

**BADANIA GEOSTATYSTYCZNE SKAŻENIA ŚRODOWISKA LEŚNEGO
UROCZYSKA GRODZISKO W BIELAŃSKO-TYNIECKIM PARKU
KRAJOBRAZOWYM**

**GEOSTATISTICAL STUDIES OF FOREST ENVIRONMENT
CONTAMINATION IN UROCZYSKO GRODZISKO IN BIELAŃSKO-
TYNIECKI LANDSCAPE PARK**

Marek Pająk, Marta Szostak, Michał Sławiński

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii Lasu

SŁOWA KLUCZOWE: zanieczyszczenie środowiska, geostatystyka, interpolacja danych

STRESZCZENIE: Celem badań była ocena stanu skażenia środowiska leśnego Uroczyska Grodzisko w Bielańsko-Tynieckim Parku Krajobrazowym położonego w bezpośrednim sąsiedztwie nieistniejącej już dziś Huty Aluminium w Skawinie, koło Krakowa. Zakład powstał w latach 50-tych ubiegłego wieku i funkcjonował do roku 1989, emitując do środowiska różnego rodzaju zanieczyszczenia, będące zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Dodatkowo na potrzeby działalności Huty, zużywającej duże ilości energii, w jej pobliżu wybudowano elektrownię węglową, dostarczającą z kolei do środowiska zanieczyszczenia pyłowe i gazowe. Elektrownia Skawina po modernizacjach działa do chwili obecnej. Teren badań nie jest również wolny od zanieczyszczeń napływających z aglomeracji Górnośląskiej.

Badania dotyczyły określenia skażenia pierwiastkami śladowymi terenu Uroczyska, w oparciu o ich zawartość w wierzchnich warstwach gleby. Stężenia analizowanych pierwiastków śladowych (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Cd) w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm), wskazywały na wyraźne ich przestrzenne zróżnicowanie w badanym terenie. Dokonując interpolacji danych pomiarowych sporządzono mapy rozkładu stężeń poszczególnych pierwiastków w glebie.

Z analizowanych pierwiastków podwyższone wartości zanotowano dla Zn, Pb, Cd, a wartości te pozwoliły zaliczyć badane gleby do gleb średnio bądź słabo skażonych metalami ciężkimi. Analiza zawartości pierwiastków śladowych w ściółce, wykazała mniejszą ich kumulację, niż w badanym wierzchnim poziomie gleby (0-20cm). Może to świadczyć o zmniejszonym dopływie zanieczyszczeń w ostatnich latach na badany teren.

Jako dopełniający element oceny stanu skażenia wykonano ocenę wybranych cech drzewostanu, świadczących o jego kondycji zdrowotnej. Wykazano największe skumulowanie negatywnych cech w drzewostanie na głównym kierunku dopływu potencjalnych zanieczyszczeń.

1. WPROWADZENIE

Rozwój populacji ludzkiej nieodłącznie wiąże się z ekspansją na coraz nowsze tereny zajmowane pod osadnictwo i przemysł. Osiągnięcia naukowe i techniczne przyspieszają tempo tych przekształceń, a zarazem stanowią siłę rozwoju i środek zaspokajania coraz

większej ilości złożonych potrzeb ludzkich. Możliwości techniczne jakimi dysponuje dziś człowiek sprawiają, że w krótkim czasie jesteśmy w stanie przekształcić środowisko naturalne w zupełnie inną formę przestrzenną, służącą człowiekowi. Jest to poniekąd nadzwyczajne i stanowi odbicie niezahamowanej siły i rozwoju umysłu ludzkiego, ale i niebezpieczne, gdy te możliwości wykorzystywane są w celu reprezentowania indywidualnych interesów ekonomicznych, albo gdy mają służyć dobru ogółu, ale zostały źle zaplanowane pod względem lokalizacji, a w przypadku przemysłu także poprzez dobór technologii nieprzyjaznej środowisku. Przekształcenia takie, powodują wówczas negatywne skutki w środowisku naturalnym, niszcząc je i degradując oraz stanowią zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego. Tego typu działania są często nieodwracalne, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z oddziaływaniem pośrednim na wielkim obszarze np. poprzez emisje przemysłowe, a skutki skażenia środowiska widoczne są przez dziesiątki lat.

