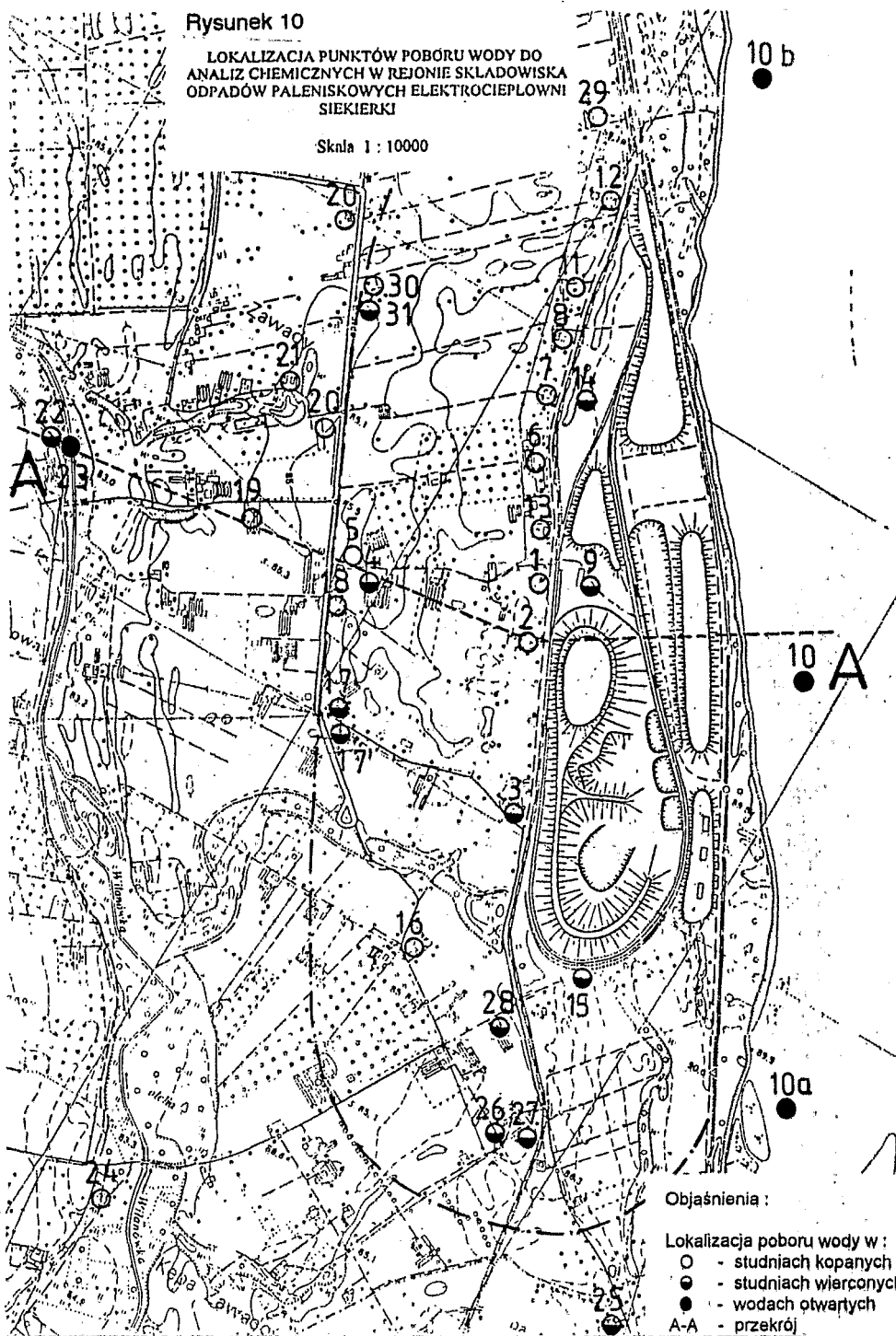


TABELA 24.Wykaz i charakterystyka studni w rejonie składowiska – miejsc poboru wody do oznaczeń chemicznych wód w latach 1977–1990 (wg danych Kobus 1985 i Płochniewskiego 1990)

Nr punktu	Lokalizacja studni	Rodzaj studni	Rodzaj obudowy, zabezpieczenie, stan sanitarny (stan w 1984 r.)	Głębokość studni w m	Głębokość występowania wody w m (1984 r.)	Liczba pomiarów
1	2	3	4	5	6	7
P-1	ul. Włóki 39	kopana	brak, stan sanitarny bardzo zły	4,0		3
P-2	ul. Włóki 45	kopana	kręgi betonowe, bez przykrycia	4,7	4,4–4,6	13
P-3	ul. Włóki 21	wiercona	hydrofor	8,0		14
P-4	ul. Bruzdowa 10	wiercona	hydrofor	15,0		13
P-5	ul. Bruzdowa 20	kopana	kręgi betonowe	4,6		6
P-6	ul. Włóki 49	kopana	kręgi bet., brak zabezp., zanieczyszczona	4,6	4,2–4,4	14
P-7	ul. Włóki 59 ^a	kopana	kręgi betonowe, zabezpieczona	4,1	3,6–3,9	14
P-8	ul. Włóki 61	kopana	kręgi betonowe, zabezpieczona	4,6	4,0–4,3	2
P-9	składowisko odpadów	wiercona	pompa głębinowa	10,0		15
P-11	ul. Włóki 65	kopana	kręgi betonowe, bez zabezpieczenia	4,4	3,8–4,0	11
P-12	ul. Włóki 79	kopana	kręgi betonowe, bez zabezpieczenia	5,4	4,5–4,8	10
P-13	ul. Włóki 45 ^a	kopana				2
P-14	ul. Włóki (p. Margales)	wiercona	hydrofor	8,0		6
P-15	ul. Włóki 7	wiercona	hydrofor	8,0		5
P-16	ul. Bruzdowa 4	kopana	kręgi betonowe, bez zabezpieczenia	4,5	4,0–4,3	9
P-17	ul. Bruzdowa 14	wiercona	hydrofor	8,0		9
P-17	ul. Bruzdowa 18	wiercona	hydrofor	10,0		7
P-18	ul. Bruzdowa 16	kopana	kręgi betonowe, zabezpieczona	3,9	3,6–3,8	6
P-19	ul. Bruzdowa 23 ^b	kopana	kręgi betonowe, bez zabezpieczenia	4,4	4,1–4,3	9
P-20	ul. Bruzdowa 53	kopana	kręgi betonowe, zabezpieczona	4,0	3,7–3,9	9
P-21	ul. Syta 6	kopana	kręgi betonowe, zabezpieczona	3,8	3,4–3,5	5

1	2	3	4	5	6	7
P-22	ul. Rosy 41 ^a	wiercona	hydrofor	10,0		9
P-24	ul. Rosy 1	kopana	kręgi betonowe		3,0	1
P-25	Kępa Okrzycka 15	wiercona	hydrofor	7,0		1
P-26	ul. Calowa 4	wiercona	hydrofor	7,0		1
P-27	ul. Calowa 1	wiercona	hydrofor	7,0		1
P-28	ul. Prętowa 1	wiercona	hydrofor	7,0		1
P-29	ul. Wał Zawadowski 79	kopana	kręgi betonowe	3,5		1
P-30	ul. Bruzdowa 26	wiercona	abisynka	4,0		1
P-31	ul. Bruzdowa 26	wiercona	hydrofor	8,0		1

datkowo wysokimi stanami wody w Wiśle. Przy ujściu Wilanówki do Wisły wykonana jest śluza. Zabezpiecza ona dolinę Wilanówki przed wysokimi stanami wody w Wiśle. Nadmiar spiętrzonej wody na śluzie jest pobierany przez Elektrociepłownię Siekierki dla potrzeb technologicznych.

Przy stanach wody w Wiśle niższych od średnich rocznych poziom wód gruntowych układa się na głębokości ok. 4,0 m, a ich filtracja w całej szerokości doliny odbywa się w kierunku wschodnim (do Wisły). Warunki te trwają przeciętnie w roku ok. 325 dni. W okresie tym składniki chemiczne migrujące ze składowiska odpadów przemieszczają się w tym samym kierunku.

Przy przepływach w Wiśle wyższych od średnich rocznych (Q_{sw}) poziom wody gruntowej w rejonie składowiska podnosi się, a filtracja wód odbywa się w kierunku Wilanówki. Składniki chemiczne w wodzie gruntowej pochodzące ze składowiska i rzeki przemieszczają się także w tym kierunku. Stwarza to warunki zanieczyszczenia wód gruntowych na terenie położonym na zachód od składowiska. Najmniej zagrożone są wody gruntowe terenów położonych na południe od składowiska.

Złożony układ hydrologiczny i brak specjalistycznych badań hydrogeologicznych w rejonie składowiska nie pozwala na określenie zasięgu oddziaływania wód Wisły na filtrację wód gruntowych w kierunku Wilanówki. Z wywiadu przeprowadzonego z mieszkańcami tego rejonu na temat wahań wód gruntowych przy niskich i wysokich stanach wód w Wiśle wynika, iż może ona obejmować najczęściej strefę do 0,5 km, maksymalnie do 1 km.

Filtracja wód gruntowych w kierunku Wisły bądź w kierunku Wilanówki w okresie rocznym charakteryzuje się dużą zmiennością. Przeważa spływ w kierunku Wisły. Przy filtracji w kierunku Wilanówki należy brać pod uwagę możliwość występowania

zanieczyszczenia wód gruntowych w północno-zachodniej części 500-metrowej strefy ochronnej składowiska.

4.9. Wpływ składowiska odpadów paleniskowych na wody gruntowe

Dla wód gruntowych terenów położonych pod składowiskiem odpadów paleniskowych, jak też w ich rejonie, nieznane jest tło geochemiczne w okresie przed 1962 r. (przed rozpoczęciem eksploatacji składowiska). Elektrociepłownia nie zleciła wówczas wykonania badań jakości wody dla przyszłych analiz porównawczych.

Bazą danych o jakości i poziomach wody gruntowej na terenie składowiska i w jego sąsiedztwie w okresie eksploatacji składowiska są studnie kopane i wiercone. Wykaz i charakterystykę studni, w których pobierano w latach 1977–1990 próby wody do oznaczeń fizyko-chemicznych, zestawiono w tabeli 24. Lokalizację studni podano na rysunku 10.

Studnie kopane są płytkie (od 3,5 do 4,7 m), obudowane kręgami betonowymi. Większość z nich nie ma pokryw zabezpieczających przed powierzchniowym zanieczyszczeniem. Ich stan sanitarny jest niezadowalający. Ujmują one wody z poziomu stabilizacji zwierciadła wody gruntowej.

Studnie wiercone eksploatują wodę za pomocą hydroforów, z tego samego poziomu wodonośnego co studnie kopane, najczęściej z głębokości 7–8 m ppt. Jedna z nich, oznaczona numerem P–9, znajduje się na terenie składowiska. Jej wody, pobierane pompą głębinową, są wykorzystywane do deszczowania popiołu i roślinności na składowisku oraz dla potrzeb bazy remontowej.

W latach 1977–1985, na zlecenie Elektrociepłowni Siekierki, w studniach P–1 do P–22 pobrano 197 prób wody do oznaczeń chemicznych. Analizy chemiczne wody wykonano w Zakładzie Ochrony Środowiska “Energopomiaru” w Gliwicach (Kobus 1985, 1986). Oznaczenia Na, K, Li, Cu, Sr, Cr, Zn, Pb, Mn, Cd, As, Co, Ni, Se, Ag i V wykonano metodą ASA; NNH_4 , NNO_3 , NNO_2 , PO_4 , Fe i B – metodą kolorymetryczną, Mg – metodą wersenianową; ChZT – metodą nadmanganianową; Ca – metodą wagową; Cl – metodą miareczkową.

W 1990 r., na zlecenie Urzędu Gminy Warszawa-Mokotów, wykonano oznaczenia właściwości fizyko-chemicznych wody w studniach: P–4, P–7, P–11 i P–24 do P–31. Wykonawca ich nie podaje metod badań (Płochniewski 1990).

4.9.1. Jakość wody gruntowej pod składowiskiem odpadów, stopień jej skażenia i źródła pochodzenia

Jakość wody gruntowej pod składowiskiem odpadów w latach 1977–1985 charakteryzują wyniki analiz prób wody ze studni P–9, zestawione w formie syntezy w tabeli 25 i 26. Upoważniają one do następujących wniosków:

- a) skład chemiczny wód gruntowych pod składowiskiem odznacza się dużą zmiennością, wywołaną głównie czynnikami antropogenicznymi;
- b) zawartość suchej pozostałości, siarczanów, żelaza i manganu oraz twardość ogólna przekracza normy określone dla wód przeznaczonych do picia (Dz. U. Nr 35 z 31.05.1990 r.). Według kryteriów Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Maciaszczykowa 1988) wydzielenia klas jakości i stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych, wody pod

TABELA 25. Wyniki analiz chemicznych wody ze studni P-9 na składowisku odpadów w latach 1977-1985, wg Kobus 1985, 1986

Rodzaj oznaczeń		28.06. 1977	26.06. 1981	2.07. 1985	1977-1986 ¹⁾ (15 pomiarów)
Sucha pozostałość	mg/dm ³	1590	1113	407	775(375-1590)
Twardość ogólna	mval/dm ³	12,1	14,6	6,5	11,6(4,2-25,8)
Odczyn	pH	7,4	7,4	7,4	7,5(7,2-8,2)
ChZT	mg O ₂ /dm ³	3,10	4,40	7,00	5,2(1,0-9,6)
Wapń	Ca	176,00	216,00	107,92	169(71-280)
Magnez	Mg	40,32	46,36	13,05	38,9(0,5-142)
Sód	Na	37,00	51,60	8,50	38,6(8,5-58,5)
Potas	K	7,15	19,00	3,00	11,4(3,0-29,0)
Azot	N-NH ₄	ślady	0,02	ślady	0,35(śl.-0,8)
Azot	N-NO ₃	1,77	9,96	0,40	3,13(0,24-15,38)
Azot	N-NO ₂	0,03	0,02	ślady	0,03(śl.-0,15)
Fosforany	PO ₄	n.o ²⁾	<0,05	ślady	<0,05(śl.-0,1)
Siarczany	SO ₄	761,09	335,00	31,26	257(31-714)
Chlorki	Cl	41,00	51,00	18,00	46,7(18,0-75,0)
Lit	Li	0,05	0,22	<0,01	0,09(<0,01-0,22)
Miedź	Cu	<0,01	0,01	0,02	0,01(<0,01-0,06)
Stront	Sr	0,73	0,50	0,41	0,53(0,11-0,78)
Chrom	Cr	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01(<0,01)
Bor	B	1,42	5,00	n.o	2,20(0,35-5,0)
Cynk	Zn	2,04	0,34	0,02	0,64(0,02-2,65)
Ołów	Pb	ślady	ślady	<0,01	0,01(śl.-0,06)
Żelazo	Fe	2,66	11,11	6,66	9,90(0,30-38,4)
Mangan	Mn	1,29	0,01	3,36	2,04(<0,01-6,20)
Kadm	Cd	0,001	0,001	<0,01	<0,01(<0,01)
Arsen	As	n.o	<0,005	n.o	0,007(<0,005-0,01)
Kobalt	Co	n.o	<0,005	n.o	<0,005(<0,005)
Nikiel	Ni	n.o	0,007	n.o	0,005(<0,003-0,007)
Selen	Se	n.o	0,009	n.o	0,008(0,007-0,009)
Srebro	Ag	n.o	<0,002	n.o	<0,002(<0,002)
Wanad	V	n.o	<0,005	n.o	<0,005(<0,005)

1) Wartości średnie, w nawiasach wahania od-do.

2) n.o - nie oznaczano.

TABELA 26. Wyniki analiz chemicznych wody ze studni P-9 na składowisku odpadów paleniskowych w 1984 r. wg Kobus 1985

Rodzaj oznaczeń		19.01. 1984	29.03. 1984	25.06. 1984	28.08. 1984	23.10. 1984
Sucha pozostałość	mg/dm ³	730	820	805	786	724
Twardość ogólna	mval/dm ³	10,4	11,8	11,8	11,7	12,3
Odczyn	pH	7,6	7,3	7,4	7,2	7,5
ChZT	mg O ₂ /dm ³	5,10	8,00	5,80	6,00	6,00
Wapń	Ca	160,00	173,16	176,32	157,80	167,28
Magnez	Mg	29,76	37,94	38,19	46,60	48,06
Sód	Na	34,00	34,00	35,00	28,25	n.o
Potas	K	14,10	14,25	11,25	15,50	n.o
Azot	N-NH ₄	0,60	<0,01	<0,01	1,40	0,80
Azot	N-NO ₃	0,24	15,38	0,40	1,28	0,40
Azot	N-NO ₂	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,07
Fosforany	PO ₄	n.o	śl.	<0,05	<0,05	0,05
Siarczany	SO ₄	164,56	217,63	243,80	207,34	243,54
Chlorki	Cl	mg/dm ³	34,00	35,00	33,00	45,00
Lit	Li	0,09	0,10	0,12	0,09	n.o
Miedź	Cu	<0,01	n.o	<0,01	<0,01	n.o
Stront	Sr	0,61	0,78	0,65	0,53	n.o
Chrom	Cr	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.o
Cynk	Zn	0,04	0,04	0,07	0,05	n.o
Ołów	Pb	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.o
Żelazo	Fe	8,69	38,46	6,66	10,80	20,00
Mangan	Mn	n.o	5,06	6,20	5,65	n.o
Kadm	Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.o
Nikiel	Ni	n.o	<0,01	<0,01	n.o	n.o

składowiskiem kwalifikują się do klasy IV B (wody wyraźnie zmienione antropogenicznie);

c) jakość wody w 1985 r. i w 1991 r. w stosunku do 1977 r. nie uległa istotnym zmianom;

d) wysoka zawartość potasu (K), siarczanów (SO₄) i ogólna zawartość substancji rozpuszczalnych w wodzie oraz podwyższona okresowo, najczęściej wiosną, ilość azotanów i wartość ChZT wskazują, iż są to

głównie zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego (filtracja w kierunku Wisły);

e) duże stężenie manganu i żelaza w wodzie jest cechą charakterystyczną wód podziemnych w rejonie Dolnego Mokotowa;

f) stosunkowo niska zawartość Cu, Cr, Pb, Cd, As, Co, Ni, Se, V w wodzie może wskazywać na brak bądź ograniczoną migrację tych pierwiastków ze składowiska odpadów.

4.9.2. Jakość wody gruntowej na terenie przyległym do składowiska, stopień jej skażenia i źródła pochodzenia

Skład chemiczny wód gruntowych w rejonie składowiska odpadów w latach 1977–1990 charakteryzują wyniki badań prób wody ze studni kopanych i wierconych (rys. 10). Ich analizę przeprowadzono w odniesieniu do 3 stref terenu:

- a) w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska, odległym do 100 m od podstawy zwałowiska, obejmującym studnie:
 - kopane P-1, P-2, P-6, P-7, P-8, P-11, P-12 i P-13;
 - wiercone P-3, P-14 i P-15;
- b) na terenie odległym od podstawy składowiska o 100 do 500 m, na którym położone są studnie:
 - kopane P-5, P-16, P-18, P-29 i P-30;
 - wiercone P-4, P-17, P-17', P-26, P-27, P-28 i P-31;
- c) na terenie odległym od składowiska o 500 do 1100 m, na którym znajdują się studnie:
 - kopane P-19, P-20, P-21 i P-24;
 - wiercone P-22 i P-25.

Zbiorcze zestawienie porównawcze średniej zawartości w wodzie badanych właściwości fizyko-chemicznych i ich zmienności w latach 1977–1990 w trzech strefach rejonu składowiska podano w tabeli 27. Ponadto w tabelach 28–30, dla celów porównawczych składu chemicznego wód w wybranych studniach (P-2, P-3 i P-4), zestawiono wyniki analiz chemicznych w pięcioletnich przedziałach czasu.

