

## ZANIECZYSZCZENIE WYBRANYMI METALAMI CIĘŻKIMI GLEB PRZYLEGŁYCH DO OBWODNIC STARGARDU (S10) ORAZ NOWOGARDU (S6)

Kamil Szydłowski<sup>1</sup>, Marcin Mielczarek<sup>2</sup>, Joanna Podlasińska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska, e-mail: Kamil.Szydowski@zut.edu.pl

<sup>2</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Meteorologii i Kształtowania Terenów Zieleni, Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii

### STRESZCZENIE

Badaniom poddano dwie drogi szybkiego ruchu: S6 – obwodnica miasta Nowogard oraz S10 – obwodnica miasta Stargard. Próbkę gleby pobierano z warstwy 0–30 cm z bezpośredniego otoczenia jezdni (do 1 m od jezdni) – D oraz pobrano próbki w odległości do 20 m od brzegu jezdni – K z miejsc wcześniej ustalonych. W pobranych próbkach oznaczono za pomocą absorpcji atomowej ASA oznaczono: Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Na podstawie analiz chemicznych stwierdza się, iż analizowane próbki z badanych obwodnic charakteryzują się zróżnicowanymi średnimi stężeniami zawartości badanych metali ciężkich w zależności od miejsca poboru. Uzyskane stężenia wszystkich wybranych metali ciężkich charakteryzują się brakiem przekroczeń wartości granicznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. Nr 165 poz. 1359] dla terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz dla ciągów komunikacyjnych.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, gleba, obwodnice, drogi ekspresowe, Nowogard, Stargard

## CONTAMINATION OF SOILS ADJACENT TO STARGARD (S10) AND NOWOGARD (S6) ROAD BYPASSES BY SELECTED HEAVY METALS

### ABSTRACT

In the following article, two two-lane expressways were studied: S6 – bypass of Nowogard and S10 – bypass of Stargard, both located in Western Pomerania, Poland. Soil samples were taken from 0–30 cm deep layer from direct surrounding of a roadway (up to 1 meter) – D, as well as in a 20 meter distance from a roadway – K, in previously set places. In taken samples, the concentrations of Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn are evaluated. Based on the chemical analysis, it has been shown that analysed soil samples from studied by-passes are characterized by diversified average concentrations of heavy metals, depending on the place of sampling. However, none of the concentrations of chosen heavy metals have exceeded threshold values, according to Regulation of the Minister of Environment dated 09 September 2002 on soil quality standards and quality standards of soil (Journal of Laws 2002 No 165, item 1359) for industrial areas, mining grounds and transportation areas.

**Keywords:** heavy metals, soil, bypass road, expressways, Nowogard, Stargard

### WSTĘP

Członkostwo w strukturach Unii Europejskiej stworzyło nowe perspektywy rozwojowe dla Polski. Wśród obszarów wsparcia w ramach infrastruktury publicznej rozwój infrastruktury dróg krajowych został określony jako działanie

priorytetowe. W perspektywie finansowej na lata 2007–2013 ponad 10 miliardów EUR zostało przeznaczonych na rozwój dróg krajowych (PwC 2013). Nigdy wcześniej Polska nie miała takich możliwości rozwoju sieci drogowej. W latach 2007–2012 Polska znalazła się w czołówce krajów UE pod względem realizowanych inwestycji

drogowych. Przyrost liczby kilometrów autostrad w tym okresie wyniósł 106%, podczas gdy na Węgrzech współczynnik ten wyniósł 61%, zaś w Hiszpanii 25% (PwC 2013). Sieć dróg ekspresowych w tym samym czasie wzrosła o 230%. Do odcinków dróg ekspresowych, realizowanych z unijnym dofinansowaniem z funduszy na lata 2007–2013 należą również obwodnice miast Stargard i Nowogard w województwie zachodniopomorskim. Licząca ok. 13,5 km dwujezdniowa obwodnica Stargardu została oddana do użytku w grudniu 2009 roku i stanowi fragment drogi krajowej nr 10. Obwodnica Nowogardu, będąca dwujezdniową trasą w ciągu drogi krajowej nr 6, liczy 9,4 km i została oddana do użytku w lutym 2012 roku. W 2015 roku średni dobowy ruch roczny pojazdów silnikowych na obwodnicy Stargardu na odcinku przebiegającym między węzłami Stargard Zachód (stanowiącym zachodni kraniec obwodnicy) i Stargard Centrum wyniósł 8723 pojazdy, natomiast między węzłami Stargard Centrum i Stargard Wschód (wschodni kraniec obwodnicy) – 6307 pojazdów (GDDKiA 2015). Na obwodnicy Nowogardu, średni dobowy ruch roczny pojazdów silnikowych na odcinku przebiegającym między węzłami Nowogard Zachód (zachodni kraniec obwodnicy) i Nowogard Północ wyniósł 8808 pojazdów, zaś na odcinku Nowogard Północ – Nowogard Wschód (wschodni kraniec obwodnicy) – 8703 pojazdy (GDDKiA 2015). Jednakże rozwój infrastruktury drogowej: dróg, mostów, wiaduktów, stacji paliw, garaży, parkingów i tym podobnych, może przyczynić się do degradacji krajobrazu (Kras 2009). Wzrost ilości poruszających się po drogach pojazdów, jaki towarzyszy rozbudowie infrastruktury transportowej, niesie za sobą wzrost ilości zanieczyszczeń nie tylko w powietrzu, ale również w glebach i wodach. Zanieczyszczenia te zmieniają chemiczne, fizyczne oraz biologiczne właściwości gleb, obniżają ich urodzajność, zakłócają przebieg wegetacji roślin, niszczą walory ekologiczne i estetyczne szaty roślinnej (Czubaszek i Bartoszek 2011). Zanieczyszczenie gleb powstaje przez organiczne związki, będące produktem niepełnego spalania, związki organiczne i mineralne w paliwach i smarach, pierwiastki śladowe będące dodatkami do paliw, smarów i olejów, gazy powstające przy spalaniu paliw, sól stosowaną w ziemie do likwidacji oblodzenia dróg, ścierania się okładzin hamulców i tarcz sprzęgłowych, opon i samej nawierzchni jezdni (Kłojzy-Karczmarczyk 2013, Józwiak i Jachymczyk 2011).

