ZESZYTY NAUKOWE
UNIWERSYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO
NR 149

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – 29

ZIELONA GÓRA • 2013

REDAKCJA ZESZYTU NAUKOWEGO:
dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw. (*Redaktor Naczelny*)
Redaktorzy tematyczni:
prof. dr hab. inż. Andrzej Jędrczak
dr hab. Urszula Kołodziejczyk, prof. nadzw.
dr hab. Zofia Sadecka, prof. nadzw.
dr hab. Marlena Piontek, prof. nadzw.
dr hab. Zygmunt Lipnicki, prof. nadzw.

RADA WYDAWNICZA:
dr hab. inż. Andrzej Pieczyński, prof. UZ (*Przewodniczący*),
mgr Ryszard Błażyński (*Sekretarz*),
Członkowie: prof. dr hab. inż. Marian Adamski, prof. dr hab. Beata Gabryś, prof. dr hab. Marian Nowak, dr hab. inż. Michał Drab, prof. UZ, dr hab. inż. Van Cao Long, prof. UZ, dr hab. inż. Anna Walicka, prof. UZ, dr hab. inż. Krzysztof Witkowski, prof. UZ, dr hab. Bohdan Halczak, prof. UZ, dr hab. Zdzisław Wołk, prof. UZ, dr Rafał Ciesielski

Wydano za zgodą J.M. Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego

ISSN 1895-7323

Skład komputerowy: dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw.

Copyright © by Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2013

SPIS TREŚCI

Grzegorz Jarnuszewski, Edward Meller – Właściwości płytkich gleb pobagiennych na kredzie jeziornej oraz ocena składu chemicznego wód gruntowych 5

Mariusz Antolak – Probemy zagosodarowania turystycznego rezerwatów przyrody na przykładzie rezerwatu przyrody dolina rzeki Wałszy 14

Aleksandra Janicka – Tempelhof – park wolności, przykład adaptacji lotniska na park kulturowy 23

Leszek Rostocki – Energetyczne wskaźniki układów mikrokogeneracyjnych 32

Mateusz Cuske, Monika Marcinkiewicz, Katarzyna Szopka, Anna Karczewska, Ewa Pora – Oddziaływanie Huty Cynku Oława na środowisko glebowe terenów przyległych, w świetle całkowitej zawartości metali ciężkich w poziomach powierzchniowych gleb miasta Oławy 42

Mariusz Dudziak – Usuwanie mikrozanieczyszczeń estrogenicznych w procesie fotokatalizy wspomaganym sorpcją i nanofiltracją 51

Mirosława Gilewska, Krzysztof Otremba – Rewitalizacja terenów poeksploatacyjnych na obszarze miasta Konina 59

Marek Pająk, Wojciech Krzaklewski, Piotr Gawełek – Ocena rekultywacji leśnej zwałowiska odpadów po wydobyciu węgla kamiennego na przykładzie KWK „Brzeszcze” w Brzeszczach 68

Karolina Skoczkowska, Roman Ulbrich – Dobór optymalnej prędkości suszarki bębnowej do peletów 79

Zbigniew Bzowski, Andrzej Dawidowski – Monitoring właściwości fizykochemicznego odpadów wydobywczych pochodzących z Kopalni Węgla Kamiennego LW „Bogdanka” 87

Marta Przewocka, Janusz Rosada – Monitoring gleb zlokalizowanych wokół Huty Miedzi „Głogów” 97

Ewa Głosińska – Pokrycie terenów zalewowych rzeki Warty i poziom ryzyka powodziowego gmin powiatu poznańskiego 106

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 149

Nr 29 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

GRZEGORZ JARNUSZEWSKI, EDWARD MELLER*

WŁAŚCIWOŚCI PŁYTKICH GLEB POBAGIENNYCH NA KREDZIE JEZIORNEJ ORAZ OCENA SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD GRUNTOWYCH

S t r e s z c z e n i e

Płytkie gleby pobagienne na kredzie jeziornej charakteryzują się specyficzną budową związaną z ich dwuetapową genezą. Postępujący proces murszenia wpływa na właściwości fizykochemiczne i chemiczne poziomu powierzchniowego gleb organogenicznych. Znaczenie ma także rodzaj materiału, na którym gleby te powstały. Istotnym czynnikiem jest także sposób ich użytkowania oraz uwilgotnienie. Skład chemiczny wód gruntowo-glebowych jest zróżnicowany i często związany ze sposobem rolniczego użytkowania terenów zlewni. Wody gruntowo-glebowe na terenie zlewni użytkowanych rolniczo charakteryzują się różnym stanem zanieczyszczenia pod względem zawartości azotu i jego form oraz makro- I mikroelementów.

Słowa kluczowe: gleby pobagienne, kreda jeziorna, wody gruntowo-glebowe, właściwości chemiczne gleb

WSTĘP

Gleby pobagienne na kredzie jeziornej są charakterystyczne dla północnych obszarów Polski. Na powstałych głównie w holocenie osadach węglanowych w warunkach nadmiernego uwilgotnienia akumulowała się masa organiczna. Po odwodnieniu torfowisk niskich w wyniku działań antropogenicznych czy też naturalnych doszło do wykształcenia ekosystemów pobagiennych. Na zmeliorowanych i niewłaściwie nawadnianych terenach pobagiennych zachodzą zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleby. Zachodzi intensywna mineralizacja materii organicznej, degradacji gleb i grądowienia siedlisk [Kiryluk 2009]. Płytkie gleby organogeniczne ze względu na genezę i bliskie występowanie w sąsiedztwie zbiorników wodnych pozostają w ścisłym związku z wodami gruntowo-glebowymi.

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zakład Gleboznawstwa

Celem pracy było określenie właściwości fizykochemicznych i chemicznych badanych gleb pobagiennych wytworzonych na kredzie jeziornej oraz jakości wód gruntowo-glebowych.

PRZEDSTAWIENIE OBIEKTU BADAŃ

Teren, na którym wykonano odkrywki glebowe znajduje się w pobliżu polodowcowego jeziora Miedwie położonego w północno-zachodniej części Polski. Jest to obszar płaski lub falisty, występują tu gleby murszowe i murszaste na kredzie jeziornej użytkowane jako przez pola uprawne oraz łąki i pastwiska. Gleby doliny Jeziora Miedwie podlegały procesom bagiennym od okresu subborealnego do średniowiecza kiedy zaczęto stosować zabiegi hydrotechniczne. W XIX w. zaczęto regulować dolny odcinek rzeki Płoni zasilający omawiany akwen co spowodowało obniżenie poziomu wody i ostateczne ukształtowanie jezior w dorzeczu Płoni [Krzywonos 1993].

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono wiosną 2011 roku, na terenach użytkowanych kośnie. Na trzech obiektach badawczych oznaczonych numerami 1, 2, 3, zostały wykonane odkrywki glebowe, a w ich pobliżu wiercenia w celu pobrania wód gruntowych. Łącznie pobrano 15 próbek glebowych z każdego poziomu genetycznego wykonanych odkrywek glebowych oraz 3 próbki wód gruntowych do analiz laboratoryjnych. W toku badań laboratoryjnych pobrane próbki glebowe poddano badaniom pod kątem strat przy wyżarzaniu, przez spalenia materiału glebowego w piecu muflowym w temperaturze 550°C, zawartości węgla organicznego metodą Altena w próbkach pobranych z poziomu murszowego i metodą Tiurina w próbkach z poziomu gytiowego. Ponadto określono zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, odczyn gleby (pH w H_2O i KCl) metodą potencjometryczną, zawartość węglanu wapnia metodą Scheiblera. Zawartość ogólnych form makro- i mikroelementów P, K, Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Co po wcześniejszej mineralizacji w mieszaninie kwasów HNO_3 + $HClO_4$ oznaczono przy użyciu spektrofotometru absorpcji atomowej, przy czym fosfor oznaczono kolorymetrycznie. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono: popielność, zawartość mineralnych składników niewęglanowych, stosunek C:N. W pobranych próbkach wód gruntowych oznaczono odczyn metodą potencjometryczną, zawartość makro- i mikroskładników K, Mg, Ca, Na, Cu, Zn, Mn, Ni, Fe, Cd, Pb przy użyciu spektrofotometru absorpcji atomowej, a P oznaczono kolorymetrycznie. W badanych wodach oznaczono także metodą

destylacyjną azot ogólny oraz formy amonową i $N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NO_2$ przy użyciu automatycznego aparatu do destylacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

W toku przeprowadzonych badań wyróżniono gleby należące do dwóch rzędów, dwóch typów i dwóch podtypów gleb zgodnie z Systematyką Gleb Polski 2011. Odkrywka 1 reprezentuje rząd gleb glejoziemnych, typ gleb glejowych, podtyp murszowo glejowych. Odkrywki 2 i 3 reprezentują rząd gleb czarnoziemnych, typ gleb murszastych, podtyp murszowatych. Badane gleby mają charakterystyczną dwudzielną budowę związaną z dwuetapową genezą, podobne gleby dla tego obszaru opisali Niedźwiecki i Łyduch [1992], Krzywonos [1993] i Meller [2006]. Pod warstwą utworów organicznych lub organiczno-mineralnych występują osady węglanowe.

Właściwości chemiczne badanych gleb przedstawia tab. 1. Poziom powierzchniowy gleb tworzą: mursz zawierający 43,74% materii organicznej oraz utwory murszowate zawierające 19,23 i 16,78% materii organicznej. Poziomy powierzchniowe zawierają znaczne ilości $CaCO_3$, od 33,6% w murszu do 64,4% w utworze murszowatym. Utwory organiczne i organiczno-mineralne są podścielone osadami węglanowymi głównie kredą jeziorną. Pod złożem gytii węglanowych występują całkowicie oglejone utwory mineralne.

Ze względu na znaczną zawartości węglanu wapnia badane gleby wykazują odczyn zasadowy w całym profilu (tab. 1). Największą zawartością węgla organicznego (220,1 $g \cdot kg^{-1}$) oraz azotu ogólnego (17,8 $g \cdot kg^{-1}$) charakteryzuje się mursz. Utwór murszowaty natomiast zawiera od 76,7 do 88,4 $g \cdot kg^{-1}$ węgla organicznego oraz od 7,56 do 8,39 $g \cdot kg^{-1}$ azotu ogólnego. Mursz charakteryzuje się wyższym ilorazem C/N (12,4) niż utwory murszowate (10,1 i 10,5). Są to wartości zbliżone do uzyskanych przez Mellera (2006) dla gleb obszaru Miedwia użytkowanych płużnie i łąkowo. Zawartość makro- i mikroelementów w badanych glebach była zróżnicowana (tab. 2). Makroelementy pod względem zawartości w poziomach powierzchniowych można uporządkować w następujący szereg malejący Ca > Mg > P > K > Na. Koncentracja Ca ogólnego była znaczna i wynosiła od 192,5 $g \cdot kg^{-1}$ w murszach do 404,8 $g \cdot kg^{-1}$ w poziomie powierzchniowym gleb murszowatych. Zawartość ogólnego P w poziomach powierzchniowych badanych gleb jest niska i wynosi od 0,95 $g \cdot kg^{-1}$ w utworach murszowatych do 1,23 $g \cdot kg^{-1}$ w murszach. Ilość ogólnego K w badanych glebach jest niewielka i waha się w poziomach powierzchniowych od 0,35 $g \cdot kg^{-1}$ do 0,49 $g \cdot kg^{-1}$. Zawartość ogólnego Mg w badanych poziomach powierzchniowych gleb wynosiła 3,98-6,65 $g \cdot kg^{-1}$, a Na ogólnego 0,28-0,44 $g \cdot kg^{-1}$ (tab. 2). Osady węglanowe zawierały więcej ogólnego Ca i Mg oraz mniej P i Na niż

poziomy powierzchniowe. Najwięcej ogólnego K stwierdzono w poziomach mineralnych położonych pod osadami węglanowymi.

Tab. 1. Niektóre właściwości chemiczne badanych gleb
Tab. 1. Some chemical properties of examined soils

Nr odkrywki	Głębokość (cm)	Symbol poziomu	Straty na żarzeniu	$CaCO_3$	Mfn	pH		C org.	N	C:N
			(%)			H_2O	KCl	($g \cdot kg^{-1}$)		
1	0-34	Mk	43,74	33,6	22,66	7,37	7,29	220,1	17,8	12,4
	34-66	Lm1	2,38	87,6	10,02	7,87	7,78	4,95	1,66	3,0
	66-126	Lm2	2,17	86,9	10,93	7,74	7,56	3,53	1,34	2,6
	126-140	2Gk1	1,98	9,9	88,12	7,58	7,44	2,46	1,22	2,0
	>140	2Gk2	0,64	3,7	95,66	7,32	7,23	1,62	0,98	1,7
2	0-27	Auk	19,23	59,4	21,37	7,72	7,58	88,4	8,39	10,5
	27-48	Lm1	3,46	96,2	0,34	8,08	8,04	5,33	1,55	3,4
	48-66	Lm2	2,24	90,0	7,76	8,07	8,04	4,47	1,49	3,0
	66-89	Lm3	0,96	95,7	3,34	8,03	8,01	2,19	1,11	2,0
	89-123	Lm4	0,89	84,5	14,61	7,99	7,91	1,92	1,09	1,8
	>123	Lm5	0,74	94,3	4,96	7,87	7,76	1,77	0,89	2,0
3	0-29	Auk	16,78	64,4	18,82	7,91	7,85	76,7	7,56	10,1
	29-36	Lm1	1,76	95,2	3,04	8,33	8,27	4,73	1,75	2,7
	36-48	Lm2	1,34	97,9	0,76	8,27	8,23	2,35	1,34	1,8
	48-75	Lm3	0,99	47,7	51,31	8,14	7,97	1,68	1,12	1,5
	75-132	Lm4	0,75	93,8	5,45	8,03	7,94	1,24	0,89	1,4
	> 132	2Gk	0,63	1,2	98,17	7,68	7,51	0,97	0,64	1,5

Mfn – mineralne frakcje nie węglanowe

Badane gleby charakteryzują się wysoką zawartością ogólnego Ca co odróżnia je od gleb murszowych wytworzonych z gytii detrytusowej [Gotkiewicz i in. 2006]. Wyróżniają się także bardzo niską zawartością ogólnego K i P podobnie jak gleby pobagienne opisane przez Niedźwieckiego i Łyducha [1992].

Pod względem zawartości mikroelemntów można stwierdzić niską zawartość ogólnego Zn i Cu (tab. 2) w poziomach powierzchniowych. Zawartość mikropierwiastków w badanych osadach wapiennych oprócz ogólnego manganu była wyraźnie niższa w porównaniu z poziomem powierzchniowym (tab. 2). Zawartość mikroelemntów pod względem ich zawartości w poziomie powierzchniowym badanych można uszeregować w następujący sposób: Fe > Mn > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd. Badane gleby wykazywały naturalną zawartość Pb, Zn, Cu, Ni i Cd [Kabata-Pendias i in. 1995]. Nie stwierdzono także przekroczenia dopusz-

czalnych norm zawartości Zn, Cd, Cu, Ni i Pb w glebie określonych w Rozporządzeniu…2002.

Tab. 2. Zawartość ogólnych form makro- i mikroelemntów w badanych glebach
Tab. 2. Content of total macro- and microelemntów in examined soils

Nr odkrywki	Głębokość (cm)	P	K	Mg	Ca	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
		($g \cdot kg^{-1}$)					($mg \cdot kg^{-1}$)						
1	0-34	1,23	0,49	4,35	192,5	0,44	11658	297,7	21,22	5,87	18,74	0,38	7,13
	34-66	0,16	0,33	7,08	423,4	0,31	2599	325,5	3,45	1,12	0,46	0,03	1,23
	66-126	0,15	0,32	6,87	415,6	0,29	2584	344,2	3,33	0,78	0,30	0,02	1,09
	126-140	0,39	5,15	6,46	65,6	0,21	16324	167,1	22,13	4,58	6,72	0,01	4,31
	>140	0,22	1,53	4,40	46,1	0,13	8077	115,6	16,78	3,07	7,56	0,01	5,33
2	0-27	0,95	0,35	6,65	397,3	0,28	9879	368,4	16,84	3,95	12,40	0,29	3,87
	27-48	0,22	0,08	8,43	465,2	0,23	2833	447,8	0,83	0,12	1,13	0,09	1,90
	48-66	0,24	0,04	7,80	432,7	0,18	2438	411,2	2,56	0,09	0,85	0,07	1,63
	66-89	0,23	0,18	5,03	474,2	0,16	2269	327,1	6,78	0,34	2,24	0,06	1,34
	89-123	0,16	0,77	5,15	412,2	0,15	3746	338,3	8,12	1,09	2,50	0,05	0,97
	>123	0,19	0,47	5,07	437,5	0,16	2687	356,4	4,34	1,45	0,874	0,04	0,85
3	0-29	1,06	0,43	3,98	404,8	0,32	7801	406,9	14,78	5,67	11,87	0,38	4,83
	29-36	0,13	0,11	6,06	471,3	0,27	2306	270,1	3,26	0,94	1,03	0,09	1,98
	36-48	0,12	0,09	5,96	465,2	0,23	3304	262,3	3,08	0,64	0,86	0,06	1,53
	48-75	0,19	1,43	4,24	301,2	0,19	2368	475,8	7,89	0,40	0,77	0,04	0,87
	75-132	0,14	0,44	4,53	467,0	0,16	3446	463,5	3,85	1,24	0,68	0,02	0,21
	> 132	0,11	1,45	2,35	21,2	0,06	7562	79,9	16,07	2,73	2,34	1,11	4,89

Badane wody gruntowo-glebowe charakteryzowały się odczynem zasadowym i zróżnicowaną zawartością $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NO_2$ oraz N ogólnego (tab. 3). Zawartość azotu $N\text{-}NH_4$ w badanych wodach gruntowo-glebowych wahała się od 0,70 do 3,55 $mg \cdot dm^{-3}$ i był to szerszy zakres niż w przypadku różnie użytkowanych łąk na glebach torfowo-murszowych opisanych przez Kiryluka [2003]. Uzyskane wyniki zawartości azotu $N\text{-}NH_4$ w badanych wodach były niższe niż uzyskane wiosną przez Raube [2009] dla wód gruntowo-glebowych w obrębie występowania gleb organicznych. Zawartość azotu $N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NO_2$ w badanych wodach gruntowo-glebowych wahała się od 0,20 do 0,85 $mg \cdot dm^{-3}$. Otrzymane wyniki były wyraźnie niższe niż zawartość azotu $N\text{-}NO_3$ w wodach gruntowo-glebowych dla różnie użytkowanych łąk [Kiryluk 2003]. Jak twierdzi Rauba [2009] największą zawartością azotu $N\text{-}NH_4$ i $N\text{-}NO_3$ charakteryzują się wody gruntowe z obszarów występowania gleb organicznych, gdzie zachodzi proces murszenia i mineralizacji podczas, którego uwalniany jest azot. Dodatkowo stężenie azotu $N\text{-}NH_4$ i $N\text{-}NO_3$ ulega sezonowym wahaniom, uzależnionym także od fazy wzrostu roślin co potwierdza także [Kiryluk 2003]. Zawartość azotu ogólnego w badanych wodach gruntowo-glebowych wahała się od 0,95 do 4,60 $mg \cdot dm^{-3}$. Pod względem zawartości azo-

tu $N\text{-}NH_4$ badane wody gruntowo-glebowe z obiektu 1 i 2 można zaliczyć do II klasy czystości, a z obiektu 3 do V klasy czystości zgodnie z Rozporządzeniem… 2008.

Tab. 3. Niektóre właściwości chemiczne badanych wód gruntowo-glebowych
Tab. 3. Some chemical properties of examined ground-soil waters

Numer stanowiska	pH	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3 + N\text{-}NO_2$	N ogólny
		[mg·dm^{-3}]		
1	7,6	0,95	0,55	3,4
2	7,56	0,7	0,2	0,95
3	7,75	3,55	0,85	4,6

Tab. 4. Zawartość ogólnych form makro- i mikroelementów w badanych wodach gruntowo-glebowych.
Tab. 4. Content of total macro- and microelements in examined ground-soil waters

Numer stanowiska	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Cd	Pb
	[mg·dm^{-3}]											
1	54,55	15,72	19,03	53,76	0,042	0,346	0,019	0,024	0,033	0,097	0,011	n. o.
2	64,42	16,41	1,02	33,44	0,025	0,308	0,033	0,024	0,029	0,109	0,018	n. o.
3	134,1	65,48	24,45	132,36	0,075	0,372	0,02	0,023	0,013	0,11	0,015	n. o.

Natomiast zawartość azotu $N\text{-}NO_3 + N\text{-}NO_2$ nie przekroczyła zawartości azotu $N\text{-}NO_3$ dla wód podziemnych bardzo dobrej jakości. Pod względem zawartości makropierwiastków w badanych wodach gruntowo-glebowych można uszeregować je w następujący sposób: Ca > Mg > Na > K (tab. 4). W badanych wodach spośród mikropierwiastków stwierdzono największe ilości Mn i Fe, koncentracja pozostałych metali ciężkich kształtowała się różnie (tab. 4). Otrzymane wyniki zawartości makro i mikropierwiastków w badanych wodach gruntowo-glebowych porównano z wartościami granicznymi dla wód gruntowych określonymi w Rozporządzeniu… [2008]. Badane wody pod względem zawartości Zn charakteryzowały się bardzo dobrą jakością. Zawartość Ca, Mg, Na, Fe, Mn i Cu pozwala zakwalifikować je do wód dobrej jakości, a ilość K i Co odpowiada zawartości tych pierwiastków w wodach zadowalającej jakości. Natomiast zawartość Ni i Co była na poziomie odpowiednio IV i V klasy czystości wód podziemnych.

Badane wody gruntowo-glebowe występują na obszarze zlewni Jeziora Miedwie, której obszar charakteryzuje się dużym udziałem użytków rolnych w całkowitej powierzchni gruntów. Wzrost ilości gospodarstw z intensywną produk-

cją zwierzęcą i roślinną opartą głownie na nawożeniu mineralnym, skutkuje pogorszeniem jakości środowiska glebowego i wodnego omawianego obszaru [Durkowski 2005]. Z uwagi na wykorzystanie wód Miedwia, jako wody pitnej dla mieszkańców Szczecina należy zwrócić szczególną uwagę, na jakość wód powierzchniowych, gruntowo-glebowych i podziemnych występujących w zlewni akwenu.

WNIOSKI

1. Badane gleby reprezentują rzędy gleb: glejoziemnych i czarnoziemnych, typy gleb: glejowych i murszastych. Charakteryzują się znaczną ilością $CaCO_3$ w poziomach powierzchniowych.
2. Zawartość ogólnego Ca w badanych płytkich glebach pobagiennych jest wysoka, a ogólnego P, K, Zn i Cu niska, zaznacza się wpływ węglanowych osadów limnicznych na właściwości chemiczne poziomu powierzchniowego.
3. Wody gruntowo-glebowe występujące w pobliżu wykonanych odkrywek glebowych charakteryzowały się odczynem zasadowym, zawartością azotu $N\text{-}NH_4$ odpowiadającej wodom podziemnym dobrej i złej jakości, a pod względem zawartości azotu $N\text{-}NO_3$ wodom bardzo dobrej jakości.
4. Zawartość badanych makroelementów w wodach gruntowych odpowiadała II i III klasie czystości wód gruntowych. Natomiast zawartość mikropierwiastków odpowiadała klasom czystości wód podziemnych od I do V.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy nr N N305 031139.

LITERATURA

1. GOTKIEWICZ J., PAWLUCZUK J., PIWOWARSKA M., 2006: Zawartość składników mineralnych w glebach gytiowo-murszowych obiektu Gązwa. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t. 6 z. 2 (18) s. 65-75.
2. KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C., 1995: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb (metale ciężkie, siarka i WWA). Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995.
3. KIRYLUK A., 2003: Wpływ sposobu użytkowania torfowiska niskiego na zawartość biogenów i innych składników w wodach gruntowych i w wo-

dach z rowów melioracyjnych na obiekcie Supraśl Dolna. Acta Agrophisica 1(2), s. 245-253.
4. KIRYLUK A., 2009: Proces grądowienia w pobagiennych ekosystemach łąkowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie 2009: t. 9 z.4 (28), s.59-69.
5. KRZYWONOS K. 1993. Organogeniczne gleby węglanowe na kredzie jeziornej. Charakterystyka i klasyfikacja. Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, t.17, z. 3, s. 37-55.
6. MELLER. E., 2006: Płytkie gleby organogeniczno-węglanowe na kredzie jeziornej i ich przeobrażenia w wyniku uprawy. AR w Szczecinie, rozprawy nr 233.
7. NIEDŹWIECKI E., ŁYDUCH L., 1992: Zawartość niektórych mikroelementów w glebach gytiowo-murszowych oraz w roślinności trawiastej nad Jeziorem Miedwie.VII Sympozjum nt. Mikroelementy w rolnictwie Kom. Gleboznawstwa i Chemii Rolnej PAN we Wrocławiu, Katedra Chemii Rolniczej AR we Wrocławiu. 16-17 września 1992, s. 340-342.
8. RAUBA M., 2009: Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych zleni użytkowanej rolniczo na przykładzie zlewni rzeki Śliny. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 40, s. 505-512.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz. U. Nr 143. Poz. 896
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U. Nr 165, poz. 1358 i 1359.
11. SYSTEMATYKA GLEB POLSKI, 2011: Wydanie V. Rocz. Glebozn. 62 (3), s. 1-193.
12. DURKOWSKI T., 2005: Jakość wód gruntowych i powierzchniowych na obszarze szczególnie narażonym (zlewnia Jeziora Miedwie). Warszawa 2005. Inżynieria Ekologiczna nr 12, s. 23-24.

PROPERTIES OF POST-BOG SOILS DEVELOPED ON LACUSTRINE CHALK AND RATE GROUND SOIL WATER PROPERTIES

S u m m a r y

Shallow post-bog soils on lacustrine chalk are characterised by a specific texture connected with their two-stage genesis. Ongoing muck-formation process affects physicochemical and chemical properties of surface horizon of organogenic soils. The material on which the soils developed is of great importance as well as their use and moisture. Chemical composition of groundwater varies and is often related to agricultural use of the area within the catchment area. Soil-ground waters of the catchment area under agricultural use differ in the degree of contamination, the content of nitrogen and its forms and macro-and micro-elements.

Key words: post-bog soils, , ground-soil waters , lacustrine chalk , soil chemical properties

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 149

Nr 29 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

MARIUSZ ANTOLAK*

PROBEMY ZAGOSODAROWANIA TURYSTYCZNEGO REZERWATÓW PRZYRODY NA PRZYKŁADZIE REZERWATU PRZYRODY DOLINA RZEKI WAŁSZY

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono wybrane problemy zagospodarowania turystycznego rezerwatów przyrody w Polsce. Problem opisano na przykładzie rezerwatu przyrody „Dolina rzeki Wałszy", na terenie którego dokonano inwentaryzacji i waloryzacji elementów zagospodarowania turystycznego oraz przedstawiono propozycję jego uzupełnienia o nowe elementy zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Słowa kluczowe: zagospodarowanie turystyczne, rezerwat przyrody, rzeka Wałsza, zrównoważony rozwój, inwentaryzacja i waloryzacja

WSTĘP

Rezerwaty przyrody obejmują obszary wyróżniające się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, kulturowymi lub walorami krajobrazowymi. Dla rezerwatów przewidziano możliwość wprowadzenia szeregu zakazów uniemożliwiających rozwój zagospodarowania turystycznego. Regionalny dyrektor ochrony środowiska może zezwolić na stosunkowo duże odstępstwa od tych ograniczeń, jeżeli jest to uzasadnione, m.in. celami edukacyjnymi, kulturowymi, turystycznymi, rekreacyjnymi, sportowymi lub celami kultu religijnego i nie spowoduje to negatywnego oddziaływania na cele ochrony przyrody rezerwatu przyrody [Ustawa... 2004]. Na obszarze rezerwatu przyrody turystyka powinna być podporządkowana przede wszystkim ochronie przyrody i różnorodności biologicznej.

W pracy poruszono problem zagospodarowania turystycznego rezerwatów przyrody w Polsce na przykładzie rezerwatu „Dolina rzeki Wałszy". Dokonano szczegółowej analizy istniejącej infrastruktury turystycznej obiektu, określono

* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Architektury Krajobrazu i Agroturystyki.

wytyczne umożliwiające uatrakcyjnienie przebiegu ścieżki edukacyjnej, odtworzenie oraz wprowadzenie nowych form zagospodarowania turystycznego. Wynikiem przeprowadzonych analiz są koncepcje projektowe zagospodarowania turystycznego wybranych miejsc znajdujących się na terenie rezerwatu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Praca składa się z dwóch odrębnych części. W pierwszej z nich przedstawiono wybrane problemy związane z zagospodarowaniem turystycznym rezerwatów przyrody w Polsce, opierając się na literaturze przedmiotu (metoda monografii) oraz inwentaryzacji wybranych obiektów. Drugą część pracy stanowi podsumowanie wyników obozu naukowo-badawczego Koła Naukowego Architektów Krajobrazu „Horyzont", który miał miejsce na terenie rezerwatu „Dolina rzeki Wałszy" w dniach 24-31 lipca 2010 r. [Antolak i in. 2010]. Na podstawie materiałów wyjściowych określono stan istniejący zagospodarowania turystycznego rezerwatu przyrody. Teren poddano analizom, które obejmowały: inwentaryzację i waloryzację oraz określenie wytycznych projektowych. Dla rezerwatu opracowano koncepcję projektową zagospodarowania turystycznego. Inwentaryzację przedstawiono w formie opisowej, kartograficznej oraz za pomocą dokumentacji fotograficznej. Waloryzacji podlegał stan techniczny infrastruktury turystycznej, który został przedstawiony w 3 – stopniowej skali (1 – stan techniczny zły, 2 – stan techniczny średni, 3 – stan techniczny dobry).

WYBRANE PROBLEMY ZAGOSPODAROWANIA TURYSTYCZNEGO REZERWATÓW PRZYRODY W POLSCE

Wykorzystywanie rezerwatów dla celów turystycznych od wielu lat wzbudza dyskusje, a opinie na ten temat są bardzo zróżnicowane. O dopuszczalności turystycznego użytkowania rezerwatów powinny decydować zapisy w rozporządzeniu o utworzeniu danego obiektu [Staniszewska-Ząbek 2009]. Rezerwaty przyrody są obiektami chętnie odwiedzanymi przez turystów. Wielkość ruchu turystycznego jest uzależniona od wielu czynników. Wpływają na nią m.in.: atrakcyjność obiektu (walory turystyczne i krajobrazowe), istniejące zagospodarowanie turystyczne i sportowe, bliskość aglomeracji miejskich, przyzwyczajenia i tradycje w polskim ruchu turystycznym [Kasprzyk 1977]. Obecność turystów w rezerwatach generuje potrzebę kształtowania odpowiedniej struktury przestrzennej zbiorowisk roślinnych, wyposażenia w obiekty i urządzenia przeznaczone do pobytu ludzi [Ważyński 1997]. Elementy zagospodarowania przestrzennego pomagają we właściwym sterowaniu ruchem turystycznym i mogą przyczyniać się do ochrony poszczególnych siedlisk. Właściwie wytyczone

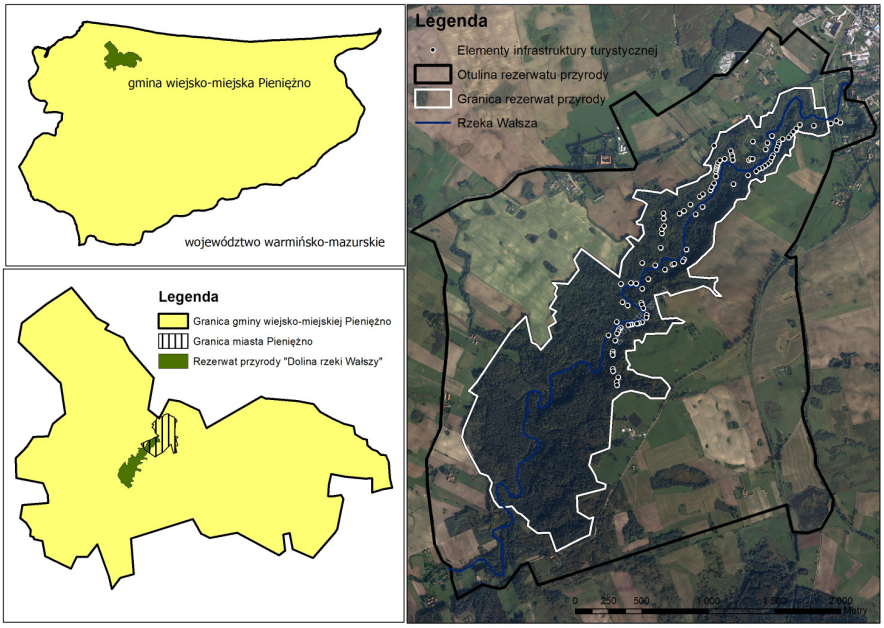
ścieżki, odpowiednia ilość ławek, koszy na śmieci oraz tablice informacyjne, umiejętnie wpisane w krajobraz, mogą stanowić dodatkową wartość estetyczną rezerwatu. Obiekty te zapewniają turystom bezpieczeństwo w poruszania się po rezerwacie, stwarzają możliwość poznania walorów przyrodniczych i kulturowych oraz pełnią istotną funkcję edukacyjną. Infrastruktura turystyczna może jednak kolidować z regułami ochrony przyrody. W najcenniejszych przyrodniczo obszarach zagospodarowanie turystyczne jest dość słabo rozwinięte, co stanowi jeden z elementów tzw. oporu środowiska przyrodniczego [Kożuchowski 2005]. Dużym problemem funkcjonowania zagospodarowania turystycznego na terenach cennych przyrodniczo są akty wandalizmu. Uszkodzeniom ulegają nie tylko obiekty pochodzenia antropogenicznego, ale i elementy biotyczne i abiotyczne środowiska, występujące w sąsiedztwie ciągów spacerowych. Nierzadko trudno o kompromis pomiędzy lokalizacją obiektów zagospodarowania turystycznego, a ochroną elementów cennych przyrodniczo. Problemem jest również presja inwestycyjna w okolicy rezerwatów zlokalizowanych na terenach miejskich i podmiejskich. Istotną barierą uniemożliwiającą realizację lub wymianę elementów zagospodarowania turystycznego jest często brak środków finansowych. Ze względu na utrudnienia w dostępie do rezerwatów oraz niekorzystne warunki ekofizjograficzne zagospodarowanie przestrzenne ogranicza się w wielu przypadkach do typowych elementów małej architektury, o wątpliwych wartościach estetycznych. Problemem jest także nijaki system wizualnej identyfikacji obiektów. Jakość materiału graficznego (tablice informacyjne, loga) pozostawia wiele do życzenia. Informacje na tablicach są „nudne" oraz podobne na terenie większości obiektów. W rezerwatach występują również wyraźne braki w oznaczeniach tras, brakuje informacji o ich przebiegu oraz czasie jaki jest potrzebny na ich pokonanie.