Przedstawione powyżej dane upoważniają do następujących wniosków:

- a) jakość wód gruntowych w okresie lat 1977–1990 charakteryzuje się dużą zmiennością, ale z upływem lat nie ob-

serwuje się istotnego wzrostu ani obniżenia zawartości poszczególnych składników. Dotyczy to wód terenów różnie odległych od składowiska (0–100, 100–500 i 500–1100 m) – tabela 28. Brak zmian jakości wody w latach 1977–1986 i podobną dynamikę zmian większości jej parametrów stwierdzono także w wodach gruntowych pod składowiskiem odpadów paleniskowych (rodz. 4.9.1). Dowodzi to, iż układ hydrogeochemiczny wód gruntowych pod składowiskiem i w jego rejonie charakteryzuje się w analizowanym okresie dynamiką zrównoważoną. W wodzie gruntowej terenów przyległych występuje mniejsza stabilność zawartości $N-NH_4$, $N-NO_3$, $N-NO_2$, K, Cl i Zn oraz suchej pozostałości, większa zaś stabilność koncentracji SO_4 . Większa dynamika zmian zawartości w wodzie wymienionych form azotu oraz w koncentracji potasu, chloru i cynku nie jest uwarunkowana oddziaływaniem składowiska odpadów paleniskowych;

- b) jakość wód gruntowych w rejonie składowiska, niezależnie od położenia, warunkowana jest przede wszystkim działalnością gospodarczą i rolniczą. Świadczy o tym analiza porównawcza jakości wód w studniach kopanych i wierconych. Lepszą jakością i bardziej stabilnym składem fizyko-chemicznym charakteryzuje się woda w studniach wierconych niż kopanych. W jednych i drugich studniach czerpie się wodę z tego samego poziomu czwartorzędowego. Studnie kopane są o ok. 4 m płytsze i przeważnie dostatecznie zabezpieczone przed wpływem z zewnątrz. Woda ze studni wierconych w porównaniu do kopanych charakteryzuje się mniejszą zawartością suchej pozostałości, wapnia, sodu, potasu, $N-NH_4$, $N-NO_3$, $N-NO_2$, PO_4 , SO_4 , Cl,

a większą koncentracją cynku i żelaza. Większa eutrofizacja wód w studniach kopanych niż wierconych, w szczególności $N-NH_4$, $N-NO_3$, $N-NO_2$, PO_4 i K, świadczy o dużym wpływie ścieków bytowych z gospodarstw oraz nawożenia na jakość wód gruntowych. Największa koncentracja tych składników notowana jest w miesiącach wiosennych. Większa zawartość cynku i żelaza w wodach ze studni wierconych warunkowana jest rurami i hydroforem. W związku z dużą zawartością wymienionych form azotu w wodach gruntowych terenów przyległych do składowiska zwrócić należy uwagę, iż popiół na zwałowisku nie zawiera azotu, ma natomiast niewielkie ilości fosforu i potasu (tab. 5);

c) woda gruntowa na terenach sąsiadujących ze składowiskiem odpadów nie spełnia wymogów określonych dla wód przeznaczonych do picia (Dz. U. Nr 18 z 1977 r.). Przekroczone są następujące parametry jakości: sucha pozostałość, twardość ogólna, $N-NH_4$, $N-NO_3$, $N-NO_2$, siarczany, mangan, żelazo, fosforany. Według kryteriów Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Macioszczykowa 1988) woda gruntowa w 500-metrowej strefie składowiska jest wodą pozaklasową o chemizmie ukształtowanym pod wpływem czynnika antropogenicznego o charakterze gospodarczo-rolniczym. W stosunku do klasy IV B przekroczone zostały parametry: $N-NH_4$, $N-NO_3$ i Mn. Jakość tych wód jest gorsza niż wód pod składowiskiem, kwalifikujących się do klasy IV B;

d) woda gruntowa oceniana wynikami badań w studniach wierconych w strefie odległej od składowiska 0–100 m i 100–500 m nie wykazuje wyraźnych różnic w jakości. W porównaniu do wody pod składowiskiem, ocenianej także wyni-

kami oznaczeń w studni wierconej, zawiera ona mniej sodu i siarczanów oraz żelaza, a więcej azotanów, azotynów, cynku;

e) jakość wody gruntowej w sąsiedztwie składowiska, charakteryzowanej z kolei wynikami badań wód w studniach kopanych w strefie 0–100 m i 100–500 m, wykazuje większe różnice. W strefie 0–100 m w porównaniu do strefy 100–500 m notowano większą zawartość w wodzie gruntowej: suchej pozostałości, magnezu, sodu, potasu, fosforanów, siarczanów i żelaza, a mniejszą azotu amonowego. Woda gruntowa w strefie 0–100 m od składowiska oceniana wynikami badań w studniach kopanych w stosunku do wody gruntowej pod składowiskiem (badania w studni wierconej) charakteryzuje się większą zawartością suchej pozostałości, wapnia, sodu, potasu, $N-NH_4$, $N-NO_3$, $N-NO_2$, fosforanów, chlorków, strontu, a mniejszą koncentracją siarczanów, żelaza i manganu. Podobne różnice w jakości wody, z wyjątkiem sodu, występują w wodach gruntowych pod składowiskiem (studnia wiercona) i w strefie 100–500 m od składowiska (studnie kopane);

f) wody gruntowe w strefie odległej od składowiska o 500 do 1100 m charakteryzują się ogólnie lepszą jakością w stosunku do wód w bezpośrednim sąsiedztwie składowiska (strefy 0–500 m). Nie spełniają one także wymogów jakości dla wód pitnych (nadmiar suchej pozostałości, $N-NO_3$, $N-NO_2$, Mn) i są również wodami poklasowymi według kryteriów Macioszczykowej (1988). Mają także w dużym stopniu zmienione tło hydrogeochemiczne. Ogólnie zawierają mniej suchej pozostałości, wapnia, strontu, boru, cynku i żelaza. Należy podkreślić, iż analizowaną strefę (500–

TABELA 27. Średnie i ekstremalne wartości charakterystyk jakości wody w studni na składowisku danych Kobus 1985, 1986 i Płochniewskiego 1990)

Rodzaj oznaczeń		Studnia na terenie składowiska	Studnie na terenie przyległym do 0–100 m	
			kopana (Aa)	wiercona (Ab)
Sucha pozostałość	mg/dm ³	775 ¹⁾ (375–1590) ²⁾	1079(568–2293)	672(94–1109)
Twardość ogólna	mval/dm ³	11,6(4,2–25,8)	13,6(8,0–23,9)	10,7(6,7–16,5)
Odczyn	pH	7,5(7,2–8,2)	7,1(6,8–8,1)	7,3(6,8–8,8)
ChZT	mg O ₂ /dm ³	5,2(1,0–9,6)	5,8(1,8–13,0)	6,2(0,8–12,3)
Wapń	Ca	169(71–280)	202(125–403)	150(61–197)
Magnez	Mg	38,9(0,5–142)	43,8(12,5–100)	40,1(1,9–86,8)
Sód	Na	38,6(8,5–58)	52,6(12,0–156)	20,3(9,2–40,0)
Potas	K	11,4(3,0–29,0)	31,7(2,6–240)	9,0(4,1–29,5)
Azot	N-NH ₄	0,35(śl.–0,8)	0,59(śl.–3,5)	0,33(śl.–1,20)
Azot	N-NO ₃	3,13(0,24–15,4)	74,1(śl.–531)	28,3(śl.–221)
Azot	N-NO ₂	0,03(śl.–0,15)	0,21(śl.–2,00)	0,12(śl.–0,66)
Fosforany	PO ₄	<0,05(śl.–0,1)	0,24(śl.–5,00)	0,02(śl.–0,06)
Siarczany	SO ₄	257(31–714)	225(42–587)	120(22–359)
Chlorki	Cl	46,7(18–75)	86(41–341)	42,1(11–58)
Lit	Li	0,09(<0,1–0,22)	<0,01(<0,01–0,04)	<0,01(śl.–0,01)
Miedź	Cu	0,01(<0,01–0,06)	<0,01(śl.–0,05)	0,01(śl.–0,06)
Stront	Sr	0,53(0,11–0,78)	0,76(0,26–2,36)	0,62(0,12–0,92)
Chrom	Cr	<0,01(<0,01)	<0,01(śl.–0,02)	<0,01(<0,01–0,01)
Bor	B	2,20(0,35–5,0)	1,80(śl.–5,1)	3,01(0,4–5,0)
Cynk	Zn	0,64(0,02–2,65)	0,32(śl.–8,20)	3,49(0,03–13,7)
Ołów	Pb	0,01(śl.–0,06)	0,02(śl.–0,10)	0,01(śl.–0,04)
Żelazo	Fe	9,90(0,3–38)	2,34(0,1–50)	4,59(0,13–33,3)
Mangan	Mn	2,04(<0,01–6,20)	0,73(śl.–6,25)	2,44(<0,01–5,6)
Kadm	Cd	0,006(śl.–<0,01)	0,005(śl.–0,04)	0,005(śl.–0,01)
Arsen	As	0,007(<0,005–0,01)	<0,003(<0,003)	<0,003(<0,003)
Kobalt	Co	<0,005(<0,005)	<0,005(<0,005)	<0,005(<0,005)
Nikiel	Ni	0,005(<0,003–0,001)	0,006(0,005–0,012)	0,005(0,003–0,008)
Selen	Se	0,008(0,007–0,009)	0,006(0,004–0,009)	0,003(0,003)
Srebro	Ag	<0,002(<0,002)	<0,002(<0,002)	<0,002(<0,002)
Wanad	V	<0,005(<0,005)	<0,005(<0,005)	<0,005(<0,005)
Glin	Al			
Fluor	F			

1) Wartości średnie. 2) Wahania od-do.

i w studniach położonych w różnych odległościach od składowiska w latach 1977–1990 (wg

składowiska w strefach

100–500 m		500–1100 m	
kopana	wiercona	kopana	wiercona
955(91–1862)	749(454–860)	755(649–848)	587(452–649)
13,1(8,0–16,7)	10,8(6,5–13,2)	10,7(9,8–11,5)	8,4(6,1–9,2)
7,3(7,1–8,0)	7,3(6,8–8,2)	7,6(7,4–8,0)	7,7(7,1–8,1)
4,2(2,2–6,4)	4,6(1,9–7,3)	5,6(4,5–6,7)	4,1(1,7–5,3)
200(129–244)	164(94–211)	149(128–167)	128(99–144)
35,9(21,9–58,7)	31,0(5,7–69)	35,7(26,7–41,4)	30,4(13–92)
36,9(7,5–70,0)	24,5(7,2–66)	32,6(12,9–56,7)	13,7(10–30)
16,1(1,3–67)	10,8(1,4–57)	28,2(2,1–48,5)	6,4(2,1–11)
1,75(śl.–7,41)	0,30(śl.–1,0)	0,20(0,12–0,37)	0,09(śl.–0,62)
70,9(0,4–241)	12,7(śl.–60)	35(0,56–113)	6,3(0,4–19)
0,38(śl.–2,00)	0,22(śl.–2,5)	0,18(0,03–0,29)	0,11(śl.–0,18)
0,08(śl.–0,36)	0,09(śl.–0,76)	0,41(0,05–0,48)	0,03(śl.–0,2)
205(77–324)	154(70–223)	200(125–274)	115(67–173)
81(25–143)	39(18–100)	54(36–67)	32(23–38)
<0,01(śl.–0,01)	<0,01(śl.–0,01)	<0,01(śl.–<0,01)	<0,01(śl.–0,01)
0,01(śl.–0,06)	0,01(śl.–0,02)	0,01(śl.–0,01)	<0,01(śl.–0,01)
0,79(0,41–1,00)	0,71(0,36–0,85)	0,45(0,39–0,49)	0,40(0,20–0,53)
<0,01(<0,01)	<0,01(śl.–<0,01)	0,01(śl.–0,02)	<0,01(<0,01)
1,55(0,40–5,0)	1,01(0,3–4,0)	0,50(0,4–0,6)	0,50(0,40–0,60)
1,33(0,02–4,2)	2,06(<0,01–5,2)	0,28(0,1–0,73)	0,69(0,17–2,65)
0,01(śl.–0,05)	0,01(śl.–0,10)	0,01(<0,01–0,13)	<0,01(<0,01–0,06)
0,73(0,15–1,68)	2,18(0,6–28)	1,00(0,81–1,12)	0,96(0,70–1,56)
1,29(śl.–3,33)	1,53(śl.–4,2)	1,52(0,21–4,4)	1,15(0,34–2,24)
0,008(śl.–0,01)	0,005(śl.–0,01)	0,007(śl.–0,01)	0,005(śl.–0,01)
<0,01(<0,01–<0,02)	<0,01(<0,01–0,02)	0,01(<0,01–0,02)	<0,01(<0,01)
<0,05(0,02–0,08)	<0,05(0,005)	0,1(0,1)	0,1(0,1)
0,08(0,02–0,15)	0,28(0,15–0,36)	0,3(0,3)	0,3(0,3)

TABELA 28. Wyniki analiz chemicznych wody ze studni kopanej P-2, położonej w odległości 50 m od składowiska odpadów, w latach 1977–1985 (wg danych Kobus 1985, 1986)

Rodzaj oznaczeń		28.06. 1977	26.06. 1981	2.07. 1985	1977–1986 ¹⁾ (13 pomiarów)
Sucha pozostałość	mg/dm ³	1210	726	1324	992(726–1367)
Twardość ogólna	mval/dm ³	9,4	10,0	16,3	14,3(9,4–22,4)
Odczyn	pH	7,3	7,2	6,8	7,3(6,8–7,8)
ChZT	mg O ₂ /dm ³	4,5	4,5	5,9	4,2(2,0–5,9)
Wapń	Ca	124	136	264	217(125–356)
Magnez	Mg	38,4	39,1	100	46(32–100)
Sód	Na	23,2	37,2	71	34(12–81)
Potas	K	3,4	23,5	2,8	7,6(2–24)
Azot	N-NH ₄	0,22	0,02	śl.	0,14 (śl.–0,5)
Azot	N-NO ₃	84,3	73,8	33,3	31,00(0,4–85)
Azot	N-NO ₂	0,27	0,04	0,02	0,09(śl.–0,34)
Fosforany	PO ₄	n.o	n.o	śl.	0,08(śl.–0,32)
Siarczany	SO ₄	346	153	456	270(128–466)
Chlorki	Cl	44	52	97	63(41–114)
Lit	Li	0,002	0,006	<0,01	<0,01(<0,01–0,04)
Miedź	Cu	śl.	śl.	<0,01	<0,01(śl.–<0,01)
Stront	Sr	0,97	0,44	0,94	0,79(0,44–1,34)
Chrom	Cr	śl.	<0,01	<0,01	<0,01(śl.–<0,01)
Bor	B	śl.	5,0	n.o	1,48(śl.–5,0)
Cynk	Zn	0,07	0,18	0,62	0,23(0,02–1,12)
Ołów	Pb	śl.	0,08	0,05	0,04(śl.–0,1)
Żelazo	Fe	0,56	3,6	0,58	0,97(0,14–3,6)
Mangan	Mn	2,08	<0,01	0,20	0,78(<0,01–4,10)
Kadm	Cd	śl.	śl.	<0,01	<0,01(śl.–<0,01)
Nikiel	Ni	n.o	n.o	n.o	<0,01(<0,01)

¹⁾ Wartości średnie; w nawiasach wahania od-do.

n.o – nie oznaczano.

1100 m) charakteryzują wyniki pomiarów z 5 studni w dolinie Wilanówki i 1 studni w pobliżu koryta Wisły. Zaobserwowana zmienność hydrogeochemiczna może być uwarunkowana zasięgami oddziaływania filtracji wód rzek Wisły i Wilanówki;

g) przedstawione powyżej zależności hydro-

geochemiczne w międzyrzeczu Wisły i Wilanówki, w świetle analizowanych wyników badań, z dużym prawdopodobieństwem upoważniają do przyjęcia hipotezy, że składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki oddziałuje w niewielkim stopniu na jakość wód gruntowych.

TABELA 29. Wyniki analiz chemicznych wody ze studni wierconej P-3, położonej w odległości 60 m od składowiska odpadów, w latach 1977–1985 (wg danych Kobus 1985, 1986)

Rodzaj oznaczeń		28.06. 1977	26.06. 1981	2.07. 1985	1977–1986 ¹⁾ (14 pomiarów)
Sucha pozostałość	mg/dm ³	958	752	525	648(99–958)
Twardość ogólna	mval/dm ³	10,2	12,1	8,6	9,8(8,2–12,3)
Odczyn	pH	7,2	7,0	7,6	7,4(6,9–8,3)
ChZT	mg O ₂ /dm ³	3,3	3,0	5,6	3,3(0,8–5,8)
Wapń	Ca	130	181	137	151(115–181)
Magnez	Mg	45,6	36,8	21	27(2–52)
Sód	Na	40,3	14,5	15,9	21(9–40)
Potas	K	17,5	9,3	10,7	14(9–29)
Azot	N-NH ₄	0,54	0,01	śl.	0,25(śl.–1,2)
Azot	N-NO ₃	177	73,8	4,2	40(0,4–177)
Azot	N-NO ₂	0,03	0,02	0,01	0,06(śl.–0,5)
Fosforany	PO ₄	n.o	n.o	śl.	<0,05(śl.–<0,05)
Siarczany	SO ₄	359	163	93	143(60–359)
Chlorki	Cl	51	48	17	36(11–58)
Lit	Li	0,002	0,02	<0,01	0,005(śl.–0,02)
Miedź	Cu	śl.	0,02	<0,01	0,005(śl.–0,02)
Stront	Sr	0,75	0,12	0,44	0,46(0,12–0,75)
Chrom	Cr	śl.	<0,01	<0,01	0,004(śl.–0,01)
Bor	B	1,00	4,0	n.o	2(0,4–4,0)
Cynk	Zn	1,67	0,03	0,34	0,6(0,17–1,96)
Ołów	Pb	śl.	śl.	<0,01	0,006(śl.–0,03)
Żelazo	Fe	0,20	2,40	1,08	0,78(0,13–2,4)
Mangan	Mn	1,36	0,20	1,42	1,1(śl.–2,0)
Kadm	Cd	0,017	<0,0005	<0,01	0,004(<0,0005–0,02)
Arsen	As	n.o	<0,005	n.o	<0,003(<0,005–0,002)
Kobalt	Co	n.o	<0,005	n.o	<0,005(<0,005)
Nikiel	Ni	n.o	0,008	n.o	0,005(0,003–0,008)
Selen	Se	n.o	0,003	n.o	0,003(0,003)
Srebro	Ag	n.o	<0,002	n.o	<0,002(<0,002)
Wanad	V	n.o	<0,005	n.o	<0,005(<0,005)

¹⁾ Wartości średnie; w nawiasach wahania od-do.

n.o – nie oznaczano.

TABELA 30. Wyniki analiz chemicznych wody ze studni wierconej P-4, położonej w odległości 420 m od składowiska, w latach 1977–1990 (wg danych Kobus 1985, 1986 i Płochniewskiego 1990)

Rodzaj oznaczeń		28.06. 1977	26.06. 1981	11.10. 1985	1990	1977–1990 (13 pomiarów)	
Sucha pozostałość	mg/dm ³	652	654	527	900	613(527–900)	
Twardość ogólna	mval/dm ³	6,5	10,9	9,4	11,6	9,8(6,5–11,6)	
Odczyn	pH	7,3	7,2	8,2	7,5	7,4(7,1–8,2)	
ChZT	mg O ₂ /dm ³	4,7	3,0	2,4	4,0	3,7(1,9–4,9)	
Wapń	Ca	94	176	131	195	152(94–195)	
Magnez	Mg	21,1	21,1	35,4	23,1	26,8(5,7–37,9)	
Sód	Na	12,5	13,2	7,3	11,6	12,1(7,3–16,5)	
Potas	K	5,5	8,7	2,1	14,7	4,7(2,1–14,7)	
Azot	N-NH ₄	0,72	0,04	śl.	1,30	0,32(śl.–1,0)	
Azot	N-NO ₃	1,59	śl.	10,0	2,00	12,4(śl.–40)	
Azot	N-NO ₂	0,03	0,02	0,01	<1,00	0,3(śl.–2,0)	
Fosforany	PO ₄	n.o	n.o	<0,05	0,37	<0,05(<0,05)	
Siarczany	SO ₄	mg/dm ³	216	157	170	119	141(70–216)
Chlorki	Cl	23	37	30	180	36(23–180)	
Lit	Li	0,002	0,002	n.o	0,006	0,003(śl.–0,01)	
Miedź	Cu	śl.	0,05	n.o	0,08	0,01(śl.–0,05)	
Stront	Sr	0,63	0,54	n.o	0,61	0,54(0,40–0,65)	
Chrom	Cr	śl.	<0,01	n.o	n.o	<0,01(śl.–<0,01)	
Bor	B	0,30	4,00	n.o	n.o	2,2(0,3–4,0)	
Cynk	Zn	0,20	0,25	n.o	8,33	3,3(0,17–8,4)	
Ołów	Pb	śl.	0,06	n.o	<0,02	0,2(śl.–0,1)	
Żelazo	Fe	15,4	2,16	0,70	14,1	7,1(0,7–25)	
Mangan	Mn	4,0	3,33	n.o	4,27	1,45(śl.–4,0)	
Kadm	Cd	0,02	n.o	n.o	<0,01	<0,01(śl.–0,02)	
Nikiel	Ni	n.o	n.o	n.o	<0,02	<0,02(<0,02)	
Glin	Al	n.o	n.o	n.o	1,3	1,3(1,3)	
Fluor	F	n.o	n.o	n.o	0,15	0,15(0,15)	

4.10. Wpływ składowiska na gleby

Ocenę wpływu składowiska odpadów paleniskowych z Elektrociepłowni Siekierki na otaczające gleby wykonano na pod-

stawie badań Energopomiaru (Chróst i Kobus 1981), Geoinżynierii (Chmielewski i in. 1990) oraz Czerwińskiego i Pracza (1990) i Lisa (1992).