Celem badań było określenie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi wierzchnich warstw gleb położonych w bezpośrednim sąsiedztwie dróg ekspresowych oraz określenie, w jakim stopniu zawartość zanieczyszczeń zmienia się w zależności od miejsca poboru próbek.

## METODYKA BADAŃ

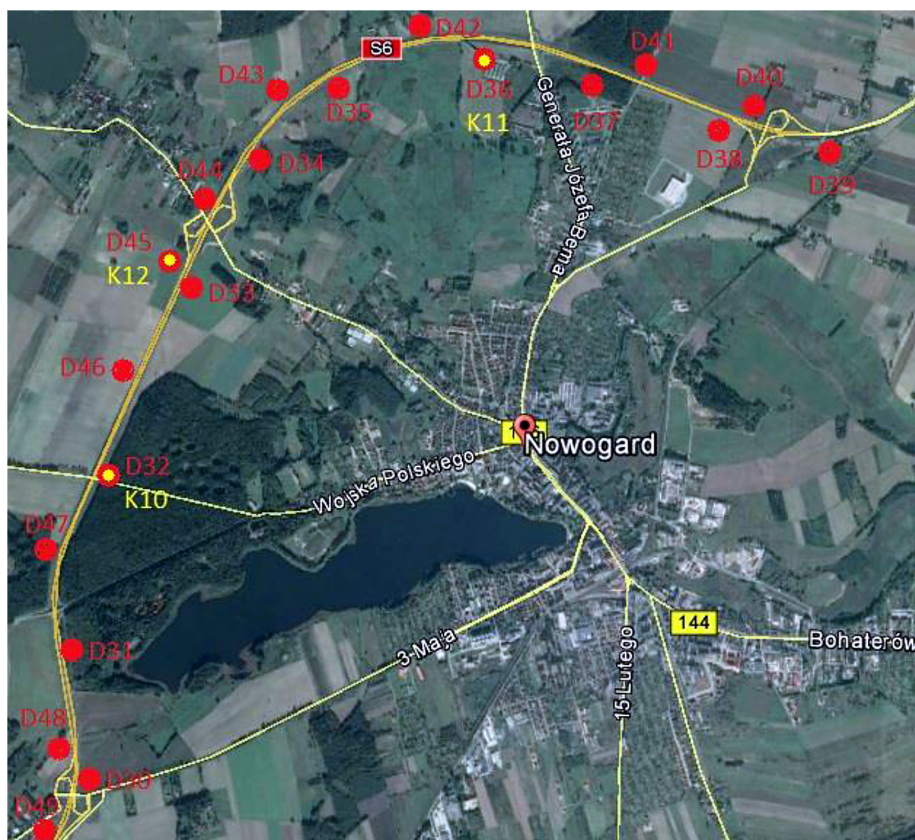
Badaniami objęto dwie drogi szybkiego ruchu: S6 – obwodnice miasta Nowogard oraz S10 – obwodnice miasta Stargard. Próbkę gleby pobierano z warstwy 0–30 cm z bezpośrednio otoczenia jezdni (do 1 m od jezdni) – D oraz pobrano próbki w odległości do 20 m od brzegu jezdni – K z miejsc wcześniej ustalonych. W 2015 roku łącznie pobrano 49 próbek. Pobrane próbki wysuszono w temperaturze pokojowej, a następnie ucierano w moździerzu agatowym. Zawartość pierwiastków tj.: Cd, Co, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb oznaczono spektrometrem absorpcji atomowej ASA ICE 3000 Thermo Scientific po uprzedniej mineralizacji w mieszaninie (5:1) stężonych kwasów HNO<sub>3</sub> (65%) i HClO<sub>4</sub> (60%). Za pomocą pehametru CPC-501 oznaczono pH gleby. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 12.0. Dla uzyskanych wyników zastosowano test normalności Shapiro-Wilka ( $p \leq 0,05$ ), który potwierdził normalność rozkładów wyników. Dla określenia istotnych różnic między badanymi punktami pomiarowymi wykonano analizę testem Tukey'a oraz wyliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Wszystkie wartości NIR oraz R istotne na poziomie istotności  $p \leq 0,05$  wyrażono bezpośrednio w tekście.

