

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2017), 26 (4), 498–513  
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2017), 26 (4)  
Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2017), 26 (4), 498–513  
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2017), 26 (4)  
<http://iks.pn.sggw.pl>  
DOI 10.22630/PNIKS.2017.26.4.48

**Przemysław WINIAREK, Aneta KRUK**

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

## **Analiza wybranych parametrów chemicznych gleb wzdłuż linii kolejowych**

### **Analysis of selected chemical parameters of soils along railway lines**

**Słowa kluczowe:** linia kolejowa, gleba, zanieczyszczenie, WWA, metale ciężkie, PCB

**Key words:** railway line, soil, contamination, PAHs, heavy metals, PCBs

#### **Wprowadzenie**

Przy obecnym stanie środowiska kluczową rolę odgrywa prowadzenie działalności gospodarczej w zrównoważony sposób. Zarządcy infrastruktury kolejowej i przewoźnicy kolejowi są zobowiązani spełniać warunki zapewniające ochronę środowiska. W specyficznych i newralgicznych obszarach może być wymagane stosowanie rozwiązań technicznych, które ograniczają rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. Nieuzasadnione jednak wydaje się stosowanie drogich urządzeń ochrony środowiska w sytuacji braku przekroczenia standardów jakości środowiska. Dokładane określenie miejsc występowania po-

tencjalnych źródeł zanieczyszczeń na terenach kolejowych może być trudne. Problem ten dotyczy przede wszystkim emisji substancji do powietrza i gleby. Za specyficzne dla transportu kolejowego uznawane są następujące potencjalne źródła emisji substancji:

- eksploatacja pojazdów kolejowych i związane z nimi wycieki płynów eksploatacyjnych, zużywanie okładzin hamulcowych;
- zużywanie wierzchniej warstwy przewodów trakcyjnych i szyn, wypłukiwanie substancji z drewnianych podkładów kolejowych;
- stosowanie herbicydów i używanie środków smarnych;
- niekontrolowane uwalnianie się towarów, surowców, paliw.

Do utrzymania linii kolejowych (w odróżnieniu do konserwacji dróg) w okresie zimy nie stosuje się środków chemicznych, dzięki czemu nie dochodzi do zasolenia gleb, naruszenia równowagi

jonowej, zmian odczynu lub ograniczenia przepuszczalności gruntów (Fronczyk, Lech, Radziemska i Sychowicz, 2016).

Do najważniejszych, a zarazem najlepiej przebadanych zanieczyszczeń związanych z liniami kolejowymi zaliczane są: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i metale ciężkie, w szczególności miedź i cynk (Malawska i Wiłkomirski, 1997, 1999, 2001a; Brooks, 2004; Bukowiecki et al., 2007; Moret, Purcaro i Lanfranco, 2007; Akoto, Ephraim i Darko, 2009; Liu et al., 2009; Wiłkomirski, 2010; Zhang, Wang, Zhang i Hu, 2012; Staszewski, Malawska, Studnik-Wójcikowska, Galeira i Wiłkomirski, 2015). Za podstawowe źródła emisji WWA do gleby uznaje się: spalanie paliw, wycieki płynów eksploatacyjnych, środki smarujące nałożone punktowo na metalowe elementy infrastruktury kolejowej i produkty chemiczne zaaplikowane w drewniane podkłady kolejowe. Ocena oddziaływania spalania paliw i wycieków eksploatacyjnych jest stosunkowo trudna, ponieważ w migracji zanieczyszczeń uczestniczy faza gazowa. Łatwiejsza staje się analiza wpływu drewnianych podkładów kolejowych i preparatów służących do impregnacji ze względu na ich długi kontakt z glebą. Podstawowymi impregnatami są pochodne smoły węglowej, z których największe zastosowanie ma kreozot, szczególnie kreozot węglowy. Jest to mieszanina ponad 200 związków chemicznych, wśród których wagowo dominują WWA i aromatyczne związki fenolowe (Bestari et al., 1998; Lehto, Lemmetyinen i Puhakka, 2000; Kohler i Kunninger, 2003; Wiłkomirski, 2010). Według informacji prezentowa-

nych przez Bolina i Smitha (2013) ze stosowaniem podkładów betonowych na liniach kolejowych wiązać się może: 1,8 razy większe zużycie paliwa, 8,7 razy większe zużycie wody, 5,8 razy większa emisja gazów cieplarnianych, 68 razy większy wpływ na kwaśne deszcze, 2,3 razy większy wpływ na smog, 2 razy większy wpływ na eutrofizację.

W literaturze przedmiotu jest stosunkowo mało danych dotyczących badań linii kolejowych. W konsekwencji tego jakość gleb terenów kolejowych często była porównywana do gleb zlokalizowanych w sąsiedztwie dróg, pomimo całkowicie odmiennego oddziaływania transportu drogowego. Badania linii kolejowych, jeśli były wykonywane, to wyłącznie w obszarach miejskich, ośrodkach przemysłowych, węzłach kolejowych o zwiększonym oddziaływaniu antropogenicznym, co utrudnia prowadzenie dyskusji o wynikach analiz (Zhang i in., 2012). Publikowane dane dotyczą głównie stropowej części profilu glebowego do głębokości 0,5 m p.p.t., podlegającej także oddziaływaniom zanieczyszczeń innych niż kolejowe. Podejście takie uniemożliwia ocenę stopnia wymywania ewentualnych zanieczyszczeń w głąb profilu oraz ich przemieszczanie się do płytkich wód gruntowych. Górna część nasypu linii kolejowej zazwyczaj nie jest tworem rodzimym. Są to twory o zadanych parametrach budowlanych, odpowiednio zagęszczone i zazwyczaj wyniesione w stosunku do terenów sąsiednich.

Podjęte badania mają za zadanie wypełnienie tej luki informacyjnej, a ich celem jest ocena jakości gleb i utworów podścielających do głębokości 2 m p.p.t., bezpośrednio przy torze kolejowym,

w wybranych lokalizacjach. Przez podejście gleby rozumie się glebę antropogeniczną i utwory podścielające na głębokości 0–2 m p.p.t. Takie podejście metodyczne wynika z ogólnych zasad budowy linii kolejowych.