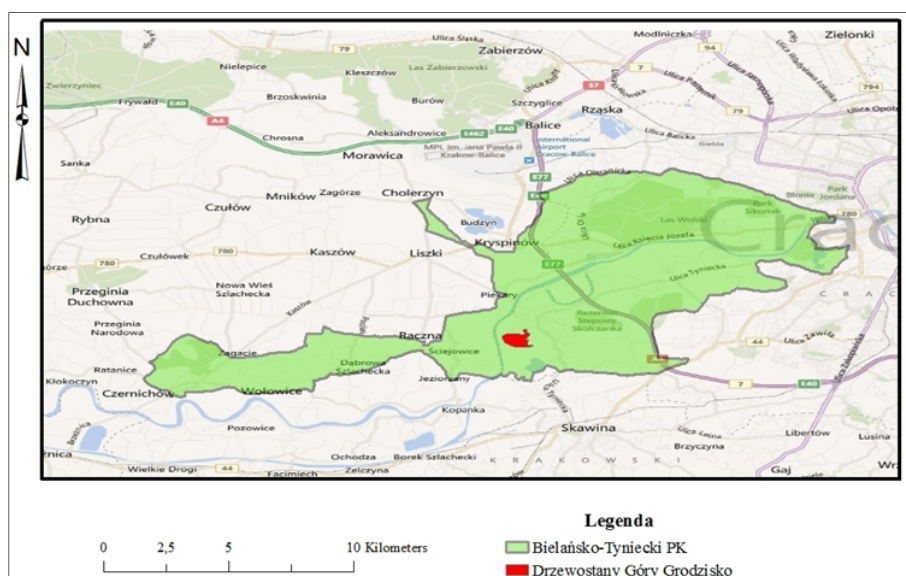
Przykładem inwestycji przemysłowej, źle ulokowanej przestrzennie z wielu względów, choćby np. wieloletniego układu róży wiatrów w odniesieniu do sąsiedztwa miasta i osiedli mieszkaniowych, w której dodatkowo zastosowano technologię wyjątkowo nieprzyjazną środowisku, jest nieistniejąca już dziś Huta aluminium w Skawinie, koło Krakowa. Zakład powstał w latach 50-tych ubiegłego wieku i funkcjonował do roku 1989, emitując do środowiska różne zanieczyszczenia, będące zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Aluminium w tym zakładzie produkowano metodą elektrolizy, niezwykle toksyczną zarówno dla środowiska przyrodniczego w otoczeniu kilkudziesięciu kilometrów od niego, ale także dla zdrowia pracowników zakładu oraz mieszkańców Skawiny, okolicznych wsi i Krakowa. Dodatkowo na potrzeby działalności wspomnianej huty, zużywającej duże ilości energii, w jej pobliżu wybudowano elektrownię węglową, dostarczającą z kolei do środowiska zanieczyszczenia pyłowe i gazowe. Elektrownia Skawina po modernizacjach funkcjonuje do chwili obecnej. Budowa i działalność obu tych zakładów na wiele lat przekształciła krajobraz i zdegradowała środowisko naturalne, czego skutki widoczne są na tym obszarze do dziś.

2. TEREN BADAŃ

Teren badań zlokalizowany został w Bielańsko-Tynieckim Parku Krajobrazowym (BTPK). Granice parku, utworzonego w 1981 roku, obejmują fragmenty terenów gmin: Kraków, Liszki i Czernichów, które łącznie stanowią powierzchnię 6412 ha. Powyższy Park Krajobrazowy obejmuje fragment malowniczej doliny Wisły i tereny przyległe na odcinku Kraków-Ściejowice, wraz z trzema ważniejszymi kompleksami leśnymi: Lasem Wolskim oraz drzewostanami w okolicach Tyńca i Czernichowa (Przewodnik Multimedialny DZJPK, 2004; Rys.1).

Badania prowadzono w obrębie Góry Grodzisko, znajdującej się przy południowej granicy BTPK (około 1 km na południe od Opactwa Benedyktynów w Tyńcu), zaliczanej do obszarów rzadkich i ginących ekosystemów, w ramach Dyrektywy Siedliskowej obszarów sieci Natura 2000. Jako potwierdzenie wyjątkowych walorów przyrodniczych opisywanego terenu warto zwrócić uwagę na fakt, że podczas kartowania roślinności dla potrzeb stworzenia mapy rzeczywistej roślinności Krakowa w roku 2007, zanotowano w tym terenie 11 stanowisk roślin chronionych, a wykonane zdjęcia fitosocjologiczne pozwoliły wyróżnić 3 rodzaje prawnie chronionych siedlisk (Mapa Roślinności

rzeczywistej Miasta Krakowa, 2008). Lasy tego obszaru są zaliczane do lasów ochronnych, kategorii ochronnej miast (WMS RDLP Kraków), poza tym spełniają lub mogą spełniać wiele innych funkcji, jak np.: funkcje wypoczynkowe i rekreacyjne społeczeństwa. Sama Góra Grodzisko stanowi doskonały punkt widokowy zarówno na Kotlinę Oświęcimską, jak i na przełom Wisły pod Tyńcem. Poza tym w obrębie Góry Grodzisko znajdują się 2 stanowiska archeologiczne ze śladami prehistorycznego grodziska, od których wzgórze bierze swoją nazwę (Rydzewski, 1995), zatem są to również lasy o wartości kulturowej i edukacyjnej.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań w Bielańsko Tynieckim Parku Krajobrazowym (źródło: WMS RDLP Kraków)