Do oceny zanieczyszczenia gleb w obrębie badanych obwodnic posłużono się Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. Nr 165 poz. 1359].

**Tabela 1.** Charakterystyka obwodnic miast Stargard oraz Nowogard

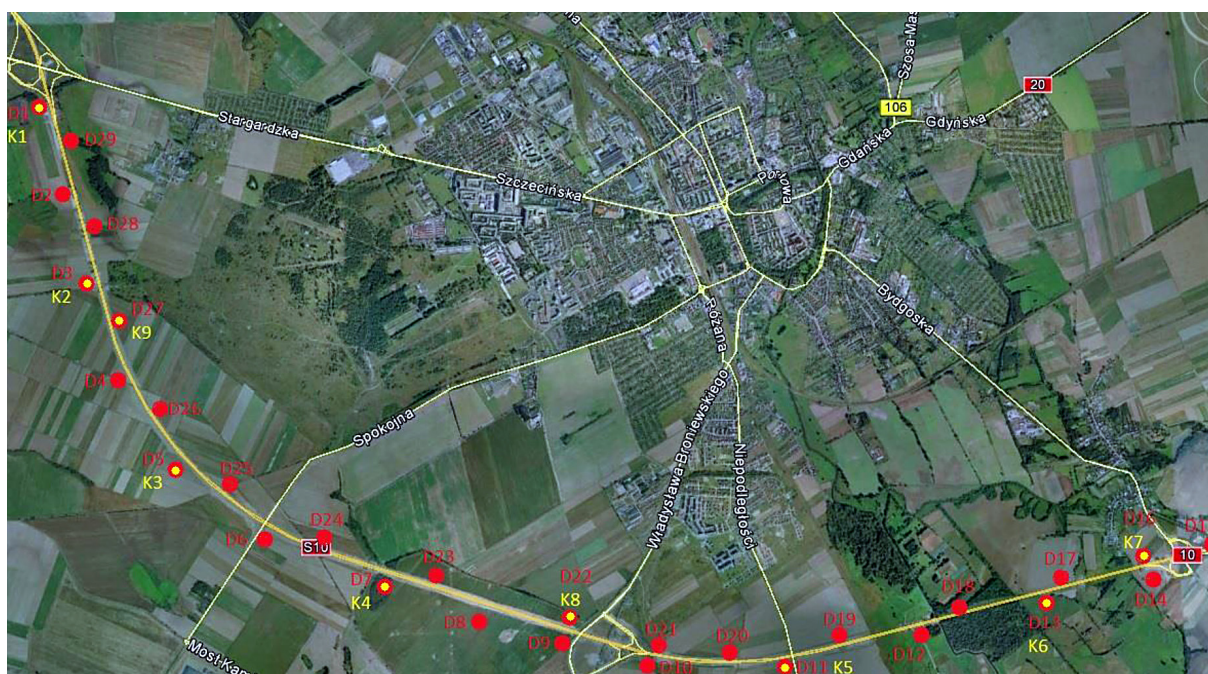
**Table 1.** Characteristic of Stargard and Nowogard road bypasses

Obwodnica	Otwarcie drogi	Długość
S10 Stargard	2009	13,43 km
S6 Nowogard	2012	9,4 km



Rys. 1. Mapa Obwodnicy miasta Nowogard z naniesionymi punktami poboru próbek gleb [http://www.gddkia.gov.pl/]

Fig. 1. Map of Nowogard road bypass with soil sampling sites [http://www.gddkia.gov.pl/]



Rys. 2. Mapa Obwodnicy miasta Nowogard z naniesionymi punktami poboru próbek gleb [http://www.gddkia.gov.pl/]

Fig. 2. Map of Stargard road bypass with soil sampling sites [http://www.gddkia.gov.pl/]

## WYNIKI I Dyskusja

Zestawiając ze sobą wyniki wartości pH zarówno w 1 M KCL oraz w H<sub>2</sub>O w próbkach obu analizowanych obwodnic pH waha się w podobnym zakresie. Jednakże obwodnica Stargardu posiada nieznacznie szerszy zakres pH zarówno w 1 MKCL jak i w H<sub>2</sub>O.

Odczyn próbek z obydwu obwodnic waha się od lekko kwaśnego do zasadowego. Zasadowy odczyn gleby wpływa na mniejszą zdolność gleb do akumulacji w nich metali ciężkich. W większości próbek najwyższe stężenia analizowanych metali ciężkich wystąpiły przy niższych wartościach pH.