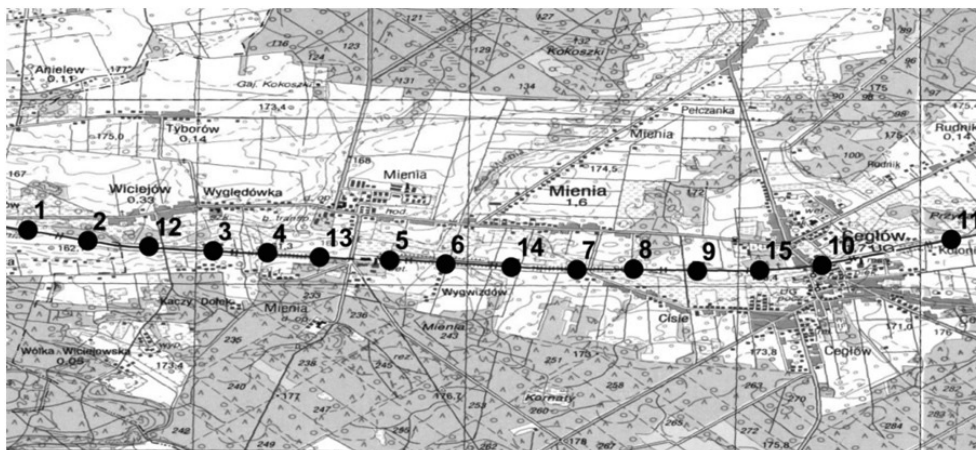
## Teren badań

Próbki do badań pobrano w październiku 2014 roku wzdłuż linii kolejowej nr 2 Warszawa Centralna – Terespol – 15 próbek (rys. 1), wzdłuż linii kolejowej nr 6 Zielonka – Kuźnica Białostocka – 15 próbek (rys. 2) oraz bezpośrednio na stacji kolejowej Małkinia – 20 próbek (rys. 3). Dodatkowo pobrano 2 próbki na terenie zaplecza technicznego do naprawy sprzętu kolejowego zlokalizowanego w bocznej części stacji kolejowej Małkinia (rys. 3). Do badań wybrano fragment linii kolejowej jednotorowej oraz dwutorowej, fragmenty z podkładami drewnianymi i betonowymi, stację kolejową, peron i zaplecze techniczne. Próbkę pobierano po zewnętrznej stro-

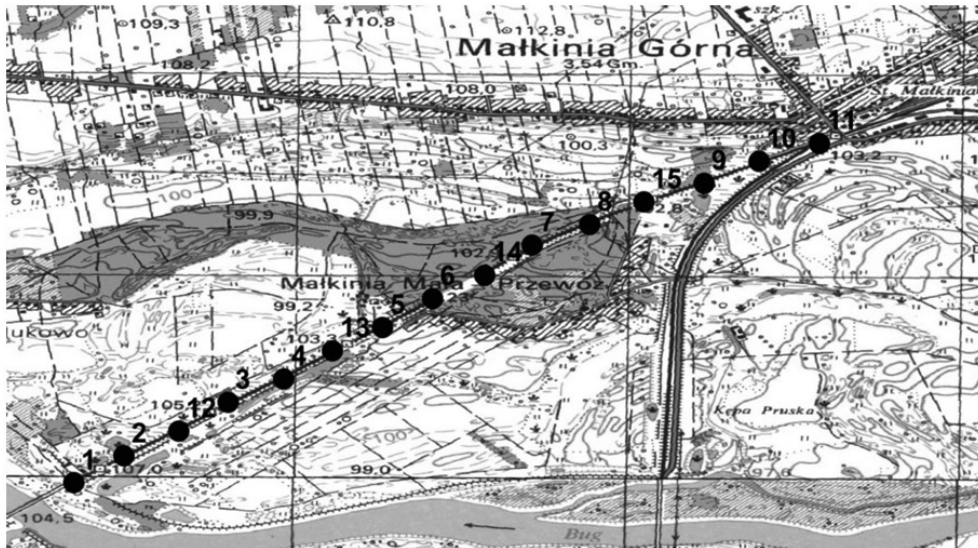
nie torów kolejowych, w międzytorzu, w sąsiedztwie rozjazdów podlegających regularnemu smarowaniu, w miejscu odstawiania wagonów i miejscach wizualnie zanieczyszczonych.

Obydwie linie kolejowe charakteryzują się mieszaną strukturą ruchu, na którą składa się ruch pasażerski i towarowy. Linia kolejowa nr 6 została wybudowana w 1862 roku, linia nr 2 w latach 1866–1867, a zaplecze techniczne do naprawy sprzętu kolejowego w 1968 roku. Linie kolejową nr 2 na analizowanym odcinku poddano przebudowie w latach 2000–2008. W całości jest ona zbudowana z podkładów betonowych. Linia kolejowa nr 6 jest przygotowywana do prowadzenia robót budowlanych w torowisku, a w dniu prowadzenia badań zabudowane były w niej głównie podkłady drewniane. Wskazane odcinki przebiegają przez tereny leśne i rolne o bardzo słabej intensywności produkcji rolnej, poza aglomeracjami i potencjalnymi zewnętrznymi źródłami zanieczyszczeń.

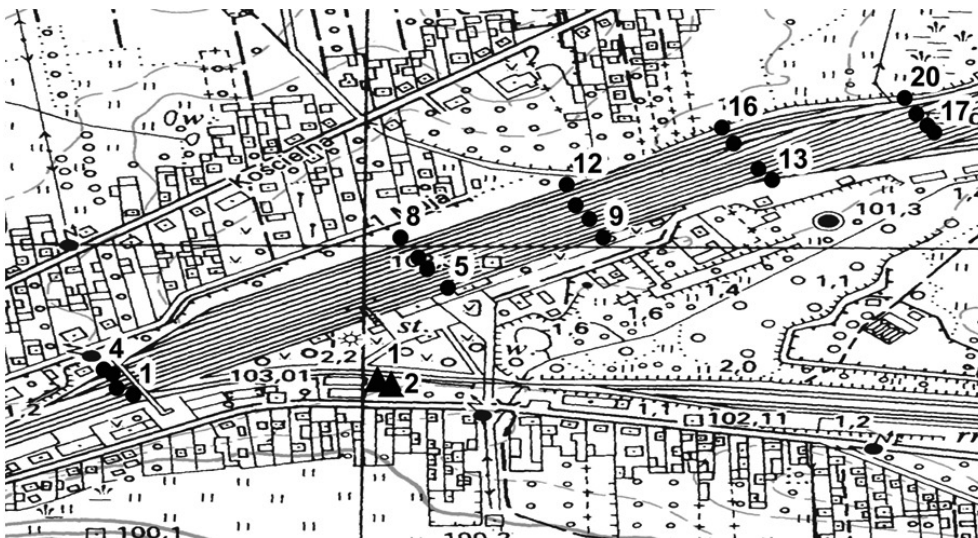
Próbki gleby pobierano naprzemiennie po obu stronach torów kolejowych



RYSUNEK 1. Lokalizacja poboru próbek na linii kolejowej nr 2  
FIGURE 1. Location of the sampling points on the railway line no 2



RYSUNEK 2. Lokalizacja poboru próbek na linii kolejowej nr 6  
 FIGURE 2. Location of the sampling points on the railway line no 6



RYSUNEK 3. Lokalizacja poboru próbek na stacji kolejowej Małkinia  
 FIGURE 3. Location of the sampling points at the railway station Małkinia

w równych odstępach między linią słupów trakcyjnych a systemem odwodnienia. Na linii kolejowej nr 2 jeden punkt poboru został zlokalizowany poza sys-

temem odwodnienia (próbka kontrolna 13) i reprezentuje on tereny inne niż kolejowe. Na linii kolejowej nr 6 pobrano jedną próbkę (próbkę 1) pod mostem ko-

lejewym, w bezpośrednim sąsiedztwie koryta rzeki Bug. Na terenie stacji kolejowej Małkinia próbki były pobierane w regularnej siatce.