3. METODYKA

Prace badawcze prowadzono na 16 powierzchniach próbnych (kołowych, $r = 5.64$ m $P = 1ar$), zakładanych w miejscu przecięcia się siatki o wymiarach 220x180m (opracowanej w oprogramowaniu ArcGIS firmy ESRI; Rys. 2). Wymiar siatki dobrano tak, aby uzyskać kilkanaście powierzchni testowych równomiernie rozmieszczonych na obszarze Góry Grodzisko. Punkt pomiarowy nr 11, wypadający blisko granicy drzewostanu, został celowo przesunięty w stronę lasu, aby zwiększyć liczbę pobieranych prób ze środowiska leśnego. Do zlokalizowania w terenie powierzchni badawczych, użyto turystycznego odbiornika GPS firmy Garmin (model eMap).



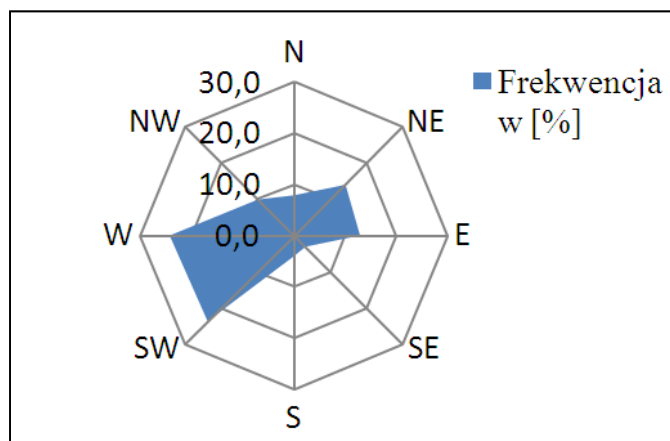
Rys. 2. Schemat rozmieszczenia powierzchni badawczych na terenie Góry Grodzisko (źródło: WMS RDLP Kraków)

Jesienią (wrzesień–październik) 2008r., z powierzchni badawczych zebrano próbki ścióły i wierzchniej warstwy gleby (0-20cm). Z każdej powierzchni badawczej pobrano po jednej próbce ścióły i gleby, łącznie do analiz pozyskano 16 próbek ścióły i gleby. Z uwagi na fakt, iż dwa punkty pomiarowe (nr 1 i 4) wypadły w terenie pozbawionym drzewostanu, a co za tym idzie pozbawione były również próchnicy leśnej, pobrano w zamian rozdrobnione resztki obumarłej roślinności zielnej. Na każdej z założonych powierzchni badawczych dokonano także oceny rosnących tam drzew, oceniając defoliację i odbarwienie liści, typ przerzedzenia korony oraz żywotność każdego drzewa. Badane fragmenty drzewostanu wykazywały duże zróżnicowanie pod względem składu gatunkowego jak i cech jakościowych. Ocenie poddano 121 sztuk drzew. Najliczniej występującym gatunkiem była lipa drobnolistna (31szt.), w podobnej ilości względem siebie wystąpiły: dąb bezszypułkowy (17 szt.), brzoza brodawkowata (15 szt.), leszczyna (14 szt.), grab (13 szt.) i sosna czarna (11 szt.). Znacznie mniej liczne były wiąz (8 szt.), buk (5 szt.) i jawor (3 szt.).

W toku badań laboratoryjnych oznaczono: skład granulometryczny gleby (Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2008), pH (w H₂O i KCl) gleby i ścióły oraz przewodnictwo elektrolityczne właściwe (PEW) gleby metodą potencjometryczną. Oznaczono również zawartości pierwiastków śladowych (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd, Ni, Cr) w glebie i ściółce metodą absorpcyjnej spektrometrii masowej (ASA) po wcześniejszym spalaniu próbek w roztworze stężonego kwasu azotowego i 60% kwasu nadchlorowego w stosunku 3:1 oraz oznaczono ilości fluorków metodą chromatografii jonowej w wyciągach wodnych. Efektem zestawienia uzyskanych wyników była przeprowadzona klasyfikacja zanieczyszczenia gleb pierwiastkami śladowymi.