### Cynk (Zn)

Zawartość cynku w badanych próbkach z obwodnicy Stargardu wahała się w bardzo szerokim zakresie od wartości poniżej zakresu oznaczalności 0,0033 mg do 191,50 mg·kg<sup>-1</sup>, wynosząc średnio 31,57 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 3). Natomiast w próbkach gleby pobranych z obwodnicy Nowogardu stężenia cynku wahały się w węższym zakresie od 8,68 mg do 98,99 mg·kg<sup>-1</sup> (średnio: 31,93 mg·kg<sup>-1</sup>) (tab. 2). Najwięcej cynku wystąpiło w punkcie badawczym D14 zlokalizowanym przed węzłem Stargard Szczeciński Wschód (Stargard) wynosząc 191,50 mg·kg<sup>-1</sup>. Wyniki badań wykazały również, że wyższe średnie stężenia cynku wystąpiło w punktach badawczych zlokalizowanych przy zjazdach obwodnicy wynosząc odpowiednio 48,58 mg·kg<sup>-1</sup> (obwodnica Stargard) oraz 35,53 mg·kg<sup>-1</sup> (obwodnica Nowogard), niż w pozostałych punktach badawczych zlokalizowany wzdłuż badanych obwodnic (Stargard: 23,94 mg·kg<sup>-1</sup>; Nowogard: 29,16 mg·kg<sup>-1</sup>). Najwyższe stężenie cynku z obwodnicy Stargardu było prawie dwukrotnie wyższe niż uzyskane najwyższe stężenie w obrębie obwodnicy Nowogardu. Związane może to być z dłuższym użytkowaniem drogi. Niższe stężenia cynku niż w badaniach własnych obwodnicy Nowogardu wykazali Czarnowska i in. [2002] w glebach uprawnych przy drogach wokół Warszawy, gdzie stężenie cynku wynosiło od 6 mg do 142 mg·kg<sup>-1</sup>. Natomiast zakres ten był wyższy niż uzyskany zakres stężeń w próbkach obwodnicy Stargardu. Badania Słowika i in. [2006] wykazały odpowiednio około półtora i dwukrotnie wyższe stężenia cynku w próbkach gleby pobranych na odcinku drogi od Zamościa do Józefowa, niż wykazane najwyższe stężenia w badaniach własnych

obwodnic Stargardu i Nowogardu. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdza się, że wyższe średnie stężenia omawianego metalu wystąpiły w próbkach pobranych bezpośrednio przy drodze (Stargard: 33,27 mg·kg<sup>-1</sup>, Nowogard: 34,07 mg·kg<sup>-1</sup>), niż w próbkach kontrolnych (Stargard: 26,74 mg·kg<sup>-1</sup>, Nowogard: 17,67 mg·kg<sup>-1</sup>).

### Chrom (Cr)

Zakres stężeń chromu w pobranych próbkach wahał się od wartości poniżej progu oznaczalności – 0,0054 mg (Nowogard) do 18,10 mg·kg<sup>-1</sup> (Stargard). Najwyższe stężenie chromu wystąpiło w obrębie węzła Stargard Szczeciński Centrum (punkt K8), zaś najniższe stężenie wystąpiła w próbce pobranej w wzdłuż drogi (punkt- D47). W obrębie obwodnicy Stargardu wyższe średnie stężenie omawianego metalu wystąpiło w próbkach pobranych w obrębie zjazdów, wynosząc odpowiednio 7,21 mg·kg<sup>-1</sup> niż w pozostałych punktach wzdłuż drogi, wynosząc 6,54 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 3). Również wyższe maksymalne stężenie wystąpiło w punkcie badawczym w obrębie zjazdów (18,10 mg·kg<sup>-1</sup>) niż wzdłuż drogi (9,90 mg·kg<sup>-1</sup>). Natomiast odwrotną sytuację odnotowano w obrębie obwodnicy Nowogardu, gdzie najwyższe średnie stężenie chromu wystąpiło wzdłuż drogi (7,27 mg·kg<sup>-1</sup>) niż w obrębie zjazdów (6,34 mg·kg<sup>-1</sup>). Równocześnie wyższe maksymalne stężenie wystąpiło wzdłuż drogi (16,65 mg·kg<sup>-1</sup>), niż w obrębie zjazdów (8,94 mg·kg<sup>-1</sup>).

Porównując uzyskane wyniki z wynikami innych autorów zauważa się, że próbki z obwodnicy Stargardu jak i Nowogardu charakteryzują się szerszym zakresem stężeń, niż próbki w obrębi drogi drugorzędowej z Zamościa do Józefowa biegnącej przez Roztoczański Park Narodowy, gdzie stężenia chromu wahają się w zakresie od 1,33 mg do 10,6027 mg·kg<sup>-1</sup> [Słowik i in. 2006]. Również w pracy Czubaszka i Bartoszuca [2011] uzyskane stężenia omawianego metalu wahały się w niższym zakresie od 2,00 mg do 12,69 mg·kg<sup>-1</sup>.

### Miedź (Cu)

Również jak w przypadku chromu w próbkach pobranych z obwodnicy Stargardu wyższe średnie stężenie miedzi wystąpiło w obrębie zjazdów (8,14 mg·kg<sup>-1</sup>) niż wzdłuż drogi (6,66 mg·kg<sup>-1</sup>). Identyfikacja sytuacji wystąpiła w próbkach z obwodnicy Nowogardu, gdzie wyższe średnie stężenia miedzi wystąpiło w próbkach