Poboru próbek i oznaczeń laboratoryjnych dokonało akredytowane laboratorium. Planowanie poboru próbek przeprowadzono zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN-ISO 10381-1:2008. Próbki z głębokości 0–2 m p.p.t. pobrano zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN-ISO 10381-5:2009. Próbkę reprezentatywną uzyskano poprzez zmieszanie i zredukowanie próbki zbiorczej z głębokości 0–2 m. W każdej lokalizacji pobrano jedną próbkę reprezentatywną.

## Material i metody

Zakres analityczny obejmował substancje wymienione w tabeli 1. Otrzymano łącznie 1048 jednostkowych wyników badań.

## Wyniki i dyskusja

Uzyskane wyniki badań (tab. 2–3) wskazują, że zanieczyszczenie gleb było niewielkie. W przeważającej większości próbek zawartość badanych substancji w glebie linii kolejowych nr 2 i 6 oraz na stacji kolejowej Małkinia (odpowiednio: 90,4, 82,5, 62,5%) była mniejsza niż 0,01 mg·kg<sup>-1</sup> (dolna granica oznaczalności). W przypadku oleju mineralnego (C12-C35) 98% przebadanych próbek wykazało wartości poniżej progu oznaczalności (20 mg·kg<sup>-1</sup>), a dla WWA wartości poniżej progu (0,15 mg·kg<sup>-1</sup>) notowano w 66% próbek. Nieznacznie

częstsze przekroczenia granicy oznaczalności występowały w próbach pobieranych na stacji kolejowej, gdzie oprócz bezpośrednich przejazdów pociągów prowadzone są: przeładunek, rozładunek, załadunek towarów, jazdy manewrowe lokomotyw i postój pociągów.

Na linii kolejowej nr 6 obecność benzo(a)antracenu wykryto w 33% próbek (maksimum 0,065 mg·kg<sup>-1</sup>), benzo(a)pirenu w 27% próbek (maksimum 0,095 mg·kg<sup>-1</sup>), benzo(b)fluorantenu w 27% próbek (maksimum 0,114 mg·kg<sup>-1</sup>), benzo(ghi)perylenu w 20% próbek (maksimum 0,038 mg·kg<sup>-1</sup>), benzo(k)fluorantenu w 20% próbek (maksimum 0,042 mg·kg<sup>-1</sup>), chryzenu w 27% próbek (maksimum 0,042 mg·kg<sup>-1</sup>), fenantrenu w 13% próbek (maksimum 0,027 mg·kg<sup>-1</sup>), fluorantenu – 40% próbek (maksimum 0,109 mg·kg<sup>-1</sup>), indeno(1,2,3-cd)pirenu w 20% próbek (maksimum 0,05 mg·kg<sup>-1</sup>), pirenu w 47% próbek (maksimum 0,101 mg·kg<sup>-1</sup>) i WWA w 27% próbek (maksimum 0,7 mg·kg<sup>-1</sup>). W 12 próbkach z 15 zawartość WWA była mniejsza od wartości stwierdzonych w glebie ornej w odległości około 3 km od badanego fragmentu linii, w których w latach 2005 i 2010 suma WWA na głębokości 0–20 cm wynosiła odpowiednio 0,197 i 0,166 mg·kg<sup>-1</sup> (GIOŚ, 2012). Gdyby odnieść zbadaną zawartość WWA do klas zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo według klasyfikacji IUNG, to glebę linii kolejowej nr 6 można uznać za niezanieczyszczoną lub mało zanieczyszczoną w przypadku próbki 9 (GIOŚ, 2012). Zawartości badanych substancji większe od dolnej granicy oznaczalności metody najczęściej notowano w próbkach 1, 9, 10 i 11. Próbkami

TABELA 1. Zakres badań (SGS, 2014)  
TABLE 1. Scope of research (SGS, 2014)

Parametr Parameter	Lokalizacja poboru próbek* Location of sampling	Aparatura analityczne Laboratory equipment	Granica oznaczalności Limit of quantification – LOQ [mg·kg <sup>-1</sup> ]
1	2	3	4
Suma węglowodorów C12-C35 Hydrocarbons total C12-C35	1, 2	GC-FID Shimadzu GC-2010	20
Suma węglowodorów C6-C12, suma benzyn Sum of hydrocarbons C6-C12	1, 2	GC-MS Agilent 7890/5973 MSD + system Purge&Trap do analizy związków lotnych	0,1
Naftalen, antracen, benzo(a)antracen, dibenzo(a,h)antracen, acenaften, fluoren, fenantren, fluoranten, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, piren, benzo(a)piren, chryzen, benzo(ghi)perylene, ideno (1,2,3-c,d) piren Naphthalene, anthracene, benz(k)fluoranthene, dibenz(a,h)anthracene, acenaphthene, fluorene, phenanthren fluoranthene, benzo(a)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, pyrene, benzo(a)pyrene, chrysene Acenafylen, fenol, benzo(a)fluoranten Acenaphthylene, phenol, benzo(a)fluoranthene	1, 2	GC-MS Agilent 7890/5973 MSD	0,01
Benzo(e)piren / Benzo(e)pyrene	2	GC-MS Agilent 6890/7890 + 5973/5975 MSD	0,05
Pochodne fenolu / Phenol derivatives	2	GC-MS Agilent 7890/5973 MSD	0,001
PCB / PCBs	2	GC-MS Agilent 7890/5973 MSD	0,002
Zn, Cu, Pb	2	ICP-OES Varian 730-ES/IP 1004M103	2,5
Cyjanki / Cyanide	2	Analizator przepływowy SAN++ Skalar	0,5

TABELA 1 cd.