REZERWAT PRZYRODY „DOLINA RZEKI WAŁSZY"

Rezerwat przyrody „Dolina rzeki Wałszy" położony jest na terenie gminy Pieniężno, w województwie warmińsko-mazurskim (rys. 1). Rezerwat zajmuje powierzchnię 205,74 ha. Całość stanowi własność Skarbu Państwa w zarządzie Nadleśnictwa Orneta. W skład rezerwatu wchodzi obszar lasów, wód, bagien, użytków rolnych i gruntów pod budynkami. Celem ochrony rezerwatu jest zachowanie walorów krajobrazowych przełomowego odcinka doliny rzeki Wałszy porośniętej typowo wykształconymi zbiorowiskami grądowymi i łęgowymi. Jest to rezerwat krajobrazowy (K), typu krajobrazów naturalnych (kn), typ leśny i borowy (EL), podtyp – lasów nizinnych (lni). Utworzony został on w 1957 r. [Zarządzenie... 1957]. Obszar ten przed II wojną światową tętnił życiem, przyciągając atrakcjami licznych turystów. W granicach obecnego rezerwatu znajdowała się m.in. strzelnica, boiska sportowe, korty tenisowe i basen.

Dziś o świetności tego miejsca przypominają jedynie pozostałości tych obiektów oraz stare fotografie [Plan ochrony 2006]. W północnej części rezerwatu znajduje się ścieżka edukacyjna wymagająca generalnego przebudowania. Obecna infrastruktura turystyczna na terenie opracowania zlokalizowana jest głównie wzdłuż ścieżki edukacyjnej, biegnącej po obu brzegach rzeki Wałszy. Jej długość wynosi około 6 km.

W terenie pracowano na mapach topograficznych z wcześniej naniesionym przebiegiem szlaku turystycznego. Zinwentaryzowano 75 punktów, w których stwierdzono występowanie 139 elementów zagospodarowania turystycznego. W terenie wyznaczono ponadto 26 miejsc, dla których przedstawiono koncepcje projektowe.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru opracowania na tle podziału administracyjnego oraz ortofotomapy [Oprac. aut. na podstawie www.geoportal.gov.pl]
Fig. 1. Location of the analyzed area within the administrative division and an orthophotomap [auth. according to www.geoportal.gov.pl]

Na terenie rezerwatu przyrody zinwentaryzowano, m.in.: 43 tablice informacyjne, 22 drewniane mostki/kładki, 14 koszy na śmieci, 8 pojedynczych ławek i 6 ławek zespolonych ze stołami. Przeprowadzona waloryzacja elementów zagospodarowania turystycznego wykazała, że stan techniczny tych obiektów

nie jest najlepszy. 26,6% obiektów posiada zły stan techniczny, 39,6% średni, a zaledwie 33,8% dobry (fot. 1-4).

Fot. 1-4. Wybrane elementy zagospodarowania turystycznego rezerwatu przyrody "Dolina rzeki Wałszy" - dokumentacja fotograficzna [Antolak i in. 2010]
Phot. 1-4. Selected components of the tourist management –"The Wałsza River Valley" Nature Reserve - photographic documentations [Antolak et al. 2010]

Po przeprowadzonej analizie materiału wejściowego opracowano wytyczne projektowe koncepcji zagospodarowania szlaku turystycznego. Głównymi założeniami koncepcji było:

- stworzenie niepowtarzalnego charakteru miejsca, wprowadzenie elementów „baśniowości", nadanie „baśniowych" nazw poszczególnym miejscom, np. „Dolina wymarłych jesionów", „Dolina elfów",
- stworzenie szlaku umożliwiającego dogodne poruszanie się turystom poprzez poprawę/wymianę nawierzchni w miejscach stromych, śliskich i podmokłych oraz wprowadzenie barierek i poręczy zabezpieczających,
- wprowadzenie w miejscach podmokłych i trudnych do przebycia drewnianych kładek i pomostów,
- wprowadzenie nowych tablic, znaków informacyjnych o jednakowej formie, wykonanych z naturalnych materiałów,

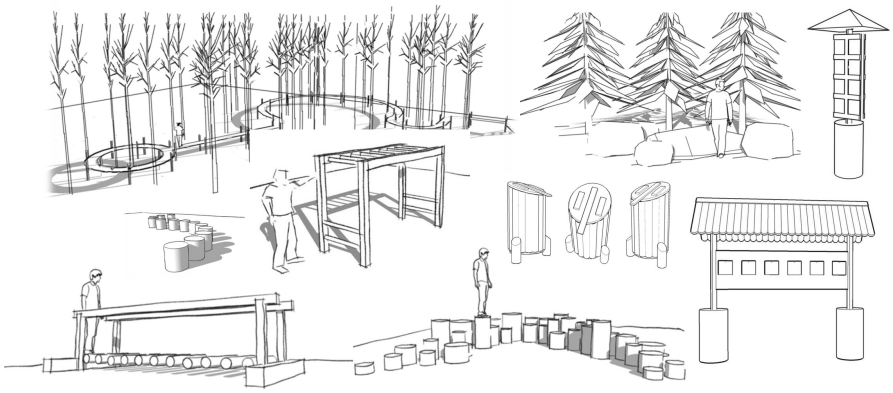
- stworzenie map orientacyjnych z oznaczeniem miejsc przystankowych oraz z lokalizacją punktu, w którym się obecnie znajdujemy,
- odsłonięcie punktów widokowych poprzez trzebież roślinności.

Istniejący szlak pieszy zróżnicowano na 3 rodzaje ścieżek, mających odrębne funkcje: ścieżka edukacyjna, ścieżka zdrowia oraz ścieżka historyczno-sakralna. Jedną z proponowanych tras jest ścieżka edukacyjna. Głównymi użytkownikami tej trasy mają być docelowo dzieci i młodzież szkolna. Fakt ten został uwzględniony przy wyznaczaniu trasy ścieżki – jej długość i stopień trudności. Przewidziana infrastruktura na tym terenie to szereg tablic informacyjnych, przedstawiających i opisujących ciekawe zjawiska zachodzące na tym obszarze, jak i wybrane gatunki flory i fauny. Dzięki zaproponowanym elementom zagospodarowania turystycznego przewidziano naukę poprzez doświadczenie i zabawę, poznawanie świata za pomocą wszystkich zmysłów i czerpanie z tego niezapomnianych wrażeń.

Kolejną z zaproponowanych tras jest ścieżka zdrowia (rekreacyjno-sportowa). Początek szlaku przewidziano przy boisku w Pieniężnie. Teren ten miałby być integralną częścią tej ścieżki i pełnić funkcję miejsca do ćwiczeń fizycznych. W tym celu zaproponowane zostało wprowadzenie urządzeń sportowych oraz tablic informacyjnych z opisem sposobu wykonywania poszczególnych czynności. Trasa w większości pokrywa się z przebiegiem istniejącej ścieżki, której sąsiedztwo uzupełniono o liczne obiekty sportowe (ruchomy pomost, palisada, równoważnia, slalom, drabinka pozioma, płotki, ścianka, pochylnie, drążki, ławki itp.). Ścieżka historyczno-sakralna bierze swój początek przy drodze prowadzącej z pobliskiego klasztoru księży Werbistów do wieży widokowej, po drugiej stronie rzeki Wałszy. Na trasie znajdują się elementy zabytkowe, tj. grodzisko i obiekty sakralne – kapliczka Werbistów oraz obiekty kultu religijnego (cudowne źródełko). Na szlaku zaproponowano umieszczenie tablic prezentujące historię powstania kapliczki, legendy o cudownym źródełku, informację o istnieniu dawnego grodziska itp.

Dla rezerwatu zaproponowano szereg obiektów małej architektury (rys. 2). Podstawowym elementem zagospodarowania turystycznego są tablice informacyjne. Wizualną identyfikację obiektu powinny stanowić tablice o różnym charakterze informacji, wykonane z naturalnych materiałów – ciemne drewno, z wyrytymi napisami. Dla rezerwatu zaproponowano 5 typów tablic informacyjnych: witacz, tablica duża (zawierająca treść ze zdjęciem, tablica o konstrukcji drewnianej, zadaszona), tablica mała (zawierająca nazwę gatunku: polską i łacińską), tablica „CIEKAWOSTKI", tablica z mapą poglądową rezerwatu i informacją „tu jesteś"). Zaproponowano ponadto dwa typy znaków informacyjnych: drogowskaz (wskazujący drogę w kierunku rezerwatu) oraz kierunkowskaz (umiejscowiony na terenie rezerwatu, przy rozwidleniach dróg). Podczas prac inwentaryzacyjnych dostrzeżono konieczność wprowadzenia na tere-

nie rezerwatu systemu siedzisk i ławek. Zaproponowano wykonanie siedzisk z naturalnych materiałów, współgrających z charakterem rezerwatu (bale drewniane, połówki bali drewnianych oraz pieńki). Dodatkowym materiałem może być kamień albo beton (zamaskowany) wykorzystany jako podstawa siedziska. Materiał ten będzie dobrze izolował siedziska od wilgotnego podłoża.



Rys. 2. Wybrane elementy zagospodarowania turystycznego - propozycja opracowana dla rezerwatu przyrody "Dolina rzeki Wałszy" [Antolak i in. 2010]
Fig. 2. Selected components of the tourist management – a proposal for "The Wałsza River Valley" Nature Reserve [Antolak et al. 2010]

W celu podkreślenia tajemniczości i niepowtarzalności obiektu zaproponowano wprowadzenie elementów baśniowych, takich jak rysunki twarzy ludzkich na głazach oraz pniach obumarłych drzew. Kolejną propozycją są naturalne głazy (kamienie), umiejscowione przy ścieżce, służące jako miejsce do odpoczynku. Mogą być również miejscem oznakowania danego szlaku, co ułatwi orientację w terenie. Innym przykładem, wykorzystującym naturalne elementy, jest przejście przez rzekę po specjalnie ułożonych kamieniach. Kolejną propozycją jest tzw. „Dolina wymarłych jesionów", która stanowi miejsce pełne tajemniczości i grozy jaką mogą wywołać w nas zamierające drzewa. Zaprojektowano tu drewniany pomost, nawiązujący swoim kształtem do meandrów rzeki Wałszy [Antolak i in. 2010].

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Odpowiednie zagospodarowanie turystyczne na obszarach chronionych może przyczynić się do uniemożliwienia degradacji środowiska poprzez racjonalne wytyczenie szlaków dla turystów, ale także być okazją do zdobycia profitów

finansowych dla lokalnej społeczności [Poskrobko 2005]. Elementy zagospodarowania turystycznego występują powszechnie w wielu polskich rezerwatach przyrody. Umiejętnie wkomponowane w ich przestrzeń mogą wpływać pośrednio na ochronę przyrody oraz właściwie kształtować świadomość ekologiczną społeczeństwa. Z funkcjonowaniem tych elementów wiąże się jednak również wiele problemów. Głównym z nich są powszechne akty wandalizmu związane z ograniczonymi możliwościami monitoringu tych obiektów.

Rezerwat „Dolina rzeki Wałszy" nie pełni obecnie należycie swoich funkcji dydaktyczno-turystycznych. Podjęte działania miały na celu wyeksponowanie walorów przyrody i wyjątkowych wnętrz krajobrazowych. Stworzenie nowych elementów ułatwi wędrówkę przez trudne do przejścia szlaki turystyczne. Zmodernizowana infrastruktura turystyczna umożliwi działania edukacyjne, badania naukowe i zabiegi ochronne na obszarze rezerwatu. Wprowadzona mała architektura pozwoli urozmaicić pieszą wędrówkę po urokliwych i klimatycznych miejscach znajdujących się w rezerwacie.

LITERATURA

1. ANTOLAK, M.; KOŁAKOWSKA, B.; BOROWSKA, A.; DOBRZYŃSKA, O.; KOWALEWSKA, J.; KOWALSKI, P.; MICKA, S.; MISIŁO, D.; ROSZKOWSKA, D.; SZCZEPKOWSKA, E.; 2010. Koncepcja programowo-przestrzenna zagospodarowania ścieżki edukacyjnej w rezerwacie przyrody Dolina rzeki Wałszy. Kierownik naukowy mgr inż. arch. kraj. M. ANTOLAK, Koło Naukowe Architektów Krajobrazu „Horyzont", Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.
2. KASPRZYK, S.; 1977. Turystyczne zagospodarowanie lasu. PWRiL, Warszawa; 80-86.
3. KOŻUCHOWSKI, K.; 2005. Walory przyrodnicze w turystyce i rekreacji, Wydawnictwo Kurpisz S.A., Poznań.
4. Plan ochrony rezerwatu przyrody "Dolina rzeki Wałszy" (dokumentacja prac wykonanych na potrzeby sporządzenia planu). 2006. Środowisko s.c., Giżycko (maszynopis).
5. POSKROBKO, B. (red.); 2005, Zarządzanie turystyką na obszarach przyrodniczo cennych, Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Białymstoku, Białystok.
6. STANIEWSKA-ZĄTEK, W.; 2009. Turystyka a przyroda Polski i jej ochrona. Cz. II. Turystyka na obszarach prawnie chronionych. Studia Peregietica 3 (3); 80-81.
7. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880, z późn. zm.).
8. WAŻYŃSKI, B.; 1997. Urządzanie i zagospodarowanie lasu dla potrzeb turystyki i rekreacji. Wyd. AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, s. 141.

9. Zarządzenie Ministra Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z dnia 30 kwietnia 1957 r. w sprawie uznania za rezerwat przyrody (M. P. Nr 41, poz. 265).
10. Zarządzenie Nr 68 Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Olsztynie z dnia 2 listopada 2010 r. w sprawie rezerwatu przyrody „Dolina Rzeki Wałszy" (Dz. Urz. Woj. Warm.-Maz. z 2010 r. Nr 182 poz. 2312).

ISSUES OF TOURIST MANAGEMENT OF NATURE RESERVE: A CASE STUDY OF THE WAŁSZA RIVER VALLEY NATURE RESERVE

Summary

The paper discusses selected problems related to the land management of nature reserves in Poland. This question has been addressed by analyzing a nature reserve located in the Wałsza Rivery valley, where an inventory and valuation of tourist management components have been made, and a proposal put forward as how they could be enriched with new elements according to the principles of sustainable development.

Key words: tourist management, nature reserve, the Wałsza River, sustainable development, inventory, valuation

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 149

Nr 29 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

ALEKSANDRA JANICKA[**]

TEMPELHOF – PARK WOLNOŚCI, PRZYKŁAD ADAPTACJI LOTNISKA NA PARK KULTUROWY

S t r e s z c z e n i e

Lotnisko Tempelhof – niegdyś jeden z największych portów lotniczych w Europie, przez wiele lat kluczowe lotnisko Berlina, ostatnio wzbudzał wiele sporów wśród mieszkańców. Po kilku latach debat ostatecznie 6. marca 2013 roku zatwierdzono Master Plan – Plan zagospodarowania, w myśl którego wydaje się że będzie to jedna z najciekawszych europejskich inwestycji przestrzennych centrum miast najbliższej dekady.

Słowa kluczowe: Tempelhof, park kulturowy, rewitalizacja, plan zagospodarowania, konsultacje społeczne, Berlin.

WPROWADZENIE

Dzień 6 marca 2013 roku był znaczącą datą dla jednej z największych sto-lic Europy. W końcu, po wielu debatach i kampaniach społecznych, przyjęty został Master Plan – strategiczny plan zagospodarowania dla zamkniętego w 2008 roku lotniska Tempelhof. I chociaż decyzja o zamknięciu została podjęta już w 1994 roku, lotnisko funkcjonowało jeszcze przez kilka lat aż do referendum w roku 2008. Mieszkańcy w ilości 60,1% większości głosów ostatecznie poparli wcześniejsze postanowienie władz miasta. Oficjalne pożegnanie i zamknięcie odbyło się 30.10.2008 roku. Mimo, że nie było pewności co do dalszych losów tego miejsca, nie był to koniec, ale jedynie początek nowej historii.

Artykuł ma na celu prezentacje jednej z najnowszych koncepcji planistycznych Berlina, która dotyczy zagospodarowania terenu byłego lotniska. Jest to projekt bardzo interesujący i inny od poprzednich, ponieważ dotyczy dość dużej, wolnej przestrzeni w centrum miasta, a przy jego opracowaniu największy nacisk położony został na konsultacje społeczne. Najważniejszą decyzyjność posiadali mieszkańcy, a wszystkie zmieniające się koncepcje podlegały ich

[*] doktorantka Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Planowania Przestrzennego

ocenie. Prace nad ostatecznie przyjętym Master Planem trwały od zamknięcia lotniska w 1994 roku. Większość materiałów do artykułu pozyskana została dzięki przychylności Senatu Berlina wydziału do spraw planowania i rozwoju miasta. Do wglądu udostępnione zostały opracowania statystyczne, przykładowe plany zagospodarowania, przeprowadzone analizy oraz ankiety. Nie bez znaczenia były również informacje pozyskiwane z systematycznie uaktualnianej strony internetowej, administrowanej przez spółkę „Tempelhofer Freiheit", która zarządza realizacją projektu. Wspomnieć należy, iż temat Tempelhofu był również szczegółowo i systematycznie komentowany w ogólnodostępnej prasie codziennej. Tak duży, wolny i przeznaczony do nowego zagospodarowania teren, w ścisłym centrum jednej z metropolii europejskich, jest sytuacją nietypową i trudną dla władz miasta i planistów przestrzennych. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji i analizy zebranych materiałów powstało poniższe podsumowanie, które prócz omówienia projektu zwraca szczególną uwagę na znaczenie konsultacji społecznych w procesie planowania miejskiego. Pomysł na zagospodarowanie tego terenu, kształtował się przez blisko dwadzieścia lat po czym ostatecznie sformułowany projekt.

TEMPELHOF – POCZĄTKI

W l924 roku rozpoczęto budowę lotniska na terenie, które wcześniej służyło jako poligon i plac defilad, a którego obszar był dużo większy niż dzisiaj. W tym miejscu we wrześniu 1909 roku odbył się pokazowy, spektakularny lot aeroplanem pilotowanym przez Orville Wrighta. Już w 1930 roku działający Tempelhof pod względem obsługi pasażerów oraz ilości połączeń lotniczych z ponad siedemdziesięcioma miastami, w tym dwudziestoma pięcioma niemieckimi, był największym lotniskiem na świecie. Prawdziwie spektakularnym przekształceniom i przebudowie obiekt poddany został w latach 30tych XX wieku, kiedy to w 1935 roku na polecenie Hermanna Göringa, główny architekt Ernst Sagabiel otrzymał zlecenie na projekt przypominający swoim kształtem rozpostarte skrzydła orła. Budowa rozpoczęta została wiosną 1936 roku. Terminal o długości 1,2 kilometra był najdłuższą na owe czasy budowlą świata. Po wojnie w latach 1948-1949, podczas blokady zachodnich sektorów Berlina, trwającej blisko jedenaście miesięcy, Tempelhof pełnił funkcję swoistego mostu powietrznego dostarczającego zaopatrzenie mieszkańcom.

Czasem największej prosperity były lata siedemdziesiąte XX wieku, kiedy to jako lotnisko cywilne obsługiwało rocznie ponad 4,779 mln pasażerów. Dane te jednak z roku na rok malały, a z powodu dodatkowych przyczyn, jakimi były między innymi plany budowy lotniska Berlin-Brandenburg International, podjęto decyzję o jego zamknięciu. W roku 1995 port lotniczy Tempelhof ustawowo został objęty prawem ochrony zabytków.

TEMPELHOF – PARK WOLNOŚCI

Po krótkiej przerwie Tempelhof został ponownie oddany do użytku publicznego 8 maja 2010 roku, tym razem jednak jako park miejski. Położony jest w siódmej co do wielkości dzielnicy Tempelhof-Schöneberg i zajmuje obszar 386 hektarów, co stanowi 0,433% powierzchni miasta. Jest więc większy od największego dotychczas berlińskiego parku Tiergarten oraz nowojorskiego Central Parku. Podczas otwarcia przewidywano wysoką frekwencję, ale nikt nie spodziewał się, że już w pierwszy weekend Tempelhof odwiedzi 235 tysięcy zwiedzających.

Park miejski, park rozrywki, park wolności to określenia jakie słyszy się w ustach mieszkańców i władz miasta. Niezaprzeczalnym jest, że pomimo wielu sporów dotyczących zagospodarowania, z pewnością na Tempelhofie najważniejsze są: rozrywka, sztuka-kreatywność oraz ekologia. Widać to na każdym metrze kwadratowym.

Długo nie można było podjąć wspólnej decyzji akceptowanej przez różne środowiska zainteresowane przyszłością miasta. Przeprowadzane były dyskusje z fachowcami, sporządzano ekspertyzy, projekty, prowadzono dialog internetowy na stronach i specjalnie do tego celu stworzonych forach. Zastanawiano się jakie szanse i zagrożenia dla miasta przyniesie zrealizowanie każdego proponowanego projektu. Czy tak duży teren w pobliżu centrum jest potencjałem czy zagrożeniem, jakie funkcje powinien spełniać, czy ma szansę stać się pionierskim eksperymentem?

W maju 2007 roku odbyła się pierwsza część konsultacji społecznych, która na specjalnie stworzonej stronie internetowej zrzeszyła blisko 32 tysięcy odwiedzających, dając rezultat powstania około 900 nowych koncepcji na zagospodarowanie terenu byłego lotniska. Najwyżej na liście poparcia znajdowały się propozycje, których efektem miało być stworzenie przestrzeni szeroko rozumianej jako parkowa, ogólnodostępna, mająca funkcje rekreacyjne, sportowe i edukacyjne. Druga faza konsultacji społecznych mająca miejsce jesienią 2007 roku zaowocowała kolejnymi 400 pomysłami. Ugruntowała także wcześniejsze idee związane z kierunkiem myślenia władz i planistów. Ostatecznie wiadomym było, że teren po lotnisku musi zostać przeznaczony na funkcje rekreacyjno-sportowo-edukacyjno-kulturowe, należy go w większym procencie zazielenić. Dopuszczono również wprowadzenie funkcji mieszkaniowych. Wszystkie pomysły miały kierować się innowacyjnością w rozwiązaniach i formie. Główną ideą i przesłaniem powinna być szeroko rozumiana wolność, ale należy jednocześnie mieć na uwadze miasto jako tkankę oraz aktualne cele jego rozwoju. W 2008 roku podjęto wstępne decyzje o umiejscowieniu tam Międzynarodowej Wystawy Ogrodniczej – IGA, która miałaby się odbyć w 2017 roku. Był to więc wstępnie obrany kurs ukierunkowany na konkretne parkowe inwestycje. Wystawa zajmowałaby na 170 dni 40 ha, a wstęp na jej teren miał być płatny.

Pozostały obszar miał być podzielony na strefy rekreacyjne, gastronomie, zbiornik wodny oraz strefę dla ptaków zagrożonych wyginięciem. Senat miasta powołał w tamtym czasie spółkę zarządzającą całym przedsięwzięciem „Tempelhofer Freiheit", której zadaniem było nadanie kursu i przyszłego kształtu inwestycji z uwzględnieniem wytycznych zawartych w Planie zagospodarowania terenu miasta Berlina, w tym również wymogów środowiskowych. Ze względu na starania o zachowanie Tempelhofu, jako pomnika dziedzictwa kulturowego, niezbędny był udział konserwatora zabytków. Teren byłego lotniska sąsiaduje bezpośrednio z dzielnicą Neukölln, która objęta jest miejskim programem poprawy sytuacji społeczno-przestrzennej mieszkańców, fakt ten był więc dodatkowym powodem iż w cały projekt zaangażowani zostali również specjaliści do spraw rewitalizacji i rozwoju miasta.

Prowadzonym pracom planistyczno-projektowym nadano inny od tradycyjnego szablon postępowania. Największy nacisk położono na wykorzystanie przedstawionych wcześniej przez mieszkańców koncepcji oraz zwrócono szczególną uwagę na perspektywę praktycznego użytkowania tego miejsca. Uwzględniając każdy z potencjalnych planów działania, przeprowadzana była analiza kosztów finansowych. Złożony proces opracowywania ostatecznego projektu kształtował się w wyniku konsultacji min. z konserwatorem zabytków, planistami i specjalistami do spraw rewitalizacji, ale również przy udziale podmiotów politycznych, gospodarczych, społecznych oraz mieszkańców przyległych dzielnic i całego Berlina. Konsekwencją była więc ogólna akceptacja i przychylność dla nowo kształtującego się projektu zagospodarowania.

W 2009 roku, za 35 milionów euro, Land Berlina odkupił od Landu Brandenburgii prawo własności do lotniska i znajdującej się na jej terenie zabudowy. Wydział Senatu Berlina do spraw planowania i rozwoju miasta rozpisał konkurs na projekt zagospodarowania dawnego lotniska, na który odpowiedziało 78 biur. Jury wybrało 6 najbardziej interesujących koncepcji, które zostały upublicznione. Projekt stworzenia na dawnym Tempelhofie dużego miejskiego gospodarstwa rolnego służącego produkcji biomasy, pozyskiwania energii wiatrowej i słonecznej, zupełnie nie spodobał się mieszkańcom.

W tym czasie Tempelhof znacznie ewoluował, przekształcając się samoistnie, w wyniku inicjatyw i impulsów społecznych, w park rozrywki i kultury. Dawne pasy startowe, mimo że pod ochroną konserwatora zabytków, służą rolkarzom, rowerzystom, windsurfingowcom. Chętnie spędzają na nich czas również biegacze i spacerowicze. Dla psów przeznaczone zostały specjalnie oddzielone części trawnika, a dla działkowiczów mini ogródki. Wieczorami odbywają się festiwale muzyczne i pokazy sztucznych ogni. Park wolności, nazywany w ten sposób przez Berlińczyków, zmienił się w park kulturowy ze względu na pojawiającą się coraz większą ilość projektów społecznych. Rozrywka miesza się tutaj ze sztuką i kulturą. Powszechny staje się widok instalacji artystycznych jak na przykład interaktywnego pola do mini golfa. Organizowa-

ne są warsztaty edukacyjne dla dzieci i młodzieży, pikniki, eventy dla firm czy targi na które przyjeżdżają wystawcy i zwiedzający z całego świata. Kalendarz imprez na cały obecny rok jest już dokładnie zapełniony i każdy z odwiedzających znajdzie dla siebie coś interesującego. Całkowite, powszechne udostępnienie terenu, przyczyniło się do dynamicznego rozwoju inicjatyw społecznych, które naturalnie i samoistnie zdefiniowały kształt ostatecznego planu zagospodarowania. Okazało się więc, że mimo braku wcześniejszej klarownej koncepcji, miejsce to samo się zdefiniowało, a nowe funkcje spotkały się z bardzo pozytywnym odbiorem użytkowników i okolicznych mieszkańców. Władze miasta postanowiły więc przenieść w inne miejsce planowaną wcześniej na tym terenie wystawę ogrodniczą.

Tempelhof stał się miejscem wypoczynku, nie tylko dla zwiedzających z centrum miasta, ale głównie dla mieszkańców sąsiednich dzielnic. Powstały rozmaite zrzeszenia i grupy wspierające dalszy rozwój parku kulturowego. Stworzyła się swoista społeczność miłośników Tempelhofu, która aktywnie działa na rzecz nowych projektów, drobiazgowo analizując powstające inicjatywy i pomysły.

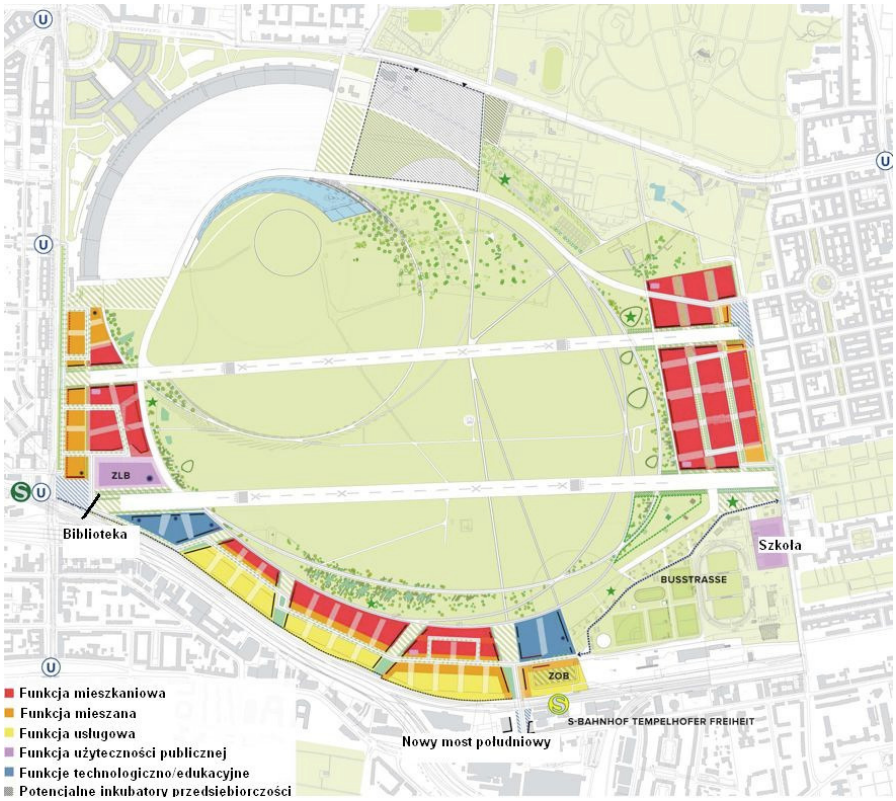
Decyzja o wejściu w życie ostatecznego planu podjęta została 6.03.2013 roku uchwałą Senatu miasta Berlina. Master Plan jest strategiczną podstawą dla stworzenia nowoczesnej przestrzeni miejskiej pełniącej funkcje wypoczynkowe, mieszkaniowe, kulturalne i ekologiczne. Cały projekt ma zostać zrealizowany do 2025 roku. Centralna część, która wcześniej została w całości udostępniona, zgodnie z decyzją społeczeństwa pozostanie parkiem krajobrazowo-kulturowym, natomiast znajdującym się na obrzeżach czterem kwartałom; Tempelhofer Damm, Oderstraße, Südring i Columbiadamms przypisane zostały inne przeznaczenia.

W latach dziewięćdziesiątych nastąpił znaczny odpływ ludności z terenów centrum miasta. Tendencja ta uległa zmianie w 2000 roku i od tamtego czasu liczba gospodarstw domowych wzrosła z 1,82 miliona do 1,86 miliona w 2001, aż do 1,98 miliona w 2009 roku. W sąsiednich dzielnicach Tempelhofu w latach 2000-2009 nastąpił przyrost ludności aż o 5%. Wysokie zapotrzebowanie na nowe mieszkania w centrum, hamowane są brakiem terenów pod ich zabudowę. Nowy projekt dla Tempelhofu daje możliwość budowy do 4700 małych mieszkań. Grupą docelową są ludzie, którzy zawodowo związani są z nauką, kulturą i innowacyjnością.

Kwartałowi Tempelhofer Damm w 30% przydzielona jest funkcja mieszkaniowa. Dużą inwestycją będzie nowa centralna państwowa biblioteka, której budowa pochłonie 270 milionów euro. Pozostała część nowej zabudowy zajęta będzie przez funkcje kulturowo edukacyjne, ściśle połączone z projektem biblioteki. Südring przeznaczony jest na innowacyjne, kreatywne działalności gospodarcze oraz mieszkalnictwo. Powstanie połączenie komunikacyjne Tempelhofu z sąsiednią dzielnicą południową. Kolejny, nowy przystanek kolei miej-

skiej ma usprawnić, i tak szybkie już dzisiaj, połączenie komunikacyjne z centrum miasta. Oderstraße to typowo mieszkaniowa zabudowa z budynkiem nowej szkoły podstawowej. Columbiadamms będzie terenem o funkcjach sportu i kultury. A dodatkowe ponad 300 metrów kwadratowych obecnej zabudowy planuje się przeznaczyć na mieszkalnictwo. Pierwsze prace budowlane ruszyły już wiosną 2013 roku.