wzdłuż drogi ( $17,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) niż w obrębie zjazdów ( $4,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Obwodnica Nowogardu charakteryzowała się wyższymi stężeniami miedzi, wahając się w zakresie od  $1,98 \text{ mg}$  do  $150,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Natomiast stężenia omawianego metalu w obrębie obwodnicy Stargardu charakteryzowały się w węższym zakresie od  $3,72 \text{ mg}$  do  $21,18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 3). W próbkach z obu obwodnic obserwuje się wyższe średnie stężenia miedzi w próbkach pobranych przy jezdni względem próbek kontrolnych pobranych w dalszej odległości od jezdni, wynosząc odpowiednio dla obwodnicy Stargardu: droga –  $7,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , kontrola –  $5,64 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a dla obwodnicy Nowogardu: droga –  $13,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , kontrola –  $3,79 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Wyniki badań Czubaszka i Bartoszuka [2011] wykazały węższy zakres stężeń miedzi w próbkach pobranych w obrębie drogi pomiędzy Zamościem a Józefowem, który wynosił od  $0 \text{ mg}$  do  $9,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Uzyskane najwyższe stężenie miedzi w próbkach gleby wzdłuż drogi o mniejszym dziennym natężeniu pojazdów jest odpowiednio 22-krotnie niższe od najwyższego stężenia

w badaniach własnych. Również stężenia miedzi w drogach wokół Warszawy charakteryzowały się niższymi stężeniami miedzi, gdzie uzyskane najwyższe stężenie miedzi ( $75,22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) jest zbliżone do maksymalnego stężenia uzyskanego w badaniach własnych, które wynosi  $150,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Czarnowska i in. 2002).

### Nikiel (Ni)

Przeprowadzone analizy chemiczne pobranych próbek gleby w obrębie dwóch obwodnic miast Nowogard i Stargard wykazały, że wyższe średnie stężenie niklu wystąpiło w obrębie obwodnicy Nowogardu niż Stargardu, wynosząc odpowiednio  $14,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz  $9,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najwyższe stężenie niklu wynoszące  $72,86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w obrębie obwodnicy Nowogardu jest trzykrotnie wyższe niż maksymalne stężenie w obrębie obwodnicy Stargardu.

Porównując wyniki własne z uzyskanymi wynikami w obrębie drogi o mniejszym natężeniu stwierdza się, iż najwyższe stężenie w próbkach

**Tabela 2.** Właściwości fizykochemiczne pobranych próbek z obwodnicy Nowogardu

**Table 2.** Physicochemical properties of soil samples, taken from surroundings of Nowogard road bypass

Miejsce poboru	Kierunek ruchu samochodowego	pH 1 M KCL	pH H <sub>2</sub> O	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
D	Nowogard – Gdańsk	6,26	7,33	0,12	2,38	6,34	4,50	10,13	11,46	98,99	
K		6,18	6,67	0,00	1,13	4,54	1,98	3,91	6,31	9,13	
D		7,34	8,00	0,00	1,52	5,84	3,45	7,17	6,29	22,37	
D		7,07	7,40	0,01	1,64	6,16	4,17	55,53	9,38	16,49	
D		6,32	7,24	0,00	2,10	7,52	3,29	9,49	9,71	22,64	
D		6,66	7,27	0,01	2,32	8,35	4,32	8,72	10,90	17,99	
D		6,47	7,71	0,00	2,83	8,55	5,22	12,07	10,01	34,66	
D		6,69	7,51	0,00	3,68	8,17	24,20	9,92	31,72	50,39	
D		7,02	7,55	0,00	2,28	8,11	5,93	9,05	11,05	35,08	
D		6,31	7,24	0,00	2,62	8,94	12,86	9,04	19,38	40,28	
D		6,67	7,87	0,02	2,47	7,52	4,70	9,95	9,47	18,04	
K		6,23	6,96	0,00	4,99	16,65	7,14	21,43	14,33	35,20	
D		Gdańsk-Nowogard	7,08	7,72	0,00	2,15	6,07	3,93	10,64	6,95	20,85
D	6,82		8,03	0,41	2,82	8,25	150,36	13,63	15,72	43,35	
D	6,48		7,36	0,16	1,88	6,85	3,95	8,40	12,62	28,22	
K	7,33		7,48	0,00	1,36	4,09	2,24	72,86	3,09	8,68	
D	6,64		7,71	0,00	1,95	6,67	3,88	7,79	9,48	22,73	
D	6,38		7,76	0,43	2,05	5,99	3,71	7,90	13,79	32,09	
D	7,22		8,08	0,00	2,36	6,33	3,90	9,01	11,22	27,72	
D	6,06		7,32	0,00	1,99	6,32	4,98	9,73	7,90	34,70	
D	6,92		7,87	0,59	2,28	0,00	4,68	8,42	17,37	28,82	
D	5,69		7,73	0,01	2,57	6,46	4,04	9,80	11,54	31,50	
D	7,24		7,32	0,02	1,66	4,11	3,85	5,74	6,55	54,55	
Min			5,69	6,67	0,00	1,13	0,00	1,98	3,91	3,09	8,68
Max			7,34	8,08	0,59	4,99	16,65	150,36	72,86	31,72	98,99
Średnia		6,66	7,53	0,08	2,31	6,86	11,79	14,36	11,58	31,93	

**Objaśnienia:** K – kontrola; D – próbka pobrana bezpośrednio przy drodze.

z obwodnicy Nowogardu jest odpowiednio prawie czterokrotnie wyższe niż w obrębie drogi drugorzędowej z Zamościa do Józefowa, gdzie wartość maksymalna wynosiła  $20,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , jednakże wartość ta jest zbliżona do maksymalnego stężenia w obrębie obwodnicy Stargardu oraz ich stężeń wahają się w podobnym zakresie [Czubaszek i Bartoszek 2011]