1	2	3	4
Benzen, etylobenzen, chlorobenzen i pochodne (dichloro i trichloro), ksylen (suma izomerów), styren, toluen Benzene, ethylbenzene, chlorobenzene and derivatives (dichloro and trichloro), xylene	2	GC-MS Agilent 7890/5973 MSD + system Purge&Trap do analizy związków lotnych	0,01
1,2,3,4-tetrachlobenzen, 1,2,3,5+1,2,4,5-tetrachlobenzen, pentachlobenzen, heksachlorobenzen, 2-chloronafalen 1,2,3,4-tetrachlobenzene, 1,2,3,5+1,2,4,5-tetrachlorobenzene, penta-chlorobenzene, heksachlorobenzene, 2-chloronaphthalene	2	GC-MS Agilent 7890/5973 MSD	0,005

Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) – suma steżeń: naftalen, fenantren, antracen, fluoranten, chryzen, benzo(a)antracene, benzo(a)piren, benzo(a)fluoranten, benzo(ghi)perylene – polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) total – sum of content of: naphthalene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, chrysene, benzo(a)pyrene, benzo(a)fluoranthene, benzo(ghi)perylene.

Badania przeprowadzono w akredytowanym laboratorium według następujących metod: cynk, miedź, ołów – metoda atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w płazmie indukcyjnej; cyjanki wolne, cyjanki związane kompleksowo – metoda ciągłej analizy przepływowej z wykorzystaniem detektora spektrofotometrycznego; pozostałe – metoda chromatografii gazowej z spektrometrią masową (GC-MS) – Research was conducted in accredited laboratory according to following procedures: zinc, copper, lead – induced coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES); free cyanides, complex cyanides – continuous flow analysis with spectrophotometric detection; other – gas chromatography with mass spectrophotometry.

1 – linie kolejowe nr 2, 6, stacja kolejowa Małkinia; 2 – zaplecze techniczne do naprawy sprzętu kolejowego na stacji kolejowej Małkinia / 1 – railway lines no 2 and 6, station Małkinia; 2 – technical facilities for repair of railway equipment on the railway station Małkinia.

TABELA 2. Linie kolejowe nr 6, 2, stacja kolejowa Małkinia – zestawienie wyników  
 TABLE 2. Railway line no 6, line no 2, railway station Małkinia – a summary of results

Parametr Parameter	Linia kolejowa nr 6 Railway line no 6		Linia kolejowa nr 2 Railway line no 2		Stacja kolejowa Małkinia Railway station Małkinia	
	wartość – value (n = 15)		wartość – value (n = 15)		wartość – value (n = 15)	
	min. [mg·kg <sup>-1</sup> ]	max. [mg·kg <sup>-1</sup> ]	min. [mg·kg <sup>-1</sup> ]	max. [mg·kg <sup>-1</sup> ]	min. [mg·kg <sup>-1</sup> ]	max. [mg·kg <sup>-1</sup> ]
Acenaften Acenaphthene	<0,01*		<0,01*		<0,01	0,021
Antracen / Anthracene	<0,01*		<0,01	0,029	<0,01	0,058
Benzo(a)antracen Benz(a)anthracene	<0,01	0,065	<0,01	0,068	<0,01	0,271
Benzo(a)piren Benzo(a)pyrene	<0,01	0,095	<0,01	0,136	<0,01	0,522
Benzo(b)fluoranten Benzo(b)fluoranthene	<0,01	0,114	<0,01	0,202	<0,01	0,593
Benzo(ghi)perylene Benzo(ghi)perylene	<0,01	0,038	<0,01	0,087	<0,01	0,208
Benzo(k)fluoranten Benzo(k)fluoranthene	<0,01	0,042	<0,01	0,062	<0,01	0,297
Chryzen / Chrysene	<0,01	0,042	<0,01	0,084	<0,01	0,271
Dibenzo(a,h)antracen Dibenz(a,h)anthracene	<0,01*		<0,01	0,018	<0,01	0,041
Fenantren / Phenanthrene	<0,01	0,027	<0,01	0,1	<0,01	0,237
Fluoranten / Fluoranthene	<0,01	0,109	<0,01	0,172	<0,01	0,659
Fluoren / Fluorene	<0,01*		<0,01	0,012	<0,01	0,023
Indeno(1,2,3-cd)piren Indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0,01	0,05	<0,01	0,119	<0,01	0,311
Naftalen / Naphthalene	<0,01*		<0,01*		<0,01	0,04
Piren / Pyrene	<0,01	0,101	<0,01	0,147	<0,01	0,582
Suma węglowodanów C12-C35, olej mineralny Sum of hydrocarbons C12-C35	<20*		<20*		<20	230
Suma węglowodanów C6-C12, suma benzyn Sum of hydrocarbons C6-C12	<0,1*		<0,1*		<0,1	0,25
WWA / PAHs	<0,15	0,7	<0,15	1,24	<0,15	4,11

\* Wszystkie wyniki poniżej wskazanej wartości / All results below indicated value.



TABELA 3. Zaplecze techniczne do naprawy sprzętu kolejowego na stacji kolejowej Małkinia – zestawienie głównych wyników badań

TABLE 3. Technical facilities for repair of railway equipment on the railway station Małkinia – a summary of main research results

Parametr Parameter	Wartość / Value		Parametr Parameter	Wartość / Value	
	próbka 1 sample 1	próbka 2 sample 2		próbka 1 sample 1	próbka 2 sample 2
Cu	3,08	491	Benzen / Benzene	<0,01	<0,01
Pb	2,66	69,6	Etylobenzen Ethylbenzene	<0,01	<0,01
Zn	14,4	271	Chlorobenzen Chlorobenzene	<0,01	<0,01
Acenaftylen Acenaphthylene	<0,01	<0,01	Fenol / Phenol	<0,01	<0,01
Cyjanki Cyanide	<0,5	<0,5	Chlorofenole ogółem Chlorophenol total	<0,024	<0,024
Suma węglowodanów C6-C12, suma benzyn Sum of hydrocarbons C6-C12	<0,1	<0,1	Piren Pyrene	<0,01	0,037
Suma węglowodorów C12-C35, olej mineralny Sum of hydrocarbons C12-C35	<20	<20	Benzo(a)piren Benzo(a)pyrene	<0,01	<0,01
WWA / PAHs	<0,15	0,23	Benzo(e)piren Benzo(e)pyrene	<0,05	<0,05
BTEX	<0,07	<0,07	Indeno(1,2,3-cd)piren Indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0,01	<0,01
Toluen / Toluene	<0,01	0,042	Antracen / Anthracene	<0,01	0,013
Styren / Styrene	<0,01	<0,01	Benzo(a)antracen Benz(a)anthracene	<0,01	0,021
Naftalen Naphthalene	<0,01	<0,01	Dibenzo(a,h)antracen Dibenz(a,h)anthracene	<0,01	<0,01
Acenaften Acenaphthene	<0,01	<0,01	PCB / PCBs	<0,014	<0,014
Fluoren / Fluorene	<0,01	<0,01	Fluoranten / Fluoranthene	<0,01	0,047
Fenantren Phenanthrene	<0,01	0,054	Benzo(a)fluoranten Benzo(a)fluoranthene	<0,01	<0,01
Chryzen Chrysene	<0,01	0,03	Benzo(b)fluoranten Benzo(b)fluoranthene	<0,01	0,025
Benzo(ghi)perylene Benzo(ghi)perylene	<0,01	<0,01	Benzo(k)fluoranten Benzo(k)fluoranthene	<0,01	<0,01
Ksylene (suma izomerów) Ksylene (isomers total)	<0,06	<0,06			