Głównym przesłaniem kompozycji parkowej jest kształt koła, który wyłania się z większości nowo planowanych alejek i dróżek. Park pozostanie nadal miejscem wypoczynku, sportu i rekreacji. Fragment powierzchni zostanie zadrzewiony wysoką zielenią, aby spełniał również typowo parkowe funkcje. Kolistość widoczna jest także w projekcie 4 ha retencyjnego zbiornika wodnego w pobliżu budynków lotniska.



Fot. 1. Ramowy plan zagospodarowania – w zamyśle Senatu miasta Berlina jako miejski park krajobrazowy. [www.tempelhoferfreiheit.de 20.03.2013r.]

Phot. 1. Frame Area Development Plan – as the intention of Senate of Berlin: the city lanscape park. [www.tempelhoferfreiheit.de 20.03.2013r.]

Fot. 1. Master Plan – Park wolności [www.stadtentwicklung.de 18.03.2013r.]
Phot. 1. Master Plan – Freedom Park [www.stadtentwicklung.de 18.03.2013r]

Fot. 1.Cztero-hektarowy zbiornik retencyjny z promenadą widokową. [www.tempelhoferfreiheit.de 20.03.2013r.]
Phot. 1. 4-hectare reservoir with the scenic promenade. [www.tempelhoferfreiheit.de 20.03.2013r.]

Zabudowania starego lotniska liczą w sumie 300.000 m^2 i są nadal jednymi z największych na świecie. Od 2009 roku służą jako miejsce targów, festiwali, eventów. Do tej pory w sumie około sto firm wynajmuje powierzchnię równą 70.000 m^2. Głównymi najemcami są projektanci, muzycy, przedstawiciele bran-

ży kreatywnej, naukowcy. Zabetonowany teren przed zabudowaniami o powierzchni 236.000 m^2 przeznaczony jest na organizację różnorodnych imprez na świeżym powietrzu oraz na usługi towarzyszące.

PODSUMOWANIE

Bardzo korzystne położenie, doskonała dostępność do ścisłego centrum miasta oraz bliskość autostrady, w połączeniu z planowanymi inwestycjami gwałtownie przekształca Tempelhof w miejsce bardzo atrakcyjne do zamieszkania. W postaci wzrostu cen najmu i kupna widoczne są już pierwsze sygnały reakcji okolicznego rynku nieruchomości.

Należy wyrazić uznanie dla sposobu metodologii przeprowadzenia procesu rewitalizacji i zagospodarowania, biorącego pod uwagę głosy wszystkich zainteresowanych środowisk, co w konsekwencji doprowadziło do stworzenia Master Planu. Wieloletnia faza przygotowawczo-przedprojektowa, będąca głównie konsultacjami społecznymi, zajęła w tym przypadku większość czasu. Okazać się może, że przypadkowo tak długo prowadzony proces konsultacji i planowania, będzie najbardziej autentyczną i najtrafniejszą odpowiedzią na aktualne oraz przyszłe zapotrzebowanie mieszkańców, a w dłuższej perspektywie zwróci koszty wydatkowane z funduszy miejskich.

LITERATURA

1. DITTRICH, E.; Ernst Sagebiel. Leben und Werk: 1892 – 1970. Lukas-Verl., Berlin 2005, 53-71, 78-81
2. HENNING H.; Der Flughafen Berlin Tempelhof. Sutton Verlag, Berlin 2008, 89-101.
3. RIBBE, W.; SCHMÄDEKE, J.; 1988. Kleine Berlin-Geschichte. Landeszentrale für politische Bildungsarbeit; Berlin 1988, 72, 190-191, 201-202
4. SCHNEIDER, R.; Historische Stätten in Berlin. Ullstein/Nicolai, Berlin 1987, 36-38.
5. STEGEN R., Die Soziale Stadt. Lit Verlag, Berlin 2011.
6. TRUNZ, H.; Tempelhof. Flughafen im Herzen Berlins. Geramond, Berlin 2008, 60-74, 90-118, 132-139
7. Kleine Berlin Statistic. 2000; Statistisches Landesamt Berlin.
8. Kleine Berlin Statistic. 2001; Statistisches Landesamt Berlin.
9. Kleine Berlin Statistic. 2009; Statistisches Landesamt Berlin.
10. Stadtprofil Berlin. Senatsverwaltung für Stadtentiwcklung, Berlin 2010, 39-58
11. www.stadtenticklung.berlin.de[18.03.2013r.]

12.www.tempelhoferfreiheit.de[18.03.2013r.]

TEMPELHOF – FREEDOM PARK, THE EXAMPLE OF AIRPORT ADAPTATION FOR THE PURPOSES OF CULTURAL PARK

S u m m a r y

Tempelhof Airport – formerly one of the biggest European airports, for many years the crucial airport of Berlin, recently aroused many disputes among inhabitants. After few years of debates, finally on the 6th of March 2013, Master Plan – Area Development Plan was approved, which might allow to assume that it will be one of the most interesting European spatial investments of the centers of the cities in the next decade.

Key words: Tempelhof, cultural park, revitalisation, area development plan, public consultation, Berlin

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 149

Nr 29 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

LESZEK ROSTOCKI*

ENERGETYCZNE WSKAŹNIKI UKŁADÓW MIKROKOGENERACYJNYCH

S t r e s z c z e n i e

W artykule przedstawiono w zarysie podstawowe wskaźniki służące do analizy i oceny energetycznej pracy układów mikrokogeneracyjnych. W pierwszej części artykułu wprowadzono również w zagadnienia mikrokogeneracji, ze szczególnym uwzględnieniem stosowania tych urządzeń w budownictwie mieszkaniowym.

Słowa kluczowe: mikrokogeneracja gazowa, wskaźniki sprawności, system ciepłowniczy, analiza energetyczna

WPROWADZENIE

Sprawność energetyczna układu produkującego energię elektryczną lub cieplną to sprawność przetwarzania (konwersji) energii pierwotnej paliwa. W przypadku produkcji ciepła osiągnięcie sprawności układu powyżej 90% nie jest problemem, zwłaszcza przy spalaniu paliw gazowych i płynnych, natomiast przy produkcji tylko energii elektrycznej osiągane są sprawności maksymalnie na poziomie 50-60%.

W nowoczesnych technologicznie, konwencjonalnych elektrowniach kondensacyjnych przeciętna sprawność wynosi ok. 38-42%, a więc straty energii w postaci ciepła są na poziomie ok. 60%. W układzie elektrownia – odbiorca energii sprawność dodatkowo zmniejsza się o straty przesyłowe wynoszące ok. 5-10%.

Proces technologiczny produkcji energii elektrycznej i ciepła w tzw. skojarzeniu – kogeneracji (CHP – Combined Heat and Power) wykorzystywano już pod koniec XIX w. w Europie i USA. Wraz z rozwojem sieci energetycznej i spadkiem cen energii stopniowo malał udział energii uzyskiwanej w kogeneracji w jej całkowitej produkcji osiągając najniższy poziom na początku lat 70-tych ubiegłego wieku. Wtedy też wystąpił światowy kryzys paliwowy, który

* doktorant w Instytucie Inżynierii Środowiska, Uniwersytetu Zielonogórskiego

wymusił szereg działań mających na celu oszczędzanie energii. Od tego momentu datuje się także szybki rozwój systemów kogeneracyjnych.

KOGENERACJA W BUDOWNICTWIE MIESZKANIOWYM

W Polsce produkcja energii w kogeneracji jeszcze do niedawna realizowana była głównie w parowych elektrociepłowniach zawodowych, zasilających w ciepło komunalne systemy ciepłownicze oraz w elektrociepłowniach przemysłowych pracujących na potrzeby technologiczne zakładów. Spalany był w nich najczęściej węgiel kamienny, a paliwa gazowe i płynne wykorzystywane były w niewielkim stopniu.

W latach 80-tych ubiegłego wieku w krajach rozwiniętych zaczęto budować elektrociepłownie wykorzystujące paliwa gazowe, w tym głównie gaz ziemny. Oprócz dużych elektrociepłowni gazowo – parowych zaczęto także budować układy średniej i małej mocy. Szybki rozwój układów kogeneracyjnych małej mocy – minikogeneracyjnych i mikrokogeneracyjnych umożliwiających dopasowanie produkcji energii do potrzeb małych odbiorców nastąpił pod koniec ubiegłego wieku i stał się główną przyczyną urynkowienia sektora energetycznego. Układy te oparte są obecnie najczęściej na silnikach tłokowych, a rozwijane nowe technologie wykorzystują głównie mikroturbiny, ogniwa paliwowe i silniki Stirlinga.

Dzisiejsze implementacje skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w skali mikro i mini dotyczą głównie budynków biurowych lub użyteczności publicznej, w których istnieje stałe zapotrzebowanie na energię elektryczną na potrzeby technologiczne procesów, bądź innego stałego wyposażenia budynku np. serwerowni czy układów chłodzenia lub klimatyzacji precyzyjnej.

Nie istnieją przebadane rozwiązania zastosowania agregatów μCHP w budownictwie mieszkaniowym, które zapewniałyby optymalną eksploatację urządzeń z punktu widzenia kosztów, sprawności oraz okresu zwrotu poniesionych inwestycji. Wynika to głównie z sezonowości zapotrzebowania na ciepło do celów grzewczych oraz wynikających z tego przestojów w pracy agregatów kogeneracyjnych, bądź konieczności rozpraszania ciepła za pośrednictwem chłodnic wentylatorowych, co znacząco obniża roczną sprawność całego układu.

ENERGETYCZNE WSKAŹNIKI UKŁADÓW KOGENERACYJNYCH

Małe systemy mini i mikrokogeneracyjne, określane, także jako elektrociepłownie blokowe, kontenerowe itp., wytwarzają energię elektryczną i ciepłą wodę do celów grzewczych. Wytwarzanie energii elektrycznej jest pierwotną

funkcją układu, natomiast energia cieplna odbierana jest z obiegów chłodzenia silnika i spalin lub ogniwa paliwowego. Podstawowymi elementami układu są:

- silnik tłokowy (spalinowy SI i CI, Stirlinga) lub mikroturbina z generatorem prądu, bądź ogniwo paliwowe,
- system wymienników ciepła z automatyką regulacyjną,

a więc układ znacznie prostszy w stosunku do zawodowych i komunalnych elektrociepłowni parowych.

W układach wytwarzających dodatkowo czynnik chłodniczy na potrzeby instalacji klimatyzacyjnych budynków, tj. w systemach trójgeneracyjnych BCHP (Buliding Cooling Heat and Power) dodatkowym podstawowym elementem jest bromolitowa chłodziarka absorpcyjna.

Podstawowe energetyczne wskaźniki pracy układów kogeneracyjnych charakteryzują sprawność konwersji energii i należą do podstawowych danych w analizach techniczno-ekonomicznych i oddziaływania na środowisko.

Wskaźniki te definiowane są następująco:

- sprawność wytwarzania energii elektrycznej (sprawność elektryczna):

$$\eta = \frac{N_e}{E_{CH}} = \frac{N_e}{G_p \cdot w_d}$$

gdzie:
N_e – wytwarzana w kogeneracji moc elektryczna,
E_{CH} – strumień energii chemicznej paliwa,
G_p – strumień paliwa,
w_d – wartość opałowa paliwa,

- wskaźnik skojarzenia (stopień skojarzenia):

$$\delta = \frac{E_{el}}{\dot{Q}}$$

gdzie:
E_{el} – wytwarzana w kogeneracji moc elektryczna,
$\dot{Q}$ – wytarzana moc cieplna,

- sprawność wytwarzania użytkowej energii cieplnej (sprawność cieplna):

$$\eta_q = \frac{Q_u}{E_{CH}} = \frac{Q_u}{G_p \cdot w_d}$$

gdzie:
Q_u – użytkowa moc energii cieplnej z kogeneracji,
E_{CH} – strumień energii chemicznej paliwa,
G_p – strumień paliwa,
w_d – wartość opałowa paliwa,

– sprawność całkowita η_c (wskaźnik wykorzystania energii chemicznej paliwa EUF):

$$\eta_c = EUF = \frac{N_e + Q_u}{E_{CH}} = \frac{N_e + Q_u}{G_p \cdot w_d}$$

gdzie:
N_e – wytwarzana w kogeneracji moc elektryczna,
Q_u – użytkowa moc energii cieplnej z kogeneracji,
E_{CH} – strumień energii chemicznej paliwa,
G_p – strumień paliwa,
w_d – wartość opałowa paliwa,

– sprawność egzergetyczna η_b:

$$\eta_b = \frac{N_e + \Delta B_q}{G_p \cdot b_{CH}}$$

gdzie:
N_e – wytwarzana w kogeneracji moc elektryczna,
ΔB_q – przyrost egzergii czynnika grzewczego,
G_p – strumień paliwa,
b_{CH} – egzergia właściwa paliwa,

– redukcja zużycia energii chemicznej paliwa ΔE_{CH} (oszczędność energii chemicznej paliwa):

$$\Delta E_{CH} = E_{CH}^R - E_{CH} = N_e^O \cdot \left(\frac{1}{\eta_e^E \cdot \eta_{pe}^E} - \frac{1}{\eta_c \cdot \eta_{pe}} \right) + Q_u^O \cdot \left(\frac{1}{\eta_q^C \cdot \eta_{pq}^C} - \frac{1}{\eta_c \cdot \eta_{pq}} \right)$$

gdzie:
E_{CH}^{R} – zużycie energii chemicznej paliwa w rozdzielonej produkcji energii (w elektrowni i ciepłowni/kotłowni),
E_{CH} – zużycie energii chemicznej paliwa w układzie kogeneracyjnym,
N_e^O – zapotrzebowanie na energię elektryczną u odbiorcy/ilość dostarczonej energii elektrycznej z układu kogeneracyjnego,
O_u^O – zapotrzebowanie na energię cieplną u odbiorcy/ilość dostarczonej energii cieplnej z układu kogeneracyjnego,
η_e^E – sprawność energetyczna netto elektrowni,
η_{pe}^E – sprawność transformacji i przesyłu energii elektrycznej z elektrowni do odbiorcy,
η_c – całkowita sprawność wytwarzania energii w układzie kogeneracyjnym,
η_{pe} – sprawność transformacji i przesyłu energii elektrycznej z układu kogeneracyjnego do odbiorcy,
η_q^C – sprawność wytwarzania użytkowej energii cieplnej (sprawność energetyczna netto) kotłów w ciepłowni/kotłowni,
η_{pq}^C – sprawność przesyłania ciepła z ciepłowni/kotłowni do odbiorcy,
η_q – sprawność wytwarzania użytkowej energii cieplnej w układzie kogeneracyjnym,
η_{pq} – sprawność przesyłania energii cieplnej z układu kogeneracyjnego do odbiorcy,

W przypadku układów mikrokogeneracyjnych (moduł kogeneracyjny w budynku lub kontenerze obok budynku) można przyjąć pomijalną wielkość strat energii na przesyle i brak strat transformacji energii elektrycznej, tj.

$$\eta_{pe} = \eta_{pq} = 1$$

w takim przypadku wzór uprości się do postaci:

$$\Delta E_{CH} = E_{CH}^{R} - E_{CH} = N_e^O \cdot \left(\frac{1}{\eta_e^E \cdot \eta_{pe}^E} - \frac{1}{\eta_c} \right) + Q_u^O \cdot \left(\frac{1}{\eta_q^C \cdot \eta_{pq}^C} - \frac{1}{\eta_c} \right)$$

– wskaźnik względnej oszczędności energii chemicznej paliwa FESR:

$$FESR = \frac{\Delta E_{CH}}{E_{CH}^{R}}$$

gdzie:

ΔE_{CH} – redukcja zużycia energii chemicznej paliwa,

E_{CH}^{R} – zużycie energii chemicznej paliwa w rozdzielonej produkcji energii (w elektrowni i ciepłowni/kotłowni),

– wskaźnik oszczędności energii chemicznej pierwotnej PES (wg Dyrektywy 2004/8/WE z 11.02.2004 r.):

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{\eta_q}{\eta_{refq}} + \frac{\eta_e}{\eta_{refe}}} \right] \cdot 100 \quad [\%]$$

gdzie:

η_q – sprawność wytwarzania cząstkowej energii cieplnej w kogeneracji,

η_e – sprawność wytwarzania energii elektrycznej w kogeneracji,

η_{refq}, η_{refe} – odpowiednio referencyjna wartość sprawności rozdzielonego wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej,

Kryterium to jest wykorzystywane do obliczania ilości energii elektrycznej z kogeneracji przypisywanej na świadectwie pochodzenia z kogeneracji.

W przypadku układów trójgeneracyjnych z absorpcyjną chłodziarką – równoczesnym wytwarzaniem energii elektrycznej, ciepła i chłodu energetyczne wskaźniki pracy układu definiowane są następująco:

– sprawność całkowita układu trójgeneracyjnego (wskaźnik wykorzystania energii chemicznej paliwa w trójgeneracji EUFT):

$$\eta_{cT} = EUF_T = \frac{N_{en} + Q_{un} + Q_{CH}}{G_p \cdot w_d}$$

$$N_{en} = N_e - \left(N_p + N_w\right)$$

$$Q_{un} = Q_u - Q_N$$

gdzie:
N_{en} – wytworzona moc elektryczna netto (na wyjściu z układu),
N_e – wytworzona moc elektryczna w układzie,
N_p –moc elektryczna napędu pompo chłodziarki absorpcyjnej,
N_w –moc elektryczna na potrzeby własne układu,
Q_{un} – wytworzona użyteczna moc cieplna na wyjściu z układu,
Q_N – napędowa moc cieplna warnika chłodziarki absorpcyjnej,
Q_{CH} – wytworzona moc chłodnicza,
Q_N – napędowa moc cieplna warnika chłodziarki absorpcyjnej,
G_p – strumień paliwa,
w_d – wartość opałowa paliwa,

– redukcja zużycia energii chemicznej paliwa (oszczędność energii chemicznej paliwa) w trójgeneracji.

Podobnie jak w przypadku układów mikrokogeneracyjnych można przyjąć pomijalna wielkość strat energii na przesyle z układu trójgeneracyjnego do budynku i brak strat transformacji energii elektrycznej, tj.

$$\eta_{pe} = \eta_{pq} = 1$$

Oszczędność energii chemicznej paliwa ΔE_{CH}^{T} dla takiego przypadku jest równa:

$$\Delta E_{CH}^{T} = N_{en} \cdot \left(\frac{1}{\eta_e^E \cdot \eta_{pe}^E} - \frac{1}{EUF_T} \right) + Q_{un} \cdot \left(\frac{1}{\eta_q^C \cdot \eta_{pq}^C} - \frac{1}{EUF_T} \right) + Q_{CH} \cdot \left(\frac{1}{(EER_S) \cdot \eta_e^E \cdot \eta_{pe}^E} - \frac{1}{EUF_T} \right)$$

gdzie:
N_{en} – wytworzona moc elektryczna netto (na wyjściu z układu),
Q_{un} – wytworzona użyteczna moc cieplna na wyjściu z układu,
Q_{CH} – wytworzona moc chłodnicza,
η_e^E – sprawność energetyczna netto elektrowni,
η_{pe}^E – sprawność transformacji i przesyłu energii elektrycznej z elektrowni do odbiorcy,

η_q^C – sprawność wytwarzania użytkowej energii cieplnej (sprawność energetyczna netto) kotłów w ciepłowni/kotłowni,
η_{pq}^C – sprawność przesyłania ciepła z ciepłowni/kotłowni do odbiorcy,
η_{pq} – sprawność przesyłania energii cieplnej z układu kogeneracyjnego do odbiorcy,
EER_S – współczynnik efektywności energetycznej chłodziarki sprężarkowej,
ΔE_{CH} – redukcja zużycia energii chemicznej paliwa,
E_{CH}^R – zużycie energii chemicznej paliwa w rozdzielonej produkcji energii (w elektrowni i ciepłowni/kotłowni),

– współczynnik efektywności energetycznej wytwarzania chłodu (efektywności chłodniczej) EER:

$$EER = \frac{Q_{CH}}{Q_N + N_p}$$

gdzie:
Q_{CH} – wytworzona moc chłodnicza,
Q_N – napędowa moc cieplna warnika chłodziarki absorpcyjnej,
N_p – moc elektryczna napędu chłodziarki absorpcyjnej,

– średni europejski współczynnik efektywności energetycznej urządzenia chłodniczego ESEER:

$$ESEER = 0{,}03 \cdot EER_{100\%} + 0{,}33 \cdot EER_{75\%} + 0{,}41 \cdot EER_{50\%} + 0{,}23 \cdot EER_{25\%}$$

gdzie:
$EER_{X\%}$ – współczynnik efektywności energetycznej wytworzenia chłodu przy obciążeniu X%,

Dodatkowo określane są wskaźniki charakteryzujące sprawności produkcji chłodu w układzie:

– wskaźnik zużycia energii elektrycznej w układzie trójgeneracyjnym:

$$\alpha = \frac{N_p + N_w}{N_e}$$

gdzie:
N_p –moc elektryczna napędu pompo chłodziarki absorpcyjnej,
N_w –moc elektryczna na potrzeby własne układu,
N_e – wytworzona moc elektryczna w układzie,

– wskaźnik zużycia energii elektrycznej w chłodziarce absorpcyjnej:

$$\beta = \frac{N_p}{Q_{CH}}$$

gdzie:
N_p –moc elektryczna napędu pompo chłodziarki absorpcyjnej,
Q_{CH} – wytworzona moc chłodnicza,

– wskaźnik zużycia ciepła do napędu chłodziarki absorpcyjnej:

$$\gamma = \frac{Q_{CH}}{Q_u}$$

gdzie:
Q_{CH} – wytworzona moc chłodnicza,
Q_u – wytworzona użyteczna moc cieplna,

PODSUMOWANIE

Prawidłowy dobór agregatów mikrokogeneracyjnych do pracy w powiązaniu z konkretnym obiektem lub grupą obiektów wymaga znajomości zarówno charakterystyki energetycznej budynku (budynków), jak również sposobu pracy urządzenia w powiązaniu z konkretnymi instalacjami grzewczymi i elektrycznymi. Specyfika pracy urządzeń mikrokogeneracyjnych powoduje, iż trudno bez specjalistycznych badań stwierdzić, czy optymalnym rozwiązaniem jest

dobór wielkości urządzenia w oparciu o zapotrzebowanie na moc grzewczą czy elektryczną budynku.

Z tego powodu niezwykle istotna jest znajomość metodyki obliczania podstawowych wskaźników oceny energetycznej pracy agregatów mikrokogeneracyjnych.

LITERATURA

1. BARTNIK R, Elektrownie i elektrociepłownie gazowo-parowe. Efektywność energetyczna i ekonomiczna, WNT, Warszawa 2009
2. CHMIELNIAK T., Technologie energetyczne, WNT, Warszawa 2008
3. DUŻYŃSKI A., Analiza rzeczywistych parametrów techniczno-eksploatacyjnych gazowych zespołów kogeneracyjnych, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2008
4. SKOREK J., KALINA J., Gazowe układy kogeneracyjne, PWN, Warszawa 2005
5. WOJAS K., WANATOWICZ P., Kogeneracja wysokosprawna – projektowane zmiany oraz porównanie metodologii obliczeń w Polsce i Republice Czeskiej, Rynek Energii 5/2010, Lublin 2010
6. ZAPOROWSKI B., Efektywność ekonomiczna elektrociepłowni opalanych gazem ziemnym, Rynek Energii 3/2009, Lublin 2009

THE ENERGY INDICATORS OF MICRO-COGENERATION SYSTEMS

Summary

This paper provides an overview of basic energy parameters for the analysis and assessment of micro-cogeneration systems. In the first part of the article author also introduced the issue of using a micro-cogeneration systems in residential buildings.

Key words: microcogeneration, performance indicator, district heating system, energy analysis

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 149

Nr 29 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

MATEUSZ CUSKE, MONIKA MARCINKIEWICZ, KATARZYNA SZOPKA, ANNA KARCZEWSKA, EWA PORA*

ODDZIAŁYWANIE HUTY CYNKU OŁAWA NA ŚRODOWISKO GLEBOWE TERENÓW PRZYLEGŁYCH, W ŚWIETLE CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH W POZIOMACH POWIERZCHNIOWYCH GLEB MIASTA OŁAWY

Streszczenie

Celem pracy jest określenie zawartości wybranych metali ciężkich w poziomach powierzchniowych gleb zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie ZM „Silesia" S.A. Oddział Huta Oława. Przeprowadzone analizy wykazały, że wieloletnia działalność huty istotnie wpływa na poziom zanieczyszczenia gleb w Oławie. Stwierdzono nadmierne wzbogacenie gleb w cynk i ołów, co jest efektem specyfiki działalności prowadzonej przez zakład.

Słowa kluczowe: Huta Cynku Oława, gleby zanieczyszczone, metale ciężkie

WSTĘP

Całkowita zawartość metali ciężkich w glebie, to miarodajna wielkość prezentująca poziom antropopresji. Wielkość ta jest rzetelną informacją na temat intensywności emisji zanieczyszczeń do środowiska, a także stanowi podstawę do podjęcia prac rekultywacyjnych na terenach zanieczyszczonych, w których stwierdzamy przekroczenie standardów jakości gleb i standardów jakości ziemi zgodnie 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]. Pomimo iż całkowita zawartość metali ciężkich w środowisku glebowym niekoniecznie stanowi o realnym ryzyku ekologicznym i zdrowotnym, to element ten powinien być zaliczany do najważniejszych czynników wpływających na to czy ryzyko takie może wystąpić, czy też nie [Alloway 1995, Karczewska 2008, Karczewska i Kabała 2010].

* Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Istotna jest również sama interpretacja otrzymanych wyników, gdyż na całkowitą zawartość metali ciężkich oprócz najważniejszego czynnika, jakim jest emitor zanieczyszczeń, składa się szereg czynników pobocznych związanych z lokalnym zanieczyszczeniem, a także samym tłem geochemicznym środowiska glebowego [Kabata-Pendias i Pendias 1999, Karczewska 2002, Karczewska 2008, Wolak i in. 1995].

Pomimo, iż tereny zanieczyszczone są sukcesywnie poddawane procesom rekultywacyjnym, to nadal istnieje potencjalne ryzyko wynikające z obecności tych zanieczyszczeń w glebie. Jest to spowodowane tym, iż strategie rekultywacji terenów zdegradowanych w Polsce opierają się na unieruchomieniu zanieczyszczenia i zagospodarowaniu powierzchni ziemi, z pominięciem usunięcia zanieczyszczenia. Podyktowane jest to względami technicznymi i ekonomicznymi [Karczewska 2008].

Kolejnym problemem są tereny zurbanizowane, zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie emitorów zanieczyszczeń. Obszary te ze względu na pełnione funkcje stanowią istotną barierę w procesach rekultywacyjnych. Dlatego ważne jest to, aby już na etapie produkcji zapobiegać powstawaniu zanieczyszczenia [Greinert 2000, McBride 1994].

OBIEKT BADAWCZY

Obiekt ZM „Silesia" S.A. Oddział Huta Oława usytuowany jest w południowo-wschodniej części miasta. Pierwsze informacje o hucie w Oławie pochodzą z 1845 roku. Zakłady te prócz różnych gatunków bieli cynkowej produkowały także minię ołowianą oraz litopon. W Hucie „Oława" jako w jednej z pierwszych fabryk na Dolnym Śląsku, po wojnie, w 1946 roku, ruszyła produkcja minii ołowianej, a kilka miesięcy później – bieli cynkowej. W 1958 rozpoczęto produkcję żółcieni żelazowej, która miała zastosowanie przy produkcji farb, a odpad w postaci siarczanu amonu wykorzystywano w rolnictwie jako nawóz. Po konsolidacji z grupą cynkowo-ołowiową ZM „Silesia" S.A. w 2007 roku, Huta „Oława" została głównym producentem i przetwórcą cynku i ołowiu, oraz jedynym na polskim rynku wytwórcą blach i taśm cynkowo-tytanowych oraz drutu cynkowego [Ostojski 2000].

Głównym wyrobem zakładu jest biel cynkowa. Jej produkcja odbywa się metodą kondensacyjną, polegającą na stopieniu elektrolitycznego cynku (99,95% Zn). Kolejnym ważnym asortymentem zakładu jest wytwarzanie tlenków ołowiu. Dodatkowo w hucie produkowany jest tlenek kadmu [Ostojski 2000].

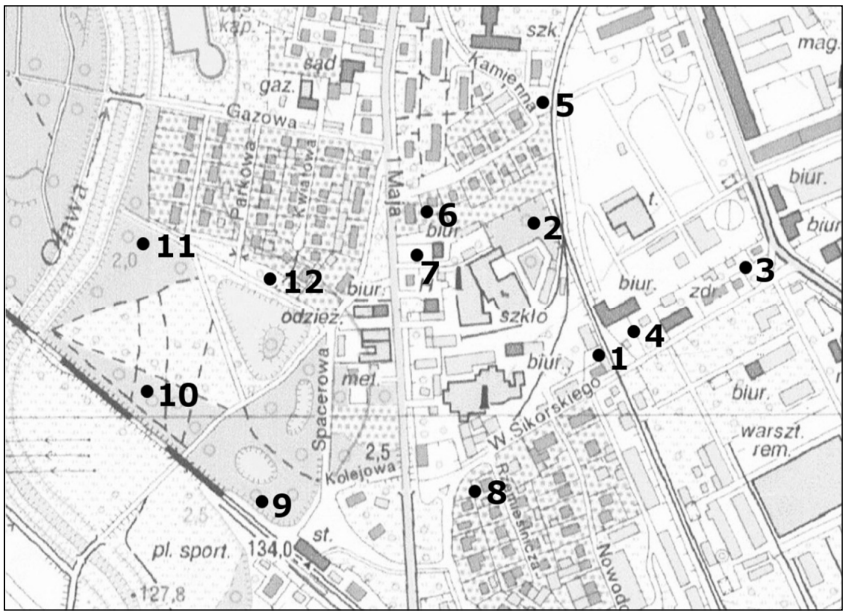
Przed rokiem 1966, czyli jeszcze przed uchwaleniem Ustawy o ochronie powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniami z 21 kwietnia 1966 r. (Dz. U. nr 14, poz. 87) nie istniały żadne przepisy, obligujące tego typu zakład

do kontroli emisji i ewidencji uciążliwości dla środowiska. Roczna emisja pyłów w tym okresie wynosiła 117 Mg cynku oraz 20,3 Mg ołowiu. W roku 2011 emisja ta zmniejszyła się już do 380 kg cynku i 0,084 kg ołowiu [Standio 2011].

METODYKA BADAŃ

Do analiz pobrano dwanaście próbek glebowych z terenów miejskich zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie ZM „Silesia" S.A. Oddział Huta „Oława". Rys. 1 prezentuje lokalizację poboru próbek.

Próbki pobrano z poziomów powierzchniowych gleb, za pomocą laski glebowej, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem różnicującym pobór próbek było przestrzenne i funkcjonalne zróżnicowanie terenu. Próbki pobrano z obszarów zielonych należących do terenu huty, ogródków przydomowych oraz terenu parku Miejskiego. Wysuszony i przetarty materiał glebowy przesiano przez sito o grubości oczek 1mm.



Rys. 1. Lokalizacja poboru próbek glebowych
Fig. 1. Sampling location

Tak przygotowane próbki poddano analizom laboratoryjnym. W materiale glebowym oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczno-sitową w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn w H_2O i KCl – metoda potencjometrycz-

ną, zawartość węgla organicznego – na analizatorze CS-MAT 5500, zawartość azotu ogólnego za pomocą aparatu BÜCHI, kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, sumę kationów zasadowych metodą Pallmanna, a także całkowitą zawartość pierwiastków śladowych (Zn, Pb, Cd, Cu, Ni) po mineralizacji kwasem nadchlorowym $HClO_4$ metodą atomowej spektroskopii absorpcyjnej AAS [Ostrowska 1991].

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizowane utwory, to gleby lekkie, o uziarnieniu od piasków gliniastych do glin lekkich.. Procentowy udział poszczególnych frakcji w utworach glebowych jest zbliżony we wszystkich badanych próbkach glebowych (tab. 1). Zawartość frakcji spławialnej w badanych glebach waha się w granicach od 2 do 15%. Gleba o najniższej zawartości tej frakcji to gleba w punktach 7 i 8 występująca w przydomowym ogródku. Najcięższym składem granulometrycznym charakteryzuje się gleba parkowa w punkcie 9 (tab. 1).

Gleby zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Oława charakteryzują się zbliżonym uziarnieniem, co należy wiązać z budową geologiczną tego terenu.

Na podstawie wykonanych analiz stwierdzono znaczne zróżnicowanie odczynu badanych gleb, przy czym większość próbek gleb wykazywała odczyn silnie kwaśny, kwaśny i lekko kwaśny, co jest charakterystyczne dla gleb miejskich [Władyczka 2007]. Gleby o najniższej wartości pH, to przede wszystkim gleby parkowe. Przyczyną tak obniżonego odczynu jest opad liści, który ulega mikrobiologicznemu rozkładowi oraz dekompozycji w warunkach niedostatecznej ilości tlenu [Greinert 2008].

Stosunek węgla do azotu w badanych glebach waha się w granicach od 14 do 95. Bardzo szeroki stosunek C:N w niektórych próbkach, to najprawdopodobniej rezultat urbanistycznego charakteru analizowanych gruntów, gdzie procesy glebotwórcze zachodzą w sposób nienaturalny i są modyfikowane czynnikami antropogenicznymi [Greinert 2008].