Badania w 1981 r. dotyczyły zasięgu wpływu składowiska na akumulację metali ciężkich w glebach odległych od składowi-

ska do 60 m, od 250 do 270 m, od 650 do 730 m i 1000 m. Próby glebowe pobierano z powierzchni gruntu (1,5 cm) oraz od 1,5 cm do głębokości 25 cm. Pochodzą one z terenów pozbawionych roślinności, porośniętych trawą i zadrzewionych.

W pobranych próbach glebowych oznaczono 11 metali ciężkich (miedź Cu, nikiel Ni, kobalt Co, kadm Cd, chrom Cr, wanad V, mangan Mn, cynk Zn, ołów Pb, molibden Mo, srebro Ag) oraz arsen As i fluor F. Metale ciężkie oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z wyjątkiem wanadu (metoda kwasu wolframofosforowego) i molibdenu (metoda rodankowa). Arsen oznaczono metodą błękitu arsenomolibdenowego, natomiast fluor metodą alizarynokompleksu. Zakresy i średnie zawartości oznaczonych pierwiastków w glebach z poszczególnych odległości i całkowitej głębokości (0–25 cm) zestawiono w tabeli 31.

Badania glebowe prowadzone w 1990 r. obejmowały przyległy do składowiska pas terenu o szerokości 500 m. Na terenie tym rozmieszczono równomiernie 45 odkrywek glebowych, z których pobrano próby gleb z głębokości 0–20 cm i 20–40 cm. Lokalizację stanowisk badawczych przedstawiono na rysunku 11. W pobranych glebach oznaczono 9 metali ciężkich, a mianowicie: żelazo (Fe), Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Co, Cr.

W celu określenia ewentualnego wpływu odległości od składowiska na kumulację metali ciężkich w glebach wydzielono 3 strefy: odległość do 50 m (15 odkrywek), 50–250 m (17 odkrywek) i 250–500 m (13 odkrywek). Zakresy oraz średnie wyniki zawartości metali ciężkich w glebach z poszczególnych stref odległości i głębokości zawiera tabela 32.

Wyniki badań glebowych z 1981 r. i 1990 r. porównano z danymi przedstawionymi przez Czerwińskiego i Pracza (1990)

na mapach glebowych m. Warszawy w skali 1:25 000 oraz Lisa (1992) w Atlasie Geochemicznym Warszawy i Okolic w skali 1:100 000.

W okresie badań glebowych w 1981 r. składowisko popiołu tylko w północnej części pokryte było roślinnością. Pozostała powierzchnia składowiska była odkryta, co przy suchej i wietrznej pogodzie powodowało intensywne zapylenie okolicznych terenów.

W okresie badań 1990 r. składowisko główne było już docelowo uformowane i zadarnione, a w czasie suchych i wietrznych dni niektóre powierzchnie były deszczowane. Zabiegi te znacznie ograniczyły zapylenie okolicznych terenów, a tym samym zmniejszyły ewentualne zagrożenie zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi. W ocenie wyników badań glebowych w latach 1981 i 1990 należy fakt ten brać pod uwagę.

Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie zawartości poszczególnych pierwiastków w glebach należy dokonać oceny każdego z nich oddzielnie, porównując z wartościami dla gleb nieskażonych i wartościami toksycznymi przedstawionymi przez Kabatę-Pendias (1984).

Miedź (Cu). Średnie zawartości miedzi w obydwu okresach badań na poszczególnych odległościach od składowiska mieszczą się w granicach 7,7–15,8 ppm. W badaniach 1981 r. zauważa się nieco wyższe zawartości miedzi w odległości 60–270 m (15,8–15,6 ppm) od odległości dalszych (9,5–12,5 ppm). W badaniach 1990 r. widać podobną tendencję, ale o nieco mniejszych różnicach. Są to różnice nieznaczne, mogą być jednak spowodowane większym zapyleniem gleb położonych bliżej składowiska. Wyniki podanych badań pokrywają się także z badaniami Lisa (1992) oraz Czerwińskiego i Pracza (1990), którzy w glebach otaczających składowisko wykazali

TABELA 31. Zakresy i średnie zawartości metali ciężkich w glebach przylegających do

Odległość od składowiska (w m)	Cu	Ni	Co	Cd	Cr	V
	mg/kg s.m. (ppm)					
Do 60	<u>15,8</u> 7,0-26,0	<u>25</u> 12-46	<u>10</u> 6-14	<u>0,6</u> 0,1-0,9	<u>45</u> 26-66	<u>69</u> 35-110
250-270	<u>15,6</u> 8,0-25,0	<u>22</u> 16-30	<u>11</u> 7-17	<u>0,6</u> 0,4-1,1	<u>37</u> 22-50	<u>59</u> 37-99
650-730	<u>9,5</u> 6,5-12,0	<u>16</u> 12-18	<u>8</u> 6-9	<u>0,4</u> 0,4-0,5	<u>29</u> 26-35	<u>48</u> 32-72
1000	<u>12,5</u> 8,5-18,5	<u>20</u> 12-29	<u>9</u> 7-12	<u>0,7</u> 0,5-1,1	<u>44</u> 26-60	<u>59</u> 48-79

TABELA 32. Zakres i średnie zawartości metali ciężkich w glebach przylegających do

Odległość od składowiska (ilość punktów)	Głębokość (w cm)	Fe %	Mn mg/kg s.m. (ppm)	Zn
Do 50 m	0-20	<u>1,26</u> 0,68-2,48	<u>376</u> 208-760	<u>58</u> 33-85
(15)	20-40	<u>1,17</u> 0,79-2,26	<u>329</u> 201-780	<u>47</u> 30-79
	0-40 ¹⁾	1,22	353	53
50-250 m	0-20	<u>0,99</u> 0,45-2,26	<u>311</u> 158-850	<u>45</u> 28-90
(17)	20-40	<u>0,97</u> 0,56-2,26	<u>291</u> 100-820	<u>42</u> 30-84
	0-40 ¹⁾	0,98	301	44
250-500 m	0-20	<u>0,97</u> 0,56-1,35	<u>276</u> 144-420	<u>54</u> 30-129
(13)	20-40	<u>0,94</u> 0,56-1,35	<u>290</u> 182-460	<u>43</u> 28-59
	0-40 ¹⁾	0,96	283	49

¹⁾ Średnio w głębokości 0-40 cm.

składowiska odpadów paleniskowych na głębokości 0–25 cm (wg danych Chróst i Kobus 1981)

Mn	Zn	Pb	Mo	As	Ag	F
<u>353</u> 120–655	<u>53</u> 30–77	28	3,9	3,8	0,5	203
<u>483</u> 270–830	<u>47</u> 27–75	<u>24</u> 20–28	<u>3,6</u> 3,6–3,6	<u>3,9</u> 4,3–4,5	<u>0,4</u> 0,4–0,4	<u>265</u> 197–333
<u>338</u> 225–410	<u>31</u> 21–37	26	3,3	4,2	0,9	217
<u>462</u> 240–750	<u>41</u> 26–66	—	—	—	—	—

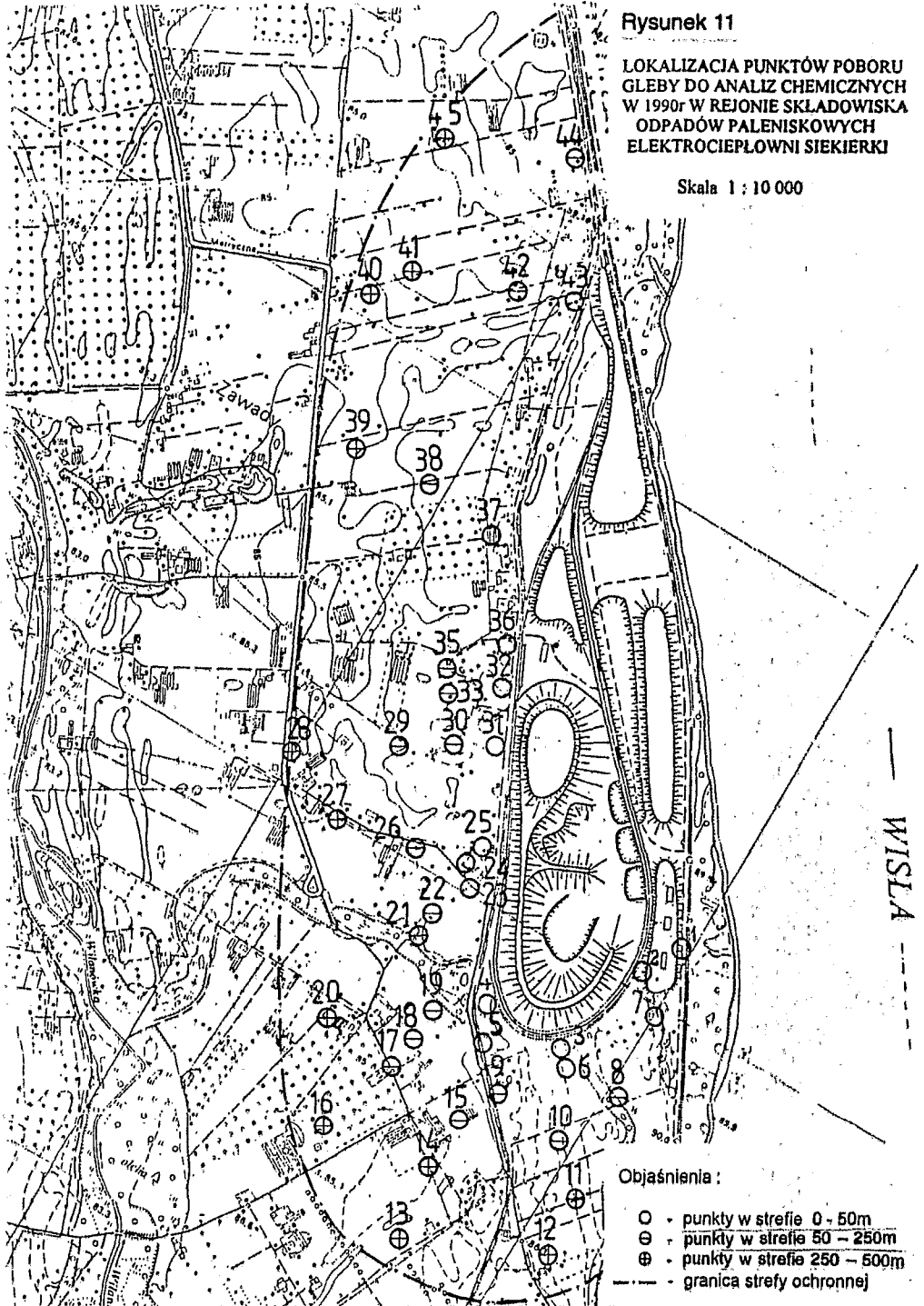
składowiska odpadów paleniskowych (wg danych Chmielewskiego i in. 1990)

Cu	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
<u>11,2</u> 6,1–16,8	<u>29</u> 8–94	<u>1,1</u> 0,6–2,9	<u>25</u> 11–43	<u>6</u> 2–16	<u>20</u> 16–21
<u>8,4</u> 5,7–13,8	<u>25</u> 10–76	<u>0,7</u> 0,4–1,5	<u>22</u> 15–44	<u>4</u> 2–14	<u>18</u> 11–21
9,8	27	0,9	24	5	19
<u>8,1</u> 4,5–16,3	<u>23</u> 9–81	<u>0,8</u> 0,3–1,6	<u>22</u> 12–49	<u>6</u> 4–8	<u>21</u> 18–27
<u>7,3</u> 4,2–14,4	<u>19</u> 6–75	<u>0,6</u> 0,3–2,0	<u>20</u> 6–44	<u>4</u> 2–6	<u>19</u> 16–25
7,7	21	0,7	21	5	20
<u>8,1</u> 5,1–15,0	<u>23</u> 9–145	<u>0,8</u> 0,4–1,5	<u>22</u> 11–33	<u>5</u> 2–7	<u>21</u> 12–29
<u>7,6</u> 4,4–12,4	<u>21</u> 7–124	<u>0,5</u> 0,3–0,7	<u>21</u> 10–32	<u>4</u> 2–6	<u>20</u> 12–30
7,9	22	0,7	22	5	20

Rysunek 11

LOKALIZACJA PUNKTÓW POBORU
GLEBY DO ANALIZ CHEMICZNYCH
W 1990r W REJONIE SKŁADOWISKA
ODPADÓW PALENISKOWYCH
ELEKTROCIĘPŁOWNI SIEKIERKI

Skala 1 : 10 000



zawartość miedzi poniżej 20 ppm. Zakres zawartości miedzi dla gleb nieskażonych wynosi 10–60 ppm, przy czym wartości najczęściej występujące oscylują w granicach 15 ppm. Jak z powyższego wynika, gleby badane w sąsiedztwie składowiska zawierają takie ilości miedzi, jak gleby nieskażone.

Nikiel (Ni). Zawartości niklu w obydwu terminach badań były bardzo podobne i mało zróżnicowane. Wynosiły one średnio na poszczególnych odległościach 16–25 ppm. Podobnie jak w przypadku miedzi, średnie zawartości niklu w najbliższej odległości od składowiska (do 60 m) były o 3–9 ppm wyższe niż w glebach z dalszych odległości. Zakres zawartości niklu w glebach średnich i ciężkich nieskażonych waha się w granicach 10–60 ppm, tak więc gleby przylegające do składowiska nie wykazują zwiększonej zawartości niklu. Według Czerwińskiego i Pracza (1990), zawartość niklu w badanych glebach średnio nie przekracza 30 ppm, natomiast według Lisa (1992) – 18 ppm, co jest wartością nieco zaniżoną, chociaż najbardziej zbliżoną do wyników badań z 1992 r.

Kobalt (Co). W glebach nieskażonych zawartość Co waha się w granicach 5–25 ppm. W badaniach z 1981 r. średnie zawartości Co wynosiły 8–11 ppm, natomiast z 1990 r. były o połowę niższe (4–6 ppm). Wartości uzyskane w 1990 r. pokrywają się z badaniami Lisa (1992), który ocenia średnią zasobność badanych gleb w Co na 6 ppm.

W połowie prób glebowych pobranych w 1990 r. zawartość Co wynosiła poniżej 5 ppm (2–4 ppm), a więc osiągała wartości, które mogą stanowić niedobór tego pierwiastka dla właściwego wzrostu i rozwoju roślin. Kobalt jest jednym z ważniejszych mikroelementów w życiu roślin i jego niedobór może powodować zniżkę plonów, a w wypadku roślin paszowych także obniżyć ich wartość pokarmową.

W sumie obserwujemy niedobór Co w badanych glebach. W prowadzonych badaniach nie stwierdza się istotnych zróżnicowań w zawartości Co w zależności od odległości od składowiska i głębokości pobrania prób glebowych.

Kadm (Cd). Kadm jest jednym z najbardziej niebezpiecznych metali ciężkich dla organizmów żywych, a szczególnie człowieka. Naturalna zawartość Cd w glebach wynosi 0,04–2 ppm.

W badaniach z 1981 r. średnie zawartości Cd wynosiły 0,4–0,7 ppm i nie wykazywały zależności od odległości od składowiska. Natomiast wyniki zawartości Cd w glebach z badań 1990 r. były nieco wyższe i wynosiły od 1,1 ppm przy składowisku (do 50 m) do 0,7 ppm w dalszych odległościach. Zauważa się tu także wyższe – 0,02–0,3 ppm – zawartości Cd w warstwie wierzchniej (0–20 cm) gleby od warstwy głębszej (20–40 cm). Tłumaczyć to należy większą zawartością substancji organicznej w wierzchnich warstwach gleby, a tym samym większymi możliwościami sorpcji kationów metali. W jednej odkrywce glebowej w pobliżu składowiska (odkrywka nr 5) stwierdzono przekroczenie maksymalnej zawartości (2 ppm) Cd dla gleb nieskażonych do wartości 2,9 ppm. Najprawdopodobniej jest to wynik nagromadzenia się na powierzchni gleby popiołu, którego warstwa była wyraźnie widoczna w czasie pobierania prób, a także intensywnego nawożenia fosforowego.

Według badań Lisa (1992) oraz Czerwińskiego i Pracza (1990), gleby przylegające do składowiska zawierają średnio poniżej 1 ppm Cd. Pokrywa się to z wynikami badań w obydwu terminach z wyjątkiem jednej średniej (1,1 ppm), na której podwyższenie miał wpływ nagromadzony na powierzchni popiół.

W podsumowaniu stwierdzić należy, że gleby przylegające do składowiska popiołu

zawierają średnie i górne wartości Cd występujące w nieskażonych glebach średnich i ciężkich.

Chrom (Cr). W badaniach z 1981 r. średnie zawartości chromu na poszczególnych odległościach od składowiska wynosiły 29 do 45 ppm, natomiast w 1990 r. 19–20 ppm, a więc były znacznie niższe. Wyraźne zmniejszenie się zawartości chromu może być wynikiem zmniejszenia pylenia popiołu ze składowiska. Zawartość Cr w glebach nieskażonych wynosi 25–110 ppm, widzimy więc, że nawet wyższe zawartości chromu w 1981 r. mieszczą się już w połowie tego przedziału.

Średnie zawartości Cr dla badanych gleb wg Czerwińskiego i Pracza (1990) wynoszą 20 ppm, a wg Lisa (1992) 18 ppm i pokrywają się z badaniami z 1990 r.

Wanad (V). Zawartość V oznaczona została tylko w badaniach 1981 r. W glebach bezpośrednio przylegających do składowiska (do 60 m) średnia zawartość V wynosiła 69 ppm, a w odległościach dalszych 48–59 ppm. Widać więc dość wyraźny wpływ składowiska na zwiększoną zawartość V w glebach sąsiadujących ze składowiskiem.

Zawartość V w glebach nieskażonych wynosi 27–110 ppm, tak więc ilości V w badanych glebach mieszczą się w tych granicach.

W badaniach Lisa (1992) oraz Czerwińskiego i Pracza (1990) brak jest oznaczeń V.

Mangan (Mn). Naturalna zawartość Mn w glebach mineralnych nieskażonych występuje w bardzo szerokich granicach 200–7000 ppm, chociaż wartości najczęściej spotykane oscylują ok. 600 ppm. W badanych glebach średnie zawartości Mn wynosiły 276–483 ppm, natomiast najwyższe osiągnęły wartość 850 ppm. Zauważa się nieco wyższe zawartości Mn w glebach

badanych w 1981 r. od zawartości z badań późniejszych. W badaniach z 1990 r. średnia zawartość Mn w glebach lekko maleje wraz z odległością od składowiska, czego nie stwierdzono w badaniach wcześniejszych. Wyniki zawartości Mn w badanych glebach są zgodne z wynikami Lisa (1992) (200–600 ppm) i odpowiadają wartościom dla gleb nieskażonych.

Cynk (Zn). Średnie zawartości cynku w glebach z obydwu okresów badań wahały się w granicach 31–53 ppm. Zakres zawartości Zn w glebach niezanieczyszczonych występuje w szerokich granicach od 20 do 400 ppm, a wartości najczęściej spotykane wynoszą 90 ppm.

Według Czerwińskiego i Pracza (1990) zawartość Zn w badanych glebach wynosi 50–100 ppm, a wg Lisa (1992) do 100 ppm. Wyniki powyższych badań pokrywają się. Zakres zawartości Zn z całości przeprowadzonych badań wahał się w granicach 21–129 ppm.