9, 10 i 11 były pobrane w pobliżu drogi wojewódzkiej 627 łączącej Ostrołękę z Sokołowem Podlaskim, na której natężenie ruchu wynosi 3,5 tys. pojazdów na dobę (dane z 2015 r.) i która na tym odcinku biegnie równolegle w odległości kilkudziesięciu metrów do linii kolejowej. Próbka 1 została pobrana pod prześłem mostu kolejowego, na tarasie zalewowym rzeki Bug, około 1 km poniżej mostu drogowego, po którym przebiega wspomniana droga 627.

W przypadku linii kolejowej nr 2 większe od dolnej granicy oznaczalności stężenia notowano w przypadku antracenu z maksimum  $0,029 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , benzo(a)antracenu z maksimum  $0,068 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , benzo(a)pirenu z maksimum  $0,136 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , pirenu z maksimum  $0,147 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , benzo(b)fluorantenu z maksimum  $0,202 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , benzo(ghi)perylenu z maksimum  $0,087 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , benzo(k)fluorantenu z maksimum  $0,062 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , chryzenu z maksimum  $0,084 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , dibenzo(a,h)antracenu z maksimum  $0,018 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , fenantrenu z maksimum  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , fluorantenu z maksimum  $0,172 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , fluorenu z maksimum  $0,012 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , indeno(1,2,3-cd)pirenu z maksimum  $0,119 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W przypadku każdej substancji wartości większe od wykrywalnych stwierdzono w mniej niż 13% próbek. Największą wartość zanotowano dla WWA –  $1,24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . We wszystkich próbkach zawartość WWA jest jednak mniejsza od stwierdzonych w glebie ornej zlokalizowanej około 10 km od badanego fragmentu linii, w której w latach 2005 i 2010 suma WWA z głębokości 0–20 cm wynosiła odpowiednio 1,64 i 0,882  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (GIOŚ, 2012). Jeśli odnieść zawartość WWA do klas zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo według kla-

syfikacji IUNG, to glebę linii kolejowej nr 2 można uznać za niezanieczyszczoną lub mało zanieczyszczoną. O zanieczyszczeniu można mówić jedynie w przypadku próbek 1 i 14 (GIOŚ 2012). Nie zidentyfikowano źródeł kolejowych mogących powodować zwiększoną zawartość badanych substancji w tych próbkach. W próbce 13 pobranej poza obszarem linii kolejowej zawartość wszystkich badanych substancji była poniżej dolnej granicy oznaczalności, podobnie jak w przypadku próbek 4 i 5 pobranych bezpośrednio przy linii kolejowej i w jej sąsiedztwie. Nie stwierdzono większej zawartości badanych substancji w próbach pobieranych na linii kolejowej w porównaniu do stanu na obszarach sąsiednich.

Nie zidentyfikowano dużych różnic w zawartości badanych substancji między liniami kolejowymi nr 2 i 6. Przyczyn nieco wyższego stężenia zanieczyszczeń wzdłuż linii kolejowej nr 6 można upatrywać w tym, że nie była ona zmodernizowana i nie ma wymienionej wierzchniej warstwy torowiska. Wyniki nie potwierdzają występowania procesu akumulacji zanieczyszczeń w glebie w miarę wydłużania okresu oddziaływania na glebę. Na ograniczenie akumulacji w głębszych warstwach gleb terenów kolejowych może wpływać ich duże zagęszczenie (wynikające z norm technicznych dla budowli kolejowych) i nagrzewanie się ich do wysokiej temperatury, co ogranicza proces infiltracji zanieczyszczeń. Obecność podkładów drewnianych i wieloletnie oddziaływanie na nie czynników atmosferycznych, nie wpływały na pogorszenie jakości gleb w stosunku do linii kolejowych z podkładami betonowymi. Poszczególne próbki pobierane wzdłuż obydwu linii kolejowych wyka-

zywały zawartość badanych substancji w podobnych ilościach, z wyjątkiem pojedynczych próbek pobranych z obszaru podlegającego wpływowi sąsiedniego drogowego ciągu komunikacyjnego.

W próbkach pobieranych na stacji kolejowej w Małkini ilość oznaczeń powyżej progu wykrywalności wynosiła 37,5%. Największą zawartość zanotowano w przypadku: benzo(b)fluorantenu – 0,593 mg·kg<sup>-1</sup>, fluorantenu – 0,659 mg·kg<sup>-1</sup>, bezno(a)pirenu – 0,522 mg·kg<sup>-1</sup>, oleju mineralnego (C12-C35) – 230 mg·kg<sup>-1</sup>. Największe zawartości tych substancji były odpowiednio 2,9, 3,8, 3,8 i 11,5 razy większe od maksimum notowanych na szlaku linii 2 i 6. W przypadku antracenu stosunek ten wynosił 2, benzo(a)antracenu – 4, benzo(ghi)perylenu – 2,4, benzo(k)fluorantenu – 4,8, chryzenu – 3,2, fenantrenu – 2,4, indeno(1,2,3-cd)pirenu – 2,6, pirenu – 4. Większe zawartości od maksymalnych notowanych na liniach 2 i 6 stwierdzono jednak jedynie w przypadku 21 z 360 jednostkowych wyników badań poszczególnych substancji, co stanowiło 5,8%. Dla 17 z 21 przypadków dotyczyło to jednej próbki 20 zlokalizowanej na skraju stacji kolejowej (rys. 3), dla której nie zidentyfikowano źródeł kolejowych wpływających na zwiększoną zawartości badanych substancji. We wszystkich próbach na liniach kolejowych 2 i 6 oraz pobranych na stacji kolejowej Małkinia, z wyjątkiem próbki 18, zawartość oleju mineralnego notowano poniżej 20 mg·kg<sup>-1</sup>. W próbce 18 (z widocznym powierzchniowym zanieczyszczeniem toru substancjami ropopochodnymi na niewielkiej powierzchni) odnotowano największą zawartość badanych substancji, co było głównie spowodowane