Pojemność sorpcyjna badanych gleb mieści się w przedziale od 20,43 do 54,98 $cmol(+)\cdot kg^{-1}$. Najwyższą pojemnością sorpcyjną charakteryzują się gleby trawników przydomowych, co związane jest najprawdopodobniej ze stosowaniem ulepszaczy i materii organicznej w celu optymalnego wzrostu. Najniższe wartości pojemności sorpcyjnej wykazują obszary parku miejskiego.

Całkowita zawartość metali ciężkich (Zn, Pb, Cd, Cu i Ni) w badanych glebach została zestawiona w tabeli 2. W przypadku niektórych gleb stwierdzono przekroczenie standardów jakości gleb [Dz.U. Nr 165, poz. 1359], co zostało oznaczone w tabeli jako obszar zaciemniony.

Tab. 1. Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne pobranych próbek
Tab. 1. Basic physical and chemical properties of the samples

Nr	Rodzaj zagospodarowania	Zawartość frakcji ≤ 0,002 mm %	Grupa granulometryczna	pH w KCl	C_{org} %	C:N	Poj. Sorpcyjna cmol(+)·kg-1
1	Teren huty	6	pg	6,4	6,3	95	48,34
2	Teren huty	5	pg	5,2	1,8	18	20,43
3	Trawnik przydomowy	3	pg	6,9	5,0	30	54,98
4	Trawnik	6	pg	6,1	2,2	55	26,42
5	Trawnik	6	pg	6,5	3,1	90	34,53
6	Trawnik przydomowy	5	gp	7,1	3,5	84	52,53
7	Trawnik przydomowy	2	pg	6,8	2,7	28	30,05
8	Trawnik przydomowy	2	pg	6,9	2,6	23	38,95
9	Park miejski	15	gl	3,8	3,3	16	33,28
10	Park miejski	7	gp	5,1	2,3	18	24,53
11	Park miejski	6	gp	4,0	1,4	14	20,76
12	Park miejski	7	gp	6,8	2,9	92	34,96

Całkowita zawartość cynku w analizowanych glebach kształtuje się w przedziale od 195,80 do 2404,08 mg Zn·kg^{-1}, z czego najwyższą zawartością charakteryzuje się próbka nr 1 (obszar w bezpośrednim sąsiedztwie huty), a najniższą próbka nr 9 (park miejski), pobrana z obszarów znacznie oddalonych od emitora. Podwyższone stężenia cynku wykazują obszary zlokalizowane na wschód i południe od huty (pkt. 1, 2, 3,8). Wyjątek stanowi punkt 4, gdzie przyczyną obniżonej zawartości pierwiastka mogło być przeprowadzenie remontu zabudowań wraz z przekształceniem terenów zielonych (wymieszanie gleby i nawiezienie niezanieczyszczonego materiału). Takie przestrzenne rozmieszczenie zanieczyszczenia wiąże się z charakterystycznymi dla tego rejonu warunkami klimatycznymi, gdzie przeważają wiatry zachodnie. W badanych próbkach gleb zlokalizowanych na zachód od Huty zaobserwowano natomiast znaczne zróżnicowanie zawartości cynku. O ile obszary parkowe charakteryzują się podobnymi zawartością cynku (214,83-541,83 mg Zn·kg^{-1}), o tyle w próbce pobranej z punktu nr 12 zaobserwowano znaczny wzrost zawartości całkowitej tego pierwiastka – 2039,33 mg Zn·kg^{-1}. Przyczyną taki wysokiej zawartości cynku w tym punkcie jest najprawdopodobniej brak osłony drzew, co wiąże się z większą immisją zanieczyszczeń na tym terenie. Obszary zlokalizowane na północ od emitora wskazują podobny poziom wzbogacenia w cynk. Wyjątek

stanowi punkt nr 5, gdzie pomimo największej odległości od emitora stwierdzono najwyższe stężenie cynku wśród analizowanej grupy gleb. Nie są to jednak wielkości znacznie odbiegające od zawartości stwierdzonych wśród obszarów zlokalizowanych na północ od huty. Zawartości cynku w poziomach powierzchniowych gleb Oławy skonstatowane przez autorów pokrywają się z wartościami określonymi przez Wojewódzki Inspektorat ochrony Środowiska we Wrocławiu podczas badań prowadzonych w roku 2007 (419-3859 mg $Zn \cdot kg^{-1}$). Wartości te, w stosunku do gleb innych miast, gdzie nie występuje tego rodzaju emitor są znacznie podwyższone. Zgodnie z Greinertem, maksymalna koncentracja cynku w glebach Zielonej Góry wynosi 510, 55 mg $Zn \cdot kg^{-1}$, co jest wartością zbliżoną do minimalnej koncentracji tego pierwiastka w Oławie [Greinert 2008, Meinhardt i in. 2012].

Całkowita zawartość ołowiu w analizowanych glebach waha się w granicach od 55,4 mg $Pb \cdot kg^{-1}$ na terenach parkowych, do 1948,05 mg $Pb \cdot kg^{-1}$ na obszarze zabudowy jednorodzinnej. Przestrzenne zróżnicowanie zawartości ołowiu w południowej i wschodniej części miasta wykazuje podobne zależności, jakie stwierdzono w przypadku cynku. Taka sama sytuacja występuje w przypadku terenów parkowych, a także obszarów zlokalizowanych na północ od emitora. Tak jak w przypadku cynku, tylko punkty 9 i 11 nie przekraczają wartości granicznych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Bardzo podobne przestrzenne zróżnicowanie wzbogacenia analizowanych gleb w ołów i cynk związane jest ze specyfiką produkcyjną zakładu (produkcja bieli cynkowej oraz tlenków ołowiu). Całkowita zawartość ołowiu w badanych glebach Oławy jest wyższa od wartości określonych przez WIOŚ w roku 2007 (39,7-419,0 mg $Pb \cdot kg^{-1}$) [Meinhardt i in. 2012]. W glebach miasta Zielonej Góry średnia koncentracja tego pierwiastka oscyluje na poziomie 39,49 mg $Pb \cdot kg^{-1}$. Należy więc stwierdzić, że główną przyczyną zanieczyszczenia analizowanych gleb cynkiem i ołowiem są opady atmosferyczne pyłów metalonośnych, których emitorem jest huta cynku [Greinert 2008].

W przypadku całkowitej zawartości kadmu w analizowanych poziomach powierzchniowych gleb, tylko próbka pobrana z punktu nr 12 przekracza wartości graniczne określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. W przypadku pozostałych próbek nie stwierdzono zanieczyszczenia badanych gleb kadmem [Meinhardt i in. 2012].Wartości całkowite określone dla kadmu w glebach Oławy są nieco podwyższone w stosunku do wartości określonych przez Greinerta w Zielonej Górze (średnią zawartość kadmu określono na poziomie 0,45 mg $Cd \cdot kg^{-1}$). Niewątpliwie ma to związek z produkcją tlenku kadmu w hucie Oława [Greinert 2008]

Określone całkowite zawartości miedzi i niklu w analizowanych glebach Oławy nie dobiegają od wyników określonych przez WIOŚ w roku 2008. Tym

samym nie stwierdzono zanieczyszczenia badanych terenów tymi pierwiastkami. Autorzy nie zaobserwowali także zależności przestrzennego zróżnicowania zawartości Cd, Cu oraz Ni w glebach miasta Oławy. Nie można więc wnioskować o wpływie Huty Oława na zawartości tych trzech pierwiastków śladowych w poziomach powierzchniowych badanych gleb, tym bardziej, że podobne wartości zostały określone przez Greinerta [Greinert 2008, Meinhardt i in. 2012, KABAŁA i SINGH 2001].

Tab. 2. Całkowita zawartość metali ciężkich w badanych glebach
Tab. 2. Total content of heavy metals in analyzed soils

Nr	Grupa sozologiczna	Zawartość całkowita				
		Zn	Pb	Cd	Cu	Ni
		$mg \cdot kg^{-1}$				
1	C	2404,08	1894,05	4,90	46,60	15,88
2	C	908,08	1429,05	2,35	25,50	18,25
3	B	1114,98	429,75	3,30	87,48	28,90
4	B	499,43	259,78	2,20	20,58	12,40
5	B	894,25	404,38	2,70	52,13	23,80
6	B	602,63	567,55	2,15	88,05	19,75
7	B	782,08	201,43	2,15	38,38	21,15
8	B	1102,18	1948,05	2,20	36,95	17,73
9	B	195,80	73,50	3,80	34,10	22,08
10	B	541,83	138,43	1,55	19,93	13,20
11	B	214,83	55,40	1,55	10,85	10,78
12	B	2039,33	313,10	11,40	60,55	19,78

WNIOSKI

- Działalność ZM "Silesia" S.A. Oddział Huta Oława istotnie wpłynęła na degradację chemiczną gleb miasta Oławy.
- Specyfika działalności prowadzonej przez hutę cynku odzwierciedla się w wysokim stopniu zanieczyszczenia gleb cynkiem i ołowiem.
- Czynniki klimatyczne oraz rodzaj użytkowania terenu istotnie modyfikują całkowitą zawartość metali ciężkich w glebach.
- Całkowita zawartość metali ciężkich w glebach jest miarodajnym czynnikiem świadczącym o rodzaju i ilości emisji.

LITERATURA

1. ALLOWAY B. 1995. Heavy metals in soils. Blackie Academic and Professional. Glasgow.
2. GREINERT A. 2008. Normy zawartości metali ciężkich w glebach w Polsce i UE w kontekście ich mobilności w warunkach presji urbanistycznej [W:] Ekotoksykologia w ochronie środowiska / red. B. Kołwzan, K. Grabas - Wrocław : Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Dolnośląski, s. 121-128.
3. GREINERT A. 2000. Ochrona i rekultywacja terenów zurbanizowanych. Wyd. Politechniki Zielonogórskiej; ss. 216.
4. KABAŁA C., SINGH BR. 2001. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. Journal of Environmental Quality, 30(2): 485-492.
5. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
6. KARCZEWSKA A. 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Rozprawy CLXXXIV, 432. Wrocław.
7. KARCZEWSKA A. 2008. Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych. Wydawnictwo UWP, Wrocław.
8. KARCZEWSKA A., KABAŁA C. 2010. Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku - potrzeby i metody rekultywacji. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, rolnictwo XCVI, Nr 576, 59-79.
9. MCBRIDE M. 1994. Environmental chemistry of soils. Oxford University Press. New York.
10. MEINHARDT B., DANIELSKA I., KUBACKA L., HANULA P. 2012. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb w województwie dolnośląskim w 2011 roku. WIOŚ, Wrocław.
11. OSTOJSKI K. 2000. Ochrona środowiska w Hucie Oława S. A. 1960-1999, [w:] Rudy i Metale Nieżelazne R 45 nr 6, Wyd. SIGMA-NOT, 400-403.
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U.Nr.165 poz. 1359).
13. STANDIO J. 2011. Huta „Oława" w Oławie. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Metali Nieżelaznych, Oława.
14. WŁADYCZKA A. 2007. Badania jakości gleb na terenie powiatu oławskiego w 2007 roku. Ars Vitae, Wrocław.
15. WOLAK W., LEBODA R., HUBICKI Z. 1995. Metale ciężkie w środowisku i ich analiza. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Chełm.

THE INFLUENCE OF OŁAWA ZINC SMELTER ON SOIL ENVIRONMENT OF ADJACENT AREAS IN THE LIGHT OF TOTAL CONTENT OF HEAVY METALS IN SURFACE LEVELS OF OŁAWA SOILS

S u m m a r y

The aim of the study is analisys of heavy metals in surface levels of soils located in ZM "Silesia" S.A., Zinc Smelter Oława vicinity. Research showed that long-term smelter activity has a significant impact on the contaminated level of soils in Oława. It was ascertained excessive soil icrease in zinc and lead what is a result of the specific activity of the smelter.

Key words: Zinc Smelter Oława, contaminated soils, heavy metals

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 149

Nr 29 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

MARIUSZ DUDZIAK*

USUWANIE MIKROZANIECZYSZCZEŃ ESTROGENICZNYCH W PROCESIE FOTOKATALIZY WSPOMAGANYM SORPCJĄ I NANOFILTRACJĄ

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono wyniki badań związanych z opracowaniem skutecznej metody oczyszczania wody zawierającej mikrozanieczyszczenia estrogeniczne. Prace prowadzono z wykorzystaniem procesu fotokatalizy wspomaganego sorpcją i nanofiltracją. Określono efektywność usuwania 17β-estradiolu (naturalny związek estrogeniczny) i bisfenolu A (związek estrogeniczny o pochodzeniu antropogenicznym) w badanym procesie.

Słowa kluczowe: usuwanie mikrozanieczyszczeń estrogenicznych, oczyszczanie wody

WPROWADZENIE

Wśród procesów zaawansowanego utleniania wymieniana jest fotokataliza heterogenna z wykorzystaniem przede wszystkim metody UV-TiO_2, w której katalizator stosowany jest w formie zawiesiny. W procesie tym wykorzystuje się zjawisko aktywacji promieniami UV katalizatora TiO_2 prowadzące do powstawania rodników hydroksylowych, które umożliwiają utlenianie związków organicznych [Kowal i Świderska-Bróż 2009]. Fotokataliza jest obecnie interesującą alternatywą dla konwencjonalnych metod uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w tym także w aspekcie eliminacji mikrozanieczyszczeń [Dudziak 2012, Herrman 2005, Mozia i Morawski 2012].

Z uwagi na fakt, że podczas prowadzenia fotokatalizy istnieje potrzeba odseparowania cząstek katalizatora proces ten łączy się z niskociśnieniowymi technikami membranowymi, takimi jak mikrofiltracja i ultrafiltracja [Ho i in. 2010 i Patsios i in. 2013]. Wadą tego rozwiązania jest możliwość przechodzenia przez membranę małocząsteczkowych związków organicznych (produktów utleniania), które obniżają skuteczność procesu [Dudziak 2013]. Wymienione

* Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Zakład Chemii Środowiska i Procesów Membranowych

powyżej techniki membranowe nie gwarantują również usunięcia z wody mikrozanieczyszczeń, które nie zawsze są całkowicie usuwane podczas procesu fotokatalizy.

Celem przedstawionych badań była ocena zintegrowanego procesu oczyszczania wody zawierającej mikrozanieczyszczenia estrogeniczne, w którym fotokataliza była wspomagana sorpcją i nanofiltracją.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

W badaniach zastosowano roztwór modelowy sporządzony na bazie wody zdejonizowanej oraz wody wodociągowej bez i z dodatkiem kwasów humusowych (KH). Kwasy humusowe stosowano w celu modelowania wielkocząsteczkowych substancji organicznych występujących w wodach powierzchniowych. Do badanych próbek dodano 17β-estradiol (E2) będący naturalnym związkiem estrogenicznym i bisfenol A (BPA) – związek estrogeniczny o pochodzeniu antropogenicznym w ilości 500 $\mu g/dm^3$. Charakterystykę fizyczno-chemiczną badanych wód przedstawiono w tabeli 1. Wzorce kwasów humusowych, 17β-estradiolu i bisfenolu A pochodziły z firmy Sigma-Aldrich.

Tab. 1. Charakterystyka fizyczno-chemiczna badanych wód
Tab. 1. Physicochemical characteristics of the waters

Rodzaj wody Type of water	pH	Przewodność właściwa, Specific conductivity, $\mu S \cdot cm^{-1}$	Absorbancja, Absorbance (UV=254 nm), $1 \cdot cm^{-1}$
Woda zdejonizowana Deionized water	7,0	5,180	0,000
Woda wodociągowa Tap water		1064	0,004
Woda wodociągowa + 15 $mgKH/dm^3$ Tap water + 15 $mgHA/dm^3$		1122	0,170

KH - kwasy humusowe, HA - humic acid

Wielkocząsteczkowe substancje organiczne oznaczano w wodzie poprzez pomiar absorbancji w nadfiolecie (λ=254 nm) z użyciem spektrometru UV VIS Cecil 1000 firmy Jena AG, a substancje nieorganiczne poprzez pomiar przewodności właściwej wody przy pomocy laboratoryjnego miernika wieloparamtrowego inolab® 740 firmy WTW. Z kolei mikrozanieczyszczenia oznaczano metodą ekstrakcji do fazy stałej (SPE) oraz analizy chromatografii cieczowej (HPLC). Do ekstrakcji wykorzystano kolumienki Supelclean™ ENVI-18 (objętość 6 cm^3, faza stała 1,0 g) firmy Supelco. Złoże kolumienki przed ekstrakcją

kondycjonowano metanolem (5 cm^3) i acetonitrylem (5 cm^3), a następnie przepłukano wodą zdejonizowaną (5 cm^3). Wydzielone związki odmywano 1 cm^3 mieszaniny składającej się z acetonitrylu i metanolu w proporcjach 60:40 (v/v). Analizę jakościowo-ilościową mikrozanieczyszczeń w ekstrakcie przeprowadzono przy użyciu HPLC z detektorem UV (λ=235 nm). Zatosowano kolumnę Hypersil Gold C18 o długości 25 cm, średnicy 4,6 mm oraz uziarnieniu 5 µm firmy Polygen. Jako fazę ruchomą zastosowano acetonitryl firmy POCH.

Proces sorpcji na pylistym węglu aktywnym (CWZ-30 firmy Gryfskand, dawka 1 mg/dm^3) prowadzono łącznie z fotokatalizą (dwutlenek tytanu P25 firmy Degussa, dawka 100 $mgTiO_2/dm^3$) w temperaturze 20ºC w reaktorze Heraeus z średniociśnieniową lampą zanurzeniową o mocy 150 W (czas naświetlania 5 min). W celu porównania uzyskanych wyników badań proces fotokatalizy prowadzono również bez dodatku węgla aktywnego. W celu odseparowania cząstek węgla aktywnego i katalizatora przed nanofiltracją roztwory przesączono przez filtr 0,45 µm wykonany z octanu celulozy firmy Millipore. W badaniach zastosowano komercyjną membranę nanofiltracyjną NF-270 firmy Dow Filmtec (USA) o granicznej masie molowej 200 Da (tabela 2). Filtrację prowadzono pod ciśnieniem transmembranowym 2,0 MPa w stalowej celi membranowej (objętość zbiornika 350 cm^3, powierzchnia aktywna membrany 38,5 cm^2) umożliwiającej prowadzenie procesu w układzie filtracji jednokierunkowej (z ang. dead-end).

Tab. 2. Charakterystyka membrany NF-270
Tab. 2. Characteristics of the NF-270 membrane

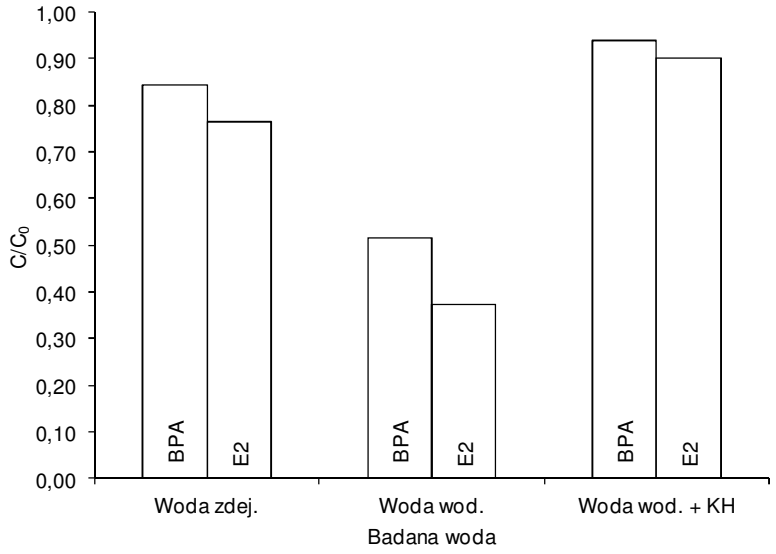
Membrana Membrane	Graniczna masa molowa, Molecular weight cut-off, Da	J_v^*, m^3/m^2s	Usunięcie, Removal $MgSO_4$, %
NF-270	200	$70{,}6\cdot10^{-6}$	96

*objętościowy strumień permeatu dla wody zdejonizowanej wyznaczony przy ciśnieniu transmembranowym 2,0 MPa z zależności $J_v = V/F\cdot t$ (V - objętość [m^3]; F - powierzchnia membrany [m^2]; t - czas filtracji [s])
*volumetric permeate flux for deionized water obtained at a transmembrane pressure 2.0 MPa: $J_v = V/F\cdot t$ (V - volume [m^3]; F - membrane surface [m^2]; t - filtration time [s])

Badania określające skuteczność usuwania mikrozanieczyszczeń estrogenicznych w zintegrowanym procesie sorpcja-fotokataliza-nanofiltracja polegały na oczyszczaniu wody w łącznym procesie sorpcji i fotokatalizy, a następnie separacji cząstek węgla aktywnego i katalizatora, po czym wodę poddawano nanofiltracji. Efektywność usuwania mikrozanieczyszczeń estrogenicznych podczas procesu fotokatalizy dla badanych wód określona została poprzez iloraz stężenia związku po utlenianiu (C) i jego stężenia początkowego (C_0).

WYNIKI I ICH DYSKUSJA

Utlenianie fotokatalityczne związków prowadzone w roztworze wody zdejonizowanej potraktowano jako próbę porównawczą. Największe usunięcie mikrozanieczyszczeń obserwowano w przypadku fotokatalizy wody wodociągowej charakteryzującej się zanieczyszczeniem głównie przez substancje nieorganiczne (określone poprzez pomiar przewodności wł.). Z kolei dodanie do wody wodociągowej kwasów humusowych spowodowało obniżenie efektywności procesu fotokatalizy. Na podstawie tych wyników można sądzić, że obecność w wodzie substancji nieorganicznych wspomaga proces utleniania mikrozanieczyszczeń estrogenicznych. Natomiast kwasy humusowe wywołują efekt odwrotny. Może to być powodowane wzrostem mętności oczyszczanej wody ograniczającej dostęp promieniowania UV. Zaobserwowano również, że usunięcie 17β-estradiolu było większe niż obserwowane dla bisfenolu A.

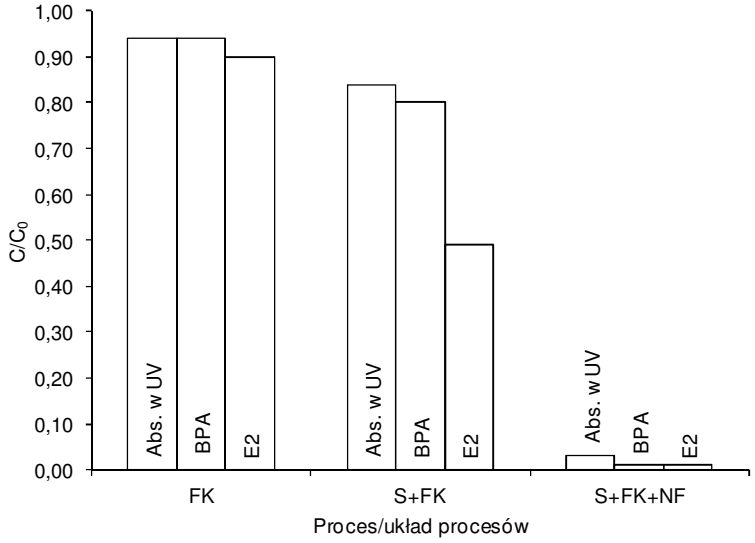


Rys. 1. Wpływ składu wody na efektywność usuwania mikrozanieczyszczeń estrogenicznych podczas fotokatalizy
Fig. 1. The influence of water composition on the effectiveness of estrogenic micropollutants removal during photocatalysis

Wzrost stopnia usuwania mikrozanieczyszczeń estrogenicznych uzyskano dzięki kombinacji procesu fotokatalizy i sorpcji na węglu aktywnym (rys. 2).

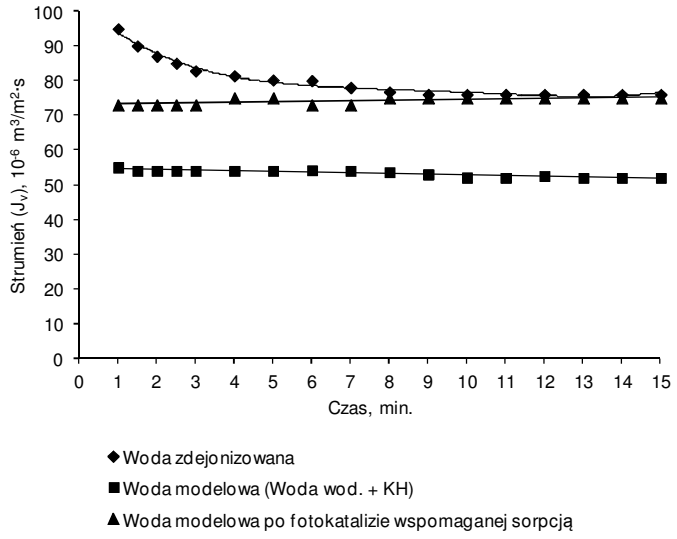
Obserwowany efekt w prosty sposób można wytłumaczyć zjawiskiem adsorpcji małocząsteczkowych związków organicznych na cząstkach węgla aktywnego dodanego do układu oczyszczania. Jednakże w pracy [Li i Liu 2012] wykazano, że obecność węgla aktywnego ma również wpływ na przebieg samego procesu fotokatalizy. Zgodnie z mechanizmem proponowanym przez autorów pracy cząstki katalizatora TiO_2 adsorbują się na rozwiniętej powierzchni właściwej węgla aktywnego (co potwierdzono wykonując zdjęcia z użyciem mikroskopu sił elektronowych) i podobnie zachowują się cząsteczki związku organicznego. Następnie dochodzi do reakcji utleniania, która przebiega szybciej na powierzchni węgla aktywnego, niż na powierzchni katalizatora (układ bez dodatku węgla aktywnego). Również autorzy pracy [Xue in. 2011] potwierdzili to zjawisko w przypadku fotokatalizy wielkocząsteczkowych związków organicznych (kwasy humusowe).

Zwiększenie skuteczności usuwania badanych zanieczyszczeń umożliwił proces nanofiltracji (rys. 2). W tym przypadku uzyskano bardzo duże obniżenie stężenia mikrozanieczyszczeń jak i wielkocząsteczkowych substancji organicznych (określone poprzez pomiar absorbancji w UV).



Rys. 2. Usuwanie mikrozanieczyszczeń estrogenicznych w zintegrowanym procesie
Fig. 2. The removal of estrogenic micropollutants in the integrated process

Na rysunku 3 porównano wydajność membrany podczas oczyszczania wody modelowej (woda wodociągowa z dodatkiem kwasów humusowych) bez i z wstępnym procesem fotokatalizy wspomaganym sorpcją na węglu aktywnym. Jako próbę odniesienia potraktowano filtrację wody zdejonizowanej. Strumień permeatu był wyższy w przypadku procesu zintegrowanego, niż w bezpośredniej nanofiltracji wody modelowej. Wynika to z faktu, że wstępne oczyszczanie wody przed procesem membranowym ma zasadniczy wpływ na intensywność zjawisk niekorzystnych towarzyszących filtracji. Jest to m.in. akumulacja kwasów humusowych na powierzchni membrany wywołująca zjawisko foulingu zachodzące przy współudziale polaryzacji stężeniowej [Dudziak 2013].



Rys. 3. Wpływ rodzaju metody oczyszczania wody na wydajność membrany
Fig. 3. The impact of water treatment method on the membrane capacity

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy wykazano wysoką skuteczność zintegrowanego procesu oczyszczania wody sorpcja-fotokataliza-nanofiltracja pod kątem usuwania mikrozanieczyszczeń estrogenicznych. Skuteczność usuwania małocząsteczkowych związków organicznych w tym procesie była znacznie większa niż podczas samej fotokatalizy. Stwierdzono również, że włączenie procesu sorpcji na węglu ak-

tywnym do układu technologicznego ma wyraźny wpływ zarówno na poprawę usunięcia mikrozanieczyszczeń jak i wydajność hydrauliczną membrany. Z kolei włączenie nanofiltracji do procesu oczyszczania wody umożliwia obniżenie stężenia wielkocząsteczkowych substancji organicznych oraz mikrozanieczyszczeń, które nie zostały całkowicie usunięte podczas fotokatalizy prowadzonej bez i z dodatkiem węgla aktywnego.

LITERATURA

1. DUDZIAK, M; 2012. Usuwanie mykoestrogenów z roztworów wodnych w zintegrowanym procesie fotokataliza-mikrofiltracja-nanofiltracja. Ochrona Środowiska, 34, 29-32.
2. DUDZIAK, M.; 2013. Separacja mikrozanieczyszczeń estrogenicznych wysokociśnieniowymi technikami membranowymi. Wyd. Politechniki Śląskiej; ss. 143.
3. HERRMAN, J.-M.; 2005. Heterogenous photocatalysis: state of art and present applications. Topics in Catalysis, 34, 49-65.
4. HO, D.P., VIGNESWARAN, S., NGO, H.H.; 2010. Integration of photocatalysis and microfiltration in removing effluent organic matter from treated sewage effluent. Separation Science and Technology, 45, 155-162.
5. KOWAL, A.L., ŚWIDERSKA-BRÓŻ, M.; 2009. Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia. Wyd. Naukowe PWN; ss. 802.
6. LI, W., LIU, S.; 2012. Bifunctional activated carbon with dual photocatalysis and adsorption capabilities for efficient phenol removal. Adsorption, 18, 67-74.
7. MOZIA, S., MORAWSKI, A.W.; 2012. The performance of a hybrid photocatalysis-MD system for the treatment of tap water contaminated with ibuprofen. Catalysis Todey, 193, 213-220.
8. PATSIOS, S.I., SARASIDIS, V.C., KARABELAS, A.J.; 2013. A hybrid photocatalysis-ultrafiltration continuous process for humic acids degradation. Separation and Purification Technology, 104, 333-341.
9. XUE, G., LIU, H., CHEN, Q., HILLS, C., TYRER, M., INNOCENT, F.; 2011. Synergy between surface adsorption and photocatalysis during degradation of humic acid on TiO_2/activated carbon composites. Journal of Hazardous Materials, 186, 765-772.

THE REMOVAL OF ESTROGENIC MICROPOLLUTANTS BY MEANS OF PHOTOCATALYSIS PROCESS ENHANCED WITH SORPTION AND NANOFILTRATION

S u m m a r y

The paper discusses results of studies on the development of the effective method of treatment of water contaminates with estrogenic micropollutants. Photocatalysis enhanced with sorption and nanofiltration was used. The effectiveness of 17β-estradiol (natural estrogenic compound) and bisphenol A (anthropogenic estrogenic compound) removal was evaluated.

Key words: removal of estrogenic micropollutants, water treatment

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 150

Nr 30 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

MIROSŁAWA GILEWSKA, KRZYSZTOF OTREMBA*

REWITALIZACJA TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH NA OBSZARZE MIASTA KONINA

S t r e s z c z e n i e

Praca dotyczy rewitalizacji terenów poeksploatacyjnych po odkrywkach węgla brunatnego Niesłusz i Gosławice. Zlokalizowane są one w północnej części miasta Konina i zajmują około 15,6% jego powierzchni. W latach 60 i 70 XX wieku zostały zrekultywowane, głównie leśnie i rolniczo. Znaczna część tych terenów z biegiem lat uległa wtórnej degradacji i konieczna jest ich rewitalizacja, służąca rozwojowi społeczności lokalnej. Te tereny mogą wpisać się w strefę zieleni miejskiej wzbogaconej o tereny rekreacyjne i sportowe. Z uwagi na osiadanie, nieciągłość litologiczną w ograniczonym zakresie pełnić mogą funkcje terenów inwestycyjnych.

Słowa kluczowe: odkrywka węgla brunatnego, zwałowisko, rekultywacja leśna, rekultywacja rolnicza, rewitalizacja przyrodnicza

WSTĘP

Odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego w rejonie Konina podjęta została w latach 40 ubiegłego wieku. Pierwsze odkrywki Morzysław, Niesłusz i Gosławice usytuowane były poza obecnymi granicami miasta Konina. Pozostały po nich nowe formy powierzchni-zwałowiska zewnętrzne, wewnętrzne, wyrobiska końcowe. Tereny poeksploatacyjne, zwane powszechnie zwałkami, zostały w latach 60 i 70 XX wieku poddane, zgodnie z ówczesnymi trendami, rekultywacji leśnej i rolniczej [Skawina 1969, Bender 1995]. Na części powierzchni zlokalizowano pracownicze ogródki działkowe, a wyrobiska samoistnie wypełniały się wodą.

Potencjał gospodarczy tkwiący w tych terenach dostrzeżono w latach 90 XX wieku, przeznaczając część z nich pod tereny rekreacyjne i galerie handlowe.

* Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Zakład Rekultywacji

Coraz większy obszar popularnych zwałek wykazuje symptomy degradacji. Sukcesja wtórna zdominowana przez zespoły trzcinnika piaskowego i bzu czarnego wypierają wprowadzone w wyniku rekultywacji gatunki roślin. Tereny, zwłaszcza zwałowisk zewnętrznych, są zarośnięte, zaśmiecone i potrzebna jest ich rewitalizacja.

Rewitalizacja uważana jest za najwyższą formę przywracania wartości użytkowej terenom zrekultywowanym i służyć ma poprawie ich funkcjonalności oraz stworzenia warunków do ich dalszego rozwoju służącemu społeczności lokalnej.

Celem pracy jest inwentaryzacja, a także wskazanie nowych, realizowanych w ramach rewitalizacji, rozwiązań dla terenów poeksploatacyjnych zlokalizowanych w północnej części miasta Konina. Są to tereny po odkrywkach Niesłusz i Gosławice.