W oparciu o numeryczny model terenu badanego obszaru (model TIN pozyskany z WODGiK Kraków), dokonano analizy ekspozycji poszczególnych powierzchni badawczych. Z wykorzystaniem algorytmu Interpolacji IDW (Inverse Distance Weighted; Isaaks, Mohan Sirivastava, 1989), wykonano kompozycje mapowe stężeń poszczególnych pierwiastków śladowych w ściółce i wierzchniej warstwie gleby. Opracowania te wykonano w oprogramowaniu ArcGIS (ESRI).

Kolejny etap prac polegał na wykonaniu, prostych analiz statystycznych, mających na celu określenie podstawowych charakterystyk zawartości pierwiastków śladowych w ściółce i glebie. Określono także współczynniki korelacji Pearsona oraz regresji wielorakiej (w oprogramowaniu Statistica 10) dla oznaczonych pierwiastków śladowych w ściółce i wierzchniej warstwie gleby (0-20cm), jak również innych przebadanych właściwości ściółki i gleby: pH, i składu granulometrycznego. Przeanalizowano również oznaczone zawartości fluorków w wyciągach wodnych pod kątem wystawy terenu i przeważających kierunków wiatrów z wielolecia. Na koniec określono cechy kondycji zdrowotnej w odniesieniu dla poszczególnych gatunków drzew oraz stopnia uszkodzenia drzewostanu, na poszczególnych powierzchniach drzewostanowych w zależności od ekspozycji terenu oraz przeważających kierunków wiatrów. Zestawienie wieloletnich wyników kierunków wiatru dla okolic Krakowa wskazuje, iż dominują wiatry z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego (Trampler *et al.*, 1990). Róża wiatrów z wielolecia 1960-1980 dla Krakowa została przedstawiona na rysunku 3 (Kowanetz, 2007).



Rys. 3. Róża wiatrów z wielolecia 1960-1980 dla Krakowa (Kowanetz, 2007)

4. WYNIKI

Przeprowadzona analiza składu granulometrycznego wierzchniej warstwy (0-20 cm) badanych utworów glebowych, z poszczególnych powierzchni badawczych wykazała, że w badanym terenie dominują gleby bardzo ciężkie i ciężkie. Wartości pH w poddawanych analizie próbkach ścióły jak i gleby, wykazuje rozpiętość od kwaśnego do zasadowego (pH dla próbek ścióły to 4.21 do 6.43 dla pomiarów w H₂O i od 3.80 do 6.25 dla pomiarów

w KCl; dla gleby odpowiednio 3.97 – 7.52 oraz 3.29 – 7.24). Pomierzone dla próbek gleby przewodnictwo elektrolityczne właściwe (PEW), osiągało wartości od 79 do 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Badania pod kątem oznaczenia zawartości fluorków w wyciągach wodnych materiału poziomu próchniczno mineralnego gleby (0-20cm) kształtowały się następująco: maksymalna wartość zawartości fluorków wyniosła 0,40 mg/l, reprezentowana przez próbkę z punktu badawczego nr 8 i 11, najniższa 0,20 mg/l, próbka z punktu nr 5 i 10. Poziom zawartości fluorków dla 8 badanych próbek gleby wyniósł 0,30mg/l. Zawartości w pozostałych próbkach nr 12, 14, 15, odpowiadały wartościom nieco powyżej minimum 0,25mg/l, 0,24 mg/l i 0,26 mg/l. Zawartość fluorków w wyciągach wodnych, analizowana względem wystawy terenu i przeważających kierunków wiatru z wielolecia, nie wykazała istotnych różnic w obrębie badanego terenu.

Na podstawie oznaczonej dla każdej z próbek zawartości metali ciężkich w ściółce oraz w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm) określono wartości minimalne, maksymalne oraz średnie dla poszczególnych pierwiastków (Tab. 1).

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm; ozn. g) oraz w ściółce (ozn. ś)

Metal		Min	Max	Średnia
		[ppm]		
Mn	ś	131.0	3165.5	889.5
	g	149.5	772.5	495.8
Zn	ś	32.7	272.1	124.6
	g	52.4	529.5	156.0
Cu	ś	9.0	141.5	29.1
	g	7.5	43.8	15.2
Pb	ś	1.8	28.7	12.0
	g	10.6	133.1	55.9
Cd	g	0.3	9.8	1.7
Ni	g	1.5	22.8	7.8
Cr	g	7.7	42.6	21.6

W tabeli 2 przedstawiono wyznaczone współczynniki korelacji Pearsona (r) badanych pierwiastków śladowych oraz wartości pH w H_2O w warstwie ściółki oraz badanych pierwiastków śladowych, wartości pH w H_2O i składu granulometrycznego w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm). Wartości współczynnika korelacji r przyjęto jako ($p = 0.05$):

- $r < 0.3$ – korelacje słabe, ozn. N;
- $0.3 < r < 0.6$ – korelacje przeciętne, ozn. x;
- $r > 0.6$ – korelacje silne, ozn. xx.