przez olej mineralny (C12-C35), którego zawartość wynosiła 230 mg·kg<sup>-1</sup>. Próbkę 17 i 19, sąsiadujące z próbką 18 (odległość kilku metrów), miały ogólną zawartość badanych zanieczyszczeń na poziomie odpowiednio 0,63 i 0,399 mg·kg<sup>-1</sup>. Zawartość WWA w 19 z 20 próbek wynosiła maksymalnie 0,82 mg·kg<sup>-1</sup>, w jednej próbce odnotowano stężenie 4,11 mg·kg<sup>-1</sup>. W przypadku 13 z 20 próbek zawartość WWA była mniejsza od ilości WWA glebie ornej zlokalizowanej około 3 km od badanego fragmentu linii, w której w 2005 roku suma WWA z głębokości 0–20 cm wynosiła 0,197 mg·kg<sup>-1</sup>. Gdyby odnieść zawartość WWA do klas zanieczyszczenia gleb użytkowanych rolniczo według klasyfikacji IUNG, to glebę stacji kolejowej Małkinia można uznać za niezanieczyszczoną lub mało zanieczyszczoną (GIOŚ, 2012). Dla porównania zawartość WWA z wierzchniej części profilu glebowego różnych części funkcjonalnych węzła kolejowego Iława Główna pełniącego podobną funkcję, co stacja Małkinia, w kilka lat po przebudowie polegającej na wymianie podkładów, tłucznia lub pospółki, wynosiła od 0,9 do 2,178 mg·kg<sup>-1</sup> (Wiłkomirski, 2010). Niezależnie od tego, że na stacji Małkinia od lat są stosowane drewniane podkłady, stężenie WWA w warstwie na głębokości 0–2 m p.p.t. było zdecydowanie mniejsze, co może wskazywać, że budowa linii kolejowych, w szczególności jej zagęszczenie, może ograniczać pionową migrację zanieczyszczeń.

Na terenie zaplecza technicznego do naprawy sprzętu kolejowego także większość badanych substancji (91,3%) występowała poniżej progu oznaczalności. W próbkach pobranych w odległości kilku metrów od siebie zawartość mie-

dzi wynosiła 3,08 i 491 mg·kg<sup>-1</sup>, cynku – 14,4 i 271 mg·kg<sup>-1</sup>, ołowiu – 2,66 i 69,6 mg·kg<sup>-1</sup>. Dla porównania zawartość miedzi, cynku i ołowiu w stropowej (0–20 cm) warstwie gleby ornej zlokalizowanej około 3 km od badanej linii wynosiła odpowiednio 4,3, 10,5 i 22,5 mg·kg<sup>-1</sup> (GIOŚ, 2012). Malawska i Wiłkomirski (1997, 1999) na terenie węzła kolejowego Iława Główna, zawierającego plac przeładunkowy, bocznicę, perony, dworzec, myjnię, stwierdzili w warstwie gleby 0–20 cm ołów w ilości od 23,4 do 331,50 mg·kg<sup>-1</sup>, na terenie zaś węzła kolejowego Tarnowskie Góry zawartość miedzi od 85 do 304 mg·kg<sup>-1</sup>, cynku – od 484 do 794 mg·kg<sup>-1</sup>, ołowiu – od 180 do 312 mg·kg<sup>-1</sup>. Na liniach kolejowych poza tymi węzłami zawartości te były zdecydowanie mniejsze. W dwudziestocentymetrowej warstwie gleb w sąsiedztwie instalacji do naprawy sprzętu kolejowego w Kumasi (Ghana) stężenie miedzi wynosiło średnio 7,21 mg·kg<sup>-1</sup>, ołowiu – 26,66 mg·kg<sup>-1</sup>, cynku – 7,33 mg·kg<sup>-1</sup> (Akoto i in., 2009). Wzdłuż linii kolejowej Qinghai – Tibet przebiegającej przez niezanieczyszczone tereny stężenie miedzi wynosiło od 11,3 do 36,4 mg·kg<sup>-1</sup>, cynku – od 28 do 93,4 mg·kg<sup>-1</sup>, ołowiu – od 16,6 do 41,8 mg·kg<sup>-1</sup> (Zhang i in., 2012). Zawartości miedzi, cynku, ołowiu w próbce 1 z obszaru badanego zaplecza technicznego nie są większe od tych w ornej glebie referencyjnej położonej w odległości około 3 km od stacji kolejowej i glebach niezanieczyszczonych terenów w sąsiedztwie linii kolejowej Qinghai – Tibet. Próbka 2 pobrana zaledwie kilka metrów od próbki 1 mogła być zanieczyszczona w wyniku punktowego oddziaływania procesów kolejowych (np.

szlifowanie lub cięcie elementów metalowych). Zawartość WWA w próbkach 1 i 2 wynosiła maksymalnie 0,23 mg·kg<sup>-1</sup>. Stwierdzone zawartości PCB na poziomie poniżej 0,014 mg·kg<sup>-1</sup> są zdecydowanie mniejsze od notowanych przez Malawską i Wiłkomirskiego (1997). W warstwie gleby 0–40 cm, w odległościach od 0 do 100 m od linii kolejowej Warszawa – Gdynia (miejsowość Iłowo) autorzy ci odnotowali PCB w stężeniu od 0,016 do 0,196 mg·kg<sup>-1</sup>, wzdłuż linii kolejowej Katowice – Gdynia (miejsowość Laskowice i okolice Warlubia) w stężeniu od 0,007 do 0,069 mg·kg<sup>-1</sup>, na węźle kolejowym Iława Główna, w warstwie gleby 0–20 cm od 0,124 do 0,571 mg·kg<sup>-1</sup>. W wierzchniej warstwie gleb ornych Polski ( $n = 214$ ) maksimum PCB wynosiło 0,083 mg·kg<sup>-1</sup> (Maliszewska-Korbych, Smreczak i Klimkowicz-Pawła, 2013), co przewyższa zawartości w badanych glebach. Wskazuje to, że złe rozpuszczanie się PCB w wodzie i parametry techniczne linii kolejowych mogą ograniczać ich migrację do głębszych warstw gleby. Mimo bliskiego sąsiedztwa stacji kolejowej w Małkini, na której notowano podwyższone stężenia badanych substancji, jakość gleby na terenie zaplecza technicznego odpowiadała jakości gleb wzdłuż odcinków szlakowych linii kolejowych nr 2 i 6. Może to potwierdzać ograniczone oddziaływanie stacji i procesów na niej prowadzonych na migrację zanieczyszczeń w powietrzu. Występować może jedynie bezpośrednie oddziaływanie na glebę w miejscu emisji.