INWENTARYZACJA TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH ODKRYWEK NIESŁUSZ I GOSŁAWICE

Złoża węgla eksploatowane odkrywkami Niesłusz i Gosławice należały do złóż soczewkowych zajmujących od kilku do kilkudziesięciu ha.

Odkrywkę Niesłusz uruchomiono w 1953. Ze względu na małe pokłady węgla eksploatacja surowca prowadzona była 9 lat. Druga odkrywka swój początek datuje na rok 1958, a koniec eksploatacji na rok 1973. Węgiel w obu odkrywkach zalegał na głębokości od 14,5 do 18,7 m, a jego miąższość wynosiła od 8,3 do 9,5 m. W nadkładzie węgla znajdowały się utwory czwartorzędowe – gliny zwałowe zlodowaceń Wisły i Warty, piaski oraz skały trzeciorzędowe – iły plioceńskie i piaski mioceńskie. Dominującą skałą w nadkładzie była glina zwałowa zlodowacenia Warty.

Nadkład, którego ilość oszacowano na 78 mln m^3, był kierowany na zwałowiska wagonami samowyładowczymi, a w późniejszym okresie układem koparka-taśmociąg-zwałowarka. Stosowana przez górnictwo odkrywkowe nieselektywna gospodarka skałami nadkładu spowodowała, że lokowany na zwałowiskach materiał ziemny był konglomeratem wszystkich skał występujących w nadkładzie. Zmieszanie oraz przypadkowe rozmieszczenie w masie zwałowej skał o różnych właściwościach, powoduje jej heterogenność, przejawiającą się w dużej zmienności przestrzennej jej właściwości. Jest to cecha, która obniża możliwość realizacji wielu funkcji gospodarczych [Bender i Gilewska 1989, Gilewska i Otremba 2002].

Pierwszym zwałowiskiem odkrywki Niesłusz było zwałowisko zewnętrzne Niesłusz o powierzchni 43 ha i wysokości od 10 do 12 m n.p.t. Zostało ono zalesione i stanowiło w latach 80 element strefy ochronnej rejonu przemysłowego Konina. Około 80 ha zajmuje zwałowisko wewnętrzne, którego znaczną

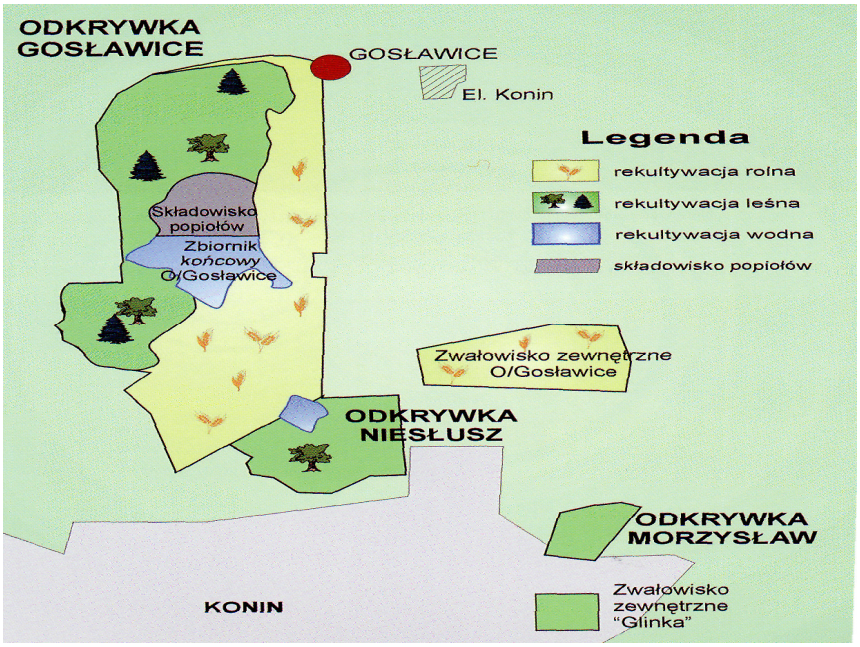
część przeznaczono pod pracownicze ogródki działkowe, istniejące do chwili obecnej. Wyrobisko poeksploatacyjne, pierwotnie przeznaczone pod boisko sportowe, zaczęło się samoistnie wypełniać wodą i w latach 90 XX wieku zostało wykorzystane do odprowadzenia wód opadowych z powstającego sąsiadującego z terenami podkrywkowymi osiedla Zatorze [Galantkiewicz 2010].

Nadkład uruchomionej 5 lat później odkrywki Gosławice składowany był na zwałowisko zewnętrzne Wschodnie. Jego powierzchnia wynosi około 60 ha, a wysokość 12 m n.p.t. Na tym zwałowisku przeprowadzone zostało pierwsze doświadczenie nad rekultywacją leśną i rolniczą gruntów pogórniczych Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Skarpy zostały obsadzone, zgodnie z koncepcją roślinności pionierskiej, opracowanej przez Skawinę, robinią akacjową (Skawina 1960). Na wierzchowinę wprowadzono także roślinę pionierską - nostrzyk biały, a następnie lucernę i zboża ozime. Pierwsza gleba będąca produktem procesu rekultywacji została uformowana także na tym zwałowisku (Gilewska 1998). Zwałowisko jest nadal użytkowane rolniczo i objęte uprawą zbóż. Właścicielem gruntów jest Agencja Nieruchomości Rolnej .

Na granicy odkrywek Gosławice i Niesłusz, obok dzielnicy Konina Międzylesie, znajduje się zwałowisko wewnętrzne Międzylesie. Jest to zwałowisko o powierzchni około 550 ha, płaskie, wierzchowinowe, w przeważającej części przeznaczone pod użytkowanie rolnicze. Obok znajduje się drugie zwałowisko zewnętrzne odkrywki Gosławice-zwałowisko Zachodnie. Zajmuje powierzchnie około 70 ha i wypiętrzone jest na wysokość około 40 m, a jego strome skarpy poprzecinano półkami. Zostało zalesione, także zgodnie z koncepcją roślinności pionierskiej Skawiny. W skład terenów poeksploatacyjnych tej odkrywki wpisuje się również zbiornik Czarna Woda o powierzchni 32,5 ha i głębokości 55 m i pojemności 290 tys. m^3.

Wyrobisko końcowe o pow. 320 ha i głębokości około 25 m przeznaczone jest na składowisko odpadów elektrownianych i z racji barwy określone jest jako Jezioro Lazurowe.

Powierzchnia terenów poeksploatacyjnych odkrywek Niesłusz i Gosławice szacowana jest na około 1300 ha i zajmuje około 15,6% powierzchni miasta. Ich lokalizację i kierunki rekultywacji przedstawiono za Kasztelewiczem [2010] na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja i kierunki rekultywacji odkrywek Gosławice, Niesłusz, Morzysław [Kasztelewicz 2010]
Fig. 1. Lokalization and reclamation directions of Gosławice, Niesłusz and Morzysław pits [Kasztelewicz 2010]

REWITALIZACJA TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH

Dotychczas rewitalizacją objęta została niewielka, wynosząca około 3 ha powierzchnia zwałowiska wewnętrznego odkrywki Niesłusz i wyrobisko końcowe tej odkrywki. Przestała istnieć głęboka, niebezpieczna niecka wodna jaką było wyrobisko, a powstał akwen wodny o uporządkowanych i wyprofilowanych, zadarnionych skarpach – Jeziorko Zatorze. Głębokość tego zbiornika wynosi 27 m, a pow. 18,5 ha. Powierzchnia jeziorka systematycznie wzrasta kosztem pobliskich ogródków działkowych. Zalaniu uległa znajdująca się na środku jeziorka wyspa. Podtopiony jest także wybudowany na jeziorku pomost. Jeziorko jest wykorzystywane jako obiekt szkoleniowy dla młodych żeglarzy.

Przy Jeziorku Zatorze na początku XXI wieku powstała galeria handlowa „Nad Jeziorem". Na ten cel wykorzystano część zwałowiska wewnętrznego. Z uwagi, że grunty pogórnicze są terenami ryzyka budowlanego, część handlową galerii wykonano z lekkiej konstrukcji stalowej, część kinową z konstrukcji

żelbetonowej. Przy centrum handlowym wybudowano parking, korty tenisowe, boiska sportowe, place zabaw dla dzieci oraz ścieżki spacerowe.

Do najbardziej zaniedbanych i najtrudniejszych do rewitalizacji terenów poeksploatacyjnych należy uznać zwałowiska zewnętrzne Niesłusz i Gosławice zachodnie. Decyduje o tym architektura zwałowisk, a także charakter pokrywy roślinnej. Są to zwałowiska nadpoziomowe o bardzo nieregularnych kształtach, wypiętrzone na wysokości od 10 do 12 m (Niesłusz) i 40 m (Gosławice). Nachylenie zboczy dla zwałowiska Niesłusz wynosi około 30°, zwałowiska Gosławice 15°. Silne piętno na ich rzeźbę wywarła technologia zwałowania i formowania zwałowiska, erozja wodna i procesy geodynamiczne. Na zwałowiskach występują liczne stromizny, zagłębienia, uskoki i osuwiska. Deniwelacje wynoszą nawet od 5-10 m [Bender i in. 1985].

W roku 1962 zwałowiska zadrzewiono roślinnością pionierską. Głównym gatunkiem była robinia akacjowa – gatunek o małym znaczeniu gospodarczym i dużych zdolnościach odrostowych. Domieszkę stanowiły topola Robusta, modrzew europejski, brzoza brodawkowata, dąb czerwony oraz krzewy – czeremcha amerykańska, porzeczka złota, głóg jedno i dwuszyjkowy.

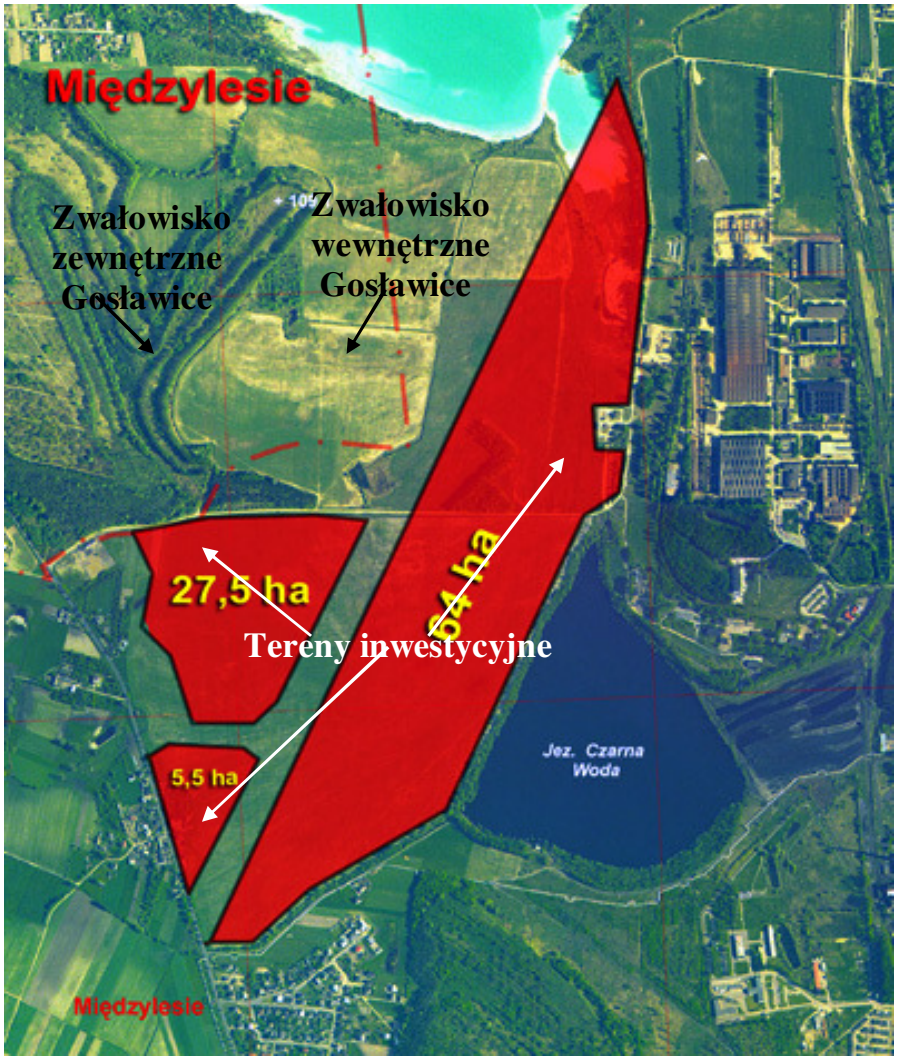
Rekonstrukcję drzewostanu przeprowadzono w latach 70 i 80 XX wieku. W drzewostany pionierskie wprowadzono gatunki docelowe – dęby rodzime, sosnę zwyczajną, buka zwyczajnego, klon jawor. Prace hodowlane i pielęgnacyjne prowadzone były w ograniczonym zakresie. Utrudniał je brak dróg, duże spadki ścieżek technologicznych. Halizny zostały szybko opanowane przez sukcesję wtórną reprezentowaną przez czeremchę amerykańską, bez czarny, trzcinnik piaskowy i jeżynę popielicę.

Architektura obu zwałowisk opisywana przez Bendera i innych [1985] w ciągu 55 lat uległa niewielkiej zmianie. Obecnie powierzchnię obu zwałowisk porasta rzadki, wielogatunkowy drzewostan. Liczne krzewy, w tym pochodząca z naturalnych odnowień, kolczasta robinia akacjowa i płożące się długie, a także kolczaste pędy jeżyny popielicy, tworzą zwarte i trudne do penetracji zarośla. Na zwałowiskach pojawiły się byliny z rodziny storczykowatych, a także liczne dzikie wysypiska śmieci.

Liczne zarośla umożliwiają utworzenie zielonego labiryntu. Ten teren stwarza możliwość uprawiana sportów ekstremalnych – paintball. Może to być także Skate Park. Na zwałowiskach mogą powstać ścieżki tematyczne – ścieżka ruchowa, ścieżka gier, a także edukacyjna, ekologiczna.

Na stronie internetowej Konin – Nasze miasto [2013], pojawiła się informacja o przekształceniu hałdy na Zatorzu (zwałowisko Niesłusz) w drugą Maltę, a także zlokalizowanie na niej muzeum historii kopalnictwa odkrywkowego, boiska do siatkówki, softball i lacrosse, kawiarnie. Inwestycja kosztowałaby około 57 mln zł. Jest również propozycja społeczności lokalnej stworzenie na zwałowiskach Niesłusz i Gosławice miejskiego parku aktywności sportowej, w którym byłyby drogi rowerowe, dirt park, ścieżki biegowe, trasy do nordic

walking. Do realizacji tego celu, dodać należy, potrzebne są niewielkie nakłady finansowe związane z oczyszczeniem terenów ze zbędnych krzewów, śmieci i wyznaczeniem szlaków.



Rys.2. Tereny poeksploatacyjne odkrywki Gosławice
[Oferty inwestycyjne miasta Konin 2013]
Fig.2. Post-mining regions of Gosławice Strip Mine
[Investment offers of the Konin city 2013]

Zwałowisko wewnętrzne Międzylesie objęte zostało rekultywacją i zagospodarowaniem rolniczym [Bender i Wasilewski 1976]. Rekultywowane było zgodnie z koncepcją gatunków docelowych opracowanych przez Bendera [Bender 1995], a znaną również jako Model PAN. Uprawiano na nim rzepak ozimy, pszenicę ozimą, lucernę. Plony tych roślin dorównywały plonom uzyskiwanym na glebach uprawnych. Uformowany został poziom próchniczny o miąższości od 25 do 30 cm [Gilewska i Otremba 2002] i przeprowadzono klasyfikację bonitacyjną gruntów tego zwałowiska. Cały obszar zwałowiska wewnętrznego zatracił cechy budowli górniczej i nie jest kojarzony na ogół z działalnością górniczą lecz z działalnością rolniczą.

Teren zwałowiska w większości należy do Agencji Nieruchomości Rolnej. 97-hektarowa powierzchnia zwałowiska widnieje w ofercie inwestycyjnej miasta Konina i zgodnie z jego planem zagospodarowania przestrzennego jest to obszar aktywizacji gospodarczej. Jego atutem jest sąsiedztwo z planowaną obwodnicą drogi krajowej Nr 25, a mankamentem brak uzbrojenia (rys. 2).

Na zwałowisku usytuowane jest schronisko dla zwierząt, stadnina koni Sawanna ze szkółką jeździecką, ujeżdżalnią i hotelem dla koni. Około 35 ha tego zwałowiska traktowane jest jako zaplecze Fabryki Urządzeń Górnictwa Odkrywkowego.

Przez 60 lat tereny poeksploatacyjne, znajdujące się w północnej części miasta Konina trwale wpisały się w jego krajobraz i traktowane są głownie jako zielone zaplecze miasta. Z uwagi na specyfikę – heterogenność mas ziemnych związaną z nieciągłością litologiczną, deformację powierzchni wynikającą z osiadania gruntu, brak dróg, w ograniczonym zakresie mogą pełnić rolę terenów inwestycyjnych. Ich rewitalizacja winna być rozpatrywana głównie w sferze przyrodniczej i wpisywać się w system przyrodniczy miasta. Uporządkowane mogą stać się miejscem rekreacji i wypoczynku, w tym czynnego, dla mieszkańców Konina i wpłynąć na estetykę miasta i jego atrakcyjność.

WNIOSKI

- Obszar zwałowisk wewnętrznych nie jest kojarzony z działalnością górniczą. W ciągu 60 lat opisywane tereny poeksploatacyjne zatraciły cechy budowli górniczych i uzupełniają powierzchnię gruntów ornych na terenie miast.
- Uformowana w wyniku robót górniczych nowa pokrywa litologiczna i glebowa może spełniać ograniczoną funkcję w planie miejscowym miasta Konina.
- Forma zwałowisk zewnętrznych i ich usytuowanie na obszarze miasta wskazuje na rozpatrywanie ich rewitalizacji głównie w aspekcie przyrodniczym

jako strefa zieleni miejskiej wzbogacona atrakcją o tereny rekreacyjne i sportów ekstremalnych.

LITERATURA

1. BENDER J., 1995. Rekultywacja terenów pogórniczych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. Z. Nr 418, 75-86.
2. BENDER J., GILEWSKA M., 1989. Technologia urabiania nadkładu i formowania zwałowisk w górnictwie odkrywkowym i jej skutki gospodarcze. [W:] Zagadnienia sozologiczne w przemyśle wydobywczym i przetwórczym surowców mineralnych. Kraków, AGH, 19-31.
3. BENDER J., WASILEWSKI S., 1976. Niektóre aspekty rolniczej rekultywacji zwałowiska w Konińskim Zagłębiu Węglowym. Ochrona Ter. Górn. 35,3-6.
4. GALANTKIEWICZ E., 2010. Wyimki. Kronika 65-lecia Kopalni Węgla Brunatnego „Konin". ss. 278.
5. GILEWSKA M., 1998. Właściwości próchnicy wytworzonej w procesie rekultywacji gruntów pogórniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 153-166.
6. GILEWSKA M., OTREMBA K., 2002. Zmienność przestrzenna wybranych właściwości gruntów pogórniczych. Rocz. AR Pozn. CCC XLII, Melior. Inż. Środ. 23, 83-93.
7. KASZTELEWICZ Z., 2010. Rekultywacja terenów pogórniczych w polskich kopalniach odkrywkowych. Monografia, Fundacja Naukowa i Tradycje Górnicze, AGH Kraków; ss. 493.
8. Konin – Nasze miasto, 2013. Hałdy na Zatorzu zamienią w drugą Maltę. http://konin.naszemiasto.pl.
9. Oferty inwestycyjne miasta Konin, 2013. http://www.konin.pl/index.php/oferty-inwestycyjne.html.
10. SKAWINA T., 1969. Rezultaty badań nad modelem rekultywacji terenów pogórniczych w Polsce. Zesz. Nauk. AGH Kraków, Nr 212, Geodezja Z. 12, 115-136.

REVITALISATION OF POST-MINING RESIONS IN THE AREA OF THE TOWN OF KONIN

S u m m a r y

The study is concerned with the process of revitalisation of post-mining regions of Niesłusz and Gosławice brown coal open-cast mines. These areas are situated in the northern part of the town of Konin and occupy approximately 15,6% of its area. In 1960s and 1970s, they underwent restoration, mainly in the form of forest or agricultural reclamation. With the passage of time, considerable parts of these grounds underwent secondary degradation. Their revitalisation is essential as this would support development of local population because these areas could be turned into urban green land which would also comprise areas for recreation, extreme sports etc. Due to their mining subsidence and lithological discontinuity, they can also be used to a limited extent as investment parks.

Key words: forest recultivation, agricultural recultivation, natural recultivation

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 150

Nr 30 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

MAREK PAJĄK, WOJCIECH KRZAKLEWSKI, PIOTR GAWEŁEK*

OCENA REKULTYWACJI LEŚNEJ ZWAŁOWISKA ODPADÓW PO WYDOBYCIU WĘGLA KAMIENNEGO NA PRZYKŁADZIE KWK „BRZESZCZE" W BRZESZCZACH

S t r e s z c z e n i e

W pracy oceniono rekultywację leśną na zwałowisku odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach. Wprowadzona na zwałowisko roślinność drzewiasta cechuje się dobrą żywotnością i jakością oraz spełnia liczne powierzone jej funkcje od ochronnych do krajobrazowych. Prawidłowy wzrost i rozwój wprowadzonych drzew w dużej mierze umożliwiła poprawnie wykonana rekultywacja techniczna, zwłaszcza nawiezienie odpowiedniej miąższości (40 cm) i jakości wierzchniej warstwy gleby.

Słowa kluczowe: zwałowisko, rekultywacja, roślinność drzewiasta

WSTĘP

W województwie śląskim istnieje ponad 200 zwałowisk odpadów po wydobyciu węgla kamiennego o powierzchni od 0,5 ha do nawet 500 ha [Strzyszcz 2004]. Pierwsze zintegrowane badania nad ich biologiczną rekultywacją rozpoczęto w 1956 roku na zwałach w Gliwicach i Czeladzi [Skawina 1957]. Osiągnięcia badawcze pozwoliły na częstsze przywracanie gruntów zniszczonych wydobyciem węgla kamiennego do użyteczności głównie jako terenów zadrzewieniowych, leśnych lub dla celów rekreacyjnych. Do roku 1980 przekazywano po rekultywacji do zagospodarowania około 250 ha rocznie, a w 1988 powierzchnię terenów zrekultywowanych szacowano już na 1200 ha [Krzaklewski 1990].

Celem niniejszej pracy była ocena rekultywacji leśnej wykonanej na wierzchowinie zwałowiska odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze". Ocenę przeprowadzono na podstawie wyników badań nad szatą

* Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

roślinną oraz wybranych właściwości fizyko-chemicznych utworów budujących wierzchnie warstwy zwałowiska.

OBIEKT BADAŃ I METODY

Badania zostały wykonane na zwałowisku odpadów pochodzących z kopalni węgla kamiennego „Brzeszcze", rekultywowanego tzw. metodą „glebową". Jest to składowisko nadpoziomowe, położone w odległości około 2,5 km od kopalni. Obiekt ten istnieje od 1978 roku i zajmuje powierzchnię 34,66 ha. Obszar zwałowiska można podzielić na dwie części: starszą, zrekultywowaną i zwróconą nadleśnictwu Andrychów w 2000 roku, o powierzchni 14,65 ha i młodszą zwróconą nadleśnictwu w 2007 roku, o powierzchni 20,01 ha. Cała wierzchowina zwału zajmuje 21,83 ha, skarpy o nachyleniu 1:4 około 12,43 ha, a teren przyległy 0,4 ha. Rekultywacja (wg projektu) polegała na nawiezieniu warstwy 40 cm gleby, wapnowaniu (wapnem magnezowym - 6t/ha), nawożeniu mineralnym (azofoską 500 kg/ha), posadzeniu sadzonek drzew i krzewów (brzoza brodawkowata 43%, dąb szypułkowy 15%, robinia akacjowa 14%, modrzew europejski 8% i inne) [Bielas i Soska 1995].

W terenie założono 16 powierzchni badawczych po 8 na młodszej i starszej części przedmiotowego obiektu. Każda z nich miała kształt kwadratu i wielkość 1 ara.

Latem 2012 roku na wszystkich powierzchniach badawczych wykonano następujące prace:

- rozpoznano gatunek drzewa lub krzewu,
- pomierzono wysokości (h) drzew tyczką z dokładnością 0,5 m,
- pomierzono pierśnicę drzew (grubość na wysokości 1,3m) w dwóch prostopadłych kierunkach średnicomierzem z dokładnością 0,1cm,

Dodatkowo każde drzewo oceniono według przyjętej trzystopniowej skali jakości i żywotności (klasyfikacje oparte na przesłankach ekologicznych):

Jakość:

1- drzewa dobrej jakości, dopuszczalne niewielkie krzywizny, o prostym pniu, wyraźny wierzchołek,

2 - drzewa średniej jakości, lekka krzywizna nie zawsze wyraźny wierzchołek,

3 - drzewa złej jakości, krzywy pień, krzaczaste, wielogałęziste, brak wierzchołka.

Żywotność:

1- drzewa żywotne, wyraźny wierzchołek, wyraźny zielony kolor liści, gęsto ulistnione,

2 - drzewa średnio żywotne, mniej wyraźny wierzchołek, nieznaczne przerzedzenie aparatu asymilacyjnego,

3 - drzewa osłabione, obumierające, o zahamowanym wzroście, przerzedzona korona, przebarwiony aparat asymilacyjny.

Dla wprowadzonych gatunków drzew na podstawie pomiarów określono klasę bonitacji wzrostowej [Szymkiewicz 1986].

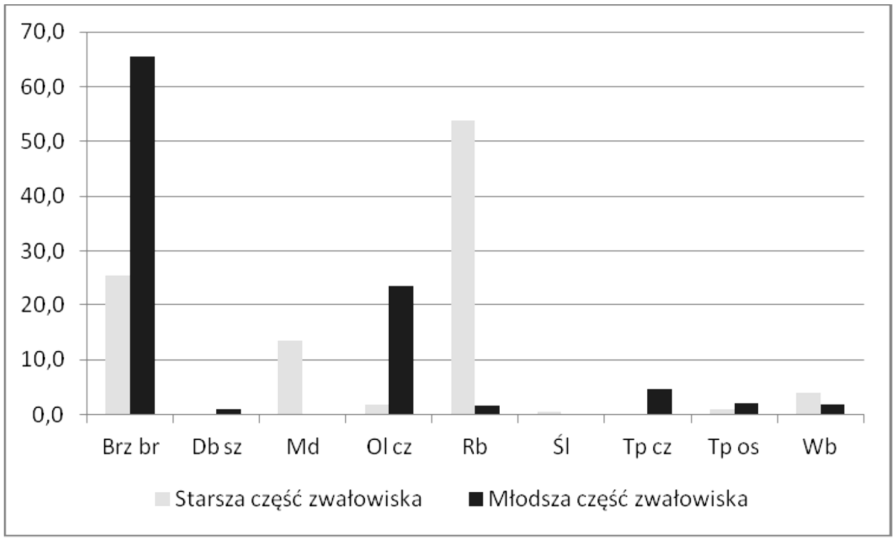
Na wszystkich powierzchniach ustalono również miąższość (cm) warstwy nawiezionej (przez wykonanie 5 odwiertów świdrem glebowym na pow. badawczej). Z każdej powierzchni pobrano próbki średnie (z 5 odwiertów) wierzchniej warstwy gleby nawiezionej w procesie rekultywacji technicznej, w których oznaczono i obliczono:

- pH gleby w H_2O i KCl metodą potencjometryczną, przy użyciu pH-metru,
- przewodnictwo elektrolityczne właściwe gleby, przy użyciu konduktometru,
- skład granulometryczny części ziemistych metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego [PTG 2009].

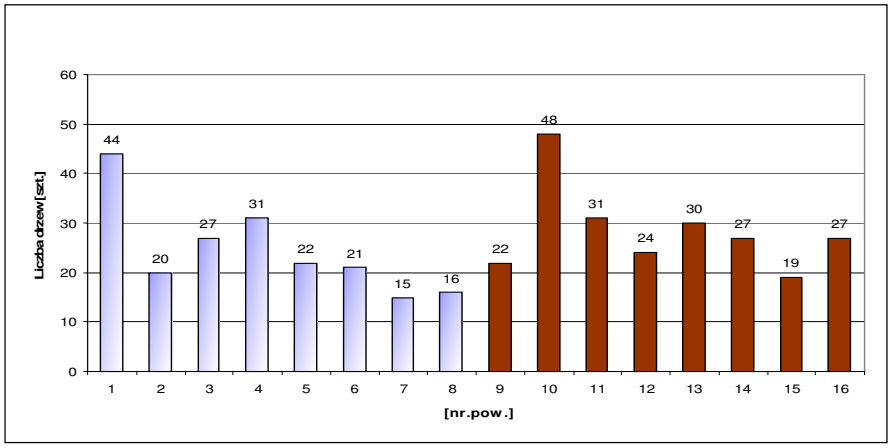
WYNIKI I ICH DYSKUSJA

Na wszystkich powierzchniach badawczych występowały podobne składy gatunkowe drzew, lecz ich liczba i udział w składzie były różne. Na starszej części zwałowiska dominowały: robinia akacjowa (53,8%), brzoza brodawkowata (25,3%) i modrzew europejski (13,5%). Natomiast na młodszej części: brzoza brodawkowata (65,4%) i olsza czarna (23,5%) (rys.1). Jak podaje Cygan [2011] na zwałowisku odpadów górnictwa węgla kamiennego kopalni „Janina" w Libiążu (rejon GOP) również rekultywowanym w kierunku leśnym, korzystne byłoby wprowadzenie większej ilości gatunków fitomelioracyjnych zgodnie z metodą biodynamicznej rekultywacji leśnej [Wójcik 2002]. Najczęściej stosowanym gatunkiem wprowadzanym w ramach tej metody była olsza czarna, której udział w przypadku starszej części obiektu badań w Brzeszczach był dość mały. Na badanym obiekcie większy był udział robinii akacjowej, która pełni funkcję fitomelioracyjną. Obecność olsz i robinii jest ceniona głównie ze względu na zdolność wiązania azotu i wzbogacania w ten składnik gleby, a także za obfity i szybko mineralizujący opad materii organicznej [Puchalski, Prusienkiewicz 1990, Jaworski 2011].

Liczba drzew na poszczególnych powierzchniach badawczych była zmienna i wahała się od 15 do 48 sztuk (rys. 2). Średnia liczba drzew na starszej części obiektu wynosiła 24 sztuki, a na młodszej 28 sztuk. Według założonej więźby w projekcie (1,25 x 1,5 m) na 1 powierzchni badawczej czyli na 100 m^2 powinny występować 53 sztuki [Bielas i Soska 1995]. Jednak należy wziąć pod uwagę możliwość wypadów oraz efekty zachodzących procesów wydzielania się i przemieszczania się drzew w drzewostanie [Puchalski, Prusinkiewicz 1990].



Rys.1. Miąższościowy (%) skład gatunkowy zalesień na zwałowisku odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach
Fig. 1. The volume species composition (%) of afforested areas at the waste heap of the "Brzeszcze" hard coal mine in Brzeszcze



Rys.2. Liczba drzew wzrastających na poszczególnych powierzchniach badawczych zwałowiska (nr pow. 1-8 starsza część, 9-16 młodsza część) odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach
Fig. 2. The number of trees growing on each experimental plots at the waste heap (plot no. 1-8 an older part, 9-16 a younger part) of the "Brzeszcze" hard coal mine in Brzeszcze

Tab.1. Wybrane charakterystyki wzrostowe oraz jakość i żywotność drzew na zwałowisku odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach
Tab. 1. Selected growth characteristics and tree quality and vitality at the waste heap of the "Brzeszcze" hard coal mine in Brzeszcze

Gatunek	Średnia pierśnica [cm]	Średnia wysokość [m]	Bonitacja	Średnia jakość	Średnia żywotność
Starsza część zwałowiska					
Brzoza brodawkowata	8,45	8,08	I	1,45	1,65
Czeremcha zwyczajna	4,32	3,19	n.o.	2,50	1,63
Dąb szypułkowy	2,85	3,00	IV	2,00	2,00
Klon jawor	4,70	4,00	n.o.	2,00	2,00
Kruszyna pospolita	1,48	1,58	n.o.	2,17	2,00
Modrzew europejski	11,77	9,25	I	1,25	1,50
Olsza czarna	11,24	9,50	I	1,20	1,80
Robinia akacjowa	11,06	9,55	n.o.	2,07	1,39
Śliwa tarnina	8,95	5,75	n.o.	3,00	2,00
Topola osika	9,28	9,50	I	2,00	1,50
Wierzby	7,03	6,50	n.o.	2,25	1,69
Młodsza część zwałowiska					
Brzoza brodawkowata	8,27	8,45	I	1,16	1,19
Czeremcha zwyczajna	2,70	2,75	n.o.	2,00	2,00
Dąb szypułkowy	6,44	5,25	II	2,00	1,25
Klon jawor	3,87	3,33	n.o.	1,67	1,00
Olsza czarna	9,76	9,53	I	1,31	1,24
Robinia akacjowa	8,19	6,50	n.o.	2,00	1,17
Topola czarna	10,15	9,75	I	1,33	1,00
Topola osika	4,59	8,67	I	1,00	1,00
Wierzby	7,85	5,02	n.o.	1,71	1,33
gdzie: n.o. – nie określono					

Drzewa rosnące na powierzchniach badawczych były w różnym wieku, co potwierdza zróżnicowany rozkład liczby drzew w stopniach grubości. Najczęściej były spotykane drzewa o pierśnicy z przedziału od 6 cm do 12 cm w starszej części zwałowiska oraz od 4 cm do 12 cm na młodszej części zwałowiska. Najliczniej występującym gatunkiem drzewiastym na zwałowisku była brzoza brodawkowata, której średnia pierśnica na starszej części wynosi 8,45 cm, a na młodszej 8,27 cm (tab.1). Największą średnią pierśnicę charakteryzowały się modrzew europejski, olsza czarna i robinia akacjowa (powyżej 11cm). Największą średnią wysokość osiągnęła topola czarna (9,75 m). Brzoza brodawkowata, modrzew europejski, olsza czarna i topola osika osiągnęły na badanym obiekcie I klasę bonitacji, dąb szypułkowy na starszej części zwałowiska osią-

gnął IV klasę bonitacji, a na młodszej II klasę (tab. 1). Podczas wprowadzania dębu na zwałowisko zastosowano jednostkową formę zmieszania, która jest niekorzystna dla tego gatunku, gdyż dąb wykazuje wolniejszy wzrost niż gatunki pionierskie wykorzystane w głównej mierze do zalesienia zwałowiska. Drobnokępowa forma zmieszania byłaby lepsza dla tego gatunku i umożliwiła lepszy wzrost na rekultywowanym obiekcie [Jaworski 2011].