Wykonano także analizy regresji i wartości istotne pod względem statystycznym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Wartość współczynników korelacji Pearsona (r) badanych pierwiastków śladowych oraz wartości pH w H₂O w warstwie ściółki (ozn.ś) oraz wartości pH w H₂O i składu granulometrycznego (procentowej zawartości ilu) w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm; ozn.g)

Zmienna		Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr	pH w H ₂ O	II %
Mn	ś	-	xx	x	N	N	N	N	N	-
	g		N	N						N
Zn	ś	xx	-	N	N	x	N	N	x	-
	g	N		xx		xx	xx	xx		N
Cu	ś	x	N	-	xx	xx	N	xx	N	-
	g	N	xx		x		xx			xx
Pb	ś	N	N	xx	-	x	N	xx	N	-
	g			x		N				xx
Cd	ś	N	x	**	x	-	N	x	N	-
	g		xx	xx						N
Ni	ś	N	N	N	N	N	-	N	N	-
	g		xx	xx						xx
Cr	ś	N	N	xx	xx	x	N	-	x	-
	g		xx			xx				xx
pH w H ₂ O	ś	N	x	N	N	N	N	x	-	-
	g				xx	x	xx			N
II %	g	N	N	xx	N	N	xx	N	xx	-

Tabela 3. Wyniki regresji wielorakiej dla zmiany zawartości Pb i Ni w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm) w zależności od wybranych zmiennych oraz ocena ich istotności

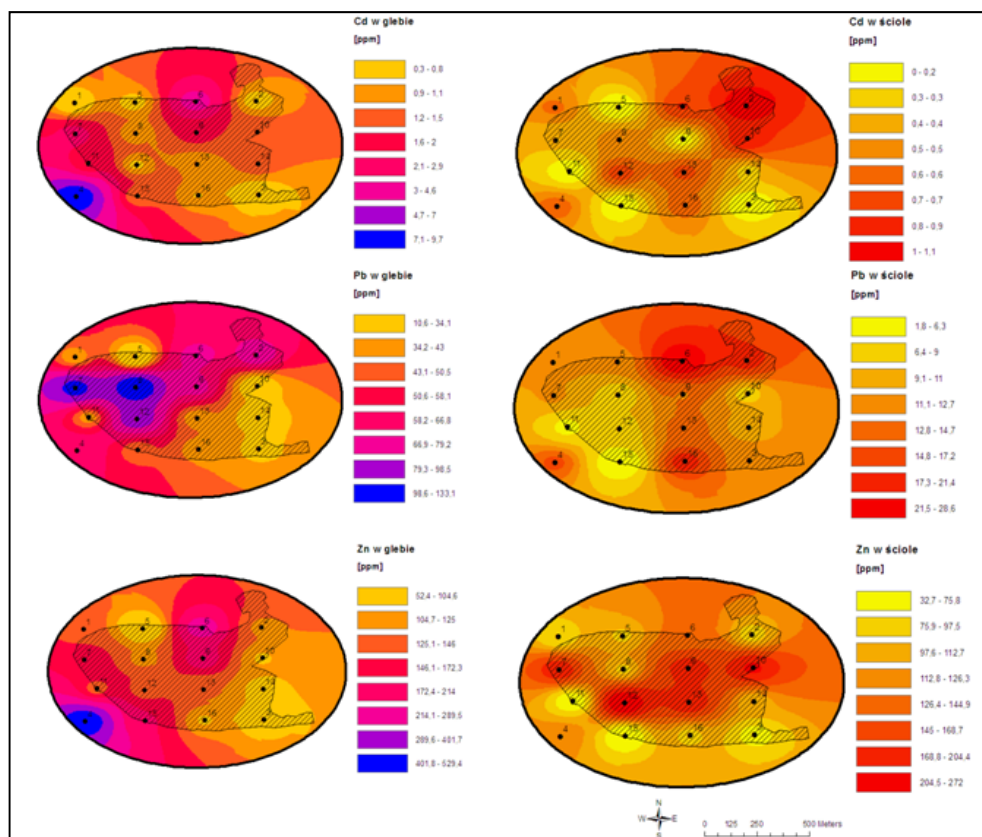
Pierwiastek	Zmienna wyjaśniająca	Parametr B	Błąd standardowy parametru B	Wartość statystyki t	Poziom istotności p
Pb - gleba	Wyraz wolny	166.4859	45.92288	3.62534	0.003079
	pH H ₂ O	-19.2193	6.20965	-3.09507	0.008527
	II%	0.0731	0.48644	0.15035	0.882793
	Wartość współczynnika determinacji R ² = 44.2%				
Ni -gleba	Wyraz wolny	-16.1445	7.602768	-2.12350	0.053478
	pH H ₂ O	3.7480	1.028040	3.64582	0.002961
	II%	0.0429	0.080533	0.53214	0.603602
	Wartość współczynnika determinacji R ² = 50.6%				