Gleby przylegające do składowiska zawierały nieco większe ilości Zn od gleb z dalszych odległości. Można również zauważyć, że wierzchnie warstwy gleby w badaniach 1990 r. zawierały nieco więcej Zn od warstw głębszych. W sumie stwierdzić należy, że gleby wokół składowiska nie są zanieczyszczone cynkiem.

Ołów (Pb). Pierwiastek ten podobnie jak Cd stanowi w nadmiarze poważne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, a w konsekwencji dla zdrowia człowieka. Naturalne zawartości ołowiu w glebach średnich i ciężkich wahają się w granicach 10–60 ppm, a najczęściej występujące wynoszą ok. 30 ppm.

Zawartość Pb w glebach badanych w 1981 roku odpowiada wartościom normalnym i wynosi 24–28 ppm. Podobnie średnie zawartości Pb w badaniach z 1990 r. nie przekraczają 30 ppm (21–29 ppm), ale w

siedmiu odkrywkach glebowych zawartości te przekroczyły 60 ppm. Dotyczy to rejonu przyległego do południowego skraju składowiska na odległość ok. 200 m (odkrywki nr 21–26). Zawartość Pb w glebach z tych sześciu odkrywek występuje w przedziale 57–94 ppm. Są to wyraźnie podwyższone zawartości Pb w tym rejonie. Mogą one być spowodowane spalinami samochodowymi (droga), jak również zapyleniem popiołem z czynnego składowiska. Zawartości Pb, chociaż wyższe niż w glebach nieskażonych, nie przekroczyły jednak progu toksyczności, który wynosi 100 ppm. Próg toksyczności zawartości Pb przekroczony został w glebie z odkrywki nr 27 odległej od składowiska ok. 400 m, gdzie zawartość ołowiu w wierzchniej i dolnej warstwie gleby wynosi odpowiednio 145 i 124 ppm. Przyczyną tak wysokiego skażenia gleby może być lokalne źródło, np. niekontrolowane wyrzucanie różnego rodzaju odpadów wokół polnych dróg.

Pomijając fragment lokalnie skażonych gleb, pozostała część terenu zawiera naturalne ilości Pb w większości przypadków, nie przekraczające 20 ppm. Według badań Czerwińskiego i Pracza (1990) zawartość Pb w badanych glebach nie przekracza 40 ppm, a według Lisa (1992) 30 ppm.

Molibden (Mo), arsen (As), srebro (Ag) i fluor (F). Molibden, arsen, srebro i fluor oznaczane były tylko w badaniach w 1981 r.

Średnia zawartość Mo w badanych glebach wynosiła 3,3–3,9 ppm, co odpowiada naturalnej zawartości, która waha się w granicach 0,5–11,0 ppm.

Naturalna zawartość As w glebach wynosi 2–15 ppm, a najczęściej występująca 5 ppm. Zawartość As w badanych glebach wynosiła 3,8–4,2 ppm, nie obserwuje się więc żadnego skażenia gleb tym pierwiastkiem.

Zawartość Ag w badanych glebach wynosiła 0,4–0,9 ppm. Pierwiastek ten ze względu na śladowe występowanie w przyrodzie jest bardzo rzadko oznaczany i nawet w badaniach gleboznawczych nie ma norm jego zawartości.

Zawartość F w analizowanych glebach występuje w przedziale 203–333 ppm, co stanowi dolną granicę zawartości naturalnej, wynoszącej 200–1600 ppm.

Żelazo (Fe). Zawartość żelaza oznaczono tylko w badaniach 1990 r. Pierwiastek ten należy do makroelementów i jego zawartość w glebach mineralnych może dochodzić nawet do kilkunastu procent. Trudno jest więc ocenić wpływ składowiska popiołu na zwiększenie zawartości Fe w glebach, skoro jego zawartość w popiele jest podobna, a może być nawet niższa niż w glebie. Średnia zawartość żelaza w badanych glebach wynosiła 0,96–1,22%, a wahania zawartości występowały w granicach 0,45–2,48%. Wartości te są wartościami naturalnymi dla badanych gleb.

Jak zaznaczono na wstępie rozdziału, badania gleb wokół składowiska popiołu dotyczyły tylko pierwiastków śladowych (z wyjątkiem żelaza), głównie metali ciężkich. Uzyskane wyniki wykazują, że składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki nie powoduje kumulowania się w otaczających glebach nadmiernych ilości metali ciężkich, a także arsenu i fluoru.

Nieco podwyższona zawartość kadmu w niektórych punktach badawczych jest raczej wynikiem stosowania nawożenia fosforowego i wapniowego oraz opadu pyłów z całej aglomeracji warszawskiej. Zawartość Cd w nawozach fosforowych i wapniowych może dochodzić odpowiednio do 170 i 95 ppm, natomiast w popiele ze składowiska do 2 ppm (Chróst 1981).

Lokalnie podwyższona zawartość Pb w

glebie również spowodowana jest nie tyle zapyleniem popiołem ze składowiska, ale innymi źródłami emisji, głównie spalinami samochodowymi.

Zawartość pozostałych badanych pierwiastków mieści się w granicach normalnych dla tego typu gleb i nie stanowi zagrożenia dla uprawianych roślin. W przeciwieństwie do emisji substancji kwaśnych (tlenki siarki), toksycznych czy rakotwórczych, popioły nie degradują gleb użytkowanych rolniczo.

4.11. Wpływ składowiska na roślinność

Ocenę wpływu składowiska odpadów paleniskowych na roślinność opracowano na podstawie badań Chrósta i Kobus (1981), Siuty i in. (1986) oraz Chmielewskiego i in. (1990).

Badania prowadzone w 1981 r. dotyczyły:

- oznaczeń składu chemicznego, głównie metali ciężkich, siana z zadarnionej części składowiska,
- określenia zapylenia roślinności na odległościach 0, 1, 2, 3, 5, 7 km od składowiska,
- wykonania analiz chemicznych mieszaniny równych ilości sześciu podstawowych warzyw (ziemniaków, buraków, kapusty, marchwi, pomidorów i ogórków) rosnących w odległości 20–50 m od składowiska. Autorzy badań nie podają lokalizacji poboru roślinności do analiz chemicznych i zapylenia. Wszystkie oznaczenia składu chemicznego i zapylenia roślin porównywano z roślinnością kontrolną z terenów niezapylnych (Łodygowice k. Żywca).

W materiale roślinnym oznaczono 19 pierwiastków śladowych metodą absor-

pcyjną spektrometrii atomowej (ASA). Do zmywania pyłów z roślinności stosowano chloroform, a następnie zmyte pyły odwirowywano, zlewano nadmiar chloroformu, pył suszono i określano jego masę.

Badania w 1986 r. dotyczyły również zapylenia roślin oraz zawartości w nich metali ciężkich, oznaczonych metodą ASA. Pyły z roślin splukiwano wodą redestylowaną, sączono, suszono i określano ich masę. Roślinność do badań pobierano z czterech wydzielonych sektorów: zachodniego, wschodniego, północnego i południowego. Każdy z sektorów z wyjątkiem wschodniego (skraj składowiska i wał wiślany) podzielono na 2 podstrefy: I – w odległości 0–250 m, II – w odległości 250–500 m od składowiska. Na każdym z wytypowanych stanowisk starano się pobrać liście tych samych gatunków warzyw: kapusty, buraka ćwikłowego i pietruszki. W każdym sektorze pobrano również próby traw z pastwisk i naturalnych zbiorowisk roślinnych. Lokalizację punktów poboru roślinności do badań w poszczególnych sektorach podano na rysunku 12.

Dla celów porównawczych pobrano także roślinność z terenów niezapylnych w miejscowości Dębówka, usytuowanej w dolinie Wisły 25 km na południe od składowiska w Zawadach.

W 1990 r. badano akumulację metali ciężkich opadających wraz z pyłami na próbki mchów sfagnowych (*Sphagnum palustris*) umieszczonych w woreczkach na wysokości 3 m. Próbkę mchów zlokalizowano w 42 punktach na 500-metrowym pasie przyległym do składowiska (rys. 13).

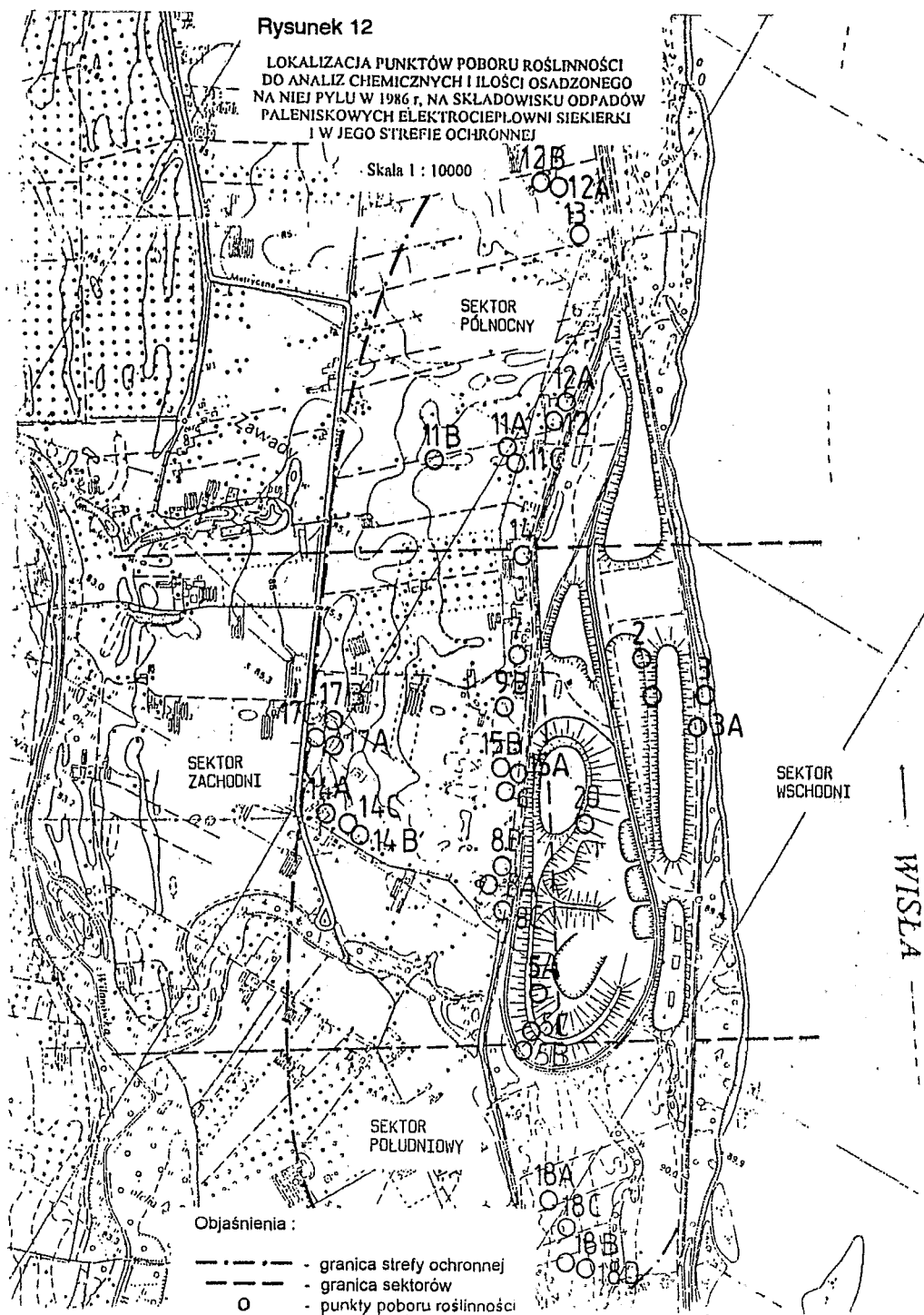
Mchy eksponowano przez 10 tygodni, a następnie oznaczono w nich Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Co i Ni, porównując wyniki z dwoma próbkami kontrolnymi (nieeksponowanymi) oraz próbkami z innych punktów Warszawy.

Ponadto w badaniach tych wykonano

Rysunek 12

LOKALIZACJA PUNKTÓW POBORU ROŚLINNOŚCI
DO ANALIZ CHEMICZNYCH I ILOŚCI OSADZONEGO
NA NIEJ PYŁU W 1986 r. NA SKŁADOWISKU ODPADÓW
PALENISKOWYCH ELEKTROCIĘPŁOWNI SIEKIERKI
I W JEGO STREFIE OCHRONNEJ

Skala 1 : 10000



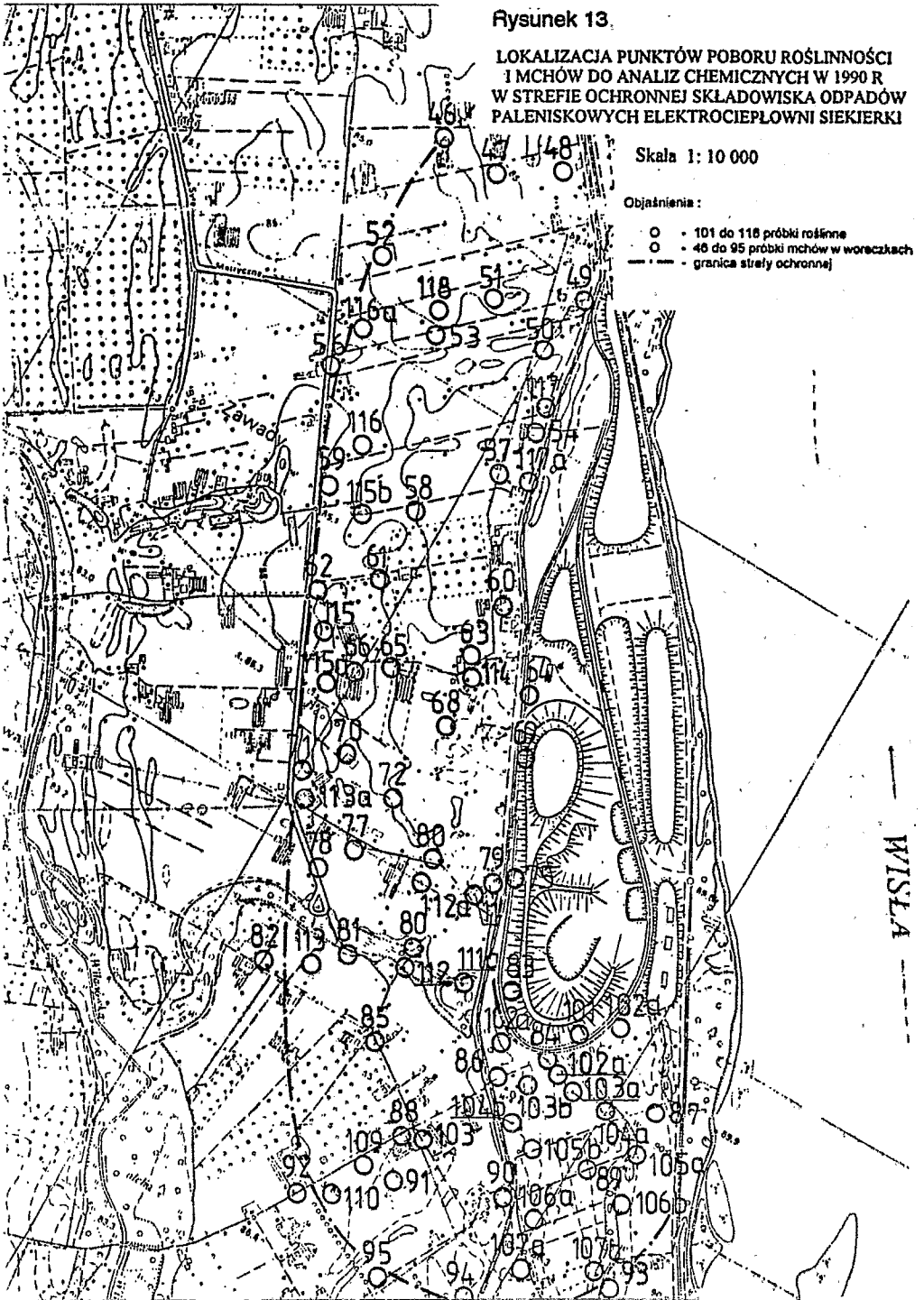
Rysunek 13.

LOKALIZACJA PUNKTÓW POBORU ROŚLINNOŚCI
I MCHÓW DO ANALIZ CHEMICZNYCH W 1990 R
W STREFIE OCHRONNEJ SKŁADOWISKA ODPADÓW
PALENISKOWYCH ELEKTROCIĘPŁOWNI SIEKIERKI

Skala 1: 10 000

Objaśnienia:

- - 101 do 116 próbki roślinne
- - 46 do 95 próbek mchów w woreczkach
- granica strefy ochronnej



oznaczenia dziewięciu podstawowych metali ciężkich w 72 próbach roślinnych pobranych z 18 punktów rozmieszczonych w 500-metrowym pasie od granicy składowiska (rys. 13). Metale ciężkie oznaczono metodą spektrometrii atomowej.

4.11.1. Zapylenie roślin

Ilość pyłów osadzających się na powierzchni liści zależy od gatunku rośliny i stopnia zapylenia środowiska. W badaniach zapylenia roślin starano się pobierać te same gatunki z różnych odległości od składowiska popiołów. W badaniach z 1981 r. były to trawy w początkowym okresie wegetacji po 2 dobach intensywnego pylenia składowiska, natomiast w badaniach z 1986 r. rośliny warzywne (buraki, kapusta, pietruszka).

W badaniach z 1981 r. ilość pyłów osadzona na 1 kg s.m. roślin z różnych odległości od składowiska była następująca:

odległość – 0,1 km	– 94,8 g/kg s.m.
1,0 km	– 11,7 "
2,0 km	– 5,8 "
3,5 km	– 4,3 "
7,0 km	– 2,0 "
kontrola (Łodygowice)	– 2,5 "

Oceniając przedstawione wyżej wyniki pamiętać należy, że w 1981 r. tylko niewielka część składowiska była zadarniona. Przy silnym wietrze i braku ulistnienia drzew i krzewów (kwiecień) występowało intensywne zapylenie roślin w najbliższym otoczeniu składowiska. Zapylenie to w miarę oddalania się od składowiska wyraźnie malało, a jego zasięg praktycznie dochodził do 1 km. Nieco wyższe niż z kontroli zapylenie roślin na odległości 2 i 3,5 km nie jest wynikiem pylenia składowiska, a raczej kominów z Elektrociepłowni Siekierki, które w tym czasie nie miały jeszcze zainstalowa-

nych skutecznie działających elektrofiltrów.

Wyniki badań zapylenia roślin warzywnych w 1986 r. zestawiono w tabeli 33 w postaci wskaźnika zapylenia. Wskaźnik zapylenia roślin jest to stosunek ciężaru pyłów do ciężaru biomasy roślin (P/B).

Analiza powyższych wyników wskazuje, że przeciętny poziom zapylenia liści tych samych gatunków warzyw zmniejsza się na ogół wraz ze zwiększaniem odległości od składowiska. Średnie zapylenie liści w I podstrefie (0–250 m) jest na ogół wyższe niż w II (250–500 m).

Wyjątek stanowią próby zebrane w południowym sektorze, gdzie w odległości 350–500 m od składowiska wartość wskaźnika zapylenia roślin wzrasta w porównaniu do jego wartości w przedziale odległości 0–250 m. Decyduje o tym wysoki poziom zapylenia pietruszki. Po wyeliminowaniu tej próby średni wskaźnik zapylenia roślin zmniejsza się wraz z odległością.

Wyniki pomiarów wskazują, że najwyższe zapylenie roślin występuje w sektorze zachodnim i północnym. W granicach poszczególnych sektorów i podstref wartości wskaźnika zapylenia nie zmniejszają się proporcjonalnie do wzrostu odległości od składowiska. Występują przemienne obszary o niskich i wysokich wartościach wskaźnika zapylenia roślin.