Na powierzchniach badawczych dominowały drzewa 1 klasy jakości (52%), czyli drzewa dobrej jakości (dopuszczalne niewielkie krzywizny, o prostym pniu, z wyraźnym wierzchołkiem). Nieco mniej (42%) było drzew średniej jakości (z lekką krzywizną i nie zawsze wyraźnym wierzchołkiem - 2 klasa jakości). Tylko 6% drzew zakwalifikowano do 3 klasy jakości, czyli złej jakości (o wyraźnie krzywym pniu, krzaczaste i wielogałęziste). Na starszej części zwałowiska gatunki o najlepszej jakości to olsza czarna i modrzew europejski, a najgorszej śliwa tarnina. Na młodszej części obiektu najlepszą jakością charakteryzowały się topola osika i brzoza brodawkowata, a najgorszą czeremcha zwyczajna, dąb szypułkowy i robinia akacjowa. Większość drzew (63%) posiadało bujną koronę i wyraźnie żywo zielony kolor liści, dlatego zostały zaliczone do 1 klasy żywotności, a pozostałe 37% stanowiły drzewa średnio żywotne, o mniej rozwiniętej koronie i niewielkimi przebarwieniami na liściach. Nie stwierdzono drzew silnie osłabionych ani obumierających. Na starszej części zwałowiska wśród gatunków najlepiej wypadły robinia akacjowa, modrzew europejski i topola osika. Najgorszą żywotność osiągały dąb szypułkowy, jawor, kruszyna pospolita i śliwa tarnina. Na młodszej części obiektu wśród gatunków najlepszą żywotnością charakteryzowały się jawor, topola czarna i topola osika. Najmniej żywotna była czeremcha zwyczajna (tab.1).

Drzewa porastające obiekt badań należą do I klasy wieku (0-20lat), są dobrze rozwinięte, mają ustaloną tendencję wzrostową, na ogół dobrej jakości pień i długie korony. Wartość hodowlana drzew jest dobra, jednak funkcja produkcyjna ustępuje miejsca funkcją ochronnym i krajobrazowym. W tym miejscu swoją przydatność do zadrzewień tego typu obiektów potwierdza brzoza brodawkowata, robinia akacjowa, olsza czarna oraz topole [Greszta i Morawski 1972, Krzaklewski 1988].

Na większości powierzchni badawczych w warstwie runa występował ostrożeń łąkowy (*Cirsium rivulare*) oraz nawłoć kanadyjska (*Solidago canadensis*). Częstymi gatunkami były również: trzcina pospolita (*Phragmites australis*), pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), trzęślica modra (*Milium effusum*) oraz szczawik zajęczy (*Oxalis acetosella*). Oprócz występujących roślin typowych dla zbiorowisk łąkowych i ruderalnych, co jak podają Sendek [1984] i Rostański [1997] jest typowe dla hałd pokopalnianych, nielicznie występowały również rośliny charakterystyczne dla zbiorowisk leśnych. Łącznie rozpoznano 45 gatunków występujących w warstwie runa.

Odczytane ekologiczne liczby wskaźnikowe dla roślin naczyniowych [Zarzycki i in. 2002] pozwoliły na określenie warunków siedliskowych, jakie utworzyły się na obiekcie badań. Interpretując poszczególne średnie wartości liczb wskaźnikowych dla oznaczonych roślin, otrzymano opis warunków siedliskowych: na zwałowisko dociera umiarkowane światło, panujące warunki klimatyczne to umiarkowanie zimne do umiarkowanie chłodnych charakterystycznych dla niżu i pogórza, występują gleby umiarkowanie ubogie i zasobne, od świeżych do wilgotnych, środowisko glebowe kwaśne (pH 4,5-5,5), utwory piaszczyste do glin piaszczystych i utworów pylastych, a zawartość materii organicznej definiuje gleby od ubogich w humus do mineralno-próchnicznych (tab. 2). podobne warunki występowały na starszej, jak i na młodszej części badanego obiektu.

W badanej wierzchniej warstwie gleb przywiezionej w ramach prac rekultywacyjnych nie stwierdzono szkieletu. Warstwa ta była zbudowana z gleb o różnym uziarnieniu od gliny zwykłej do iłu ciężkiego. Średnia miąższość warstwy nawiezionej w ramach rekultywacji wynosiła około 40 cm (tab. 3). Wartości pH (H_2O) była zróżnicowana i kształtowały się od 5,1 do 8,3 na starszej części obiektu i od 4,9 do 7,9 na młodszej części zwałowiska. Zakres wartości wyników badań przewodnictwa elektrolitycznego właściwego gleby był niski i zawierał się w przedziale od 13,9 $\mu S \cdot cm^{-1}$ do 163,6 $\mu S \cdot cm^{-1}$.

Duży udział w wierzchniej warstwie gleby frakcji pyłu i iłu wpłynął niewątpliwie pozytywnie na zdolność gromadzenia składników pokarmowych przez glebę [Gołda 2005]. Na zwałowiskach nadpoziomowych, gdzie woda gruntowa w zasadzie nie występuje albo znajduje się poza zasięgiem systemów korzeniowych, częstym problemem jest niedobór wody. Zwykle wynika on z dużej porowatości utworów, przez co po opadzie deszczu woda szybko przenika w głąb profilu, tam gdzie nie sięgają korzenie roślin, a wierzchnie warstwy bardzo szybko tracą wilgoć. Podczas intensywnych opadów dochodzi problem spływu powierzchniowego i erozji powierzchni zwału [Greszta, Morawski 1972]. W przypadku obiektu badań zlokalizowanego w Brzeszczach nie zauważono problemów z gospodarką wodną. Dobry wzrost olszy czarnej i wierzb (gatunki mało odporne na susze) oraz wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych roślin naczyniowych runa potwierdzają dobre warunki wilgotnościowe gleb na badanym zwałowisku [Zarzycki i in. 2002, Jaworski 2011]. Jak podaje Greszta i Morawski [1972], po pewnym czasie warunki wodne na zwałowiskach kształtują się na tyle dobrze, że występująca tam roślinność drzewiasta może rosnąć bez obserwowania szkód w starszych drzewostanach. Podobnie jak na zwałowiskach w Gliwicach i Czeladzi [Pająk 1995], roślinność wzrastająca na badanym obiekcie w Brzeszczach zaaklimatyzowała się bardzo dobrze i spełnia swoje liczne funkcje.

Tab. 2. Średnie wartości ekologicznych liczb wskaźnikowych gatunków roślin [Zarzycki i in. 2002] rosnących na zwałowisku odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach
Tab. 2. Mean values of the ecological numbers of indicator plant species [Zarzycki et al. 2002] growing at the waste heap of the "Brzeszcze" hard coal mine in Brzeszcze

Wskaźnik	Ekologiczne liczby wskaźnikowe gatunków roślin						
	świetlny	termiczny	kwasowości gleby	granulometryczny gleby	zawartości materii organicznej	wilgotności	trofizmu
Średnio	3,5	2,5	3,0	3,2	2,5	3,5	3,4

Tab.3. Wartość pH, PEW, skład granulometryczny oraz miąższość wierzchniej warstwy gleby na powierzchniach badawczych zwałowiska odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach
Tab. 3. The pH value, PEW, granulometric composition and volume of the surface soil layer on the experimental plots at the waste heap of the "Brzeszcze" hard coal mine in Brzeszcze

Nr pow.	pH		PEW µS/cm	% udział frakcji			Miąższość [cm]
	H_2O	KCl		2-0,05mm	0,05-0,002mm	<0,002mm	
Starsza część zwałowiska							
1	6,1	5,2	32,8	30	36	34	41
2	5,4	4,1	26,2	10	51	39	38
3	5,1	4,0	26,3	26	49	25	38
4	5,6	4,3	19,3	15	48	37	40
5	8,3	7,5	82,8	7	48	45	40
6	5,3	4,0	19,5	7	45	48	39
7	5,4	4,0	14,5	5	51	44	42
8	5,5	4,0	13,9	13	47	40	39
Młodsza część zwałowiska							
9	5,5	4,1	13,8	20	49	31	38
10	5,4	4,0	16,8	11	49	40	41
11	7,8	7,4	163,6	9	48	43	40
12	7,1	6,2	41,6	24	47	29	42
13	6,1	4,8	26,2	12	48	40	39
14	5,3	4,0	49,7	7	15	78	41
15	4,9	3,7	45,5	14	41	45	38
16	5,1	3,7	40,1	13	25	62	40

PODSUMOWANIE

Na podstawie badań wykonanych na zrekultywowanym w kierunku leśny składowisku odpadów górnictwa węgla kamiennego w Brzeszczach można stwierdzić, że:

- Przeprowadzoną rekultywację leśną zwałowiska odpadów po wydobyciu węgla kamiennego KWK „Brzeszcze" w Brzeszczach można ocenić pozytywnie. Obecnie prawie cały badany obiekt jest porośnięty roślinnością drzewiastą, zaś pozostałą, nieznaczną część zdominowały gatunki trawiaste. Roślinność występująca na zwałowisku spełnia liczne powierzone jej funkcje, tj: ochronne, przeciwerozyjne oraz urozmaica krajobraz i łagodzi negatywne oddziaływanie zwałowiska odpadów.
- Wierzchnia warstwa gleby dowieziona na badany obiekt w ramach prac rekultywacyjnych charakteryzuje się zmiennym uziarnieniem od gliny zwykłej po ił ciężki. Pewne różnice na poszczególnych powierzchniach badawczych zaznaczające się również w właściwościach chemicznych, zwłaszcza w wartości pH, nie przeszkadzają jednak w pozytywnym przebiegu procesów glebotwórczych oraz wzrostu i rozwoju roślinności jak i sukcesji szaty roślinnej.
- Zadawalająca jakość i żywotność gatunków drzew zastosowanych w rekultywacji leśnej przedmiotowego zwałowiska, potwierdza ich przydatność do zalesiania tego typu obiektów poprzemysłowych. Dobry wzrost i rozwój wykazały: brzoza brodawkowata, modrzew europejski i olsza czarna.
- Porównując aktualny skład gatunkowy z projektowanym, można zauważyć pewne rozbieżności. Zanotowano zbyt duży udział brzozy brodawkowatej, przy zbyt małym dębu szypułkowego i modrzewia europejskiego. Należałoby również zwiększyć udział innych gatunków głównych zwłaszcza: lipy drobnolistnej, wiązu górskiego i jaworu.

LITERATURA

1. CYGAN A., 2011. Rekultywacja leśna zwałowisk odpadów po wydobyciu węgla kamiennego na przykładzie KWK „Janina" w Libiążu. Praca inżynierska, Maszynopis. Katedra Ekologii Lasu UR Kraków.
2. GOŁDA T., 2005. Rekultywacja, Skrypt uczelniany UWND AGH, Kraków.
3. GRESZTA J., MORAWSKI S., 1972. Rekultywacja nieużytków poprzemysłowych, PWRiL, Warszawa.
4. JAWORSKI A., 2011. Sposoby zagospodarowania, odnawianie lasu, przebudowa i przemiana drzewostanów, PWRiL, Warszawa.

5. KRZAKLEWSKI W., 1988. Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków poprzemysłowych. Skrypt uczelniany Akademii Rolniczej w Krakowie.
6. KRZAKLEWSKI W., 1990. Analiza działalności rekultywacyjnej na terenach pogórniczych w głównych gałęziach przemysłu wydobywczego w Polsce, Wyd. SGGW, z.44, Warszawa.
7. PAJĄK M., 1995. Efekty rekultywacji i zagospodarowania dwóch zwałowisk odpadów po wydobyciu węgla kamiennego w kopalni „Gliwice" w Gliwicach oraz w kopalni „Saturn" w Czeladzi, Praca magisterska, Maszynopis. Katedra Ekologii Lasu AR Kraków.
8. PTG, 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. Rocz. Glebozn. 60, 2: 5-16.
9. PUCHALSKI T., PRUSIENKIEWICZ Z., 1990. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. Państ. Wydaw. Rolnicze i Leśne.
10. ROSTAŃSKI A., 1997. Flora spontaniczna hałd Górnego Śląska, Archiwum Ochrony Środowiska, 23(3/4).
11. SENDEK A., 1984. Rośliny naczyniowe Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, OTPN, PWN, Warszawa-Wrocław.
12. SKAWINA T., 1957. Gleby zwałów kopalnictwa węglowego, Biuletyn Komisji ds. GOP PAN, Warszawa.
13. STRZYSZCZ Z., 2004. Ocena przydatności i zasady stosowania różnorodnych odpadów do rekultywacji zwałowisk oraz terenów zdegradowanych działalnością przemysłową, PAN, Zabrze.
14. SZYMKIEWICZ B., 1986. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
15. WÓJCIK J., 2002. Biodynamiczna metoda leśnej rekultywacji na przykładzie zboczy zwałowiska kopalni węgla brunatnego „Adamów", Rozprawa doktorska wykonana w Zakładzie Kształtowania i Ochrony Środowiska AGH Kraków. maszynopis, Kraków.
16. ZARZYCKI K., TRZCIŃSKA-TACIK H., RÓŻAŃSKI W., SZELĄG Z., WOŁEK J., KORZENIAK U., 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski, PAN, Kraków.

ASSESSMENT OF FOREST RECLAMATION OF A HARD COAL WASTE HEAP AS EXEMPLIFIED BY THE "BRZESZCZE" HARD COAL MINE IN BRZESZCZE

S u m m a r y

The present study assesses the forest reclamation of the hard coal waste heap at the "Brzeszcze" hard coal mine in Brzeszcze. The arborescent vegetation introduced at the waste heap is characterised by good vitality and quality and it fulfills its numerous functions, from protective to landscape ones. To a large extent, the proper growth and development of the introduced trees has been made possible by the correct execution of technical reclamation, particularly bringing the surface soil layer (40 cm) with proper volume and quality.

Key words: waste heap, reclamation, arborescent vegetation

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 150

Nr 30 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

KAROLINA SKOCZKOWSKA, ROMAN ULBRICH*

DOBÓR OPTYMALNEJ PRĘDKOŚCI SUSZARKI BĘBNOWEJ DO PELETÓW

S t r e s z c z e n i e

Badania miały na celu wyznaczenie zakresu optymalnej pracy suszarek bębnowych. Analiza obrazów pozwoliła na wyznaczenie obszaru pracy aparatu z odrywaniem się cząstek od złoża dla wypełnienia aparatu od 15% do 30%. Z przeprowadzonych badań wynika, że zakres roboczej prędkość obrotowej zwiększa się wraz ze zmniejszeniem stopnia wypełnienia.

Słowa kluczowe: suszarki bębnowe, pelety, prędkość obrotowa.

WPROWADZENIE

W Unii Europejskiej zastosowanie peletów do ogrzewania budynków zyskuje coraz większe zainteresowanie. Granulat drzewny zalicza się do odnawialnych źródeł energii, co ma wpływ na jego szersze wykorzystanie. Dodatkowym atutem jest jego wszechstronność w zastosowaniu – zarówno w kotłowniach ciepłowniczych, fluidalnych, pyłowych i rusztowych, małej i dużej mocy [Jakubiak i Kordylewski 2008].

Pelety produkowane są z odpadów drzewnych, powstających w tartakach a także innych zakładach przemysłu obróbki drewna. Proces przerobu wiórów, trocin i zrębków na granulat odbywa się w trzech podstawowych etapach: rozdrabniania, suszenia, a następnie granulacji. Etap suszenia odgrywa dużą rolę na wartość opałową paliwa – im mniejsze zawilgocenie materiału tym większa jego kaloryczność [Głodek 2010].

W celu zwiększenia wartości opałowej, a tym samym poprawy własności paliwa potrzebne jest zastosowanie suszenia mechanicznego, które może odbywać się w urządzeniach: bębnowych, taśmowych, fluidalnych lub strumieniowych. W procesie dehydratacji surowca bardzo ważne jest usuwanie wilgoci

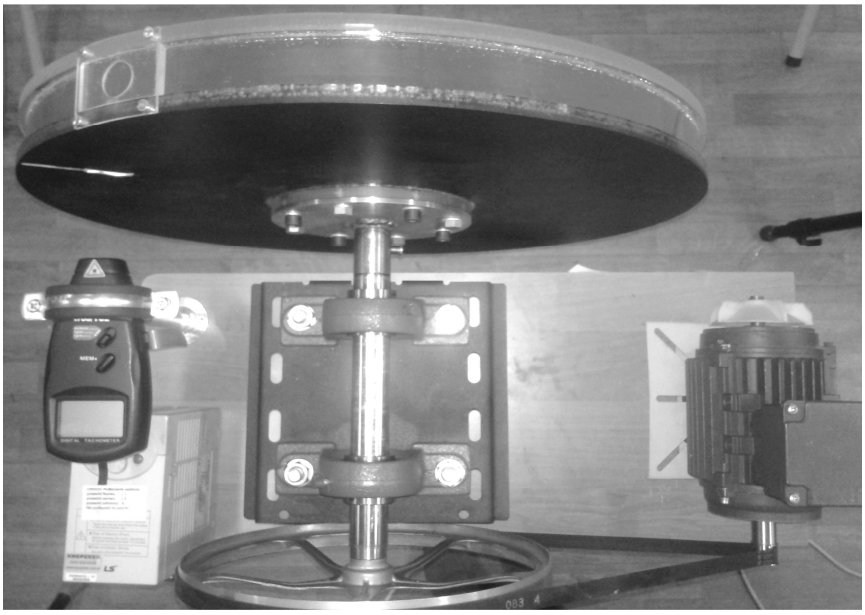
* Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Środowiska

z całej ich powierzchni i niedopuszczenie do sklejenia się materiału suszonego [Kowalski 2009].

Jednymi z częściej stosowanych urządzeń do usuwania wilgoci z peletów są aparaty bębnowe pionowe lub poziome z bezpośrednim nawiewem gorącego powietrza. Największą wadą tego rodzaju suszarek jest powierzchniowe utwardzenie oraz mineralizowanie się surowca. Wpływ na to ma: wysoka temperatura – około 400°C, utlenianie się materiału oraz osadzanie produktów spalania na powierzchni materiału suszonego. W celu wyeliminowania niepożądanych skutków należy kontrolować proces, w tym: prędkość obrotową, szybkość podawania surowca oraz temperaturę wtłaczanego powietrza [Kowalski 2009].

STANOWISKO BADAWCZE

Stanowisko badawcze składa się z aparatu bębnowego napędzanego poprzez przekładnię przez silnik indukcyjny, którego prędkość regulowana jest z użyciem falownika. Prędkość obrotowa aparatu mierzona jest przy użyciu tachometru (rys. 1). Głównym elementem stanowiska pomiarowego jest aparat bębnowy o średnicy 500 mm i szerokości 30 mm. Do wykonania obrazu użyto aparatu fotograficznego przy krótkim czasie otwarcia migawki – 1/4000 s.



Rys. 1. Stanowisko badawcze
Fig. 1. Test stand

Aparat bębnowy został wykonany z pleksiglasu, dzięki czemu możliwa jest obserwacja procesów zachodzących wewnątrz urządzenia. Dla uzyskania odpowiedniej widoczności wypełnienia tylna część została pokryta czarną emalią.

MATERIAŁY ORAZ METODYKA BADAWCZA

Do badań użyto układu jednoskładnikowego o cząstkach kulistych wykonanych z tworzywa sztucznego o średnicy 6 mm. Ruch wypełniania aparatu zależy od wielu czynników takich jak: prędkość obrotowa, stopień wypełnienia aparatu, a także kształt badanych materiałów.

Parametrem zmiennym w wykonywanych badaniach był stopień wypełnienia aparatu. Badania opierają się na analizie obrazu rozmieszczenia cząstek wypełnienia, przy różnych prędkościach obrotowych suszarki.

Przeprowadzone badania miały na celu wyznaczenie przedziału prędkości obrotowej bębna podczas której zachodzi rozkład przestrzenny cząstek tak, aby proces suszenia odbywał się z optymalną intensywnością.

Prędkość początkowa to stan gdy cząstki zaczynają się wydostawać ze złoża zwartego, zebranego w dolnej części aparatu. Górną granicę stanowi stan definiowany wcześniej w literaturze jako prędkość krytyczna – gdy cząstki zaczynają gromadzić się przy powierzchni zewnętrznej bębna na całym obwodzie.

Krytyczna prędkość jest wyznaczana z warunku, gdy cząstka znajduje się w najwyższym punkcie bębna - wtedy siła ciężkości i odśrodkowa równoważą się [Yada i in. 2010]. Stąd otrzymujemy:

$$n_k = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{R}} = \frac{42{,}3}{\sqrt{D}} \quad [\frac{obr}{min}] \tag{1}$$

gdzie: g – przyśpieszenie ziemskie, m/s^2, R – promień aparatu, m, D – średnica aparatu, m.

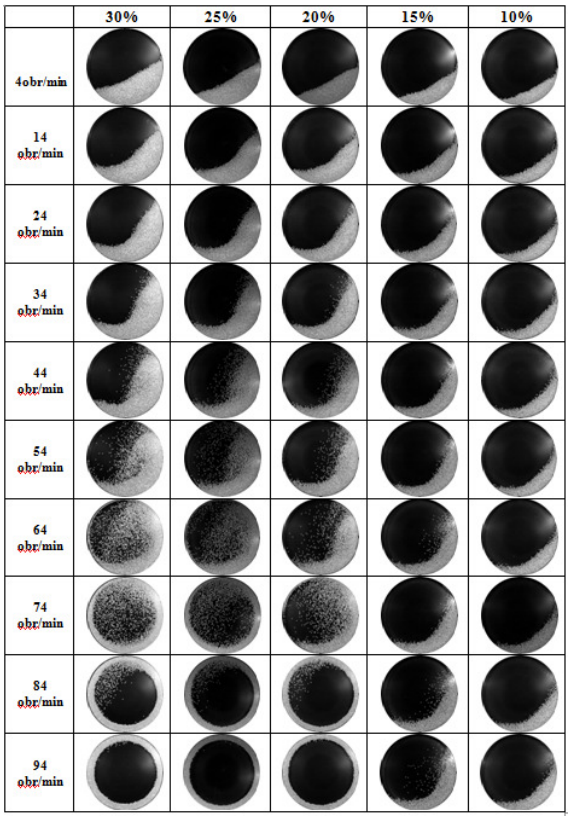
Dla aparatu o średnicy równej 0,5 m otrzymuje się prędkość krytyczną równą 59,8 obr./min.

Prawidłowa praca aparatu powinna zapewnić jak najmniejszą destrukcję cząstek, co nastąpi gdy droga i prędkość opadania wolnych cząstek nie będą nadmierne. Robocza prędkość obrotowa powinna wobec tego mieścić się w przedziale pomiędzy prędkością minimalną, a krytyczną.

Przedmiotem badań było wyznaczenie tych wartości w zależności od stopnia wypełnienia aparatu. Dzięki analizie obrazu możliwe jest zaobserwowanie i rejestracja momentu, w którym cząstki wydostają się ze złoża. Dodatkowo można rozróżnić dwa typy krytycznej prędkości obrotowej gdy:

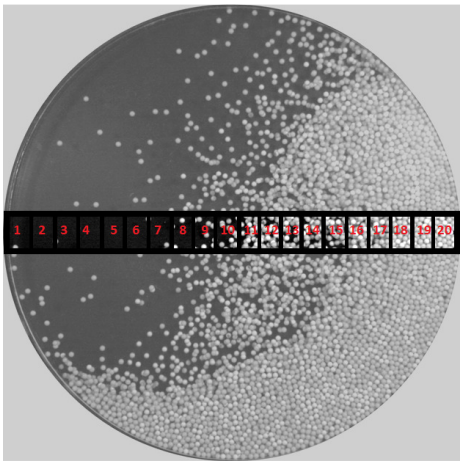
– pojedyncze cząstki dostają się do najwyższego punktu,
– powierzchnia obwodowa bębna pokryta jest pełnym wianuszkiem i wirują razem z bębnem.

Pomiary wykonano przy wypełnieniu bębna w zakresie od 30% do 10%, co 5%, w zakresie zmian prędkości obrotowych aparatu od 0 do 94 obr./min. W pierwszym etapie ocena momentu oderwania cząstek od złoża odbywała się na podstawie obserwacji. Rozkład przestrzenny cząstek dla tych samych prędkości różni się w zależności od stopnia wypełnienia. Z punktu widzenia suszenia materiału ważne jest aby cząstki znajdowały się poza złożem zwartym, stąd można zaobserwować dwie prędkości charakterystyczne: prędkość w czasie której materiał wyodrębnia się ze złoża, poruszając się samodzielnie oraz stan w którym przywierają do powierzchni bębna po obwodzie (rys. 2).



Rys. 2. Układ cząstek w aparacie przy różnych prędkościach obrotowych i stopniach wypełnienia
Fig. 2. Particle distribution in the drum at various speeds and degree of filling

W celu uchwycenia momentu pojawiania się w aparacie ruchu pojedynczych cząstek poza złożem postanowiono przeprowadzić analizę obrazu zarejestrowanych rozkładów cząstek w charakterystycznym obszarze. W środkowej części aparatu, na jego średnicy umieszczono kontrolny obszar o wymiarach 40×500 mm, który został podzielony na 20 równych prostokątów (rys. 3). Na podstawie obliczeń obecności cząstek w poszczególnych elementach wykonano obliczenia stopnia ich wypełnienia i wyznaczono rozkłady na długości tej strefy. Obecność cząstek w strefach kontrolnych poza złożem jest miarą przekroczenia prędkości początkowej.

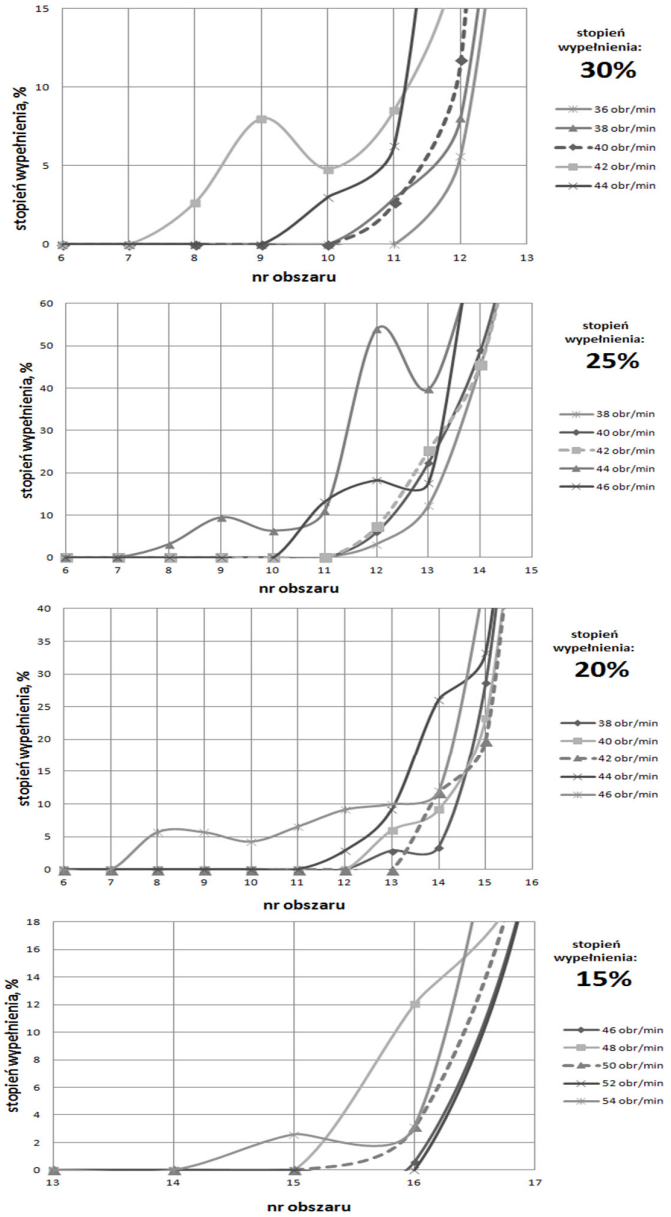


Rys. 3. Strefa kontrolna
Fig. 3. Control zone

WYNIKI ANALIZ

Stopień wypełnienia aparatu ma ogromny wpływ na ruch cząstek podczas obrotów bębna. Na podstawie analizy obrazów dla zmieniającej się prędkości obrotowej dokonano wyznaczenia obszaru roboczego, dla którego cząstki wypełnienia zaczęły odrywać się od złoża. Wraz ze wzrostem wypełnienia kontrolnych obszarów obszar ten przesuwał się w stronę lewą aparatu.

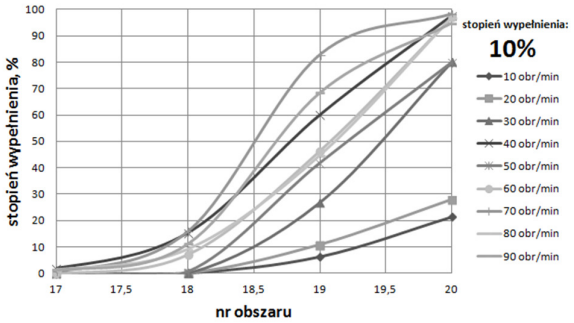
Sporządzone wykresy zależności pomiędzy stopniem wypełnienia poszczególnych obszarów od ich położenia, pozwoliły na określenie minimalnej prędkości pracy suszarki bębnowej, czyli minimalnej roboczej prędkości obrotowej aparatu (linia przerywana, rys. 4). Moment w którym stopień wypełnienia komórek ulegał gwałtownej zmianie, odpowiada prędkości obrotowej, przy której rozpoczyna się proces odrywania cząstek od złoża.



Rys.4. Wpływ prędkości obrotowej bębna na charakter zmian rozkładu stopni wypełnienia komórek dla różnych stopni wypełnienia bębna

Fig. 4. Influence of rotational speed of the drum on the distribution of degrees to fill the cells for different degrees of drum fills

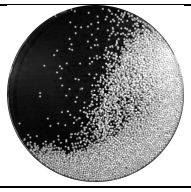
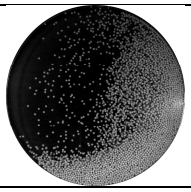
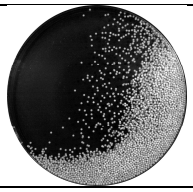
Dla stopnia wypełnienia bębna na poziomie 10% nie stwierdzono odrywania cząstek od złoża (rys. 5).



Rys.5. Wpływ prędkości obrotowej bębna na charakter zmian rozkładu stopni wypełnienia komórek dla 10% stopnia wypełnienia bębna
Fig. 5. Influence of rotational speed of the drum on the distribution of degrees to fill the cells for 10% degree of drum fills

Analiza obrazów umożliwiła także określenie prędkości krytycznej dla stopnia wypełnienia równego 30%, 25% oraz 20% (tab. 1). Dla wypełnienia 10% i 15% nie stwierdzono występowania tej granicy w zakresie do 100 obr./min.

Tab. 1. Prędkość krytyczna wirowania bębna
Tab. 1. Critical speed of rotating drum

	30%	**25%**	**20%**
Prędkość krytyczna	**50 obr./min**	**54 obr./min**	**60 obr./min**
Obraz odpowiadający prędkości krytycznej			

Porównując otrzymane wyniki z wartością obliczoną z zależności (1), prędkość krytyczna jest zbliżona dla 20% stopnia wypełnienia bębna. A zatem także w tym przypadku stopień wypełnienia ma wpływ na wartość charakterystycznej prędkości obrotowej bębna.

Dla wypełnienia aparatu poniżej 25% wartość prędkości krytycznej rośnie, a dla stopnia wypełnienia poniżej 20% nie stwierdzono występowania prędkości krytycznej.

PODSUMOWANIE

W artykule podjęto próbę określenia warunków pracy aparatu bębnowego podczas procesu suszenia peletów. Zalecana prędkość robocza aparatury bębnowej jest ściśle związana ze stopniem wypełnienia:

- dla wypełnienia 30%przedział ten wynosi 40-50obr/min,
- dla 25% - 42-54 obr./min,
- dla 20% - 42-60 obr./min,

zaś dla 15% powyżej 50 obr./min, bez określenia prędkości krytycznej.