### Ołów (Pb)

Zawartość ołowiu w powietrzu ma w 90% pochodzenie komunikacyjne, a większość jego związków w atmosferze ma średnicę większą niż  $1 \mu\text{m}$ . Sprawia to, iż opadają w krótkim czasie po ich emisji [Potarzycki i Apolinska 2000]. Pomimo, iż w polskie prawo nie zezwala na stosowanie w otwartym obrocie benzyn zawierających związki ołowiu, benzyny bezołowiowe, wg Rozporządzenia Ministra Gospodarki [2015], zawierać mogą do  $5 \text{ mg/l}$  ołowiu. Dodatkowo stan techniczny wielu pojazdów poruszających się po polskich drogach, a także wieloletnia akumulacja ołowiu w glebie sprawia, iż proces eliminacji ołowiu z gleb będzie trwać dłużej niż w krajach zachodnioeuropejskich: wg danych przytoczonych przez Gadzińskiego [2011] spalanie  $1 \text{ kg}$  benzyny skutkuje uwolnieniem do atmosfery  $0,50 \text{ g}$  ołowiu. W próbach pochodzących z obwodnicy Stargardu zawartość ołowiu wynosiła od  $5,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $16,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Średnio zawartość ołowiu wynosiła  $9,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 3). W próbkach gleby pochodzących z obwodnicy Nowogardu stężenia tego pierwiastka wahały się w zakresie od  $3,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $31,72 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  przy średniej wynoszącej  $11,58 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 2). Średnie stężenia ołowiu w punktach pomiarowych zlokalizowanych w sąsiedztwie węzłów drogowych były na obwodnicy Nowogardu większe, niż na obwodnicy Stargardu (odpowiednio  $10,32$  i  $9,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Podobnie większe stężenia tego pierwiastka stwierdzono w próbach gleby pobieranych wzdłuż obwodnicy Nowogardu (średnio  $12,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) niż Stargardu (średnio  $8,92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Wyższa koncentracja ołowiu w próbach glebowych pobieranych zarówno w sąsiedztwie węzłów drogowych, jak i w próbach pobieranych w oddaleniu od węzłów może być spowodowana wyższym dobowym ruchem pojazdów na obwodnicy Nowogardu, przy czym warto przypomnieć, że jest ona drogą młodszą o prawie trzy lata, niż obwodnica Stargardu. Średnie stężenia ołowiu w próbach pobieranych wzdłuż obu obwodnic były mniej-

sze niż wykazane przez Słowika i in. [2006] na odcinku drogi od Zamościa do Józefowa, przy czym drogą tą przejeżdża wielokrotnie mniej pojazdów, niż po analizowanych obwodnicach. Wartości te są jednak wciąż dalekie od stężeń dopuszczalnych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [2002].

### Kadm (Cd)

Wyniki badań stężeń kadmu w glebach z terenów graniczących z obwodnicą Stargardu są niejednoznaczne: w części analizowanych próbek nie stwierdzono bowiem podwyższonych zawartości tego pierwiastka. Maksymalna koncentracja kadmu w tych glebach wyniosła  $0,26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , średnio wyniosła zaś  $0,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 2). Podobnie jak w przypadku obwodnicy Stargardu, tak w części próbek gleby pobranych z terenów bezpośrednio sąsiadujących z obwodnicą Nowogardu nie stwierdzono podwyższonych zawartości kadmu, zaś maksymalna koncentracja tego pierwiastka wyniosła  $0,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Średnia zawartość kadmu w analizowanych próbach była dwukrotnie większa, niż w przypadku obwodnicy Stargardu i wyniosła  $0,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 2). Zarówno w przypadku obwodnicy Stargardu, jak i Nowogardu, wyższe stężenia kadmu w glebach stwierdzono w próbach pobieranych w oddaleniu od węzłów drogowych, również maksymalne stwierdzone zawartości tego pierwiastka przypadają na próby pobierane poza terenami węzłów. Wyższa koncentracja kadmu w próbach gleby pobieranych w sąsiedztwie obwodnicy Nowogardu może być spowodowana wyższym niż na obwodnicy Stargardu dobowym ruchem pojazdów. Ogółem zawartość kadmu w próbach pobieranych w sąsiedztwie obu badanych obwodnic jest znacznie mniejsza, niż w glebach uprawnych graniczących z drogami wokół Warszawy, analizowanych przez Czarnowską i in. [2002], jak i w glebach przy drogach w Białymstoku badanych przez Czubaszkę i Bartoszek [2011]. Ze względu na fakt, iż obydwie badane obwodnice są drogami powstałymi „od zera”, na terenach użytkowanych wcześniej rolniczo, zaleca się przeprowadzanie ponownych badań, które pozwolą na określenie dynamiki zanieczyszczeń, jak i tendencji w ich akumulacji.