Wartości wskaźnika zapylenia roślin przy składowisku przewyższają jego wartości w próbach kontrolnych w następujących zakresach:

sektor	roślina	zakres przekroczeń
zachodni	burak – liście	2,2–8,6
	kapusta	11,7–31,5
północny	burak liście	2,8–12,6
	kapusta	10–28
	pietruszka liście	1,7

TABELA 33. Zakresy i wartości średnie wskaźników zapylenia nadziemnych części roślin w strefie ochronnej składowiska (wg danych Siuty i in. 1986)

Sektor i podstrefa (I, II)	Liczba prób	Odległość od składowiska w m	Roślina	Wskaźnik zapylenia P/B · 100%
Zachodni	4	35–125	kapusta	$1,20 \cdot 10^{-1}^{x)}$
				$0,7-1,89 \cdot 10^{-1}^{xx)}$
I	1	30–750	burak – liście	$3,18 \cdot 10^{-1}$
Średnio	5			$1,59 \cdot 10^{-1}$
II	2	410–500	burak – liście	$0,85 \cdot 10^{-1}$
				$0,8-0,9 \cdot 10^{-1}$
	2	410–500	kapusta	$1,06 \cdot 10^{-1}$
				$0,91-1,1 \cdot 10^{-1}$
Średnio	4			$0,93 \cdot 10^{-1}$
Północny	1	125	kapusta	$0,72 \cdot 10^{-1}$
I	2	150–300	burak – liście	$2,78 \cdot 10^{-1}$
				$1,0-4,55 \cdot 10^{-1}$
Średnio	3			$2,09 \cdot 10^{-1}$
II	1	150–175	pietruszka – liście	$1,45 \cdot 10^{-1}$
	2	450–475	kapusta	$1,14 \cdot 10^{-1}$
				$0,6-1,68 \cdot 10^{-1}$
	1	600		$0,55 \cdot 10^{-1}$
Średnio	4			$1,07 \cdot 10^{-1}$
Południowy	1	200–300	burak – liście	$1,44 \cdot 10^{-1}$
I	1	200–300	pietruszka – liście	$1,3 \cdot 10^{-1}$
Średnio	2			$1,37 \cdot 10^{-1}$
II	1	350–500	burak – liście	$1,04 \cdot 10^{-1}$
	1	350–500	pietruszka – liście	$4,07 \cdot 10^{-1}$
	1	350–500	kapusta	$0,52 \cdot 10^{-1}$
Średnio	3			$1,88 \cdot 10^{-1}$
Kontrola	1	25 km	burak – liście	$0,37 \cdot 10^{-1}$
Dębówka	1	25 km	kapusta	$0,06 \cdot 10^{-1}$
	1	25 km	pietruszka – liście	$0,86 \cdot 10^{-1}$
Średnio	3			$0,43 \cdot 10^{-1}$

Objaśnienia: P – ciężar pyłów, B – ciężar biomasy roślin,

I – podstrefa 0–250 m, II – podstrefa 250–500 m.

x) – Wartości średnie. xx) – Zakresy od-do.

południowy	burak – liście	2,8–3,9
	kapusta	8,7
	pietruska – liście	1,5–4,7

Wynika stąd, że w stosunku do zanieczyszczonych obszarów rolniczych położonych w dolinie Wisły zapylenie roślin w rejonie przyległym do składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Sieierki wzrasta o 1,5–31,5 raza.

Obydwa terminy badań zapylenia roślin (lata 1981 i 1986) dotyczą okresów, w których przeważająca część powierzchni składowiska nie była zadarniona, tym samym intensywność pylenia była znacznie większa niż w chwili obecnej. Aktualnie źródła zapylenia roślin to środki transportu popiołu, składowisko przejściowe, fragment obecnie formowanej hałdy. Powierzchnie składowiska po uformowaniu są systematycznie zadarniane, co skutecznie zapobiega zapyłaniu okolicznych terenów.

Zawartość kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) w opadzie pyłu osadzonym na roślinach uprawnych w rejonie składowiska można wstępnie ocenić na podstawie wyników badań rozpoczętego 5 maja 1993 r. monitoringu tych składników (Pieńkowska 1993), podanych poniżej.

Zakładając, iż opad tych pierwiastków jest na takim samym poziomie w innych miesiącach, to średni roczny opad kadmu wynosić będzie ok. 1,2 mg/m² (dopuszczalna ilość 10 mg/m²/rok), a opad ołowiu ok. 28

mg/m² (dopuszczalna ilość 100 mg/m²/rok – zał. 1 do Rozp. MOŚZNiLz 12.02.1990 r., poz. 92). Są to wartości dużo niższe od dopuszczalnych stężeń w powietrzu, ale znaczące w metabolizmie roślin.

4.11.2. Zawartość metali ciężkich w roślinach

Badania zawartości metali ciężkich w 1981 r. (Chróst i Kobus 1981) dotyczyły roślinności trawiastej z zadarnionego fragmentu składowiska oraz roślin warzywnych (ziemniaków, buraków, kapusty, marchwi, pomidorów i ogórków) jako jednej próby zbiorczej o równym udziale poszczególnych roślin. Uzyskane wyniki oznaczeń 19 pierwiastków porównano z oznaczeniami tych samych roślin z terenów niezanieczyszczonych.

W sianie z hałdy nie stwierdzono nadmiernej akumulacji metali ciężkich w porównaniu z próbami kontrolnymi. Zawartość najbardziej niebezpiecznych pierwiastków, takich jak Pb, Hg i As, była na tym samym poziomie co w roślinach kontrolnych. Kadmu, który w nadmiarze może być również bardzo szkodliwy, nie oznaczano. W efekcie stwierdza się, że siano z roślinności porastającej hałdę może być skarmiane przez zwierzęta.

Podobnie nie stwierdzono zwiększonych ilości oznaczonych pierwiastków śladowych w warzywach w porównaniu z pró-

Rejon	Opad Cd	Opad Pb	
	mg/m ² / 2 miesiące (V–VI)	mg/m ² / 2 miesiące (V VI)	
Składowiska	0,20	4,66	(średnio)
	0,13–0,35	1,73–6,50	(zakres)
Elektrociepłowni	0,15	4,38	
	0,11–0,21	2,48–7,94	

bami kontrolnymi. Jest możliwe, że oznaczanie składu chemicznego poszczególnych gatunków warzyw wykazałoby zróżnicowania w ich zawartości, warunki umowy nie pozwalały jednak na wykonanie zwiększonej ilości analiz. Bardziej aktualne i pełniejsze oddziaływanie składowiska popiołu na zawartość metali ciężkich w roślinach zawarte jest w badaniach z 1986 r. (Siuta i in.) i 1990 r. (Chmielewski i in.).

W roślinności pobranej do badań w 1986 r. oznaczono Cu, Cr, Co, Zn, Sr, Mn, Ni, Fe, V, Ba, Cd, Pb, natomiast w 1990 r. spośród wymienionych pierwiastków nie oznaczono Sr, V i Ba.

Wyniki zawartości metali ciężkich z

1986 r. zestawiono w tabeli 34, natomiast z 1990 r. w tabelach 35 i 36. Oceniając zawartość poszczególnych pierwiastków porównywano je z zakresami zawartości i ilościami toksycznymi przedstawionymi przez Kabatę-Pendias i Piotrowską (1984).

Miedź (Cu). Najczęściej występujące ilości Cu w roślinach wynoszą 2–20 ppm, natomiast ilości toksyczne dla roślin sięgają wysokości 30–100 ppm. W badaniach z 1986 r. wszystkie próby roślinne zawierały poniżej 10 ppm i nie wykazywały jakiegokolwiek nadmiernej kumulacji Cu.

W badaniach 1990 r. średnie zawartości Cu w roślinach były generalnie wyższe niż w 1986 r. i w kilku przypadkach, niezależ-

TABELA 34. Zawartość metali ciężkich w roślinach uprawianych w strefie ochronnej składowiska

Sektor ¹⁾	Podstrefy	Roślina	Cu	Cr	Co
			mg/kg s.m. (ppm)		
Zachodni	I(0–250 m)	burak – liście	9,7	5,0	2,5
	II(250–250 m)	burak – liście	4,7	5,3	1,9
	I	kapusta	4,0	4,8	3,8
	II	kapusta	3,1	4,3	2,2
	I	trawa	7,7	3,1	1,3
	I	rabarbar	5,7	4,4	3,8
Wschodni	I	lucerna	7,9	3,8	2,8
	I	trawa	4,3	5,0	2,5
Północny	I	burak – liście	7,8	6,6	3,2
	II	kapusta	3,8	8,8	4,4
	II	trawa	3,0	11,9	11,9
Południowy	I	trawa	7,8	2,5	1,3
	I	burak – liście	9,4	3,8	3,8
	II	burak – liście	8,9	12,5	5,0
	II	kapusta	3,7	7,5	2,6
Kontrola (Dębówka)	25 km	trawa	8,4	1,1	0,9
		kapusta	4,5	3,8	2,5
		burak – liście	9,8	3,1	1,3
		pietruszka – liście	2,9	5,0	1,3

¹⁾ Patrz rysunek 13.

nie od odległości od składowiska, przekroczyły granicę 20 ppm, osiągając wartości 41,4 ppm w liściach słonecznika, 25,6 ppm w liściach grochodrzewu, 32,7 ppm w korzeniach buraka pastewnego, 26,7 ppm w buraku czerwonego i 23,7 ppm w naci pietruszki.

Chrom (Cr). Podobnie jak w wypadku Cu, również zawartość Cr w roślinności badanej w 1986 r. mieściła się w ilościach nie przekraczających 15 ppm. W roślinach badanych w 1986 r. tylko korzenie buraka pastewnego, czerwonego, marchwi, pietruszki, botwiny i myte liście sałaty zawierały normalne ilości Cr (< 15 ppm). W pozostałych roślinach obserwowano nadmiar za-

wartości Cr, dochodzący dla liści słonecznika nawet do 41,0 ppm.

Kobalt (Co). W wypadku tego pierwiastka większe zawartości obserwowano w roślinach z 1986 r. niż z 1990 r. W jednym i w drugim roku zawartość Co przekroczyła granicę 1 ppm, uważaną za górny limit dla roślinności nieskażonej. Jedynie w korzeniach buraków, marchwi i pietruszki zawartość Co (1990 r.) wyniosła poniżej 1 ppm. Również w roślinności kontrolnej zawartość Co przekroczyła 1 ppm, osiągając w kapuście wartość 2,5 ppm.

Średnie zawartości Co w roślinach z 1990 r. wahały się w granicach 0,7–2 ppm, natomiast z 1986 r. 0,9–5 ppm, a dla trawy

(wg danych Siuty i in. 1986)

Zn	Sr	Mn	Ni	Fe	V	Ba	Cd	Pb
69,8	31,3	151,9	8,8	112,5	3,5	35,7	1,8	9,1
48,4	28,3	65,1	6,9	697,7	2,6	26,6	0,9	3,5
25,6	87,5	76,7	6,1	712,5	1,9	17,5	1,4	5,6
25,9	65,8	34,4	4,1	442,2	2,5	26,0	1,3	4,7
19,4	<10,0	50,0	2,5	206,3	0,7	27,5	0,5	4,4
68,3	118,7	325,6	11,3	581,3	3,1	15,6	2,0	11,3
19,1	134,4	34,7	3,8	165,6	0,98	36,9	1,8	5,0
11,6	50,0	41,3	3,8	406,3	1,25	31,3	0,44	6,3
90,3	17,5	73,2	6,3	1081,0	4,1	58,2	2,3	9,1
26,0	118,2	77,6	9,1	498,5	3,2	14,1	2,1	8,2
20,8	50,0	—	6,3	191,3	3,1	23,8	2,0	11,3
23,8	<10,0	28,1	2,5	178,1	1,3	25,0	0,5	3,8
61,6	<25,0	137,5	5,0	362,5	1,9	41,3	2,0	3,8
45,3	50,0	172,5	11,3	3800,0	11,9	44,4	1,6	3,1
19,9	75,0	28,8	6,3	209,4	2,5	9,4	1,6	0,9
65,0	—	50,0	1,4	165,0	1,3	35,0	0,6	1,0
25,5	25,0	37,5	2,5	178,1	0,7	23,8	0,75	3,1
37,5	10,0	38,8	2,5	153,1	0,1	30,6	0,5	1,3
20,2	10,0	27,5	1,9	134,4	0,1	23,1	0,75	sl.

TABELA 35. Zakres i średnie zawartości metali ciężkich w roślinach w strefie ochronnej

Lp.	Roślina (organ)	Liczba prób	Fe	Mn	Zn
			mg/kg s.m. (ppm)		
1	2	3	4	5	6
1.	Trawa	1	180	23	22,8
2.	Koniczyna czerwona	2	228	55	40,5
			152-304	34-76	35,6-45,3
3.	Liście słonecznika	9	300	96	44,6
			116-520	46-200	31,3-64,0
4.	Lucerna myta	1	222	34	34
5.	Lucerna niemyta	1	600	50	30,5
6.	Liście grochodrzewu	1	302	43	30,0
7.	Liście topoli	4	164	40	42,4
			104-212	26-70	27,7-71,0
8.	Liście wiśni	2	294	27	16,9
			252-336	21-33	15,5-18,4
9.	Liście czarnego bzu	7	351	60	36,1
			132-620	26-92	20,6-50,1
10.	Burak pastewny – korzenie	6	226	34	42,2
			165-316	17-56	18,4-62,7
11.	Burak czerwony – korzenie	7	162	38	48,1
			124-254	25-61	21,5-99,0
12.	Botwina	1	550	54	64,9
13.	Marchew – korzenie	9	182	18	32,0
			110-268	14-21	20,3-46,0
14.	Kapusta młoda	1	60	20	23,0
15.	Pietruszka – korzenie	5	261	26	45,8
			230-311	21-34	42,6-52,6
16.	Pietruszka – nać	5	331	32	56,2
			264-396	30-40	28,2-67,0
17.	Liście kapusty – zewnętrzne	5	118	26	31,0
			74-179	23-27	8,2-32,8
18.	Liście kapusty – wewnętrzne	5	90	24	34,5
			43-164	22-29	31,0-40,2
19.	Liście sałaty myte	1	540	108	34,8
20.	Liście sałaty niemyte	1	1060	94	39,2

składowiska (wg danych Chmielewskiego i in. 1990)

Cu	Pb	Cd	Co	Cr	Ni
7	8	9	10	11	12
18,7	6	0,6	2,0	20,6	9,0
<u>17,5</u>	<u>20,5</u>	<u>1,2</u>	<u>1,7</u>	<u>27,0</u>	<u>7,8</u>
16,8-18,2	4-37	0,9-1,6	1,6-1,8	23,0-31,0	7,4-8,3
<u>24,1</u>	<u>8</u>	<u>1,0</u>	<u>2,0</u>	<u>23,5</u>	<u>8,2</u>
18,2-41,4	1-19	0,2-1,6	1,8-2,3	18,0-41,0	6,0-12,0
12,2	4	śl.	1,6	18,0	6,0
12,0	6	2,2	1,9	26,0	9,3
25,6	2	1,6	1,6	23,0	6,3
<u>11,1</u>	<u>4</u>	<u>0,8</u>	<u>1,4</u>	<u>28,3</u>	<u>6,6</u>
8,6-15,7	2-10	0,3-1,6	1,2-1,6	20,1-34,0	4,3-11,0
<u>17,8</u>	<u>8</u>	<u>0,4</u>	<u>1,7</u>	<u>29,0</u>	<u>7,1</u>
17,1-18,5	4-14	0,2-0,6	1,6-1,8	20,0-38,0	6,9-7,4
<u>16,1</u>	<u>7</u>	<u>0,2</u>	<u>1,6</u>	<u>20,0</u>	<u>6,9</u>
10,1-18,5	2-18	0,2-0,4	1,2-1,9	18,0-21,0	6,0-11,2
<u>19,4</u>	<u>16</u>	<u>0,6</u>	<u>0,7</u>	<u>4,3</u>	<u>3,4</u>
11,8-32,7	4-36	0,3-0,9	0,6-0,9	3,7-5,0	2,7-3,9
<u>19,3</u>	<u>13</u>	<u>0,6</u>	<u>0,7</u>	<u>3,7</u>	<u>3,6</u>
11,0-26,7	śl.-40	0,4-1,0	0,6-0,9	2,6-4,7	2,8-4,7
16,1	28	0,6	1,2	12,0	7,2
<u>12,3</u>	<u>15</u>	<u>0,7</u>	<u>0,7</u>	<u>4,0</u>	<u>3,6</u>
8,2-16,5	6-37	0,4-0,9	0,6-0,8	3,4-4,3	3,0-4,2
4,4	3	0,2	1,2	20,6	12,1
<u>16,1</u>	<u>14</u>	<u>0,7</u>	<u>0,8</u>	<u>4,1</u>	<u>3,6</u>
15,1-18,1	4-20	0,4-0,9	0,7-0,9	3,7-4,7	3,4-4,1
<u>15,4</u>	<u>46</u>	<u>0,9</u>	<u>1,7</u>	<u>19,4</u>	<u>8,4</u>
6,7-23,7	6-115	0,6-1,1	1,4-1,9	14,0-26,4	6,7-11,0
<u>12,3</u>	<u>8</u>	<u>0,4</u>	<u>1,5</u>	<u>19,5</u>	<u>8,0</u>
6,3-16,9	4-14	0,3-0,6	1,4-1,8	16,0-26,0	6,9-10,6
<u>10,6</u>	<u>9</u>	<u>0,2</u>	<u>1,7</u>	<u>16,7</u>	<u>6,9</u>
5,9-13,6	2-31	0,1-0,2	1,6-2,0	14,0-18,6	5,8-8,3
15,9	4	1,4	1,8	6,0	9,0
16,5	11	1,7	1,9	22,0	9,3

TABELA 36. Zakres i średnie zawartości metali ciężkich w kapuście i korzeniach marchwi z

Odległość w m	Roślina	Liczba prób	Fe	Mn	Zn
			mg/kg s.m. (ppm)		
0–250	kapusta	1	59	23	31,1
	marchew	5	170	17	34,7
			132–192	14–20	28,8–46,0
250–500	kapusta	4	116	26	33,2
	marchew	4	70–172	24–28	27,4–49,3
			197	19	28,7
			110–268	16–21	23,8–32,2

z II podstrefy sektora północnego dochodziły do 11,9 ppm, co już może być ilością toksyczną dla roślin. Możliwe, że postępujące zmniejszenie zapylenia popiołem wózków składowiska wpłynęło także na obniżenie zawartości Co w roślinach.

Cynk (Zn). Zawartość Zn w roślinach nie powinna przekraczać 100 ppm. We wszystkich próbach roślin z obydwu terminów badań zawartości Zn występowały w ilościach znacznie poniżej 100 ppm.

Ogólnie, zawartość Zn w roślinach badanych w 1986 r. podobnie jak Co, była nieco wyższa niż w roślinach badanych w 1990 r. Ponadto obserwuje się, choć nie we wszystkich przypadkach, nieco większe zawartości Zn w roślinności zebranej bliżej składowiska (podstrefa I).

Mangan (Mn). Rośliny niezanieczyszczone zawierają 20–200 ppm Mn. W badaniach w 1986 r. jedynie w rabarbarze nagromadził się nadmiar Mn osiągając wartość 325,6 ppm. Szerokie i gębczaste liście rabarbaru sprzyjają osiadanii pyłów i tym samym kumulowaniu zawartych w nich pierwiastków. Zawartość Mn w pozostałych roślinach występowała w ilościach poniżej 200 ppm. W badaniach w 1986 r. rośliny rosnące bliżej składowiska (podstrefa I) zawierały z reguły więcej Mn od roślin z dalszych odległości. Ponadto mycie

roślin powodowało obniżenie zawartości Mn, w przypadku lucerny z 50 do 34 ppm i sałaty ze 108 do 94 ppm.

Nikiel (Ni). Większość prób roślinnych w obydwu terminach badań zawierała więcej niż 5 ppm Ni. W badaniach 1986 r. najwyższe ilości Ni zawierał rabarbar (11,3 ppm) z I podstrefy sektora zachodniego i liście buraka (11,3 ppm) z II podstrefy sektora południowego. Najniższe zawartości Ni (2,5–3,8 ppm) obserwujemy w trawach i lucernie. W badaniach z 1990 r. tylko korzenie buraków, pietruszki i marchwi zawierały poniżej 5 ppm. W próbach pozostałych roślin zawartość Ni przekraczała 5 ppm, dochodząc nawet do 12 ppm w liściach słonecznika. Zawartość Ni w próbach kontrolnych mieściła się w granicach optymalnych (1,4–2,5 ppm).