Porównując zawartość pierwiastków śladowych w wierzchniej warstwie gleby (0-20 cm) badanego terenu z klasyfikacją Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach (IUNG; Kabata-Pendias *et al.*, 1995) stwierdzono 3 stopnie zanieczyszczenia gleby (I - wartość podwyższona, II - zanieczyszczenie słabe, III - średnie zanieczyszczenie oraz 0- zawartość naturalna; Tab. 4). Metalami najbardziej skażającymi glebę w badanym terenie były kadm, ołów oraz cynk. Miedź, jako jedyny z badanych metali wykazała zawartość naturalną niemal we wszystkich badanych próbkach. Podsumowując, można zauważyć że największym zanieczyszczeniem charakteryzowały się próbki nr 2 i 6, położone w północno-wschodniej części terenu badań i sąsiadujące ze sobą oraz próbka nr 4, położona na południowo- zachodnim krańcu terenu badań.

Tabela 4. Stopnie zanieczyszczeń gleb na podstawie granicznych zawartości metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb (0-20 cm) według IUNG

Nr pow.	Zn	Pb	Cd	Cu	Ni	Cr
1	I	0	0	0	0	0
2	II	III	I	0	II	II
3	0	0	0	0	0	0
4	II	0	III	I	0	0
5	0	0	I	0	0	0
6	II	I	III	0	0	0
7	I	II	II	0	0	0
8	I	II	I	0	0	I
9	I	I	II	0	0	0
10	I	0	I	0	0	0
11	I	0	I	0	0	0
12	I	I	I	0	0	0
13	I	0	0	0	0	0
14	I	0	I	0	0	0
15	I	0	I	0	0	0
16	I	0	0	0	0	0

Przestrzenne zobrazowanie rozkładu zawartości badanych pierwiastków śladowych w glebie i ściocie (dla pierwiastków najbardziej skażających glebę w badanym terenie) przedstawia rysunek 4. Szrafurą zaznaczono obszar drzewostanu na tle punktów poboru próbek (1-16). Analizując poniższy rysunek można zaobserwować zdecydowanie niższe stężenia pierwiastków w ściocie niż w glebie. Dla zanieczyszczenia gleby łatwo zauważyć, iż największe wartości skażenia metalami ciężkimi występują na kierunku SW.



Rys. 4. Rozkład zawartości Cd, Pb oraz Zn w glebie (po lewej) oraz ściółce (po prawej)

Dopływ znacznej ilości zanieczyszczeń (pyłowych, gazowych) wpłynął niewątpliwie na wzrost i rozwój drzew rosnących w badanym rejonie, i tak największą defoliacją korony cechowały się dąb bezszypułkowy i sosna czarna. Wysoką odznaczały się również wiąz i brzoza brodawkowata. Natomiast najliczniej występujący gatunek, jakim była lipa drobnolistna, wykazał bardzo niski stosunek drzew z symptomami defoliacji, pozostałe gatunki nie wykazały symptomów defoliacji bądź wykazały ją w stopniu bardzo niskim 0-10%. Oceniając żywotność badanych gatunków drzew stwierdzono, iż najmniej żywotne były sosna czarna i dąb bezszypułkowy. Pozostałe gatunki nie wykazały cech obniżenia żywotności. Opisując przerzedzenie koron ustalono, iż najliczniej występowały drzewa bez przerzedzenia korony (74 szt.), a następnie drzewa reprezentujące typ przerzedzenia oddolny. Gatunkami o najsilniej przerzedzonych koronach były ponownie sosna czarna i dąb bezszypułkowy. Brak symptomów przerzedzenia koron występował u leszczyny, grabu, jaworu, robini i osiki.