Nie obserwuje się zarówno prędkości początkowej jak i krytycznej dla 10% stopnia wypełnienia. W dalszym etapie badań należy określić obszary gdzie, z uwagi na długość toru opadania cząstek, jak i lokalnej prędkości ruchu złożonego cząstek, nie spowoduje destrukcji cząstek.

LITERATURA

1. JAKUBIAK M., KORDYLEWSKI W., 2008. Pelety podstawowym biopaliwem dla energetyki. Archiwum Spalania, Vol.8, Nr 3-4. Polski Instytut Spalania w Warszawie.
2. GŁODEK E., 2010. Spalanie i współspalanie biomasy, Poradnik. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Opolu.
3. KOWALSKI L.; 2009. Produkcja peletów od A do Z. Kurier drzewny.
4. YADA H., KAWAGUCHI T., TANAKA T., 2010. Relation between segregation patterns and granular flow modes in conical rotating drum. Flow Measurement and Instrumentation. Department of Mechanical Engineering, Osaka University, Japan.

SELECTION OPTIMAL ROTATIONAL VELOCITY TOWARDS DRUM DRYER FROM PELLETS

Summary

The research aims to determine the optimal rotational velocity for the drum dryers. Image analysis allowed to determine the critical area from 15% to 30% degrees of filling. The tests shows that the scope of the optimum rotational velocity increases with the decrease of filling.

Key words: drum dryers, pellets, rotational velocity

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 150

Nr 30 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

ZBIGNIEW BZOWSKI, ANDRZEJ DAWIDOWSKI*

MONITORING WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNEGO ODPADÓW WYDOBYWCZYCH POCHODZĄCYCH Z KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO LW „BOGDANKA”

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono charakterystykę fizykochemiczną odpadów wydobywczych z kopalni węgla kamiennego LW „Bogdanka”. Zaprezentowano wyniki prowadzonego od 1996 roku monitoringu składu chemicznego, zawartości zanieczyszczeń metalami oraz stężeń naturalnych radionuklidów. Stwierdzono, że monitorowane właściwości fizykochemiczne tych odpadów pozwalają na ich wykorzystanie jako materiału mineralnego na powierzchni ziemi w szeroko rozumianych pracach niwelacyjnych, także do prewencyjnej na terenach osiadań.

Słowa kluczowe: odpady wydobywcze, monitoring, skład fizykochemiczny

WSTĘP

Kopalnia węgla kamiennego Lubelski Węgiel „Bogdanka” prowadzi wydobycie surowca w lubelskiej niecce węglowej nazywanej również Lubelskim Zagłębiem Węglowym [Porzycki 1976]. Teren górniczy Kopalni położony jest na Pojezierzu Łęczyńsko-Włodawskim stanowiącym część Polesia Lubelskiego, w Centralnym Rejonie Węglowym Lubelskiego Zagłębia Węglowego, ok. 10 km na wschód od miasta Łęczna w obrębie gmin: Cyców, Ludwin, Łęczna i Puchaczów. Eksploatacja węgla kamiennego prowadzona jest od 1982 roku w trzech rejonach eksploatacyjnych zaliczonych do centralnej części niecki lubelskiej: Bogdanki, Nadrybia i Stefanowa [Raport 2008].

Nieckę lubelską wypełniają karbońskie skały osadowe od wizenu po westwal, które sedymentowały bez przerw, ale w zmiennych warunkach, od dominacji facji morskiej w wizenie do przewagi facji lądowej w westwalu. Miąższość całego profilu karbonu ocenia się na ok. 3500 m, a skały cechuje cykliczność typowa dla zagłębi węglowych, ale z przewagą mułowców i iłowców nad piaskowcami. W cyklicznych formacjach skał ilastych zarówno paralicznych

* Zakład Monitoringu Środowiska, Główny Instytut Górnictwa, Katowice

(wizen), mieszanych (namur) jak i limnicznych (westwal) występują pokłady węgla kamiennego o zróżnicowanych miąższościach [Porzycki 1976, Stupnicka 1997]. Pokłady węgla kamiennego warstw lubelskich stratygraficznie zaliczone do westwalu są podstawą eksploatacji tego surowca w kopalni LW „Bogdanka".

W związku z wydobywaniem i wzbogacaniem węgla kamiennego Zakład Górniczy LW „Bogdanka" jest wytwórcą odpadów wydobywczych i posiada obiekt ich unieszkodliwiania. Zgodnie z Ustawą z dnia 10 lipca 2008 roku, o odpadach wydobywczych (Dz. U. Nr 138, poz. 865 z późniejszymi zmianani) wytwórca ma obowiązek prowadzenia monitoringu odpadów.

METODY BADAŃ

Monitoring składu chemicznego odpadów wydobywczych przeprowadzono z wykorzystaniem metody spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej (XRF). Oznaczenia wykonano w oparciu o opracowane procedury i przygotowane własne wzorce materiałów mineralnych w Laboratorium Analiz Odpadów Stałych Zakładu Monitoringu Środowiska Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach [Bojarska i Bzowski 1997, Bzowski i Bojarska 2002, Bzowski i Zawiślak 2000]. Laboratorium Analiz Odpadów Stałych oraz Zakład Monitoringu Środowiska GIG posiada kompetencje do przeprowadzenia badań i spełnia wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 (PCA Nr AB 145).

Monitoring zawartości naturalnych radionuklidów w odpadach wydobywczych prowadzono metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gama, a pomiary wykonano w Laboratorium Radiometrii (obecnie Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej) Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach.

Autorzy tego opracowania składają serdeczne podziękowania za okazana pomoc w jego realizacji mgr inż. Laurencji Łyszczarz Kierownikowi Działu Ochrony Środowiska LW „Bogdanka" S.A. oraz mgr inż. Janowi Zawiślakowi Prezesowi „Pomiar-GIG" Sp. z o.o. w Lublinie.

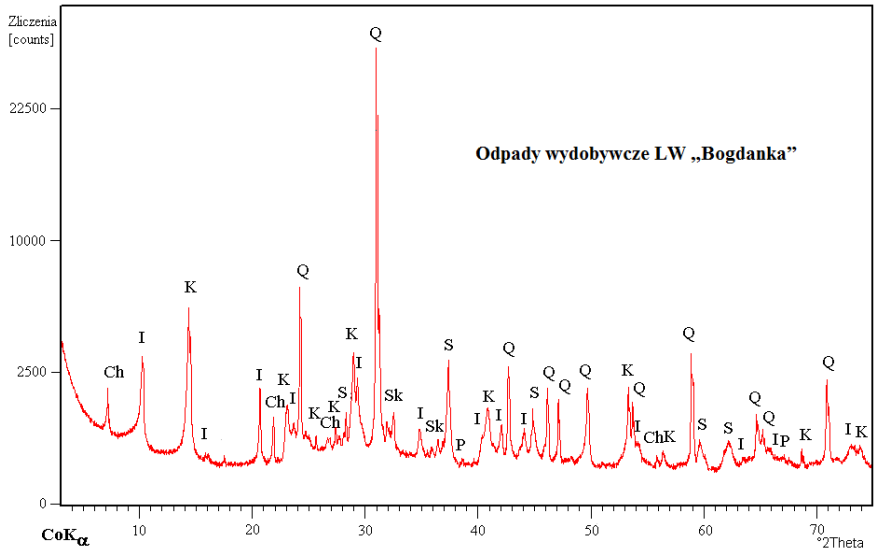
OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ODPADÓW WYDOBYWCZYCH LW „BOGDANKA"

Odpady wydobywcze z kopani LW „Bogdanka" to skały płonne stanowiące fragmenty skał stropowych, spągowych i przerostów pokładów węgla warstw lubelskich. W stropie i przerostach tych pokładów występują najczęściej osady iłowcowe ze skamielinami roślin i iłowce środowiska jeziornego, a spąg pokładów stanowią gleby stigmariowe zawierające również syderyty ilaste i oolity syderytowe [Cichoń 1977, Kozłowski 1984].

Pod względem mineralogicznym odpady wydobywcze z kopalni węgla kamiennego LW „Bogdanka" składają się przede wszystkim z minerałów ilastych i kwarcu. W 2012 roku w odpadach wydobywczych stwierdzono obecność faz krystalicznych takich jak:

- kwarc: SiO_2
- skalenie potasowe $K[AlSi_3O_8]$ (ortoklaz, mikroklin),
- illit $(K,H_3O^+)Al_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$
- kaolinit $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$
- chloryty: klinochlor $(Mg_5Al)[AlSi_3O_{10}](OH)_8$ lub/i klinochlor żelazisty $(Mg,Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8$
- syderyt $FeCO_3$
- piryt FeS_2

Graficzny obraz składu mineralnego badanych odpadów wydobywczych w 2012 roku prezentuje dyfraktogram na rysunku 1. Skład mineralny tych odpadów wydobywczych uzupełnia substancja bezpostaciowa w postaci węgla kamiennego, o czym świadczy podniesione tło dyfraktogramu (rys. 1).



Rys 1. Dyfraktogram odpadów wydobywczych pobranych w kwietniu 2012 roku z kopalni LW „Bogdanka"; Objaśnienia: Ch – chloryt, I – illit, K – kaolinit, P – piryt, S – syderyt, Sk – skalenie, Q – kwarc

Fig. 1. Diffractogram of the mine wastes obtained in April 2012 from the coal mine LW "Bogdanka"; Description: Ch – chlorite, I – illite, K – kaolinite, P – pyrite, S – siderite, Sk – feldspars, Q – quartz

MONITORING SKŁADU FIZYKOCHEMICZNEGO ODPADÓW WYDOBYWCZYCH Z LW „BOGDANKA"

Monitoring składu mineralnego i chemicznego odpadów wydobywczych pochodzących z kopalni węgla kamiennego Lubelski Węgiel „Bogdanka" prowadzony jest od wielu lat, a obecnie prezentowane wyniki badań posłużyły między innymi dla opracowań dotyczących możliwości wykorzystania odpadów [Bzowski i in. 2007, Bzowski i Zawiślak 2000, Bzowski i Zawiślak 2010, Gazda 2005, Łyszczarz 1998, Program 2011, Raport 2008, Stopa i in. 2008] oraz innych opracowań o charakterze naukowym [Bzowski i Zawiślak 2010, Gwoździewicz 2012].

PODSTAWOWY SKŁAD CHEMICZNY

W monitorowanych odpadach wydobywczych pochodzących z kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka" zawartości krzemionki wahały się od 40,96 do 57,92%, Al_2O_3 w przedziale zawartości 18,41 – 25,42% oraz K_2O 1,90 – 2,80% (tab. 1). Ilości tych składników chemicznych uzależnione są od zawartości w składzie mineralnym monitorowanych odpadów podstawowych składników mineralnych: kwarcu, kaolinitu, illitu i skalenia oraz węgla kamiennego. Ten ostatni składnik w składzie chemicznym odzwierciedlają straty prażenia udokumentowane w przedziale od 13,28 do 22,80% (tab. 1).

Monitorowany w latach 1996-2012 podstawowy skład chemiczny odpadów wydobywczych z kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka" nie wykazuje znaczących różnic w porównaniu do wcześniejszych wyników badań skał przylegających do pokładów węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym (tab. 1).

Zmienność podstawowych składników chemicznych w badanych odpadach wydobywczych, takich jak krzemionka i Al_2O_3 jest najmniejsza (8,8 i 8,5%). Również małe zmienności wykazują potas, tytan i starty prażenia. Zmienność składu chemicznego odpadów wydobywczych w przedziale 25-30% wykazują żelazo, magnez i sód. Natomiast największą zmiennością charakteryzują się wapń i siarka (tab. 1). Wynika to z występowania we fragmentach (nielicznych) ilastych odpadów wydobywczych małych ilości węglanów w postaci dolomitu lub/i kalcytu, a w przypadku siarki jest to związane z nieregularną inkrustacją pirytem głównie łupków ilastych i iłowców.

Innym sposobem oceny zmienności składu chemicznego monitorowanych odpadów wydobywczych z LW „Bogdanka" może być zestawienie wyliczonych parametrów typowych dla oceny skał ilastych taki jak stosunek Al_2O_3 do SiO_2 oraz sumy sodu i potasu do Al_2O_3. Wymienione parametry dla monitorowanych odpadów wydobywczych oraz ich zmienność względem wyliczonych wartości średnich prezentuje tabela 2.

Tab. 1. Skład chemiczny skał karbońskich przyległych do pokładów węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym, odpadów przeróbczych z tych skał (Kozłowski 1984) raz odpadów wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka”
Tab. 1. Chemical compositions of the Carboniferous in contact with coal streams in the Lublin Coal Basin, recovery wastes from the rocks and the mine wastes from the coal mine LW “Bogdanka”

Składnik Compo-nent	Według Kozłowskiego [1984] According to Kozłowski [1984]				Monitoring w latach 1996-2012 Monitoring in 1996-2012		
	Skały powęglowe Carbon rocks		Odpady przeróbcze Recovery wastes		Odpady wydobywcze n=12 Mine wastes n=12		
	zakres range	średnio average	zakres range	średnio average	zakres range	średnio average	zmienność variability
	%						
SiO_2	32,32–66,07	47,28	42,15–58,87	52,4	40,96–57,92	47,78	8,8
TiO_2	0,78–1,15	0,95	0,96–1,17	1,0	0,87–1,17	1,04	10,6
Al_2O_3	14,90–23,48	20,48	17,49–22,74	20,7	18,41–25,42	22,10	8,5
Fe_2O_3	1,65–16,19	5,50	2,70–7,67	4,6	3,14–7,66	5,00	26,6
CaO	0,20–2,08	0,93	0,76–2,12	1,3	0,12–1,84	0,71	87,3
MgO	0,58–2,45	1,47	0,42–1,72	1,2	0,76–1,92	1,22	28,7
Na_2O	0,20–0,69	0,32	0,27–0,34	0,3	0,17–0,43	0,30	30,0
K_2O	1,69–2,73	2,23	2,02–2,43	2,3	1,90–2,80	2,28	12,7
CO_2	0,28–8,37	1,99	0,51–2,46	1,5	–	–	–
SO_3	–	–	–	–	0,03–0,94	0,35	74,3
P_2O_5	–	–	–	–	0,07–0,34	0,21	47,6
S_{total}	0,08–0,48	0,25	0,19–0,70	0,4	–	–	–
$C_{org.}$	0,52–26,35	7,24	2,40–5,28	5,8	–	–	–
H_2O^-	1,93–3,45	2,03	1,68–3,37	2,3	–	–	–
H_2O^+	4,20–9,54	6,28	5,19–8,90	6,7	–	–	–
Straty prażenia Roasting loses	7,01–40,93	17,97	12,85–26,36	16,8	13,28–22,80	18,48	15,5

Z zestawienia w tabeli 2 wynika, że zmienność wyliczonych parametrów jest bardzo mała i nie przekracza 30%, a w 19 przypadkach na 24 badania nie przekracza 15%. Potwierdza to wcześniej opisaną mała zmienność podstawowych składników chemicznych badanych w latach 1996-2012 odpadów wydobywczych z LW „Bogdanka”.

Tab. 2. Wyliczone parametry składu chemicznego odpadów wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka" oraz ich zmienność względem wartości średnich
Tab. 2. Calculated parameters of the chemical composition of the mine wastes from the coal mine LW "Bogdanka" and their variability around average values.

Lata Years	$Al_2O_3 : SiO_2$		$Na_2O+K_2O : Al_2O_3$	
	wartość value	zmienność w % variability in %	wartość value	zmienność w % variability in %
1996	0,55	19,6	0,114	2,6
1998	0,46	0,0	0,119	1,7
2000	0,46	0,0	0,132	12,8
2002	0,54	17,4	0,106	9,4
2004	0,44	4,3	0,140	19,7
2006	0,34	26,1	0,117	0,0
2007	0,40	13,0	0,105	10,3
2008	0,45	2,2	0,094	19,7
2009	0,46	0,0	0,126	7,7
2010	0,49	6,5	0,102	12,8
2011	0,51	10,9	0,116	9,4
2012	0,45	2,2	0,130	11,1
Średnio Average	0,46	-	0,117	-

ZANIECZYSZCZENIE METALAMI

Charakterystykę wyników monitoringu całkowitej zawartości zanieczyszczeń metalami w odpadach wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka", w ujęciu środowiskowym, wykonać można na podstawie określonej dopuszczalnej ich zawartości według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002r., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz.1359). W cytowanym Rozporządzeniu określa się standardy jakości gleby lub ziemi z uwzględnieniem ich funkcji aktualnej i planowanej dla następujących grup rodzajów gruntów.

W związku z wprowadzeniem powyższych unormowań porównania ilości zanieczyszczeń metalami oznaczonych w monitorowanych odpadach wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka" dokonać należy do wartości dopuszczalnych w glebach terenów, na których odpady zostaną wykorzystane. Zawartości tych zanieczyszczeń w monitorowanych odpadach wydobywczych są małe (tab. 3), a ponadto w tym przypadku zanieczyszczenia wynikają z naturalnych zawartości nie związanych z antropogenicznym zanieczyszczeniem odpadów.

Tab. 3. Monitoringu zawartości zanieczyszczeń metalami w odpadach wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka" w mg/kg s.m. (ppm)
Tab. 3. Abundances of the contamination by metals in the mine wastes from the coal mine LW "Bogdanka" in mg/kg of dry matter (ppm)

Oznaczenie Element	Rok / Year											
	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
As	no	< 6	< 6	8	< 2	< 2	< 2	< 2	11	< 2	5	7
Ba	270	678	623	457	762	502	686	367	731	411	410	250
Cd	< 3	< 3	< 3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Co	10	10	13	27	23	46	32	11	24	20	< 3	147
Cr	60	132	97	112	81	77	66	68	93	51	95	137
Cu	42	96	37	59	20	< 2	13	34	42	95	60	65
Hg	no	no	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mo	< 4	< 4	< 4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ni	24	87	22	65	30	< 2	4	36	43	36	56	52
Pb	8	31	25	26	71	31	33	27	67	22	26	29
Sn	< 4	< 4	< 4	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Zn	186	86	96	93	138	89	98	80	161	138	81	137

no – nie oznaczono, not determined.

W takim przypadku zastosowanie ma § 1. ust. 4 - Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002r., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, który mówi: „Jeśli przekroczenie wartości dopuszczalnej stężenia substancji w badanej glebie lub ziemi wynika z naturalnie wysokiej jej zawartości w środowisku, uważa się, że przekroczenie dopuszczalnej wartości stężeń w glebie lub ziemi nie nastąpiło". W związku z tym uznać należy, że w przypadku monitorowanych odpadów wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka", nie występują ponadnormatywne zanieczyszczenia metalami w odniesieniu do gruntów na terenach B i C, do których zalicza się grunty rolne i leśne, zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, zabudowane i/lub zurbanizowane (B) oraz grunty na terenach przemysłowych, kopalnianych i komunikacyjnych (C).

STĘŻENIA NATURALNYCH RADIONUKLIDÓW

Prowadzony w latach 1996-2012 monitoring radionuklidów w odpadach wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka" wykazał bardzo niskie stężenia, radionuklidów ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{224}Ra i ^{40}K (tab. 4). Wyliczone wartości współczynników f_1 i f_2 zgodne z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007r., w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i

materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów (Dz. U. Nr 4, poz. 29) są w każdym przypadku znacznie niższe od wartości wskaźników aktywności $f_1 = 1$ i $f_2 = 200$.

Tab. 4. Monitoringu stężeń radionuklidów w odpadach wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka”
Tab. 4. Concentrations of radionuclides in the mine wastes from the coal mine LW „Bogdanka”

Data pomiaru Date of analysis	Stężenia radionuklidów w Bq/kg Concentrations of radionuclides in Bq/kg			
	^{224}Ra	^{226}Ra	^{228}Ra	^{40}K
luty/February 1996	73±7	65±6	72±5	616±93
czerwiec/June 1998	67±4	67±4	73±3	570±44
luty/February 2000	78±7	75±7	80±4	735±70
czerwiec/June 2002	71±3	63±3	71±2	576±18
maj/May 2004	75±4	66±5	75±3	629±29
maj/May 2006	57,0±5,6	53,8±8,8	64,7±3,4	487±42
październik/October 2007	82,9±7,7	68,7±5,2	88,6±5,4	596±63
maj/May 2008	74,4±1,9	58,6±1,7	79,4±1,4	499±17
maj/May 2009	75,1±3,5	66,3±3,2	80,8±3,0	529±23
kwiecień/April 2010	83,0±14	69,7±7,3	88,0±13	573±99
kwiecień/April 2011	66,3±5,9	61,5±3,6	72,8±6,2	610±56
kwiecień/April 2012	71,2±2,5	57,5±1,1	70,5±1,7	496±14

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane wyniki prowadzonego w latach 1996-2012 monitoringu składu chemicznego odpadów wydobywczych pochodzących z kopali węgla kamiennego LW „Bogdanka” wskazują, że skład ten nie odbiega od wcześniej rozpoznanego chemizmu skał przywęglowych Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Skład chemiczny odpadów kształtowany przez ich skład mineralny wykazuje mała zmienność, a szczególnie małą w odniesieniu do składników podstawowych takich jak SiO_2, Al_2O_3 i K_2O.

Całkowite zawartości zanieczyszczeń metalami w monitorowanych odpadach wydobywczych z kopali LW „Bogdanka” są niższe od wartości dopuszczalnych w glebach i gruntach terenów zaliczanych do grup B i C określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002r., w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359). Ponieważ niskie są również stężenia radionuklidów promieniotwórczych

w tych odpadach, które nie stanowią zagrożenia dla środowiska naturalnego, możliwe jest wielokierunkowe wykorzystanie monitorowanych odpadów.

Wyniki monitoringu składu chemicznego odpadów wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka" potwierdzają możliwości [Bzowski i in. 2010] długotrwałego ich bezpiecznego dla środowiska wykorzystania na powierzchni ziemi jako materiału mineralnego w szeroko rozumianych pracach niwelacyjnych oraz niwelacji prewencyjnej na terenach osiadań.

LITERATURA

1. BOJARSKA K., BZOWSKI Z., 1997. Monitoring analysis of major and trace elements in hard coal waste by XRF and ICP methods. In Proc.6th Symp. „Mine Planning & Equipment Selection", Ostrava, Czech Rep., 835-838.
2. BZOWSKI Z., BOJARSKA K., 2002. Monitoring and evaluation of physical and chemical properties of carboniferous coal wastes from mine „Bogdanka" (Poland). In Proc. 11th Symp. „Mine Planning & Equipment Selection", Praha, Czech Rep., 197-200.
3. BZOWSKI Z., SZYDEŁ R., ZARĘBSKI K., ZAWIŚLAK J., 2010. Wytyczne dotyczące wykorzystania odpadów wydobywczych z kopalni LW „Bogdanka" do niwelacji i rekultywacji niecek osiadań poeksploatacyjnych. Wyd. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.
4. BZOWSKI Z., ZAWIŚLAK J., 2000. Ocena wykorzystania karbońskich skał płonnych kopalni „Bogdanka" SA do rekultywacji bezglebowej. Wiadom. Górnicze nr 12, 541-552.
5. BZOWSKI Z., ZAWIŚLAK J., 2005. Aspekt środowiskowy wietrzenia karbońskich odpadów górniczych wykorzystywanych do rekultywacji terenów pogórniczych w rejonie Bogdanki. Mat. „Warsztaty Górnicze 2005" Kazimierz D; Wyd. PAN Kraków; 25-39 oraz w: Miesięcznik WUG nr 6, 12-14.
6. BZOWSKI Z., ZAWIŚLAK J., GWOŹDZIEWICZ M., 2010.: Wykorzystanie odpadów wydobywczych dla realizowania zadań wynikających z planów zagospodarowania terenów przekształconych działalnością górniczą. Konf. „EKO-Forum" Lublin, CD.241-278.
7. CICHOŃ G., 1977. Charakterystyka mineralogiczno-petrogradiczna karbońskich gleb stigmariowych z Dorohuczy. Zesz.Nauk. AGH Geologia t.3, z.3.
8. GAZDA L., 2005. Zmienność właściwości fizyko-chemicznych skał przywęglowych z KWK Bogdanka w aspekcie ich technologicznego i przyrodniczego wykorzystania. Mat. Symp. „Warsztaty Górnicze 2005" Kazimierz D. Wyd. PAN Kraków; 72-80.

9. GWOŹDZIEWICZ M., 2012. Wpływ wietrzenia na migrację zanieczyszczeń w strefie areacji składowiska odpadów górniczych Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Rozprawa doktorska, GIG Katowice.
10. KOZŁOWSKI S. (red.), 1984. Surowce mineralne środkowowschodniej Polski. Praca zbiorowa. Wyd. Geol. Warszawa.
11. ŁYSZCZARZ L., 1998. Wykorzystanie odpadów powęglowych powęglowych w aspekcie działalności górniczej na Lubelszczyźnie. W: „Gospodarka odpadami", Wyd. Ekoinżynieria Lublin, 249-255.
12. Program gospodarowania odpadami wydobywczymi dla Spółki Lubelski Węgiel „Bogdanka" S.A. w Bogdance opracowany przez firmę Pomiar – GIG Przedstawiciela Głównego Instytutu Górnictwa Sp. z o.o. w Lublinie. 2011 (niepublikowane).
13. PORZYCKI J., 1976. Budowa geologiczna Centralnego Okręgu Węglowego w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Przegląd Geologiczny nr 7.
14. Raport o oddziaływaniu na środowisko eksploatacji węgla kamiennego przez Lubelski Węgiel „Bogdanka" S.A. w Obszarze Górniczym „Puchaczów V", POMIAR-GIG, Lublin 2008 (niepublikowane).
15. STOPA Z., ŁYSZCZARZ L., KAMIŃSKA-WAWRYSZUK M., 2008. Możliwości zagospodarowania odpadów górniczych z kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka" S.A. Miesięcznik WUG nr 11, 16-22.
16. STUPNICKA E., 1997. Geologia regionalna Polski. Wyd. UW, Warszawa.

MONITORING OF THE PHYSICOCHEMICAL COMPOSITION OF THE MINE WASTES FROM THE LW "BOGDANKA" HARD COAL MINE

Summary

In the paper the physicochemical characterization of the mine wastes from the LW "Bogdanka" hard coal mine is presented. Results of the monitoring, carried out since 1996, cover the chemical composition, abundances of contaminations by metals as well as the concentration of natural radionuclides. It was determined that the monitored physicochemical parameters of the wastes allow their utilization as a mineral material for a vast majority of leveling works, including the prevention against mining subsidence.

Key words: mine wastes, monitoring, physicochemical composition

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 150

Nr 30 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

MARTA PRZEWOCKA[*], JANUSZ ROSADA[**]

MONITORING GLEB ZLOKALIZOWANYCH WOKÓŁ HUTY MIEDZI „GŁOGÓW"

S t r e s z c z e n i e

Monitoring gleb stanowi jedną z form długoterminowych badań ekologicznych. Coraz częściej jest głównym sposobem śledzenia dynamiki procesów fizyko-chemicznych przebiegających w glebach, w wyniku działalności rolniczej i pozarolniczej prowadzonej przez człowieka. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski tworzy od 1995 roku podsystem Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie jakości gleb i ziem. Został utworzony na podstawie Prawa o Ochronie Środowiska. Jest to system, którego zadaniem jest gromadzenie, przetwarzanie i rozpowszechnianie informacji o stanie środowiska. W odniesieniu do lokalnych działań monitoring środowiska polega nie tylko na ocenie jego aktualnego stanu, ale także na systematycznym obserwowaniu zmian zachodzących w tym środowisku na przestrzeni czasu. W pracy przedstawiono przykład stałego prowadzenia badań monitoringowych gleb objętych emisjami Huty Miedzi Głogów zlokalizowanych na terenach byłej strefy ochronnej oraz na jej obrzeżach.

Słowa kluczowe: gleba, zanieczyszczenie, monitoring, Huta Miedzi Głogów

WSTĘP

Gleba stanowi biologicznie czynną powierzchniową (1,5-2,0 m) warstwę skorupy ziemskiej będącą ważnym elementem środowiska lądowego. Składa się z części mineralnych, materii organicznej, wody, powietrza oraz organizmów żywych. Jest zwartym układem powstałym w skutek nakładających się na siebie procesów wietrzenia, a także procesów biologicznych i mikrobiologicznych. Gleba jest również ogromnym rezerwuarem pierwiastków chemicznych niezbędnych do życia, które przy współudziale energii słonecznej, wody i powietrza zapewniają rozwój roślinności lądowej [Kabata-Pendias i Pendias 1995].

[*] doktorantka inżynierii środowiska; Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, UZ
[**]

Gleba będąca najbardziej aktywną biologicznie częścią litosfery, oprócz pełnienia funkcji życiodajnej, stanowi także naturalną barierę dla wszelkich zanieczyszczeń powstających głównie w wyniku działalności gospodarczej człowieka. Tworzenie naturalnej ochrony związane jest z obecnością substancji humusowych oraz minerałów ilastych, które mają znaczną pojemność sorpcyjną, co sprzyja immobilizacji zanieczyszczeń np. metali ciężkich [Kwiatkowska 2007].

Zanieczyszczenie gleb związkami pochodzenia antropogenicznego, zwłaszcza metalami ciężkimi może stanowić poważne zagrożenie dla wód gruntowych i powierzchniowych będących rezerwuarem wody pitnej, a także może niekorzystnie wpływać na rośliny uprawiane na tych glebach. Metale ciężkie włączone do łańcucha troficznego ekosystemu mogą negatywnie oddziaływać na ludzi i zwierzęta. Pierwiastki śladowe pobierane z gleb przez rośliny w ilościach przekraczających ich fizjologiczne zapotrzebowanie działają fitotoksycznie [Kaszubkiewicz i Kawałko 2009].

Skażenie terenów rolniczych metalami ciężkimi w skrajnych przypadkach może doprowadzić do nieodwracalnych zmian w glebie, ponieważ metale w przeciwieństwie do substancji organicznych, nie ulegają rozkładowi mikrobiologicznemu [Kabata-Pendias i Pendias 1995].

Według Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającej ramy dla ochrony gleb (COM 2006 232, wersja ostateczna) glebę uznaje się za nieodnawialny zasób środowiska przyrodniczego, ponieważ procesy degradacji przebiegają w niej znacznie szybciej niż procesy naprawcze i glebotwórcze.

Problem degradacji gleb polegający na zaburzeniu stanu dynamicznej równowagi występującej między poszczególnymi jej fazami (stałą, ciekłą i gazową) obecnie występuje w Polsce lokalnie i związany jest głównie z rejonami silnie zurbanizowanymi i uprzemysłowionymi. W przypadku terenów zlokalizowanych wokół zakładów przemysłowych, dotyczy on głównie degradacji chemicznej przyczyniającej się do malejącej ilości materii organicznej, zakwaszenia gleb oraz zanieczyszczenia ksenobiotykami organicznymi i mineralnymi [Mocek i Mocek-Płóciniak 2010].

Do głównych czynników powodujących degradację chemiczną gleb zalicza się emisje pyłowe z hut metali nieżelaznych zawierające znaczne ilości metali ciężkich. Emitowane do atmosfery pyły metalurgiczne negatywnie oddziałują na wszystkie elementy środowiska, jednak w przypadku gleb, ze względu na adsorpcje metali w koloidach mineralnych i organicznych, są one procesami długotrwale destrukcyjnymi. Oprócz emisji pyłowych szkodliwie na środowisko glebowe oddziałują również emisje gazowe (tlenki siarki, azotu i węgla), a także składowiska szkodliwych deponentów pochodzące z produkcji metali kolorowych [Rosada 2012].

Wspomniane zagrożenia mają głównie charakter lokalny i dotyczą przede wszystkim rejonów, w których występują emisje zakładów hutniczych jak to

przykładowo ma miejsce w rejonie legnicko-głogowskim, gdzie zlokalizowany jest Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi, Polska Miedź S.A.

Przemysł miedziowy, podobnie jak każdy inny przemysł wydobywczy i metalurgiczny, charakteryzuje się znaczną uciążliwością dla sąsiadujących z nim obszarów. W przypadku Huty Miedzi Głogów, zakład zlokalizowany jest w regionie aglomeracji miejskich oraz w pobliżu obszarów rolniczych. Na terenach tych uprawia się zboża, głównie pszenicę oraz rośliny okopowe takie jak ziemniaki i buraki cukrowe. Huta od szeregu lat postrzegana jest jako poważne zagrożenie ekologiczne dla tego rejonu. Jeszcze kilkanaście lat temu tereny zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie Huty uznawane były za rejon klęski ekologicznej, ponieważ ilości emitowanych do atmosfery pyłów metalonośnych i gazów kilkakrotnie przekraczały dopuszczalne normy. Jednak w ostatnim dziesięcioleciu stan środowiska wokół zakładu uległ znacznej poprawie, dzięki prowadzonej na szeroką skalę działalności proekologicznej. Wprowadzenie nowoczesnych instalacji oczyszczających, modernizacja procesów technologicznych, a przez to radykalne zmniejszenie emisji pyłów i gazów metalonośnych znacznie ograniczyły uciążliwość Huty dla omawianego środowiska [Rosada 2007].