Żelazo (Fe). W badaniach z 1986 r. wszystkie próby liści warzyw i traw zebrane w sektorze północnym i południowym zawierały wyższe od kontrolnych koncentracje Fe. Szczególnie wysoką zawartość Fe odnotowano w liściach buraka z II podstrefy sektora południowego (3800 ppm). Zawartość Fe w roślinności z 1990 r. w większości przypadków również przekraczała zawartości optymalne (200 ppm), choć nie osiągała tak wysokich wartości jak w 1986 r. Mycie roślin znacznie obniża

różnych odległości od składowiska (wg danych Chmielewskiego i in. 1990)

Cu	Pb	Cd	Co	Cr	Ni
7,5	9	0,2	1,5	22,2	9,5
<u>13,3</u>	<u>14</u>	<u>0,7</u>	<u>0,7</u>	<u>4,1</u>	<u>3,6</u>
8,2–16,5	6–27	0,4–0,9	0,6–0,8	3,4–5,4	3,0–4,2
<u>12,4</u>	<u>9</u>	<u>0,4</u>	<u>1,6</u>	<u>17,1</u>	<u>7,0</u>
8,9–15,3	3–23	0,3–0,4	1,5–1,9	15,0–18,7	6,4–7,6
<u>11,0</u>	<u>18</u>	<u>0,9</u>	<u>0,7</u>	<u>3,9</u>	<u>3,7</u>
8,2–13,2	7–37	0,8–0,9	0,6–0,8	3,8–4,3	3,2–4,2

zawartość Fe: w wypadku lucerny z 600 do 222 ppm, a sałaty z 1060 do 540 ppm.

Kadm (Cd). Zawartość Cd w roślinności niezanieczyszczonej mieści się w granicach 0,01–1,0 ppm.

W roślinności z 1986 r. tylko w 3 próbach traw i jednej liści buraków zawartość Cd była niższa od 1 ppm (0,44–0,9 ppm). We wszystkich pozostałych próbach zawartość Cd przekraczała 1 ppm, osiągając maksymalną wartość 2,3 ppm (liście buraka – I podstrefa sektora północnego).

Najwyższe koncentracje Cd odnotowano w sektorze północnym, gdzie jego ilość zmniejszała się wraz z odległością. Podobną zależność zauważa się w sektorze zachodnim, a odwrotną w sektorze południowym.

W roślinności z 1990 r. zawartości Cd były nieco niższe niż w 1986 r. i w ponad połowie prób nie przekraczały 1 ppm. W pozostałych próbach zawartość Cd nie przekraczała 1,7 ppm, z wyjątkiem niemytej próby lucerny, która zawierała 2,2 ppm.

Mycie roślin znacznie obniżyło zawartość Cd: w wypadku lucerny z 2,2 ppm do wartości śladowych, a sałaty z 1,7 do 1,4 ppm.

Z przedstawionych tu danych wynika, że ok. połowa badanych roślin (1990 r.) z okolic składowiska popiołu zawierała nadmierne ilości Cd. Przekroczenia zawartości

Cd nie były zbyt wysokie i były niższe w 1990 r. niż w 1986 r. Możliwe, że obniżenie zawartości Cd w roślinach z 1990 r. było wynikiem zmniejszonego pylenia ze składowiska, jak też działania elektrofiltrów w Elektrociepłowni Siekierki.

Ołów (Pb). Najczęściej zawartości Pb w roślinności mieszczą się w granicach 2–10 ppm.

W badaniach z 1986 r. tylko w rabarbarze i trawie z II podstrefy sektora północnego zawartość Pb lekko przekraczała 10 ppm, osiągając wartość 11,3 ppm. W pozostałych próbach roślinnych zawartość Pb była niższa od 10 ppm i mieściła się w granicach 3,1–9,1 ppm, natomiast w próbach kontrolnych występowała od ilości śladowych do 3,1 ppm.

W roślinności z 1990 r. zawartości Pb były znacznie wyższe i bardziej zróżnicowane w poszczególnych próbach i gatunkach. W sumie ok. połowy prób roślin, szczególnie takich jak trawy, lucerna, liście grochodrzewu, liście topoli, młoda kapusta i myte liście sałaty, zawierały poniżej 10 ppm Pb. W pozostałych próbach roślinnych zawartość Pb przekraczała 10 ppm, dochodząc nawet do 37,0 ppm (koniczyna czerwona), 40,0 ppm (korzenie buraka czerwonego) i aż 115 ppm w liściach pietruszki.

Podane przykłady dotyczą tylko ma-

ksymalnych zawartości Pb w niektórych próbach. Średnie zawartości Pb w wymienionych gatunkach są znacznie niższe i wynoszą odpowiednio 20,5, 13,0 i 46 ppm. Zwiększone zawartości Pb w roślinności z 1990 r. tłumaczyć należy nasilającym się zanieczyszczeniem spalinami samochodowymi oraz opadem pyłów nie tylko ze składowiska, ale z całej aglomeracji warszawskiej. Mycie roślin znacznie obniżało zawartość Pb: w lucernie z 6 do 4 ppm, w sałacie z 11 do 4 ppm.

Stront (Sr), wanad (V) i bar (Ba). Pierwiastki te oznaczono tylko w roślinności z 1986 r.

Zawartość **strontu** w liściach warzyw wahała się w granicach 10–134 ppm. Najwyższe stężenie odnotowano w lucernie na składowisku popiołu. Rośliny z sektora północnego i południowego zawierały mniej Sr niż ze wschodniego i zachodniego. Na ogół zawartość Sr w roślinach z podstrefy I przewyższała jego koncentrację w roślinach z podstrefy II. Ogólnie biorąc rozkład przestrzenny Sr w warzywach i trawach miał charakter nieustabilizowany.

Zanieczyszczenie roślin **wanadem** uważa się w sektorze południowym, północnym i zachodnim. Rośliny z zadarnionej części składowiska nie zawierają wyższych od normalnych stężeń V (poniżej 2 ppm). W sektorze północnym rośliny z podstrefy I zawierają więcej V niż z podstrefy II, w sektorze południowym jest odwrotnie. Zawartość V w próbach kontrolnych wahała się w granicach 0,1–1,3 ppm.

Zawartość **baru** w roślinach z terenów przyległych do składowiska (9,4–58,2 ppm) była podobna do zawartości w roślinności kontrolnej (23,1–35,0 ppm). Nie obserwowano nadmiernej akumulacji Ba w roślinności z terenów przyległych do składowiska.

Z badań w 1990 r. wybrano dwie powszechnie uprawiane rośliny warzywne –

kapustę i marchew – w celu określenia wpływu odległości od składowiska na zawartość w nich metali ciężkich. W tabeli 37 zestawiono zakresy i średnie zawartości metali ciężkich w kapuście i marchwi rosnącej w odległości do 250 m i 250–500 m od składowiska.

Rozpatrując kolejno poszczególne pierwiastki w roślinach nie można dopatrzeć się wyraźnych różnicowań ich zawartości w zależności od odległości od składowiska. Niekiedy rośliny z dalszej odległości od składowiska zawierały nieco więcej niektórych metali od roślin rosnących bliżej i odwrotnie. Różnicowania te były niewielkie i nie pozwalają na jednoznaczne określenie istotnego wpływu odległości na zawartość metali ciężkich w badanej roślinności.

Z badań w latach 1986 i 1990 wynika, że roślinność liściasta, a szczególnie sałata, nać pietruszki i młoda kapusta, w większości przypadków kumulują więcej metali ciężkich niż roślinność korzeniowa, taka jak buraki i marchew. Dotyczy to głównie takich pierwiastków jak: Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr i Ni (tab. 34 i 35). W związku z powyższym na gruntach przyległych do składowiska należy ograniczać uprawę warzyw liściastych na rzecz warzyw korzeniowych.

4.11.3. Zawartość metali ciężkich w mchu sfagnowym

Wyniki akumulacji metali ciężkich w próbach mchów zestawiono w tabeli 37. Wydzielono 3 strefy odległości od składowiska: do 100 m, 100–250 m i 250–500 m. Wyniki badań z tych stref porównano z próbami kontrolnymi.

Zawartość metali ciężkich w eksponowanych próbach mchów jest generalnie wyższa niż w próbach kontrolnych. Nie widać natomiast różnicowań w kumulacji

TABELA 37. Zakresy i średnie zawartości metali ciężkich w próbkach mchów eksponowanych w strefie ochronnej składowiska (wg danych Chmielewskiego i in. 1990)

Odległość od składo- wiska m	Liczba prób	Fe ppm s.m.	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr
Do 100	13	1132 620–2720	281 271–294	130 99–160	9,7 6,6–21,0	13 9–16	0,8 0,3–1,6	8 4–22
100–250	11	840 550–1430	282 245–324	143 114–284	8,8 5,4–16,3	12 10–16	0,96 0,2–2,4	8 4–20
250–500	18	834 650–1110	299 248–374	138 112–158	8,7 6,4–19,5	13 10–21	0,95 0,2–2,6	8 4–21
Kontrola (poza Warszawą)	2	400 390–410	267 266–268	111 108–114	6,0 5,9–6,1	12 10–14	0,8 0,6–0,9	2 <2–3

metali ciężkich w mchach w zależności od odległości od składowiska. Jedynie w wypadku Fe próby mchów zlokalizowane w 100-metrowej odległości od składowiska zawierały nieco więcej tego pierwiastka niż próby z dalszych odległości (100–1132 ppm, dalsze 840–834 ppm).

Brak zróżnicowania zawartości metali ciężkich w zależności od odległości świadczy o kumulowaniu się tych pierwiastków bardziej z opadu zanieczyszczeń powietrza z aglomeracji warszawskiej niż ze składowiska popiołu. Świadczą o tym wyniki badań z innych rejonów Warszawy. Dla przykładu zawartość Fe w próbach mchów eksponowanych w rolniczym rejonie Powsina (poza zasięgiem pylenia hałdy) wynosiła 2387 ppm, a na Bielanych 4118–4750 ppm, dla Zn odpowiednio 490 i ok. 1000 ppm, a dla Cu 12,1 i ok. 100 ppm.

Podobne wartości uzyskano dla zawartości w mchu pozostałych metali ciężkich. Można przypuszczać, że zadarnienie uformowanego składowiska ogranicza zapylenie sąsiednich terenów, a tym samym zmniejsza się zanieczyszczenie roślinności metalami ciężkimi.

4.12. Potencjalne zagrożenia środowiska przyrodniczego w wyniku awarii wału przeciwpowodziowego Wisły

Dolina Wisły w rejonie składowiska odpadów paleniskowych jest chroniona lewostronnym wałem przeciwpowodziowym o wysokości od 4 do 5 m, ciągnącym się od Mostu Łazienkowskiego do ujścia rzeki Jeziorki. Od strony Jeziorki dolina chroniona jest lewobrzeżnym obwałowaniem ciągnącym się do miejscowości Konstancin-Jeziorna. W okresie swego istnienia obwałowania te były kilkakrotnie przebudowywane. Ostatnia przebudowa miała miejsce w połowie lat siedemdziesiątych.

Analizując potencjalne zagrożenia środowiska przyrodniczego w wyniku awarii wału przeciwpowodziowego teoretycznie mogą wystąpić różne niżej przedstawione scenariusze.

1) Utrata stateczności obwałowań w rejonie składowiska w okresie powodzi. W warunkach tych popioły przedostaną się do

Wisły. Doprowadzi to do katastrofy ekologicznej.

2) Utrata stateczności korpusu składowiska. Wówczas popioły usuną się częściowo przez wał przeciwpowodziowy do koryta Wisły. W warunkach tych wystąpi także katastrofa ekologiczna, lecz w mniejszych rozmiarach.

3) Przerwanie wału przeciwpowodziowego powyżej składowiska. Wody przedostaną się wówczas w dolinę i mogą rozmyć podstawę składowiska. Zagrożenie środowiska możliwe jest wówczas na dużych obszarach doliny Wisły.

4) Przerwanie wału przeciwpowodziowego poniżej składowiska lub przerwanie obwałowań lewostronnych rzeki Jezioriki. Wody powodziowe przedostaną się także w dolinę i mogą w różnym stopniu oddziaływać na środowisko.

Szerokość koryta spływu wielkich wód Wisły w rejonie składowiska wynosi od 1200 do 1500 m. Teoretyczna rozstawa wałów przeciwpowodziowych wynosi 900 m (Sokołowski i in. 1993). Trasa rzeki jest w miarę regularna, a wał przy składowisku biegnie równolegle do głównego nurtu. Międzywał jest częściowo zadrzewione. Na tym odcinku Wisły nie ma większego zagrożenia powstawaniem zatorów lodowych.

Koryto Wisły na odcinku bezpośrednio przyległym do składowiska ma brzeg nieregularny. W 500+000 – 499+300 km biegu rzeki odległość koryta Wisły od stopy wału wynosi od 70 do 140 m, przy rzędnej umownej terenu od 4,5 do 7,5 m. Na dalszym 270-metrowym odcinku koryto Wisły znajduje się w odległości 20–30 m od stopy wału. W 489+930 – 498+860 km biegu Wisły koryto jest odległe od wału o 90 do 250 m, przy rzędnych umownych terenu od 3,3 do 5,7 m. Na dalszym odcinku, do końca składowiska, koryto odległe jest od wału o

70 do 100 m, przy rzędnej umownej terenu od 7,0 do 8,0 m (Sokołowski i in. 1993). Dla bezpieczeństwa wału przeciwpowodziowego odcinek tarasu zalewowego odległy od stopy o 20–30 m powinien być docelowo zabezpieczony lub zabudowany.

Na odcinku składowiska koryto Wisły zostało częściowo zabudowane. Nie daje to pełnych efektów ochrony obwałowania i składowiska. W km 498/500 biegu Wisły wykonano poprzeczkę 5/498 (częściowo) i 1/499 (inna lokalizacja) oraz tamę podłużną od 1/499 do 5/499 (na dalszym odcinku brak) i poprzeczną 5/500. W międzywał lokalizowane są dzikie wysypiska śmieci oraz ogródki działkowe.

Korona Wału Moczydłowskiego w rejonie składowiska wg analiz Sokołowskiego i in. (1993) mieści wody wielkie o prawdopodobieństwie występowania $p = 0,1\%$ (zgodnie z pismem Prezesa CUGW z dnia 19.11.1970 r., znak ZPGWiOP 53/69/70). Podobnie wały wsteczne Jezioriki mieszczą wody powodziowe ($p = 1\%$).

Korpus wału przeciwpowodziowego w rejonie składowiska nie jest w pełni stateczny (Sokołowski i in. 1993). Nie wynika to z oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych na korpus obwałowania, lecz z jego konstrukcji i ukształtowania terenu międzywała. Strona odwodna wału powinna być dodatkowo zabezpieczona.

Współczynnik stateczności korpusu obwałowań przeciwpowodziowych wód niskich i średnich w Wiśle zawiera się w granicach od 1,34 do 1,67, co zapewnia w pełni bezpieczeństwo budowli. U stopy wału lokalnie występują mniejsze współczynniki stateczności obwałowania – rzędu 1,01 do 1,02. Może tu wystąpić lokalna utrata stateczności skarpy, ale nie ma ona wpływu na stan całego obwałowania i składowiska.

Współczynnik stateczności korpusu wału w przypadku wód maksymalnych w

Wiśle zawiera się w granicach od 1,03 do 1,22 i jest poniżej gwarantującego pełne bezpieczeństwo, który powinien być większy od 1,3. Lokalnie u stopy wału współczynnik stateczności wynosi 0,88.

Składowisko odpadów paleniskowych ma współczynnik stateczności rzędu 1,09 do 1,24 i gwarantuje on prawidłową pracę. Lokalnie, gdzie skarpa składowiska ma nachylenie $< 1:2,5$, współczynnik stateczności jest mniejszy (0,74), nie jest ona w pełni

stateczna. Miejsca te nie wpływają na stateczność całego składowiska. Obliczenia wymienionych współczynników stateczności wykonano przy zastosowaniu wzorów Feleniusa i Bishopa (Sokołowski i in. 1993).

Ogólny stan wału przeciwpowodziowego Wisły (Moczydłowskiego) jest dosyć dobry. Mimo to celowe jest wykonanie szczegółowej oceny jego stanu technicznego.

5. Podsumowanie, wnioski i zalecenia

1. W ocenie gospodarczej lokalizacja składowiska jest korzystna z uwagi na bliskie położenie od Elektrociepłowni Siekierki (ok. 6 km) i związane z tym niższe koszty transportu odpadów paleniskowych.

W ocenie przyrodniczo-kulturowej składowisko stwarza potencjalne zagrożenia bądź uciążliwości dla środowiska z uwagi na położenie:

- w granicach wielkiej aglomeracji miejskiej, na terenach przeznaczonych pod zabudowę, charakteryzujących się małym skażeniem powietrza, roślin, gleb oraz wód powierzchniowych i podziemnych,
- w dolinie Wisły, tuż przy wale przeciwpowodziowym, który może ulec awarii w czasie powodzi,
- w węźle hydrologicznym tworzonemu przy międzyrzeczu Wisły i Wilanówki (odległość ok. 1,5 km) i ujściu rzek Wilanówki i Jeziora do Wisły,
- na podłożu przepuszczalnym, o płytce położonej warstwie wodonośnej, znajdującej się w strefie filtracji wód Wisły i Wilanówki,
- na terenie aktualnie użytkowanym rolniczo, na którym występują gleby o wysokiej bonitacji, w większości pod uprawą warzyw i roślin okopowych, przeznaczonych na zaopatrzenie mieszkańców Warszawy,
- w sąsiedztwie międzywału Wisły i doliny Wilanówki, pełniących funkcję korytarza ekologicznego, strefy wymiany i regeneracji powietrza oraz rekreacji i wypoczynku dla aglomeracji miejskiej,
- w strefie oddziaływania emisji pyłów i

gazów z Elektrociepłowni Siekierki i innych obiektów,

- w sąsiedztwie Zespołu Pałacowo-Ogrodowego Wilanów i Parku Marysinek z przyległymi jeziorami, znajdującymi się pod ochroną prawną konserwatora przyrody.

2. Składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki jest eksploatowane od 1962 r. Zajmuje powierzchnię 45 ha brutto (ok. 33,5 ha netto). Rocznie przyjmuje od 150 do 300 tys. ton odpadów. Do 1985 r. powierzchnia składowiska została wypełniona do rzędnej 90 m npm. W następnych latach składowisko było sukcesywnie podwyższane. W 1993 r. osiągnęło ono od strony ul. Włoki rzędną ok. 114 m npm, a od strony wału przeciwpowodziowego rzędną ok. 108 m npm. Zakończenie eksploatacji składowiska przewiduje się około 1997 r.

Powierzchnię skarp i ławek formowanego składowiska sukcesywnie rekultywowano biologicznie, zmniejszając stopniowo emisję pyłu. Roślinność systematycznie, w miarę potrzeby, poddawano zabiegom agrotechnicznym (nawożenie, nawodnienie, koszenie...).

Dla składowiska wyznaczono normatywną 500-metrową strefę ochronną. W jej obrębie określono 100-metrową podstrefę wykwaterowań i 50-metrowy pas dla zwartej zieleni izolacyjnej.

3. W niniejszym opracowaniu podjęto próbę oceny oddziaływania składowiska na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego, z uwzględnieniem źródeł emisji z innych obiektów. Istniejące materiały archiwalne monitoringu składowiska i tere-

nów funkcjonalnie z nim związanych pozwalają tylko w dostatecznym stopniu wywiązać się z powierzonego zadania. Oznaczenia zawartości składników chemicznych w odpadach paleniskowych, glebie, wodach gruntowych i roślinności są w miarę wiarygodne. Były one w latach 1977–1990 wykonywane przez różne laboratoria, ale znanych jednostek naukowych i projektowych. Próby pobierano jednak z różnych miejsc i w różnych terminach. W niektórych przypadkach nie jest znana metodyka oznaczeń i przygotowania prób do analiz.

4. Oceną nie objęto wszystkich elementów środowiska ożywionego i nieożywionego. Nie uwzględniono także elementów środowiska społecznego, takich jak: demografia, zagadnienia mieszkaniowe, żywienie, zdrowotność, edukacja i świadomość ekologiczna, reakcja i akceptacja społeczna itp. Zagadnienia te nie były objęte zakresem oceny.

5. Największą uciążliwością dla środowiska przyrodniczego jest pylenie składowiska. Opad pyłu oddziałuje w różnym stopniu na:

- zmiany właściwości chemicznych roślin, gleb oraz wód otwartych i podziemnych,
- warunki życia i zdrowia mieszkańców i pracowników.

Suma roczna opadu pyłu w rejonie składowiska, średnio w latach 1984–1992, wynosiła około 145 g/m^2 . Jest to opad mniejszy od wartości dopuszczalnych dla tego obszaru ($200 \text{ g/m}^2/\text{rok}$). Pochodzi on z różnych źródeł emisji.