Przeprowadzona analiza częstości występowania wymienionych cech drzewostanu w konfrontacji do wystawy względem kierunków świata (po wcześniejszym wyłączeniu z analiz drzew o najlepszych cechach) wykazała, że negatywne cechy najczęściej reprezentowane były na powierzchniach drzewostanowych nr 11 i 15 o wystawie SW

Porównywalna do wystawy SW była wystawa W, reprezentowana przez powierzchnię nr 7 Z kolei drzewa, rosnące na powierzchniach położonych na wystawie NE odznaczały się najwyższą częstością zestawienia pozytywnych cech jakościowych.

5. PODSUMOWANIE

Stężenia analizowanych pierwiastków śladowych (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr oraz Cd) w wierzchniej warstwie gleby (0-20cm) charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem. Porównanie uzyskanych wyników ze średnimi wartościami tych metali w glebach Polski podawanymi przez Kabatę-Pendias i Pendias [1993] wskazywało podwyższone wartości pierwiastków takich jak Zn, Pb, Cd. Również porównanie uzyskanych wyników z klasyfikacją zanieczyszczenia metalami ciężkimi wg IUNG w Puławach dowiodła, że Zn, Cd oraz Pb są pierwiastkami średnio bądź słabo skażającymi wierzchnią glebę w analizowanym terenie. Nadmienić jednak trzeba, że teren Góry Grodzisko odznacza się dużym przestrzennym zróżnicowaniem gleb, co może wymiennie wpływać na różnice poziomu badanych pierwiastków, głównie poprzez różnice w zawartościach naturalnych dla poszczególnych gleb (Kabata-Pendias i Pendias 1993).

Analiza analogicznego zestawu pierwiastków śladowych w ściółce wykazała mniejsze ich stężenia niż w glebie. Może to oznaczać, że w chwili obecnej teren ten jest mniej narażony na emisję metali ciężkich jak miało to miejsce kilkanaście lat wcześniej.

Oceniane pod względem kondycji zdrowotnej cechy drzewostanu takie jak defoliacja, typ przeredzenia korony i żywotność wykazywały zróżnicowanie zarówno pod kątem osłabienia poszczególnych gatunków jak i wystawy względem kierunków świata. Spośród występujących tam gatunków najbardziej osłabionym w obliczu badanych cech gatunkiem był dąb bezszypułkowy, przejawiając silną defoliację i mocno obniżoną żywotność, właściwie u wszystkich ocenianych drzew tego gatunku. Podobne negatywne cechy obserwowano u sosny czarnej. Analiza kondycji zdrowotnej drzew na poszczególnych powierzchniach badawczych w konfrontacji do wystawy tych powierzchni względem kierunków świata wykazała, że najsilniej osłabione są drzewa na powierzchniach o wystawie SW. Jest to zarazem jeden z kierunków najczęściej wiejących w tym terenie wiatrów. Warto również zauważyć, że na linii tych wiatrów zlokalizowane były przez wiele poprzednich dziesięcioleci główne emitory zanieczyszczeń przemysłowych tego terenu jak Huta Aluminium w Skawinie i Elektrownia Skawina. Jest zatem prawdopodobne, że wieloletnia depozycja zanieczyszczeń z tych oraz innych zakładów miała wpływ na zanieczyszczenie metalami ciężkimi tego terenu i osłabienie kondycji zdrowotnej drzew.

Przeanalizowane zawartości fluorków w roztworach wodnych badanych próbek gleby nie wykazały podwyższonych zawartości tego pierwiastka ani żadnych korelacji z kierunkiem źródła głównego emitora fluoru, jakim przez ponad 20 lat niewątpliwie była Huta Aluminium w Skawinie. Zaznaczyć jednak trzeba, że działalność tej huty została zakończona w roku 1989, wobec czego fluor jako pierwiastek niezwykle mobilny prawdopodobnie uległ migracji w głąb profilu glebowego (Gramowska i Siepak 2002).

Trudne jest odniesienie otrzymanych wyników do innych prac wykonywanych dla analizowanego terenu, gdyż opracowań takich do tej pory nie podejmowano. Pozostają zatem własne spostrzeżenia i wnioski oparte na analogicznych pracach z innych terenów

znajdujących się pod silnym oddziaływaniem antropopresji (Pająk i Jasik 2010, Pająk i Jasik 2011, Pająk *et al.*, 2012). Wiedza na temat zanieczyszczeń środowiska siłą rzeczy zawsze pozostaje niestety o krok w tyle za postępem technologicznym, który dyktowany jest w pierwszej kolejności względami ekonomicznymi, a dopiero na dalszym planie bierze się pod uwagę aspekty ekologiczne i ich konsekwencje. Na tym polu na przestrzeni ostatnich lat wiele się zmieniło na lepsze, głównie za sprawą spójnych międzynarodowych uregulowań prawnych dotyczących ochrony środowiska i promujących czyste technologie. Patrząc na te pozytywne przemiany naszej świadomości ekologicznej, mimo wszystko warto wracać do przykładów problemów ekologicznych, które miały ogromne znaczenie przed laty, ponieważ daje nam to obraz skomplikowanej dynamiki zmian w skażonych ekosystemach, a zbadane zależności pozwalają weryfikować dotychczasową wiedzę.