Otrzymanie wyniki pozwalają stwierdzić, że we wszystkich próbkach zostały dotrzymane standardy jakości gleby i ziemi określone w rozporządze-

niu Ministra Środowiska z 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr 165, poz. 1359) aktualnym w dniu planowania i wykonywania badań. Z 534 indywidualnych wyników badanych substancji, dla których we wspomnianym rozporządzeniu określono wartości graniczne, w przypadku 2 (0,4%) gleba spełniała standardy grupy C, w przypadku 26 (4,9%) odpowiadała standardom określonym dla gruntów zaliczonych do użytków rolnych, gruntów leśnych oraz zadrzewionych i zakrzewionych, nieużytków a także gruntów zabudowanych i zurbanizowanych (grupa B), w przypadku 506 (94,7%) spełniała najbardziej rygorystyczne normy określone dla nieruchomości gruntowych wchodzących w skład obszarów poddanych ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne i przepisów o ochronie przyrody (grupa A). Dotrzymane są również standardy określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 1 września 2016 roku w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016, poz. 1395) aktualnym w dniu przygotowania artykułu. Zawartość WWA, uważanych za jedne z najważniejszych zanieczyszczeń związanych z transportem kolejowym, była mniejsza lub odpowiadała zawartościom stwierdzonym w ramach monitoringu chemicznego gleb ornych w Polsce, które wahały się w granicach 0,061–4,095 mg·kg<sup>-1</sup> (GIOŚ, 2012). Należy przy tym założyć, że praktycznie ze stuprocentowym prawdopodobieństwem gleby terenów kolejowych nigdy nie będą użytkowane rolniczo.

## Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w artykule wyniki badań pozwoliły sformułować następujące wnioski:

1. Nie stwierdzono większych zawartości WWA, miedzi, cynku, ołowiu w glebach wzdłuż linii kolejowych na szlaku kolejowym i w obrębie stacji kolejowej w porównaniu do gleb ornych zlokalizowanych w sąsiedztwie linii kolejowych, poza obszarem kolejowym i podlegającym monitoringowi chemizmu gleb ornych w Polsce. W 77% przebadanych próbek gleb obszaru kolejowego zawartości były mniejsze.

2. Nie stwierdzono oddziaływania linii kolejowych na tereny sąsiednie. Zawartość WWA, oleju mineralnego (C12-C35) i sumy benzyn (C6-C12) w próbkach gleb terenów kolejowych i gleb bezpośrednio poza rowem kolejowym stanowiącym system odwodnienia linii kolejowej i lokalną barierę migracji zanieczyszczeń stwierdzono na jednakowym, niskim poziomie.

3. Nie stwierdzono różnic w zawartości WWA, oleju mineralnego (C12-C35) i sumy benzyn (C6-C12) w glebach wzdłuż linii kolejowej przebudowanej w ostatnich latach i będącej przed przebudową. Odpowiednio 91 i 83% wyników było poniżej dolnej granicy oznaczalności zastosowanej metody.

4. Nie stwierdzono różnic w zawartości WWA, oleju mineralnego (C12-C35) i sumy benzyn (C6-C12) w glebach wzdłuż linii kolejowej zbudowanej z podkładów drewnianych i betonowych (odpowiednio 83 i 91% wyników było poniżej dolnej granicy oznaczalności

zastosowanej metody) oraz między fragmentami układu torowego stacji kolejowej zbudowanych z podkładów drewnianych i betonowych (odpowiednio 64 i 57% wyników poniżej dolnej granicy oznaczalności zastosowanej metody), mimo że podkłady drewniane impregnowane kreozotem uważane są za poważne źródło zanieczyszczeń.

5. Zawartość WWA, uważanych za jedno z głównych zanieczyszczeń emitowanych z linii kolejowych, pozwalała ocenić glebę linii kolejowych i stacji kolejowej jako niezanieczyszczoną lub mało zanieczyszczoną według klasyfikacji IUNG (poniżej  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

6. W glebach pobieranych na terenie stacji kolejowej i zaplecza technicznego do naprawy sprzętu kolejowego odnotowano nieznacznie większe zawartości WWA, oleju mineralnego (C12-C35) i sumy benzyn (C6-C12) od maksymalnych stwierdzonych w glebach wzdłuż linii kolejowych poza stacją. Związane może to być z większą liczbą jednostkowych operacji transportowych w porównaniu do szlaku kolejowego. Zjawisko to dotyczyło tylko około 6% jednostkowych wyników badań.

7. Pobór próbek na stacji kolejowej w regularnej siatce wykazał, że podwyższone zawartości WWA, oleju mineralnego (C12-C35) i sumy benzyn (C6-C12) występują jedynie na małej, ograniczonej powierzchni. W próbkach zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie takich powierzchniowo zanieczyszczonych miejsc wykazano wielokrotnie niższe stężenie (maksymalnie ponad 12 razy). Powolne, wieloletnie dostarczanie w bardzo małych ilościach, na niewielkich powierzchniach potencjalnych zanieczyszczeń w postaci wycieków

z układów hydraulicznych, smarowania rozjazdów jest równoważone przez naturalne procesy samooczyszczania zachodzące w glebie. Brak jednorazowego, gwałtownego impulsu w postaci dużej emisji zanieczyszczeń prawdopodobnie eliminuje możliwość wyczerpania zdolności buforujących gleby.

8. Pobór próbek w regularnej siatce pozwolił stwierdzić, że podwyższone zawartości WWA, oleju mineralnego (C12-C35) i sumy benzyn (C6-C12) odnotowano tylko w wybranych punktach, co wskazuje na punktowe oddziaływanie linii kolejowych. Na ograniczenie rozprzestrzeniania zanieczyszczeń poza małe powierzchnie wpływa duże zagęszczenie gleb wzdłuż linii kolejowych i nagrzewanie się ich do wysokiej temperatury, co ogranicza proces migracji zanieczyszczeń.

9. Nie stwierdzono oddziaływania stacji kolejowej, na której odnotowano zwiększone stężenia badanych substancji, na tereny sąsiednie. Dominować może jedynie bezpośrednie punktowe oddziaływanie na glebę w miejscu emisji zanieczyszczeń.

10. Stwierdzono, że drogi kołowe biegnące równolegle do linii kolejowych mogą wpływać na gleby terenów kolejowych.

## Literatura

- Akoto, O., Ephraim, J.H., Darko, G. (2009). Heavy metals pollution in surface soils in the vicinity of abundant railway servicing workshop in Kumasi, Ghana. *International Journal of Environmental Research*, 2(4), 359-364.
- Bestari, K.T., Robinson, R.D., Solomon, K.R., Steele, T.S., Day, K.E., Sibley, P.K. (1998).