Z biegiem lat notuje się zmniejszenie sumy miesięcznych i rocznych opadów pyłu w 500-metrowej strefie przyległej do składowiska (1984 r. – $170 \text{ g/m}^2/\text{rok}$; 1992 r. – $111 \text{ g/m}^2/\text{rok}$). Jest to efekt prac zabezpieczających przed pyleniem składowiska

(biologiczna rekultywacja, deszczowanie, koncentrowanie eksploatacji na najmniejszej powierzchni...) oraz Elektrociepłowni (modernizacja filtrów).

Na składowisku popiół emitują powierzchnie biologicznie nieczynne (niezadarnione). Powierzchnie pokryte roślinnością pyłą tylko wtórnie (podmywanie i osadzanie pyłu na powierzchni roślin). Pierwotnym źródłem emisji popiołu jest obecnie składowisko przejściowe i skoncentrowane pole składowiska północno-wschodniego. Składowisko główne (zachodnie i wschodnie) jest prawie w całości biologicznie zrekultywowane. Zasięg przenoszenia pyłu ze składowiska nie jest dostatecznie udokumentowany. Przy prędkościach wiatru do 4 m/s wynosi on do ok. 250 m . Maksymalne stężenie pyłu w powietrzu znajduje się w 150-metrowej strefie. Zasięg pylenia przy prędkościach wiatru powyżej 4 m/s może sięgać kilku, a w niektórych przypadkach kilkunastu kilometrów. Najintensywniejsze pylenie roślin notowane jest w 100-metrowej strefie przylegającej do składowiska.

Wyniki pomiarów opadu pyłu na terenie Dolnego Mokotowa oraz w strefie przyległej do Wału Miedzeszyńskiego i Traktu Lubelskiego świadczą, iż głównym emitorem pyłu w tym rejonie jest Elektrociepłownia Siekierki. Na terenach bezpośrednio przyległych do składowiska, w 250-metrowym pasie terenu oraz w rejonie Wału Miedzeszyńskiego, istnieje podwyższony opad pyłu, powodowany głównie przez składowisko. W obszarze tym opada także pył pochodzenia naturalnego i antropogenicznego z mikro- i makroregionu. Dotychczasowe badania nie dają podstawy do oceny udziału poszczególnych źródeł emisji w opadzie ogólnym.

6. Opad kadmu (ok. $1,2 \text{ mg/m}^2/\text{rok}$) i ołowiu (ok. $28 \text{ mg/m}^2/\text{rok}$) w rejonie skła-

dowiska nie przekracza dopuszczalnych stężeń substancji zanieczyszczających powietrze (wstępne wyniki badań).

7. Promieniotwórczość naturalna odpadów paleniskowych składowiska Elektrociepłowni Siekierki jest podwyższona w stosunku do otaczającego środowiska przyrodniczego. Brak informacji na temat stanu radiologicznego środowiska przed uruchomieniem składowiska nie pozwala określić, czy odpady paleniskowe wpłynęły na tereny otaczające. Można jednak stwierdzić, że nie stanowią one obecnie zagrożenia w aspekcie ochrony przed promieniowaniem dla pracowników i okolicznej ludności.

8. Aktualnie eksploatacja składowiska nie oddziałuje w istotnym stopniu na poziom hałasu w rejonie przyległym do składowiska. Hałas wytwarzany na składowisku tłumiony jest przez ekrany w formie nasypów z popiołu. Nie stwarza on zagrożenia dla awifauny projektowanego w pobliżu parku ornitologicznego.

9. Wody rzek Wisły i Wilanówki oraz oczek wodnych w międzyrzeczu znajdują się pod wpływem zasięgu emisji pyłów różnego pochodzenia, w tym także ze składowiska. Oddziaływanie składowiska na chemizm wód otwartych jest minimalny.

10. Ocena wpływu składowiska odpadów paleniskowych na wody podziemne jest problemem złożonym ze względu na: brak tła hydrogeochemicznego z 1961 r., złożone warunki hydrologiczne i hydrogeologiczne terenu, rolnicze użytkowanie terenu, wpływ aglomeracji miejskiej, brak dostatecznych wyników badań.

Ustalono następujące zależności:

a) składowisko może oddziaływać tylko na wody czwartorzędowe. Wody głębszych poziomów wodonośnych, w tym oligocenijskie, oddzielone są utworami słabo przepuszczalnymi o miąższości około 180 m;

b) opady atmosferyczne o mniejszym natężeniu wsiąkają w całości w wierzchnią warstwę składowiska. Procesowi temu sprzyja roślinność trawiasta. Opady ulewne i nawalne w części infiltrują, w części spływają po powierzchni składowiska;

c) opady wsiąkające najczęściej nasycają wierzchnią, 20-centymetrową warstwę składowiska. Strefa nasycenia maksymalnie wynosi 70 cm. W warunkach tych brak jest kontaktu wody zawieszonej z wodą gruntową i migracji składników chemicznych;

d) opady spływające po powierzchni składowiska odprowadzane są na obrzeża zewnętrzne i na teren składowiska przejściowego, do którego dopływa woda opadowa z terenu bazy remontowo-socjalnej. W strefach tych woda wraz z rozpuszczalnymi składnikami infiltruje do środowiska gruntowo-wodnego. Na obrzeżach składowiska infiltracja ta jest skoncentrowana w rowach opaskowych (przy wale powodziowym i pętli toru kolejowego). Na składowisku kontakt wody powierzchniowej z gruntową jest największy w lokalnym zagłębieniu. Należy wypełnić go popiołem. Migracji składników chemicznych ze składowiska do wody gruntowej sprzyja przepuszczalne podłoże;

e) właściwości fizyko-chemiczne popiołu (mała rozpuszczalność, alkaliczność, duża adsorpcja) w dużym stopniu wstrzymują migrację składników chemicznych do głębszych warstw składowiska. W przypadku infiltracji opadów atmosferycznych do wód gruntowych przez składowisko potencjalne zagrożenie środowiska gruntowo-wodnego jest możliwe. Do wód gruntowych może migrować głównie sól, potas, wapń i magnez. Zagrożenie metalami ciężkimi jest niewielkie, duże tylko chromem;

- f) poziom wód gruntowych pod składowiskiem na terenach sąsiednich układa się najczęściej na głębokości 3–4 m od powierzchni terenu. Przy przepływach wielkich wód w korycie Wisły zwierciadło wody gruntowej podnosi się do 0,5–1,0 m od powierzchni terenu i nie wpływa w istotnym stopniu na wilgotność popiołu w składowisku;
- g) kierunek filtracji wód gruntowych pod składowiskiem w okresie rocznym jest zmienny. Przy przepływach w Wiśle niższych od średnich rocznych odbywa się w kierunku koryta rzeki, a przy przepływach wyższych od średnich rocznych w kierunku odwrotnym. Zasięg oddziaływania wysokich stanów wody w Wiśle na poziom wód gruntowych i kierunek jej filtracji bardzo rzadko przekracza odległość ok. 1,0 km. W tych warunkach migrujące ze składowiska składniki chemiczne mogą filtrować przeciętnie w roku ok. 325 dni do rzeki, a w pozostałym okresie w kierunku odwrotnym;
- h) skład chemiczny wód gruntowych pod składowiskiem odznacza się dużą zmiennością w poszczególnych latach i miesiącach w roku, wywołaną głównie zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego. Z upływem lat jakość wód nie uległa istotnym zmianom. Stosunkowo niska zawartość w wodzie Cu, Cr, Pb, Cd, As, Co, Ni, Se i V wskazuje na brak migracji bądź ograniczoną migrację tych pierwiastków ze składowiska. Wody gruntowe pod składowiskiem są wyraźnie zmienione antropogenicznie. Nie spełniają wymogów dla wód przeznaczonych do picia. Według kryteriów Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Macioszczykowa 1988) kwalifikują się one do klasy IV B;
- i) jakość wód gruntowych w rejonie składowiska, niezależnie od położenia, charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie, ale z upływem lat nie obserwuje się istotnego wzrostu ani obniżenia zawartości poszczególnych składników chemicznych;
- j) jakość wód gruntowych w badanej 1100-metrowej strefie przyległej do składowiska jest gorsza niż pod składowiskiem. Jest ona warunkowana przede wszystkim działalnością gospodarczą i rolniczą;
- k) wody gruntowe w strefie odległej o 0 do 500 m w porównaniu do strefy odległej o 500 do 1100 m charakteryzują się gorszą jakością. Zawierają więcej suchej pozostałości, wapnia, strontu, boru, cynku i żelaza. Mają także w dużym stopniu zmienione tło hydrogeochemiczne, warunkowane prawdopodobnie zasięgiem oddziaływania Wisły i Wilanówki. Jakość wód gruntowych w strefie odległej od składowiska 0–100 m i 100–500 m nie wykazuje wyraźnych różnic (wyniki badań w studniach wierconych);
- l) z udokumentowanych powyższych zależności wynika, że chemizm wód gruntowych pod składowiskiem i w jego sąsiedztwie został ukształtowany pod wpływem czynników antropogenicznych, głównie o charakterze gospodarczo-rolniczym. Składowisko oddziałuje także na jakość przyległych wód gruntowych (duża mineralizacja wód), obecnie wpływ ten jest niewielki, ale w następnych dziesiątkach lat może być istotny. Jego maksymalny zasięg w przyszłości nie będzie przekraczał 500-metrowej strefy ochronnej. Obecnie można tylko przypuszczać, że zaznaczy się on w strefie do 100 m. Oceny wpływu składowiska na wody gruntowe nie można sformułować jednoznacznie. Jakość wód jest tu kształtowana przez zespół czynników naturalnych i antropogenicznych.

Wyjaśnienie wpływu składowiska na tle innych czynników wymaga specjalistycznych, długotrwałych badań w zaprojektowanej sieci obserwacyjnej.

11. Oddziaływanie emitowanego przez składowisko opadu pyłu na właściwości gleb jest istotne, ale nie wpływające w znaczącym stopniu na równowagę ekologiczną systemu biologicznego. Wskazują na to następujące przesłanki:

- a) średnia zawartość większości biopierwiastków w popiołach składowiska mieści się w pobliżu średniej lub górnej granicy gleb nieskażonych. Jedynie duża zawartość glinu – do 14,6% s.m. – może stwarzać zagrożenie dla środowiska;
- b) w ogólnej ilości opadu pyłu na powierzchnię gleb udział emisji popiołu ze składowiska szacować można na 30 do 50%. Pozostały opad, emitowany głównie przez Elektrociepłownię Siekierki i inne zakłady przemysłowe, ma wyższą zawartość większości pierwiastków. Znaczący wpływ na właściwości gleby ma emisja gazowa;
- c) w glebach terenów przyległych do składowiska, na podstawie istniejących wyników badań, nie stwierdzono kumulacji nadmiernych ilości metali ciężkich (Cu, Ni, Co, Cd, Cr, V, Mn, Zn, Pb, Mo, Ag), a także arsenu (As) i fluoru (F). Zawartość powyższych składników w glebie waha się w granicach nieskażonych gleb średnich i ciężkich (wartości normatywne). Wykazano jedynie podwyższone zawartości ołowiu na południowym skraju składowiska oraz kadmu w wierzchniej warstwie gleby. Nie przekraczają one progu toksyczności dla roślin. Większą zawartość tych pierwiastków w glebie tylko w części można przypisać oddziaływaniu pyłów składowiska. Istotnym czynnikiem są nawozy (w wypadku kadmu) i motoryzacji (w wypadku ołowiu);

d) z upływem 10 lat (1981–1990) stwierdzono jedynie wzrost zawartości kadmu w glebie, natomiast spadek ilości kobaltu i chromu. Zmniejszona ilość kobaltu i chromu może być warunkowana biologiczną zabudową składowiska. Z uwagi na brak tła geochemicznego gleb z 1961 r. nie można w pełni udokumentować zmian zawartości badanych składników chemicznych w glebie;

e) gleby przyległe do składowiska zawierają w wierzchniej warstwie więcej kadmu (w 50-metrowej strefie), niklu (w 60-metrowej strefie), miedzi (w 270-metrowej strefie) i wanadu (w 60-metrowej strefie), ale w ilościach normatywnych dla gleb średnich i ciężkich. Stan ten może być uwarunkowany oddziaływaniem opadu pyłu ze składowiska;

f) gleby przyległe do składowiska mają opadowo-retencyjną gospodarkę wodną. Jedynie w okresie występowania wielkich wód w korycie rzeki Wisły istnieje podsiąkowa gospodarka wodna. W okresie tym (ok. 15 dni) gleba znajduje się pod wpływem wody gruntowej i może wpływać na ich właściwości. Z uwagi na to, iż oddziaływanie składowiska na wody gruntowe nie jest w niniejszym opracowaniu jednoznacznie udokumentowane, należy także stwierdzić, iż wpływ składowiska na gleby poprzez wody gruntowe jest minimalny.

Na podstawie powyższych zależności można stwierdzić podwyższoną zawartość niektórych składników chemicznych gleb w rejonie składowiska. Stan ten tylko częściowo należy przypisać oddziaływaniu składowiska. Zasięgu strefy oddziaływania nie można jednoznacznie określić. Szacować zaś można na ok. 100 m.

12. Jakość uprawianych roślin na terenach przyległych do składowiska zależy od wielu czynników ekologicznych i jest wypadkową głównie właściwości gleb i wód

gruntowych, form, dawek i terminów nawożenia, gatunków roślin, ilości i jakości opadów atmosferycznych oraz opadów pyłów i gazów. Składowisko może oddziaływać pośrednio na jakość roślin przez emisję pyłu i jego osadzanie na powierzchni gleby i roślin oraz migrację składników chemicznych do wód gruntowych. Wpływ ten maleje wraz z odległością od składowiska.

Oddziaływania składowiska na roślinność, w świetle dotychczasowych badań, dotyczących głównie metali ciężkich, przy braku tła z 1961 r., nie można jednoznacznie udokumentować. Stwierdzono m.in. że:

a) w badanej roślinności (sałata, kapusta, pietruszka, marchew, botwina, rabarbar, burak czerwony i pastewny, trawa, koniczyzna czerwona, lucerna, liście topoli, wiśni, bzu czarnego i grochodrzewu) takie metale jak: Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Cd, Pb i V, w większości przypadków występują w nadmiernych ilościach w porównaniu do roślinności nie zanieczyszczonej. Zwiększone zawartości wymienionych metali nie osiągają oczywiście wartości toksycznych (Kabata-Pendias 1984) dla poszczególnych gatunków roślin. Jednak większa niż normalna koncentracja takich pierwiastków jak Cd i Pb w warzywach może zagrażać zdrowiu ludzi. Pozostałe pierwiastki – Zn, Mn, Sr, Ba – nie wykazują zwiększonej od normalnej zawartości w badanych roślinach;

b) w roślinach liściastych, a szczególnie sałacie, naci pietruszki, młodej kapuście, występuje najczęściej większa zawartość niektórych składników chemicznych niż w roślinach korzeniowych (Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni). Mycie roślinności liściastej powoduje zmniejszenie się zawartości większości metali ciężkich;

c) w większości przypadków (1986 r.) zawartość metali ciężkich była nieco wyższa w roślinności rosnącej bliżej skła-

dowiska (do 250 m). Nie jest to jednak regułą, szczególnie jeśli chodzi o sektor południowy. W badaniach z 1990 r. takiej zależności nie można zauważyć;

d) brak zróżnicowania zawartości metali ciężkich w mchach, roślinach uprawnych i liściach drzew w 1990 r. w zależności od odległości może wskazywać na kumulowanie się tych pierwiastków w większym stopniu z opadu zanieczyszczeń powietrza z aglomeracji niż ze składowiska odpadów. Wynikać może także z mniejszej ilości opadu pyłu w ostatnich latach.

Powyższe zależności wykazują podwyższoną zawartość metali ciężkich w roślinach terenów przyległych do składowiska (do 500 m). Jest ona tylko w części efektem oddziaływania składowiska. Zasięgu wpływu składowiska na roślinność nie można określić jednoznacznie. Biorąc pod uwagę zasięg wpływu na gleby i wody gruntowe oraz roślinność w 1986 r. można szacować go na około 150 m od składowiska.

13. Składowisko odpadów paleniskowych ma minimalne współczynniki stateczności, gwarantujące jednak jego bezawaryjną pracę. Nachylenie skarp składowiska powinno wynosić minimum 1:2,5.

Wał Moczydłowski ma odpowiednią wysokość i rozstawę, a warunki przepływu wód wielkich są dobre. Nie ma większego zagrożenia powstawania zatorów lodowych.

Stan ogólny wału przeciwpowodziowego i lewego obwałowania rzeki Jezioriki jest dość dobry, lecz występuje wiele niedomagań, które nie w pełni gwarantują jego bezawaryjną pracę. Obecnie celowe jest wykonanie szczegółowej oceny stanu technicznego wymienionych wałów.

W rejonie składowiska, w przypadku występowania wód wielkich i średnich, bezpieczeństwo obwałowań jest zapewnione, chociaż u stopy wału występują mniej-

sze współczynniki stateczności. Nie mają one wpływu na ogólną stateczność obwałowania i składowiska. W przypadku występowania wód wielkich minimalne współczynniki stateczności korpusu są poniżej wymaganych. Nie wynika to z oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych, lecz z konstrukcji wału i ukształtowania terenu międzywał. W celu poprawy bezpieczeństwa obwałowań konieczna jest zabudowa koryta Wisły w km 489+930 – 499+300 na odległość co najmniej 50 m od stopy wału, przy minimalnej rzędnej umownej terenu ok. 5,0 m.

14. Składowisko w aspekcie przyrodniczym nie oddziałuje ujemnie na Zespół Pałacowo-Ogrodowy Wilanów, Park Marysinek, dolinę Wilanówki z jeziorami Wilanowskim i Powsińskim. W aspekcie widokowym jest obiektem sztucznym i dominującym w krajobrazie. Biologiczna rekultywacja składowiska poprawia jego wartości widokowe. Zaleca się opracowanie projektu architektury zieleni składowiska w ramach przyszłego szczegółowego planu zagospodarowania przestrzennego. Składowisko w przyszłości można wykorzystać rekreacyjnie.

15. Z przedstawionej powyżej oceny wpływu składowiska na środowisko przyrodnicze wynika konieczność utrzymania dotychczasowej 500-metrowej strefy ochronnej, określonej decyzją lokalizacyjną nr 69/89 z 17.10.1989 r. przez Wydział Architektury i Gospodarki Mieszkaniowej Urzędu Gminy Warszawa-Mokotów.

W obrębie wymienionej strefy należy:

- wydzielić 50-metrowy pas terenu przyległy do składowiska i przeznaczyć go pod zwartą zielenią izolacyjną. Do wykupu terenu i jego zagospodarowania należy zobowiązać Elektrociepłownię Siekierki,
- wyznaczyć następny 50-metrowy pas terenu z nakazem ograniczenia

jego użytkowania. Na obszarze tym na koszt Elektrociepłowni należy uzupełnić istniejące drzewostany o nowe gatunki. Urząd Gminy nie może wyrażać zgody na nowe budownictwo mieszkaniowe i gospodarcze. Wymieniony urząd teren ten w szczegółowym planie zagospodarowania przestrzennego powinien przeznaczyć pod zielenią parkową, funkcjonalnie związaną ze składowiskiem i terenem zalewowym Wisły. W interesie obecnych użytkowników terenu i konsumentów ich produktów rolnych zaleca się tu uprawę roślin pod szkłem i folią, a w uprawie polowej kwiaty, krzewy i drzewa ozdobne, szkółki drzew i krzewów owocowych,

- w pozostałym 100–500-metrowym pasie terenu można uprawiać zboża i warzywa strączkowe na ziarno oraz rośliny okopowe i warzywa korzeniowe. Należy natomiast zaniechać uprawy warzyw liściastych. W przypadku uprawy takich zaleca się ich mycie przed sprzedażą. W uprawie roślin należy stosować umiarkowane dawki nawozów. Powyższych zaleceń należy bezwzględnie przestrzegać przede wszystkim w 80-metrowej strefie przyległej do ulic. Urząd Gminy w szczegółowym planie zagospodarowania przestrzennego tereny te powinien przeznaczyć pod ekstensywną zabudowę jednorodzinną, z zachowaniem cenniejszych elementów środowiska.

16. W najbliższych latach – prawdopodobnie około 1997 r. – eksploatacja składowiska zostanie zakończona. Przed upływem tego terminu należy zobowiązać Elektrociepłownię do:

- opracowania instrukcji pielęgnacji i re-

- kultywacji umocnień trawiastych i istniejących zadrzewień (do 1996 r.),
- wykonania projektu monitoringu środowiska (do 1995 r.).