6. LITERATURA

Gramowska H., Siepak J., 2002: Wpływ poziomu fluorków na reakcje liści i igieł drzew miasta Poznania i okolic. *Rocznik ochrony środowiska*. Tom IV Wydawnictwo Środkowo-Pomorskiego Towarzystwa Ochrony Środowiska.

Isaaks E. H., Mohan Sirivastava R., 1989: *Applied Geostatistics*. Oxford University Press.

Kabata- Pendias A., Piotrowska M., Motowicka –Terelak T., Maliszewska- Kordybach B., Filipiak K., Karakowiak A., Pietruch C., 1995: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. *Metale ciężkie, siarka i WWA*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa

Kowanetz L., 2007: Klimat Krakowa w XX wieku. Rozdział: Stosunki anemologiczne. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków

Kabata –Pendias A., Pendias H., 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa.

Mapa Roślinności rzeczywistej Miasta Krakowa, 2012 (<http://zielony-krakow.um.krakow.pl:280/rosl/pl/>)

Pająk M., Jasik M., 2010. Heavy metal (Zn, Pb, Cd) concentration in soil and moss (*Pleurozium schreberii*) in the Brynica district, southern Poland. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, vol. 4, s. 176-180.

Pająk M., Jasik M., 2011. Poziom akumulacji cynku, kadmu i ołowiu w wierzchniej warstwie gleb leśnych w sąsiedztwie Huty Cynku „Miasteczko Śląskie”. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego* nr 137. seria: Inżynieria środowiska – nr 17. s. 112-122.

Pająk M., Szostak M., Socha J., Węzyk P., Tompalski P., Mucha S., Lesiak M., 2012: Zastosowanie narzędzi geoinformatycznych dla oceny poziomu zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi w rejonie ZGH „Bolesław” w Bukownie. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. vol. 23. s.315-326

Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2008 Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych.

Przewodnik Multimedialny Dyrekcji Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych w Krakowie, 2004 Kraków. Płyta CD

Rydzewski J., 1995: Natura i Kultura w Krajobrazie Jury – Pradzieje i średniowiecze - tom IV. ZZJKP woj. krakowskiego. Kraków. s-33-34.

Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A., 1990: Regionalizacja przyrodniczo leśna na podstawach ekologiczno-fizjogeograficznych. PWRiL Warszawa

WMS RDLP Kraków Web Map Server (<http://rdlpkrakow.gis-net.pl/wms>).

GEOSTATISTICAL STUDIES OF FOREST ENVIRONMENT CONTAMINATION IN UROCZYSKO GRODZISKO IN BIELAŃSKO-TYNIECKI LANDSCAPE PARK

KEYWORDS: environmental pollution, geostatistics, data interpolation

Summary

The aim of presented study was to evaluate the environmental contamination of forest in Uroczysko Grodzisko located in Bielansko-Tyniecki Landscape Park and being a result of Former Aluminium works in Skawina. near Krakow. The factory was built in the 50s of last century and functioned until 1989, emitting into the environment different types of pollution. which was a threat. In addition for the energy needs of the factory, a power plant was built next to it, providing dust and gas pollution. Skawina power plant after modernization works till today.

The study concerned of the determination of contamination level of the land with the trace elements, based on their content in the upper soil layers. The concentrations of the analyzed trace elements (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Cd) in the topsoil (0-20cm), showed a high spatial differences in the study area. Maps of the distribution of analyzed elements concentrations in the soil were drawn with using the interpolation of measurement data.

The increased values of the analyzed elements were recorded for Zn, Pb, Cd and these values allowed classification of the soil into two classes: average or poorly contaminated with heavy metals. Analysis of trace elements in the litter. showed lower values than in the top level of the soil (0-20cm). This may be a result of a reduced flow of pollution in recent years to the test area.

As a complementary element a measurement of the forest stand was also made. focused on the features related to its overall health, which showed the greatest accumulation of negative traits in the stand mainly from the SW direction.

Dane autorów:

Dr inż. Marek Pająk
e-mail: rlpajak@cyf-kr.edu.pl
telefon: 12 662 53 35
fax: 12 411 97 15

Dr inż. Marta Szostak
e-mail: rlszosta@cyf-kr.edu.pl
telefon: 12 662 50 76
fax: 12 411 97 15