### Kobalt (Co)

Stężenie kobaltu w próbkach gleby pobranych wzdłuż obwodnicy Stargardu wynosiło od

**Tabela 3.** Właściwości fizykochemiczne pobranych próbek z obwodnicy Stargardu**Table 3.** Physicochemical properties of soil samples, taken from surroundings of Stargard road bypass

Miejsce poboru	Kierunek ruchu pojazdów	pH 1 M KCL	pH H <sub>2</sub> O	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
D	Szczecin-Bydgoszcz	7,48	7,39	0,00	2,15	6,39	8,15	8,35	9,88	70,25
D		7,73	7,83	0,00	2,11	7,19	4,17	6,33	7,89	32,30
K		7,74	7,39	0,00	1,91	5,62	5,73	6,86	8,84	27,34
D		6,14	6,68	0,00	2,47	8,41	5,47	7,06	11,34	35,00
D		7,28	6,98	0,11	2,48	8,36	12,51	10,24	12,78	66,49
K		6,54	6,94	0,00	2,75	8,69	4,29	8,35	13,00	26,04
D		7,78	7,68	0,02	2,37	6,53	6,44	7,16	7,78	33,68
K		6,52	6,96	0,11	3,16	9,14	4,93	9,91	15,59	34,46
D		7,63	7,51	0,13	2,34	6,85	7,03	9,20	10,36	23,99
D		7,75	7,71	0,24	2,40	7,16	5,81	7,63	10,42	28,17
D		7,66	7,29	0,00	2,35	7,28	5,01	8,37	7,27	28,23
K		5,88	6,55	0,06	2,89	7,77	3,72	9,78	11,68	25,06
D		7,93	7,52	0,00	2,24	5,53	5,18	9,01	8,40	29,85
K		7,05	7,69	0,02	2,40	8,53	6,89	10,64	9,49	35,79
D		8,00	8,18	0,00	1,72	4,89	3,87	5,53	6,63	22,73
D		7,68	7,70	0,12	2,56	8,25	16,15	11,71	12,17	23,28
D		7,92	7,67	0,00	2,14	6,05	3,99	7,71	6,44	20,04
D		8,10	8,08	0,00	2,21	5,70	3,97	6,82	5,35	13,57
K		7,07	7,12	0,08	2,95	9,90	6,23	12,39	10,53	29,18
D		7,43	7,70	0,00	1,63	7,68	8,79	7,92	7,62	191,50
D	Bydgoszcz-Szczecin	6,97	7,25	0,00	2,89	9,05	21,18	11,98	12,89	92,81
D		7,49	7,38	0,00	2,22	5,21	4,08	6,66	6,96	27,42
D		7,83	7,25	0,00	2,01	6,73	5,11	6,80	5,74	13,82
D		7,84	7,81	0,00	1,75	6,62	6,52	7,33	7,29	2,42
D		7,83	7,41	0,00	2,02	4,73	5,21	8,32	6,22	0,00
K		5,88	6,61	0,11	2,30	6,73	4,81	7,92	12,60	1,65
D		7,83	7,68	0,04	2,13	5,23	6,22	8,51	7,59	0,00
D		7,80	7,78	0,00	2,05	5,72	9,62	8,49	7,93	1,54
D		7,33	7,35	0,06	2,00	5,28	9,19	8,59	7,19	55,64
D		7,58	7,52	0,01	2,04	4,79	5,33	8,81	6,77	7,05
D		7,09	7,63	0,07	1,22	3,68	20,71	9,53	4,22	14,43
K		6,85	7,34	0,00	6,17	18,10	9,67	25,80	16,70	35,95
D		7,61	7,54	0,26	2,27	4,52	4,89	8,91	14,26	20,92
D		7,57	7,61	0,00	2,77	6,22	8,30	9,65	9,97	35,41
D		7,66	7,62	0,00	1,97	4,11	4,96	7,18	6,78	18,00
D		7,97	7,93	0,00	2,18	4,01	4,84	7,58	5,57	29,87
D		-	-	0,00	2,00	6,27	7,38	7,55	5,43	26,30
D		7,27	7,63	0,00	3,79	10,83	5,91	15,07	11,85	26,05
K		8,07	7,51	0,00	1,48	3,65	4,48	7,06	5,33	25,18
Min			5,88	6,55	0,00	1,22	3,65	3,72	5,53	4,22
Max		8,1	8,18	0,26	6,17	18,10	21,18	25,80	16,70	191,50
Średnia		7,42	7,46	0,04	2,37	6,86	7,10	9,04	9,10	31,57

**Objaśnienia:** K – kontrola; D – próbka pobrana bezpośrednio przy drodze.

1,22 mg do 6,17 mg·kg<sup>-1</sup>, wynosząc średnio 2,37 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 3). Podobne stężenia tego pierwiastka stwierdzono w próbkach gleby pobieranych wzdłuż obwodnicy Nowogardu: koncentracja kobaltu w próbkach gleby wyniosła tam od 1,13 mg do 4,99 mg·kg<sup>-1</sup>, zaś średnie stężenie 2,31 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2). Odwrotnie niż w przypadku obwodnicy Nowogardu, większe stężenia kobaltu

stwierdzono na odcinkach drogi w pobliżu węzłów drogowych, również na te odcinki przypada wartość maksymalna. W przypadku obu dróg wyższe przeciętne stężenia kobaltu stwierdzono w próbkach kontrolnych, pobieranych w pewnej odległości od drogi. Ogółem w glebach sąsiadujących z obwodnicami Stargardu i Nowogardu stwierdzono wyższe zawartości kobaltu niż

w wierzchnich warstwach gleb stref przydrożnych na Górnym Śląsku o zbliżonym natężeniu ruchu, gdzie wyniosły one od 0,5 do 3,5 mg·kg<sup>-1</sup> [Wawer i in. 2013]. Stwierdzone stężenia kobaltu są dalekie od wartości granicznej zawartości tego pierwiastka, wynoszącej 300 mg·kg<sup>-1</sup>.