- Distribution and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons within experimental microcosms treated with liquid creosote. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(12), 2359-2368.
- Bolin, C., Smith, S. (2013). Life Cycle Assessment of Creosote-Treated Wooden Railroad Cross-ties in the US with Comparisons to Concrete and Plastic Composite Railroad Crossties. *Journal of Transportation Technologies*, 3, 2, 149-161.
- Brooks, K.M. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbon migration from creosote-treated railway ties into ballast and adjacent wetlands.
- Bukowiecki, N., Gehrig, R., Hill, M., Lienemann, P., Zwicky, C.N., Buchmann, B., Weingartner, E., Baltensberger, U. (2007). Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zurich (Switzerland): Size-segregated mass concentrations in ambient air. *Atmospheric Environment*, 41(4), 878-889.
- Fronczyk, J., Lech, M., Radziemska, M., Sycho-wicz, J. (2016). Wybrane parametry fizyko-chemiczne gleb wzdłuż trasy komunikacyjnej zlokalizowanej na obszarach cennych ekologicznie. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 71, 21-30.
- Główny Inspektorat Ochrony Środowiska – GIOŚ (2012). *Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012*. Bibliotek Monitoringu Środowiska.
- Kohler, M., Kunninger, T. (2003). Emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from creosoted railroad ties and their relevance for life cycle assessment (LCA). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61(2), 117-124.
- Lehto, K.M., Lemmetyinen, H., Puhakka, J. (2000). Biodegradation of photoirradiated polycyclic aromatic hydrocarbon constituents of creosote oil. *Environmental Technology*, 21(8), 901-907.
- Liu, H., Chen, L.P., Ai, Y.W., Yang, X., Yu, Y.H., Zuo, Y.B., Fu, G.Y. (2009). Heavy metal contamination in soil alongside mountain railway in Sichuan, China. *Environmental Monitoring Assessment*, 152(1), 25-33.
- Maławska, M., Wiłkomirski, B. (1997). Analiza skażeń gleby polichlorowanymi bifenyłami (PCBs) i metalami ciężkimi (Cd, Pb) w otoczeniu szlaków kolejowych oraz węzła Łława Główna. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 48(4), 343-349.
- Maławska, M., Wiłkomirski, B. (1999). Soil and plant contamination with heavy metals in the area of the old railway junction Tarnowskie Gory and near two main railway routes. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 51(3), 259-267.
- Maławska, M., Wiłkomirski, B. (2001). An analysis of soil and plant (*Taraxacum officinale*) contamination with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the area of the railway junction Łława Główna, Poland. *Water, Air and Soil Pollution*, 127(1), 339-349.
- Maliszewska-Kordecka, B., Smreczak, B., Klimkiewicz-Pawła, A. (2013). Zagrożenie zanieczyszczeniami chemicznymi gleb na obszarach rolniczych w Polsce w świetle badań IUNG-PIB w Puławach. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 35(9), 97-118.
- Moret, S., Purcaro, G., Lanfranco, S.C. (2007). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) content of soil and olives collected in areas contaminated with creosote released from old railway ties. *Science of the Total Environment*, 386(1), 1-8.
- PN-ISO 10381-1:2008. Jakość gleby – Pobieranie próbek Część 1: Zasady dotyczące opracowywania programów pobierania próbek.
- PN-ISO 10381-5:2009. Jakość gleby – Pobieranie próbek – Część 5: Zasady postępowania podczas badań terenów miejskich oraz przemysłowych pod kątem zanieczyszczenia gleby.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr 165, poz. 1359).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016, poz. 1395).
- SGS Polska (2014). *Ekspertyza dotycząca wpływu linii kolejowych na zanieczyszczenie powierzchni ziemi*. Opracowanie na zlecenie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. [manuskrypt].
- Staszewski, T., Maławska, M., Studnik-Wójcikowska, B., Galera, H., Wiłkomirski, B. (2015). Soil and plants contamination with selected heavy metals in the area of a railway

junction. *Archives of Environmental Protection*, 41(1), 35-42.

- Wilkomirski, B. (2010). „Stoi na stacji lokomotywa”, czyli zanieczyszczenia środowiska związane z transportem kolejowym. *Rocznik Świętokrzyski. Seria B – Nauki Przyrodnicze. Kieleckie Towarzystwo Naukowe*, 31, 85-94.
- Zhang, H., Wang, Z., Zhang, Y., Hu, Z. (2012). The effects of the Qinghai–Tibet railway on heavy metals enrichment in soils. *Science of the Total Environment*, 439, 240–248.

## Streszczenie

**Analiza wybranych parametrów chemicznych gleb wzdłuż linii kolejowych.** Celem pracy jest ocena jakości gleb pod eksploatowanymi liniami kolejowymi. Wytypowano linie poza potencjalnymi zewnętrznymi źródłami zanieczyszczeń. Próbkę pobierano na odcinku szlakowym przed przebudową i poddanym przebudowie, na terenie stacji kolejowej i zaplecza technicznego do naprawy sprzętu kolejowego. Do badań wybrano fragment jednotorowy, dwutorowy, z podkładami drewnianymi i betonowymi, w sąsiedztwie rozjazdów podlegających smarowaniu, w miejscu odstawiania wagonów i wizualnie zanieczyszczonych. Zbadano między innymi zawartość WWA, cynku, miedzi, ołowiu, PCB. Nie stwierdzono większych zawartości badanych związków w porównaniu do gleb ornych zlokalizowanych w sąsiedztwie linii i ich oddziaływania na tereny sąsiednie. Zawartość badanych związków nie różniła się na różnych fragmentach linii o odmiennych właściwościach. Zawartość WWA, uważanych za jedno z głównych zanieczyszczeń emitowanych z linii kolejowych, pozwalała ocenić glebę linii kolejowych i stacji kolejowej jako niezanieczyszczoną lub mało zanieczyszczoną.

## Summary

**Analysis of selected chemical parameters of soils along railway lines.** The aim of the study is to assess the quality of soils underneath operating railway lines. The lines selected for the examination were outside the reach of external sources of potential pollution. The samples were collected along a plain line section after and before an upgrade work, within the station area and in a railway equipment repair yard. The assessment covered the following types of sections: single-track, double-track, with wooden and concrete sleepers, adjacent to switches subject to lubrication, in the car shunting yard and visibly contaminated areas. The samples were tested for the content of PAH, zinc, copper, lead and PCB. The study did not find evidence of increased levels of the above-listed compounds as compared to the levels found in arable soils located in the vicinity of the line or of their influence on adjacent lands. The content of the examined compounds did not differ depending on the type of line section or its properties. The content of PAH, considered one of the main railway-related pollutants, was sufficiently low to classify the soil along the line and within the station area as unpolluted or slightly polluted.

### Authors' address:

Przemysław Winiarek, Aneta Kruk  
PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.  
Biuro Ochrony Środowiska  
ul. Targowa 74, 03-734 Warszawa  
Poland  
e-mail: przemyslaw.winiarek@plk-sa.pl  
aneta.kruk@plk-sa.pl