Po zakończeniu eksploatacji do obowiązków Elektrociepłowni powinno należeć:

- wykonanie w najbliższym sezonie wegetacyjnym biologicznej rekultywacji powierzchni niezadarnionych,
- bieżąca systematyczna pielęgnacja i rekultywacja istniejącej zieleni na składowisku i w 50-metrowym pasie terenu przyległego – zgodnie z instrukcją,
- realizacja monitoringu środowiska, zgodnie z instrukcją.

Zabrania się po zakończeniu eksploatacji wykorzystywania składowiska przejściowego do okresowego składowania popiołu i żużlu w celu sprzedaży odbiorcom przemysłowym. Elektrociepłownia powinna także wypowiedzieć umowę dzierżawcy terenu składowiska, prowadzącemu obecnie działalność produkcyjną. Ponadto należy wyeliminować w przyszłości wykorzystanie drogi na koronie wału w rejonie składowiska.

17. Projektem monitoringu należy objąć

wszystkie elementy środowiska przyrodniczego, a w szczególności gruntowo-wodnego. Po zakończeniu eksploatacji składowiska należy w jego sąsiedztwie spodziewać się poprawy środowiska atmosferycznego i glebowego. Z upływem lat może natomiast nastąpić zwiększenie zanieczyszczenia wód gruntowych. W tym celu należy założyć system piezometrów do poboru prób wody. Studnie gospodarskie (kopane, jak i wiercone) nie spełniają wymogów metodycznych. Do czasu założenia proponowanej sieci obserwacyjnej należy wykonywać badania wody w studniach wierconych, w których obserwacje rozpoczęto w 1977 r. Badaniami należy objąć wszystkie studnie na terenie składowiska.

18. Składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w Kępie Zawadowskiej jest obiektem, który może kształtować świadomość ekologiczną mieszkańców Warszawy, a w szczególności młodzieży. W tym celu należy zaprojektować i zorganizować dydaktyczną ścieżkę przyrodniczą. W opisie poszczególnych przystanków ścieżki należy przedstawić problemy energetyki, zagospodarowania jej odpadów oraz ochrony środowiska.

6. Literatura

- Atlas fizjograficzny Warszawy*, 1992: Mapa w skali 1:10 000. Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne. Zakład Fizjografii, Warszawa.
- BACS., 1982: *Agroklimatyczne podstawy melioracji wodnych w Polsce*. PWRiL, Warszawa.
- BORUCKI J., 1991: *Prace wstępne nad bilansem metali ciężkich emitowanych z Elektrociepłowni Siekierki i składowiska w Zawadach*. Maszynopis. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- CHMIELEWSKI W., DMUCHOWSKI W., GWO-REK B., 1990: *Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód podziemnych, gleb i roślinności w otoczeniu wysypiska odpadów paleniskowych EC Siekierki na Kępie Zawadowskiej. Etap III – Wykonanie analiz chemicznych próbek gleby, roślin i mchów. Etap IV – Opracowanie końcowe*. Maszynopis. GED-INŻYNIERIA. Sp.o.o., Warszawa.
- CHRÓST L., KOBUS A., 1981: *Kompleksowe badania wpływu składowiska popiołu w Zawadach na otoczenie. Określenie strefy ochronnej wokół składowiska*. Maszynopis. Zakłady Pomiarowo-Badawcze "Energopomiar", Gliwice.
- CZERWIŃSKI Z., PRACZ J., 1976: *Niektóre źródła zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych na terenie wielkiej Warszawy*. Rocz. Nauk Rol., Ser. A, 101, 4.
- CZERWIŃSKI Z., PRACZ J., 1990: *Deformacje gleb wywołane różnymi czynnikami*. W: Wykorzystanie układów ekologicznych w systemie zieleni miejskiej. CPBP 04.10 zesz. 64. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- DUCZYŃSKI J., MACIAK F., HRYNKIEWICZ S., 1992: *Skład chemiczny odcieków z popiołów i gleb nawożonych wysokimi dawkami popiołów*. W: Ochrona i kształtowanie środowiska rolniczego. Materiały konferencyjne. Wyd. SGGW, Warszawa.
- DZIKIEWICZ-SAPIECHA H., GWIAZDOWSKI B., ŻAK A., ORNOWSKI J., 1977: *Badania i ocena narażenia ludności kraju na promieniowanie jonizujące od naturalnego tła promieniowania gamma*. Opracowanie wew. CLOR 11/77/Z-II, Warszawa.
- GŁOWIAK B. i in., 1973: *Inżynieria ochrony atmosfery*. Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- GOŁĘDOWSKI K., DĄBROWSKA L., MUCIEK J., 1971: *Założenia techniczno-ekonomiczne przedsięwzięcia jednozadaniowego Wał Moczydłowski*. Maszynopis. Biuro Projektów Wodnych Melioracji, Warszawa.
- HOFMAN Z., DUDZIEC S., MARUSZAK R. i in., 1983: *Założenia techniczno-ekonomiczne składowiska popiołu i żużla Zawady*. Tom I. Technologiczno-budowlany. Maszynopis. Biuro Studiów i Projektów Energetycznych "Energoprojekt", Warszawa.
- Instrukcja 234 Instytutu Techniki Budowlanej, 1980: *Wytyczne badań promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych*. Warszawa.
- JAGIELAK J., BIERNACKA M., HENSCHKE J., KOCZYŃSKI A., MAMONT-CIEŚLA K., 1985: *Badania narażenia ludności kraju od radioaktywności materiałów budowlanych i ocena istniejącego ryzyka radiacyjnego*. Opracowanie wew. CLOR 5/85/Z-II, Warszawa.
- JAROSZEK E., ŁASZCZYK T., ŚLIWA A., 1986: *Opracowanie dotyczące zwiększenia wykorzystania popiołu i żużli z Elektrociepłowni Warszawskich*. Maszynopis. Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki "Energopomiar", Katowice.
- JUDAJ., CHRÓŚCIEL S., 1974: *Ochrona powietrza atmosferycznego*. WNT, Warszawa.
- JUST J., 1969: *Metody sanitarnego badania powietrza atmosferycznego*. Katowice.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., 1984: *Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych pierwiastkami śladowymi*. CBR, Warszawa.
- KACZOROWSKI I., 1984–1989: *Pomiar opadu pyłu w rejonie Elektrociepłowni Siekierki i składowiska odpadów paleniskowych Zawady*. Maszynopis. Ośrodek Badania i Kontroli Środowiska, Warszawa.
- KEMPA E. S., JĘDRZAK A., 1988: *Migration of soluble ash components from a tip to groundwater*. Water Science a Technology, 20, 3.
- KIEŁKIEWICZ B., 1992: *Mapa zagrożenia i ochrony wód podziemnych czwartorzędowego poziomu użytkowego województwa stołecznego warszawskiego I: 25000*. Maszynopis. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- KOBUS A., 1985: *Wpływ składowiska odpadów pa-*

- leniskowych Elektrociepłowni Siekierki na Zawadach na jakość wód gruntowych i powierzchniowych. Maszynopis. Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki "Energopomiar", Gliwice.
- KOBUS A., 1986: *Kontrola jakości wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na Zawadach*. Maszynopis. Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki "Energopomiar", Gliwice.
- KOBUS A., 1987: *Kontrola jakości wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na Zawadach*. Maszynopis. Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki "Energopomiar", Gliwice.
- KOWALSKA-PIROS J., 1992: *Pomiar opadu pyłu w rejonie Elektrociepłowni Siekierki i składowiska odpadów paleniskowych Zawady*. Maszynopis. Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Usługowe "Ekoserwis", Warszawa.
- KUCHARSKI R. I., 1981: *Metody obliczeniowe prognozowania hałasów zewnętrznych jako narzędzie optymalizacji układów urbanistycznych i komunikacyjnych ze względu na warunki akustyczne środowiska*. W: *Ochrona środowiska przed hałasem zewnętrznym*. Materiały pokonferencyjne, NOT, Warszawa.
- LIS I., 1992: *Atlas geochemiczny Warszawy i Okolicy*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- ŁUKOWSKI R., DUDZIEC S., 1983: *Założenia Techniczno-Ekonomiczne składowiska popiołu i żużla Zawady. Plan realizacyjny. Tom IV. Hydrotechnika*. Maszynopis. Biuro Studiów i Projektów Energetycznych "Energoprojekt", Warszawa.
- MACIAK F., LIWSKI S., BIERNACKA E., 1974: *Właściwości fizyko-chemiczne i biochemiczne składowisk popiołu po węglu brunatnym i kamiennym*. Roczniki Gleboznawcze, Warszawa.
- MACIAK F., LIWSKI S., BIERNACKA E., 1976: *Rekultywacja rolnicza składowisk odpadów paleniskowych (popiołów) z węgla brunatnego i kamiennego. Część I, II i III*. Roczniki Gleboznawcze, Warszawa.
- MACIAK F., LIWSKI S., 1981: *Wpływ wysokich (melioracyjnych) dawek popiołów z węgla brunatnego i kamiennego na plonowanie i skład chemiczny roślin na glebie piaskowej*. Roczniki Gleboznawcze T. 32 z. 1.
- MACIAK F., 1981: *Wpływ wysokich dawek (melioracyjnych) popiołów z węgla brunatnego i kamiennego na niektóre fizyko-chemiczne i biochemiczne właściwości gleby piaskowej*. Roczniki Gleboznawcze T. 32 z. 1.
- MACIAK F., BIERNACKA E., HRYNKIEWICZ S. i in., 1984: *Opracowanie metod zabezpieczenia przed pyleniem składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki przy użyciu metod biologicznych. Etap I*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, SGGW-AR, Warszawa.
- MACIAK F., BIERNACKA E., HRYNKIEWICZ S., DZIAK W., 1985: *Opracowanie metod zabezpieczenia przed pyleniem składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki przy użyciu metod biologicznych. Etap II*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, SGGW-AR, Warszawa.
- MACIAK F., LIWSKI S., BIERNACKA E., HRYNKIEWICZ S., 1987: *Opracowanie metod zabezpieczenia przed pyleniem składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki przy użyciu metod biologicznych. Etap IV*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, SGGW-AR, Warszawa.
- MACIAK F., BIERNACKA E., LIWSKI S., HRYNKIEWICZ S., 1988: *Opracowanie metod zabezpieczenia przed pyleniem składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki przy użyciu metod biologicznych. Etap V*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, SGGW-AR, Warszawa.
- MACIAK F., 1989: *Biologiczna rekultywacja składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w skali półtechnicznej. Etap I*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, SGGW-AR, Warszawa.
- MACIAK F., 1990: *Biologiczna rekultywacja składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w skali półtechnicznej. Etap II*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, SGGW, Warszawa.
- MACIAK F., 1991: *Biologiczna rekultywacja składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w skali półtechnicznej. Etap III*. Maszynopis. Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego SGGW, Warszawa.
- MACIOSZCZYKOWA A., 1988: *Wskazówki metodyczne oceny i klasyfikacja stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych na podstawie składu chemicznego i własności fizycznych*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- MAMONT-CIEŚLA K., KOCZYŃSKI A., POŁZUN M. i in., 1988: *Studium promieniotwórczości naturalnej odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki. Etap I*. Maszynopis.

- Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa.
- MAMONT-CIEŚLA K., BIERNACKA M., KOCZYŃSKI A. i in. 1989: *Studium promieniotwórczości naturalnej odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki. Etap II*. Maszynopis. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa.
- MAMONT-CIEŚLA K., KOCZYŃSKI A., POŁŻUN M., NOSOROWSKI I., 1989: *Studium promieniotwórczości odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki. Etap III*. Maszynopis. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa.
- MARTYNUSKA S., SZULC M., ORZESZEK W., DRABCZYK I., 1993: *Koncepcja ogólna składowiska popiołów i żużli Elektrociepłowni Siekierki*. Koncepcja wypełnienia popiołem terenu międzywału Wisły w km 500–502. Maszynopis. Biuro Studiów i Projektów "Energoprojekt", Warszawa.
- MATTIGOD-S. V., DHANPAT-RAI, EARY-LE, 1990: *Geochemical factors controlling the mobilization of inorganic constituents from fossil fuel combustion residues*. I. Review of major elements. *Journal of Environmental – Quality*, 19.2.
- MIEKUS J., JEŻEWSKI W., MAŁECKI J. i in., 1981: *Składowisko popiołu i żużli*. Koncepcja maksymalnego podwyższenia. Maszynopis. Biuro Studiów i Projektów Energetycznych "Energoprojekt", Warszawa.
- MIKOŁAJKOW J., 1991: *Ocena w fazie projektowej wpływu składowisk popiołów i żużli na środowisko*. W: Metody oceny antropogenicznych zmian środowiska w strefach oddziaływania zespółów miejsko-przemysłowych. UW Płock.
- MUCIEK J., PIÓRECKI F., 1972: *Projekt techniczno-roboczy na podwyższenie Wału Moczdyłowskiego. Etap I*. Maszynopis. Biuro Projektów Wodnych Melioracji, Warszawa.
- PAWŁAT H., WIENCLAW E., WIŚNIEWSKI S., 1993: *Studium strategii gospodarki wodnej w paśmie Gocław-Julianów Warszawa-Praga Południe (obszar MU–19, 0–55, X–22) dla potrzeb szczegółowego planu zagospodarowania i ochrony środowiska*. Maszynopis. SGGW, Warszawa.
- PIENKOWSKA U., 1993: *Pomiar opadu pyłu i opadu metali (Cd i Pb) w rejonie Elektrociepłowni Siekierki i składowiska odpadów paleniskowych Zawady*. Maszynopis. Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Usługowe "Ekoserwis" (Sprawozdanie za maj i czerwiec 1993 r.), Warszawa.
- PŁOCHNIEWSKI Z., 1990: *Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód podziemnych, gleb i roślinności w otoczeniu wysypiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na Kępie Zawadowskiej. Etap I*. Jakość wód podziemnych. Maszynopis. "Geo-Inżynieria" Sp. z o.o., Warszawa.
- Przedsiębiorstwo hydrogeologiczne, 1979: *Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych w kat. B w miejscowości Warszawa-Zawady*. Użytkownik: Elektrociepłownia Siekierki. Maszynopis. Warszawa.
- ROCISZEWSKI i in., 1992: *Miejscowy plan ogólny zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy*. Uchwała Nr XXXV/199/92 Rady Miasta Stołecznego Warszawy z dnia 28.09.1992 r., Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Ochrony Środowiska 1992 r.
- SARNACKA Z., 1980: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski*. Arkusz Warszawa-Wschód. Skala 1:50 000. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- SIMSIMAN G. V., CHESTERS G., ANDREN A. W., 1987: *Effect of ash disposal ponds on groundwater quality at a coal-fired power plant*. *Water-Research* 21.4.
- SIUTA J., ŁACKA-PILASZEK B., SIEMION S. i in., 1986: *Program rolniczego zagospodarowania strefy ochronnej składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w Zawadach*. Maszynopis. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J., MOSIEJ K., 1985: *Ekspertyza dotycząca bezpieczeństwa Wału Zawadowskiego na odcinku składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki*. Maszynopis. Zespół Rzeczników Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J., MOSIEJ K. i in., 1993: *Ekspertyza dotycząca stateczności wału wiślanego w rejonie składowiska odpadów paleniskowych Zawady*. Maszynopis. SGGW, Warszawa.
- Zarządzenie Ministra Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 9 listopada 1982 r. w sprawie szczegółowych zasad wyznaczania granic i obszarów stref ochronnych oraz orientacyjnych wskaźników ich szerokości. (Mon. Pol. Nr 27 poz. 241).
- Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 31.03.1988 (Monitor Polski Nr 14 z dnia 21.05.1988 r.).

Ocena oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na środowisko

Streszczenie

Składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w Warszawie zlokalizowane jest na lewym brzegu Wisły w odległości ok. 6 km na południowy wschód od Elektrociepłowni. Zajmuje powierzchnię 45 ha brutto i 33,5 ha netto. Ocenę wpływu składowiska na otaczające środowisko wykonano na podstawie dotychczas prowadzonych badań. Badania te dotyczyły promieniotwórczości odpadów paleniskowych, zapylenia atmosfery, zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych, zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi oraz wpływu składowiska na walory krajo-brazowo-widokowe.

Badania wykazały podwyższoną promieniotwórczość odpadów paleniskowych w stosunku do otaczającego środowiska, nie na tyle jednak, aby zagrażało to zdrowiu okolicznej ludności. Obserwuje się także podwyższony poziom zapylenia atmosfery w odległości do 250 m

od składowiska. Wpływ na wody powierzchniowe (rzeki Wisła i Wilanówka) jest znikomy, na wody gruntowe i wgłębne trudny do uchwycenia ze względu na brak badań z okresu poprzedzającego formowanie składowiska. Nie obserwuje się skażenia okolicznych gleb metalami ciężkimi, natomiast występuje wyraźne podwyższenie zawartości większości metali ciężkich w otaczającej składowisko roślinności. Podwyższone zawartości metali ciężkich w roślinach nie przekraczają progów toksyczności i spowodowane są nie tylko oddziaływaniem składowiska, lecz również opadami pyłów z całej aglomeracji warszawskiej.

Analiza wyników badań potwierdza konieczność utrzymania 500-metrowej strefy ochronnej, podzielonej na pas izolacyjny zwartej zieleni (100 m) i pas kontrolowanych upraw, wyłączających uprawę warzyw o jadalnych częściach nadziemnych.

Evaluation of Electric Plant Siekierki ash dump influence on the environment

Summary

Ash dump of Electric plant Siekierki in Warsaw is located about 6 km south east from the plant on left bank of Vistula river. The total area of the dump is 45 ha and net area is 33,5 ha.

Evaluation of ash dump influence on surrounding environment has been done on a basis of former conducted investigations. These investigations have concerned ash radioactivity, surface and ground water pollution, heavy metal contamination of soil and plants as well as ash dump influence on landscape value. Conducted investigations have shown slightly higher ash radioactivity in relation to surrounding environment but not so high to be danger for human health. Higher level of dust in atmosphere at 250 m distance from ash dump can be observed.

Ash dump influence on surface waters (Vistula and Wilanówka rivers) is negligible and on ground water is difficult to estimate because of lack investigations from the previous period when dump was constructed. Heavy metals contamination of surrounding soils is not observed, but surrounding plants contain higher quantites of heavy metals. Higher quantites of heavy metals in plants not exceed toxic level and they are due not only to ash dump but to dust from whole Warsaw agglomeration.

Investigation results have proved necessity of establishment of 500 m wide protection belt, which contain dense green belt (100 m) and belt of controled plants plantation without vegetables of overground eatable parts.

Składowisko odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki w Warszawie zajmuje powierzchnię 33,5 ha netto. Rocznie przyjmuje od 150 do 300 tys. ton odpadów. Główny fragment składowiska po 30 latach osiągnął wysokość ok. 32 m.

W latach 1977–1992 dla potrzeb monitoringu środowiska prowadzone były na zlecenie Elektrociepłowni badania wpływu składowiska na zapylenie atmosfery, zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych oraz zanieczyszczenie gleb i roślin metalami ciężkimi. W niniejszej pracy dokonano ich syntezy. Może ona być wykorzystana przy ocenie oddziaływania innych składowisk odpadów paleniskowych na środowisko.

Wykazano istotny wpływ składowiska na zapylenie atmosfery oraz jakość uprawianych roślin. Nie udowodniono natomiast wpływu składowiska na zanieczyszczenie gleby oraz wód powierzchniowych i gruntowych. Potwierdzono konieczność utrzymania 500-metrowej strefy ochronnej, podzielonej na pas izolacyjny zwartej zieleni (100 m) i pas kontrolowanych upraw, z wyłączeniem warzyw o jadalnych częściach nadziemnych.

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Andrzej Ciepielowski, Bonifacy Łykowski (przewodniczący), Henryk Pawłat

RECENZENCI

Prof. dr hab. Zbigniew Czerwiński

Prof. dr hab. Mikołaj Nazaruk

ADRES REDAKCJI

Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW

ul. Nowoursynowska 166

02-766 Warszawa

tel. 43-90-41 (61, 81) wew. 1273 i 1769

Projekt okładki i strony tytułowej – Barbara Werbanowska

Redaktor techniczny – Zofia Orłowska

Korektor – Jadwiga Rydzewska

Wydawnictwo SGGW

Nakład 100 + 30 egz. Ark. wyd. 7,0. Ark. druk. 6,0

Oddano do druku w styczniu 1994 r. Wyd. 1261

Wydrukowano w Zakładzie Małej Poligrafii Wydawnictwa SGGW. Zam. 27/94