Porównując uzyskane stężenia wszystkich wybranych metali ciężkich z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. Nr 165 poz. 1359], stwierdza się brak przekroczeń wartości granicznych dla terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz dla ciągów komunikacyjnych.

## WNIOSKI

1. Analizy chemiczne pozwoliły zauważyć, iż analizowane próbki z badanych obwodnic charakteryzują się zróżnicowanymi średnimi stężeniami zawartości badanych metali ciężkich w zależności od miejsca poboru. Mianowicie obwodnica Stargardu posiadała wyższe średnie stężenie Cd, Co, Cr, Ni oraz Pb w próbkach pobranych z dala o drogi. Natomiast obwodnica Nowogardu charakteryzowała się wyższymi średnimi stężeniami Cd, Cu, Pb oraz Zn w próbkach pobranych bezpośrednio przy jezdni.
2. W próbkach z obwodnicy Nowogardu wystąpiły wyższe średnie stężenia Cd, Co, Cr, Cu oraz Pb w próbkach położonych wzdłuż jezdni niż w obrębie zjazdów, zaś w obrębie zjazdów wystąpiły wyższe stężenia Ni oraz Zn. Natomiast w próbkach z obwodnicy Stargardu wyższe średnie stężenia Co, Cr, Cu, Ni, Pb oraz Zn wystąpiły w obrębie zjazdów niż wzdłuż jezdni. Jedynie wyższe średnie stężenie w obrębie jezdni odnotowano dla Cd.
3. Porównując uzyskane stężenia wszystkich wybranych metali ciężkich ze standardami jakości gleby oraz standardami jakości ziemi [Dz.U. Nr 165 poz. 1359], stwierdza się brak przekroczeń wartości granicznych dla ciągów komunikacyjnych.
4. Przeprowadzone analizy chemiczne pozwoliły stwierdzić, iż na stężenie metali ciężkich w glebach w większym stopniu wpływa odległość od jezdni, niż natężenie ruchu, przy czym badane były drogi o zbliżonym i relatywnie niewielkim średnim dobowym ruchu rocznym.

## LITERATURA

1. Czarnowska K., Chlibiuk M., Kozanecka T. 2002. Pierwiastki śladowe w glebach uprawnych przy drogach wokół Warszawy. Roczniki Gleboznawcze, tom LIII, nr 3/4, 67–74.
2. Czubaszek R., Bartoszek K. 2011. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach w zależności od ich odległości od ulicy i sposobu użytkowania terenu. Civil and Environmental Engineering – Budownictwo i Inżynieria Środowiska, nr 2, 27–34.
3. Gadziński J. 2011. Rozwój transportu drogowego jako zagrożenie dla środowiska przyrodniczego – przykład aglomeracji poznańskiej. Journal of Ecology and Health, vol. 15, nr 4, 165–175
4. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. 2015. Generalny Pomiar Ruchu w roku 2015. Średni dobowy ruch roczny (SDRR) w punktach pomiarowych w 2015 roku na drogach krajowych, 8–15.
5. Józwiak M.A., Jachymczyk B. 2011. Rola naturalnych zapór w rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń komunikacyjnych pochodzących z emisji liniowej. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Vol. 15, 51–58
6. Kłojzy-Karczmarczyk B. 2013. Analiza wieloletnich badań zawartości rtęci w gruntach z bezpośredniego otoczenia południowej obwodnicy Krakowa. Annual Set The Environment Protection – Rocznik Ochrona Środowiska. T. 15/2013, 1053–1069
7. Kras M. Blaski i cienie przebiegu autostrady przez powiat tarnowski. Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie. Nr 2(13), tom 3, 149–156
8. Potarzycki J., Apolinarska K. 2000. Wpływ autostrady na tereny przyległe. Materiały z VII Międzynarodowego Sympozjum Szkoleniowego „Wpływ zanieczyszczeń naftowych i chemicznych na środowisko”. Piła.
9. PwC. 2013. Budowa dróg w Polsce. Fakty i mity, doświadczenia i perspektywy. Pricewaterhouse Coopers, Warszawa, 2–11.
10. Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. Nr 165 poz. 1359].
11. Słowik T., Piekarski W., Tarasińska J. 2006. Analiza statystyczna wpływu odległości i głębokości poboru próbek od drogi na zawartość niektórych jonów metali ciężkich w glebie. Inżynieria Rolnicza, nr 6, 275–283.
12. Wawer M., Szuszkiewicz M., Magiera T. 2013. Charakterystyka aktualnych zanieczyszczeń komunikacyjnych wierzchnich warstw gleby stref przydrożnych na Górnym Śląsku. Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 637–645.