Mimo pozytywnych zmian obserwowanych ostatnio w środowisku rolniczym sąsiadującym z Hutą Miedzi Głogów zniszczenia ekologiczne powstałe w początkowych latach jej działalności nadal są widoczne, zwłaszcza w glebach, w których metale ciężkie uległy bioakumulacji. Aby kontrolować skutki niekorzystnych zmian, poznać skalę istniejących zagrożeń, a także przeciwdziałać kumulacji metali ciężkich w glebach, prowadzony jest systematycznie od 2000 roku monitoring środowiska rolniczego wokół zakładu. Monitoring prowadzony jest przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu, na zlecenie Huty [Dopierała i in. 2010].

OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań są tereny rolnicze sąsiadujące z Hutą Miedzi Głogów zlokalizowane na lewo– i prawobrzeżnej stronie rzeki Odry. W 2012 roku obszar badawczy obejmował byłą strefę ochronną oraz tereny przyległe, zlokalizowane na pograniczu strefy. Z obszaru tego pobierano próbki glebowe do oznaczeń zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb), cynku (Zn), kadmu (Cd) i arsenu (As) oraz odczynu badanych gleb (pH).

METODYKA BADAŃ

Próbki gleb pobierano w okresie wiosennym z poziomu orno- próchnicznego (0-30 cm) stosując specjalistyczny świder mechaniczny. Łącznie do oznaczeń pH oraz całkowitej zawartości analizowanych pierwiastków pobrano 90 uśrednionych próbek glebowych. Lokalizację obszarów poboru próbek glebowych wyznaczano za pomocą GPS. Z każdego obszaru pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano jako próbkę uśrednioną.

Przed analizą próbki glebowe wysuszono w temperaturze pokojowej, następnie utarto w moździerzu i przesiano przez sito plastikowe o średnicy oczek 2 mm, w celu oddzielenia części szkieletowych od ziemistych. Po przesianiu każdą próbkę gleby dokładnie wymieszano, aby uzyskać wysoki stopień homogeniczności materiału.

Odczyn badanych gleb oznaczono w 1-molowym KCl metodą potencjometryczną [Siebielec 2012].

Ujednolicony materiał glebowy zmielono na młynku mikroplanetarnym Pulverisette 7 z kulami agatowymi w celu precyzyjniejszego rozdrobnienia gleby. Tak przygotowany materiał badawczy poddano procesowi mineralizacji umieszczając 0,5g badanej gleby w naczyniu mineralizacyjnym i przez 30 minut macerowano w roztworze 10cm ^{3} kwasu azotowego V. Po upływie tego czasu badaną próbkę umieszczono w piecu mikrofalowym Mars Express firmy CEM, mineralizowano przy użyciu odpowiedniego programu. Wykonano także „próby ślepe". Zmineralizowany materiał przeniesiono ilościowo do kolbek miarowych (50 cm^3) i uzupełniono wodą dejonizowaną.

Oznaczeń badanych pierwiastków dokonano za pomocą systemu spektrometrów absorpcji atomowej Varian AA 240FS/24OZ.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Odczyn (pH) badanych gleb

Istotnym czynnikiem wpływającym na rozpuszczalność metali ciężkich w glebach jest pH. Od odczynu gleb zależy stan równowagi zachodzący między procesami desorpcji i sorpcji kationów wodoru i metali. Gleba o wysokim pH posiada znacznie większą zdolność wiązania ksenobiotyków niż gleba kwaśna. Wzrost zakwaszenia gleby zwiększa z reguły uwalnianie się metali ciężkich z fazy stałej gleby i ich przechodzenie do roztworu glebowego. Uruchomione metale ciężkie stają się wówczas łatwo dostępne dla korzeni roślin i mogą przyczynić się do niepotrzebnych skażeń płodów rolnych oraz spadku plonu. Duży wpływ na ruchliwość metali ciężkich mają również właściwości oraz typ gleby, a także rodzaj metalu [Karczewska 2002, Rosada 2010, 2012].

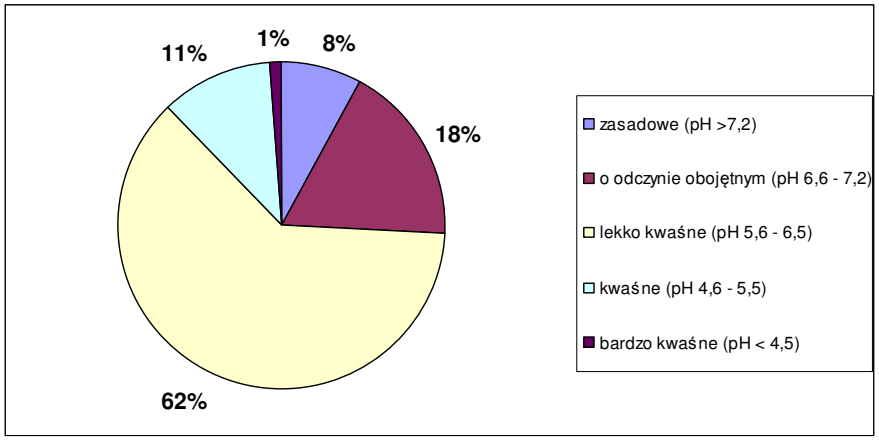
Wapnowanie gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi uznawane jest za niezwykle skuteczny zabieg ograniczający mobilność metali ciężkich z warstwy ornej gleb [Szerszeń i wsp. 1998, Terelak i wsp. 1999]. Dbałość o odpowiedni odczyn gleb będących w najbliższym sąsiedztwie Huty Miedzi Głogów powinna więc być podstawowym obowiązkiem użytkowników omawianych gruntów ornych, a także Huty.

Huta Miedzi Głogów zabiegi wapnowania sąsiadujących z nią gruntów umieściła w obrębie swoich działań proekologicznych. W latach 1988-1999 rolnicy otrzymali nieodpłatnie od Huty znaczne ilości wapna nawozowego, co umożliwiło przeprowadzenie szeroko zakrojonej akcji wapnowania zanieczyszczonych gruntów. Większość gleb znajdujących się w zasięgu wcześniejszych emisji Huty została wówczas odkwaszona. W 2000 roku Huta zaprzestała bezpłatnych dostaw wapna dla rolników, jednak w zamian za to od 2002 roku umożliwiono rolnikom zakup pewnych ilości wapna nawozowego po obniżonej cenie, w której uwzględniono dotację budżetową. Dział Ochrony Środowiska Huty zaleca także rolnikom wapnowanie pól we własnym zakresie, niezależnie od otrzymywanych dotacji [Rosada 2010, 2012].

Wielu użytkowników gruntów rolnych stosuje się do tych zaleceń i systematycznie wykonuje zabiegi wapnowania. Intensywne wapnowanie gleb przyczyniło się do wzrostu pH w warstwie ornej większości pól uprawnych. Należy jednak pamiętać, że wapnowanie nie jest jednorazowym zabiegiem, który na stałe rozwiązuje problem właściwego pH gleby. Zabieg taki powinien być systematycznie powtarzany, ponieważ w każdej intensywnie uprawianej glebie istnieje tendencja do powolnego wzrostu kwasowości roztworu glebowego. Dotyczy to zwłaszcza gleb o mniejszej zawartości próchnicy i części spławialnych. Aby właściwie monitorować ten stan konieczna jest systematyczna kontrola odczynu gleb i poziomu zawartych w nich metali ciężkich.

Przeprowadzona w 2012 roku kontrola odczynu gleb pobranych w 90 punktach badawczych wykazała, że większość z nich posiada pH $\geq$ 5,6. W obrębie analizowanych gleb 8% z nich stanowiły gleby o odczynie zasadowym (pH >7,2), 18% gleby o odczynie obojętnym (pH 6,6-7,2), 62% gleby o odczynie lekko kwaśnym (pH 5,6-6,5), 11% gleby o odczynie kwaśnym (pH 4,6-5,5) i 1% gleby o odczynie bardzo kwaśnym (pH< 4,5) – rys. 1

Wyniki oznaczeń pH gleb pobranych w 2012 roku na terenie byłej strefy ochronnej Huty oraz na jej obrzeżach wskazują na konieczność intensywniejszego wapnowania gruntów ornych zlokalizowanych w wyznaczonych punktach badawczych w celu zwiększenia udziału gleb o odczynie obojętnym i zasadowym. Podwyższenie pH opisywanych gleb może polepszyć ich właściwości chemiczne i zdecydowanie zmniejszy ryzyko przedostania się toksycznych pierwiastków śladowych do łańcucha pokarmowego ekosystemu.



Rys. 1. Podział badanych gleb ze wzlędu na pH (90 punktów poboru gleby)
Fig.1.Division of examined soils due to pH (90 soil sampling points)

ZAWARTOŚCI BADANYCH PIERWIASTKÓW W ANALIZOWANYCH PRÓBKACH GLEBY

Ocenę jakości gleb pod względem zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb), cynku (Zn), kadmu (Cd) i arsenu (As) dokonano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, Poz.1359).

Poziom trzech badanych pierwiastków: cynku, kadmu i arsenu we wszystkich analizowanych próbkach glebowych mieścił się w granicach dopuszczalnych stężeń dla tych pierwiastków określonych dla warstwy ornej (0-0,3 m) gleb (Zn < 300 mg/kg s.m., Cd < 4 mg/kg s.m., As < 20 mg/kg s.m.) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165, Poz.1359).

W 30 próbkach glebowych (15 pobranych na lewobrzeżnych i 15 pobranych na prawobrzeżnych terenach Odry) stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego stężenia miedzi (>150 mg/kg s.m.) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165,Poz.1359). Dotyczy to punktów badawczych zlokalizowanych w miejscowościach Żukowice, Kłoda, Sobczyce, Ceber oraz Zabiele. W pozostałych 60 punktach zawartości miedzi mieściły się w granicach dopuszczalnego stężenia dla tego pierwiastka.

W trzech próbkach gleby pobranych z miejscowości Żukowice, Sobczyce i Ceber oprócz wysokiej, przekraczającej normę zawartości miedzi stwierdzono także ponadnormatywną zawartość ołowiu (>100 mg/kg s.m.) – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9.09.2002 r. (Dz.U. Nr 165,Poz.1359). W pozosta-

łych 87 punktach badawczych zawartości ołowiu mieściły się w granicach dopuszczalnego stężenia dla tego pierwiastka.

WNIOSKI

1. Badania przeprowadzone w 2012 roku wykazały, że 74% próbek glebowych pobranych na terenie byłej strefy ochronnej Huty oraz na jej obrzeżach posiadało pH<6,6 (62% odczyn lekko kwaśny, 11% odczyn kwaśny, 1% odczyn bardzo kwaśny). Wskazuje to na konieczność intensywniejszego wapnowania gruntów ornych, w celu zwiększenia procentowego udziału gleb o odczynie obojętnym i zasadowym.
2. Wszystkie analizowane próbki glebowe pobrane z warstwy ornej w 90 punktach badawczych zawierały ilości cynku, kadmu i arsenu mieszczące się w granicach dopuszczalnych stężeń dla tych pierwiastków.
3. W 30 punktach poboru gleb stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego stężenia miedzi. Zawartości Cu oznaczone w próbkach glebowych pobranych w pozostałych 60 punktach badawczych mieściły się w granicach dopuszczalnej normy.
4. Trzy próbki gleby pobrane z terenu badań posiadały ponadnormatywne stężenie ołowiu. W pozostałych 87 pobranych próbkach stwierdzono zawartość Pb mieszczącą się w granicach normy.
5. Badania wykazały, że wskazana jest zmiana składu gatunkowego roślin uprawianych na glebach charakteryzujących się dużymi, ponadnormatywnymi zawartościami miedzi i ołowiu. Na glebach takich proponuje się uprawę roślin energetycznych lub przemysłowych.

PODSUMOWANIE

Monitoring gleb prowadzony od wielu lat na zlecenie Huty Miedzi Głogów przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu przyczynił się do opracowania obszernej bazy danych dotyczącej zanieczyszczenia gleb w sąsiedztwie zakładu. Badania prowadzone w okresie znacznej emisji pyłowej i gazowej oraz po ich ograniczeniu umożliwiły poznanie dróg wnikania metali ciężkich do poszczególnych organów roślin. Dzięki nim stwierdzono również, że najwłaściwszą metodą rekultywacji jest poprawa właściwości fizycznych i chemicznych gleby w celu ograniczenia poboru metali ciężkich przez rośliny.

Obecnie mimo ustabilizowania stanu środowiska rolniczego nadal konieczna jest stała kontrola ilości metali ciężkich w glebach. Działania proekologiczne, które do tej pory przeprowadzono nie są zabiegami jednorazowymi, ponieważ

każde środowisko to system dynamiczny, który podlega działaniu czynników: biologicznych, klimatycznych oraz technologicznych.

Stałe i systematyczne prowadzenie badań monitoringowych pozwala uniknąć nieprzewidzianych efektów ubocznych, takich jak np. niekontrolowany wzrost kwasowości gleb, który może doprowadzić do niepożądanej mobilności metali ciężkich. Wieloletnie badania monitoringowe pozwoliły zminimalizować niekorzystne skutki oddziaływania Huty Miedzi Głogów na środowisko. Osiągnięto to dzięki ścisłej współpracy instytucji prowadzącej badania, zakładu emitującego zanieczyszczenia, służb rolnych oraz producentów rolnych wykonujących zalecenia agrotechniczne. Skoordynowanie działań w tym zakresie znacznie zwiększyło szansę przywrócenia dla rolnictwa terenów zdegradowanych chemicznie.

LITERATURA

1. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1995. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa
2. KARCZEWSKA A. 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. Zesz. Nauk AR we Wrocławiu, Nr 432, 159 ss. Rozprawy
3. KASZUBKIEWICZ J., KAWAŁKO D. 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu Jeleniogórskiego. Ochrona środowiskami zasobów naturalnych, nr 40, Wrocław
4. KWIATKOWSKA J. 2007. Ocena możliwości wykorzystania węgla brunatnego jako efektywnego źródła materii organicznej w gruntach przekształconych antropogenicznie. Inżynieria i Ochrona Środowiska, Politechnika Warszawska t.10 nr 1ss.71-85
5. MOCEK A., MOCEK-PŁÓCINIAK A. 2010.Ksenobiotyki w środowisku glebowym Polski. Nauka Przyroda Technologia, tom 4,zeszyt 6, Poznań.
6. ROSADA J. 2007. Ekologiczne aspekty wykorzystania obszarów objętych oddziaływaniem emisji hut miedzi do upraw rolniczych. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47 (1): 119-127.
7. ROSADA J., GRZESIAK P., PRUSZYŃSKI S. 2009. Chemiczne aspekty rekultywacji terenów rolniczych objętych oddziaływaniem przemysłu. S. 141– 152. W: „Rekultywacja i rewitalizacja terenów zdegradowanych". (Praca zbiorowa, G. Malina, red.) PZITS 866/2009, Poznań 2009. ss. 416.
8. ROSADA J., DOPIERAŁA U., REMLEIN-STAROSTA D. 2010. Monitoring stanu środowiska w aspekcie opracowywania programów ochrony roślin na terenach objętych oddziaływaniem przemysłu. s. 51-72. [W:] Ograniczanie strat w plonach roślin uprawnych z zachowaniem bezpieczeństwa

żywności. (D. Sosnowska, red.). Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań 2010. ss. 284.
9. ROSADA J. 2012. Wykonanie badań glebowych w byłej strefie ochronnej i terenie przyległym, sąsiadującym z Hutą Miedzi GŁOGÓW w 2012 roku. Ekspertyza badawcza wykonana przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu na zlecenie KGHM Polska Miedź S.A., Oddział Huta Miedzi Głogów.
10. SIEBIELEC G., 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Puławy.
11. SZERSZEŃ L., KARCZEWSKA A., KABAŁA C. 1998. Rozpuszczalne i przyswajalne formy miedzi i ołowiu w glebach zanieczyszczonych w różnych warunkach odczynu i wilgotności. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 573-579
12. TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., PONDEL H., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., PIETRUCH CZ. 1999. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski. Insp. Ochr. Środ., Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

MONITORING OF THE SOILS IN THE AREAS SURROUNDING COPPER SMELTER "GŁOGÓW"

Abstract

Monitoring of soils is a form of the long-term ecological research. Increasingly, it becomes the main method to track the dynamics of physicochemical processes in the soil, as a result of agricultural and non-agricultural human activities. Since 1995 the chemistry monitoring of agricultural soil of Poland has been regarded as a subsystem of the National Environmental Monitoring of soil and land quality. It was established based on the Environmental Protection Law. Its aim is to collect, process and disseminate the information on the environmental status. With regard to local environmental monitoring activities, it is not only the assessment of the environment current status but it relies on systematic observations of changes in the environment over the time. The example of the constant and consistent monitoring research of soils affected by industrial emissions of the Copper Smelter GŁOGÓW, located in the area of a former protective zone and its peripheries, is shown in this paper.

Key words: soil, pollution, monitoring, „Głogów" Copper Smelter

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 150

Nr 30 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2013**

EWA GŁOSIŃSKA*

POKRYCIE TERENÓW ZALEWOWYCH RZEKI WARTY I POZIOM RYZYKA POWODZIOWEGO GMIN POWIATU POZNAŃSKIEGO

Streszczenie

Celem artykułu jest analiza form pokrycia terenów zalewowych rzeki Warty gmin powiatu poznańskiego oraz określenie ich poziomu ryzyka powodziowego na zasadzie hierarchizacji. Wyodrębniono również grupy gmin o podobnej strukturze form pokrycia terenów zalewowych. Poziom ryzyka powodziowego poszczególnych gmin jest silnie zróżnicowany w zależności od form pokrycia terenów zalewowych.

Słowa kluczowe: tereny zalewowe, pokrycie terenu ,ryzyko powodziowe

WPROWADZENIE

Katastrofy naturalne lub antropogeniczne mogą powodować ogromne straty materialne i, niestety, utratę życia ludzkiego [Toya, Skidmore, 2007 za Ristic i in., 2012]. Występowanie naturalnych i antropogenicznych zjawisk ekstremalnych na całym świecie pozwala zwracać większą uwagę na ich ekologiczne i ekonomiczne skutki [Guzzetti i in., 2005, Schmidt i in., 2006, Lerner, 2007] za Ristic i in., 2012.). Powodzie, we wszystkich swoich przejawach, są najczęstszymi naturalnymi kataklizmami, występującymi na całym świecie [Berz i in., 2001, Barredo, 2007 za Ristic i in., 2012].

Szereg negatywnych skutków związanych z rozwojem terenów zurbanizowanych na terenach zalewowych poruszanych jest w literaturze. Obejmują one między innymi zmiany cyklu hydrologicznego oraz reżimów powodzi [Bronstert i in., 2002,. Carlson, 2004, McCuen, 2003 za Poelmans i in., 2009]. Zabudowywanie takich obszarów powoduje zmniejszenie retencji powierzchniowej wód oraz ich większy spływ powierzchniowy, w tym do rzek, powodując wyż-

* Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Planowania Przestrzennego

sze stany wody (CA WALUP). Osiedla mieszkaniowe, drogi, zdegradowane pastwiska i grunty orne stanowią najbardziej znaczące źródła osadów i szybkiego spływu powierzchniowego wód opadowych. Budowa dróg i budynków, niewłaściwe użytkowanie gruntów rolnych (rolnictwo z orką wzdłuż zbocza, nadmierny wypas) i leśnych (wycinka drzew) powoduje intensywne procesy erozyjne, szybki spływ powierzchniowy i transport osadów [Ristic, i in., 2012]. Zmiany użytkowania gruntów i urbanizacja zmniejsza zdolności systemu drenażu w dorzeczu do przechowywania lub przekazywania wód powodziowych poprzez sieć kanałów [Shi i in., 2005 za Harvey i in., 2009].

Z drugiej zaś strony**,** obszary zalewowe są niezmiernie atrakcyjne dla rozwoju obszarów miejskich z powodu żyznych gleb, dobrego nasłonecznienia, łatwości dostępu do wody i ich znacznych zasobów [Waananen i in., 1977 za Luino i in., 2012].

W rezultacie postępującej intensyfikacji zagospodarowania, coraz częściej występują katastrofalne w skutkach powodzie [por. Walczykiewicz, 2002]. Powoduje to wzrost poziomu ryzyka powodziowego, który zgodnie ze znowelizowaną w 2011 roku Ustawą Prawo Wodne (Dz. U. 2012 poz. 145 z późn. zm.) oznacza „kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i związanych z nią potencjalnych negatywnych konsekwencji dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej".

Termin „pokrycie terenu" należy rozumieć jako opis fizycznych właściwości danej przestrzeni geograficznej. Są to również wszelkie elementy sytuacyjne przestrzeni geograficznej znajdujące się na jej powierzchni, które można wyróżnić na podstawie ich cech fizjonomicznych [Wytyczne techniczne…, 2008]. Pokryciem terenu przykładowo może być teren zabudowany, roślinność trawiasta albo las [Ciołkosz, Poławski, 2006].

Badanie ma na celu zidentyfikowanie form pokrycia terenów zalewowych rzeki Warty w powiecie poznańskim i na ich podstawie określenie poziomu ryzyka powodziowego poszczególnych gmin w porządku hierarchicznym.

OBSZAR BADAŃ

Obszar badań obejmuje gminy powiatu poznańskiego leżące nad rzeką Wartą, tj. gm. Kórnik, gm. Mosina, gm. Komorniki, gm. Czerwonak, gm. Suchy Las, gm. Murowana Goślina, m. Puszczykowo i m. Luboń (rys. 1).

Warta, przepływająca przez powiat poznański, jest trzecią co do wielkości rzeką w Polsce i stanowi najdłuższy prawy dopływ Odry. Na analizowanym obszarze rzeka tworzy przełom i przepływa w kierunku północnym przez strefę pagórków morenowych, ściślej od Mosiny do Obornik. Szerokość terenu zalewowego od miasta Śrem przez Poznań i dalej do miasta Oborniki systematycznie się zmniejsza. Od ujścia rzeki Prosny do ujścia Kanału Mosińskiego rzeka

płynie nadmiernie szeroką doliną, której szerokość dochodzi do 10 km, zaś w pobliżu miasta Oborniki szerokość doliny wynosi do 8,5 km do 1,0 km. Ma to ujemny wpływ na szybkość opadania wód powodziowych z rejonu miasta Poznania, co skutkuje stosunkowo wysokim zagrożeniem wezbrania powodziowego w gminach Czerwonak, Suchy Las i Murowana Goślina. Rzeka Warta na wysokości powiatu poznańskiego i miasta Poznania jest szlakiem wodnym [Głosińska, 2012].

Dolina rzeki Warty jest znaczącym korytarzem ekologicznym umożliwiającym przemieszczanie się organizmów żywych w skali lokalnej, regionalnej i krajowej. W sieci ekologicznej ECONET – POLSKA dolina rzeki Warty pełni na terenie powiatu poznańskiego rolę głównego korytarza migracyjnego zwierząt, m.in. wydr, o randze krajowej. W początkowej fazie przełomu przed Poznaniem kilkukilometrowy odcinek Warty przebiega przez Wielkopolski Park Narodowy, na terenie którego występują licznie starorzecza. Przed Rogalinem w dolinie Warty rozpościera się Rogaliński Park Krajobrazowy z rezerwatem przyrody Krajkowo, obejmującym skupisko ponad 1200 starych dębów – jedno z największych w Europie. W dolinie Warty na przedmiotowym terenie występują również obszary Natura 2000, tj. obszar specjalnej ochrony ptaków – Ostoja Rogalińska, oraz obszary mające znaczenie dla wspólnoty, tj. Biedrusko i Fortyfikacje w Poznaniu.

Rzeka Warta na analizowanym obszarze powiatu poznańskiego biegnie na długości ponad 49 km. Na terenie powiatu obok Warty innymi ciekami wodnymi są: Kanał Mosiński, rzeka Kopla, Wirenka, Samica Stęszewska, Samica Kierska, Sama oraz Strumień Junikowski [Kowalczak i in., 2010].

METODYKA BADAŃ

W celu przeprowadzenia analizy form pokrycia terenów zalewowych zastosowano narzędzia GIS. Określając formy pokrycia terenu oparto się na bazie danych Corine Land Cover 2006 [CLC 2006], przedstawiającej klasy pokrycia terenu z 2006 roku.

Terenem zalewowym w niniejszych badaniach jest obszar bezpośredniego zagrożenia powodzią o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 100 lat (p = 1%) o rzędnej sięgającej 57,42 m n.p.m. oraz wysokości bezwzględnej 796 cm [Studium obszarów bezpośredniego zagrożenia …, 2009]. Są to „obszary służące infiltracji wód powodziowych, tereny między linią brzegu a wałem przeciwpowodziowym lub naturalnym wysokim brzegiem, w który wbudowano trasę wału przeciwpowodziowego, a także wyspy i przymuliska". Definicja obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią podana została na podstawie Ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo Wodne (Dz. U. 2001 Nr 115 poz. 1229 z poźn. zm.) przed jej nowelizacją przeprowadzoną w 2011 roku. Zgodnie ze znoweli-

zowaną Ustawą Prawo Wodne, do czasu opracowania map zagrożenia powodziowego obowiązują obszary bezpośredniego zagrożenia powodzią.

Uporządkowanie gmin według poziomu ryzyka powodziowego przeprowadzono za pomocą taksonomicznej metody porządkowania liniowego Hellwiga. Opis metody Hellwiga w: Feltynowicz [2009], Hauke [2009], Krakowiak-Bal [2005], Łokwiniuk [2011], Walczykiwiecz [2002]. Zmiennymi opisującymi badane gminy są powierzchnie zajmowane przez określone formy pokrycia terenów zalewowych trzeciego, najbardziej szczegółowego poziomu bazy Corine Land Cover. W związku z tym, że stopień ryzyka powodziowego ściśle wiąże się z wysokością strat powodziowych, do grupy destymulant – zmiennych, których wartości wzrastające negatywnie wpływają na badane zjawisko - zaliczono tereny antropogeniczne, tj.: zabudowę miejską luźną, tereny przemysłowe lub handlowe, tereny komunikacyjne i związane z komunikacją drogową i kolejową, miejsca eksploatacji odkrywkowej, tereny zielone, tereny sportowe i wypoczynkowe. Z kolei jako stymulanty – zmienne pozytywne – uznano tereny rolne i leśne, do których zalicza się: złożone systemy upraw i działek, grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających, łąki i pastwiska, tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej, lasy liściaste, iglaste, mieszane oraz lasy i roślinność krzewiastą w stanie zmian. Taki podział zmiennych dokonano w oparciu o wysokości potencjalnych straty powodziowych określonych w Rozporządzaniu w sprawie sporządzania map zagrożenia i ryzyka powodziowego (2012).

W celu wyodrębnienia grup gmin o podobnej strukturze form pokrycia obszarów zalewowych, wykorzystano kolejną analizę statystyczną - metodę skupień, należącą do metod aglomeracyjnych, w której na początku każdy obiekt stanowi oddzielną grupę, a ich stopniowe łączenie opiera się na zasadzie największego podobieństwa. W niniejszej analizie zastosowano miarę odległości euklidesowej i metodę aglomeracji pełnego wiązania. Graficzną ilustracją przebiegu analizy skupień jest wykres zwany dendrogramem.

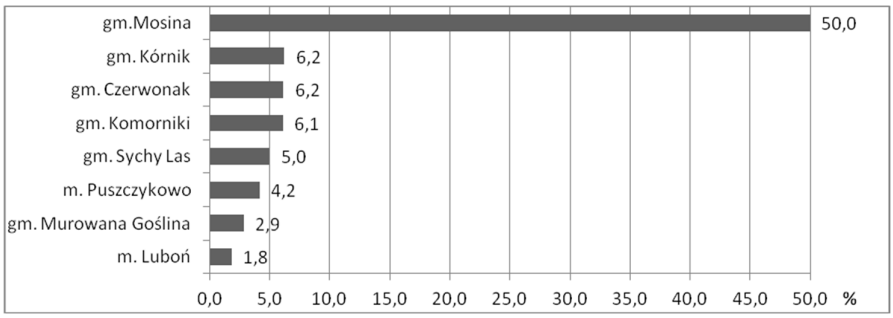
WYNIKI BADAŃ

Obszary bezpośredniego zagrożenia powodzią wzdłuż Warty w powiecie poznańskim zajmują łącznie około 3 910 ha, przy czym na lewym brzegu rzeki obszar zalewu jest większy (51,4%) niż po prawej stronie (48,6%). Zdecydowana większość terenów zalewowych znajduje się na terenach wiejskich (91,7%). Jedynie 8,3% obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią w powiecie poznańskim występuje na terenach miejskich.

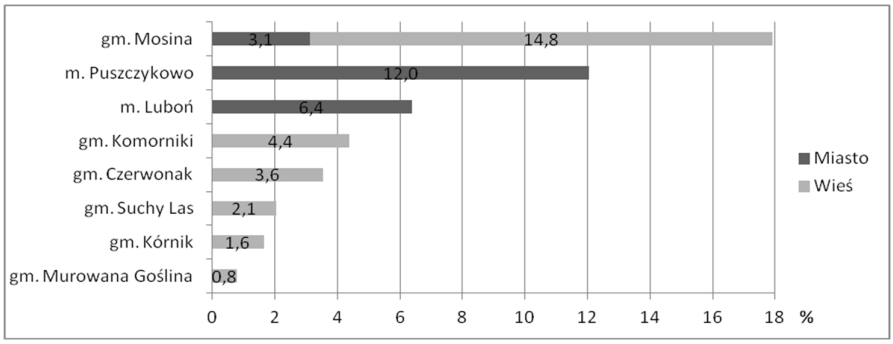
Analizując udział powierzchni terenów zalewowych w ogólnej powierzchni zalewu należy podkreślić, że w gminie Mosina znajduje się połowa rozpatrywa-

nego zalewu (rys. 1). W pozostałych gminach powiatu udział terenów zalewowych w ogólnej powierzchni zalewu jest niski i wynosi od 2% do 6%.

Analizując udział powierzchni terenów zalewowych w powierzchni poszczególnych gmin należy podkreślić, że ponownie gmina Mosina wysuwa się na pierwsze miejsce, przy czym większość terenów zalewowych znajduje się na terenach wiejskich (rys. 2). Tereny miasta Puszczykowo także w znacznym stopniu zagrożone są powodzią. W pozostałych rozpatrywanych gminach udział zalewu w stosunku do powierzchni poszczególnych gmin jest niski i wynosi do 6,2%.



Rys. 1. Udział powierzchni terenów zalewowych w ogólnej powierzchni zalewu
Fig.1. Percentage floodplain area of the total area of flooding



Rys.2. Udział powierzchni terenów zalewowych w powierzchni gmin
Fig. 2. Percentage floodplain area of the community area

Tab. 1. Formy pokrycia obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią w powiecie poznańskim wg klas Corine Land Cover (opracowanie własne na podstawie CLC)
Tab. 1. Floodplain cover types in the Poznań district by Corine Land Cover classes (auth. elab. on the base of CLC)

Poziom 1		Poziom 2		Poziom 3	
	Tereny antropogeniczne	1.1	Zabudowa miejska	1.1.2	Zabudowa miejska luźna
		1.2	Tereny przemysłowe, handlowe i komunikacyjne	1.2.1	Tereny przemysłowe lub handlowe
		1.3	Kopalnie, wyrobiska i budowy	1.3.1	Miejsca eksploatacji odkrywkowej
		1.4	Miejskie tereny zielone i wypoczynkowe	1.4.2	Tereny sportowe i wypoczynkowe
	Tereny rolne	2.1	Grunty orne	2.1.1	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających
		2.3	Łąki i pastwiska	2.3.1	Łąki i pastwiska
		2.4	Obszary upraw mieszanych	2.4.2	Złożone systemy upraw i działek
				2.4.3	Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej
	Lasy i ekosystemy seminaturalne	3.1	Lasy	3.1.1	Lasy liściaste
				3.1.2	Lasy iglaste
				3.1.3	Lasy mieszane
		3.2	Zespoły roślinności drzewiastej i krzewiastej	3.2.4	Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian

Na przedmiotowym terenie równiny zalewowe charakteryzują się zróżnicowanymi formami pokrycia terenu. W granicach obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią znajdują się zarówno tereny antropogeniczne, czyli tereny w mniejszym bądź większym stopniu przekształcone i zainwestowane przez człowieka, jak również tereny naturalne – rolne i leśne (tab. 1).

W granicach obszarów zalewowych dominują tereny rolne – zajmują ponad połowę powierzchni zalewu (51,6%). Następnie ponad 40% stanowią kompleksy leśne (46,5%). Tereny antropogeniczne, czyli zagospodarowane przez człowieka, zajmują jedynie 1,8% analizowanych terenów zalewowych. Wśród nich dominuje zabudowa miejska (1,2%), tereny przemysłowe, handlowe i komunikacyjne zajmują jedynie 0,6%. Na obszarach zalewowych występują także stare

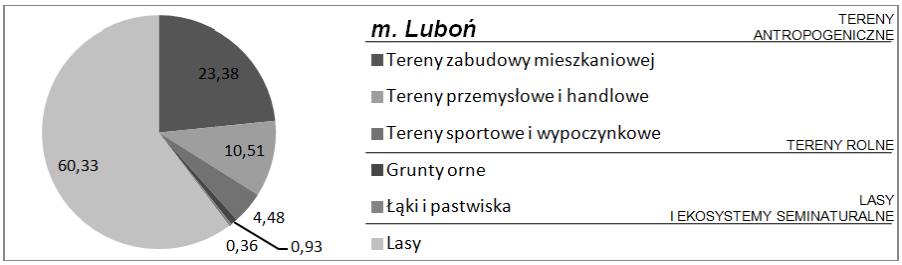
wyrobiska. Wśród terenów rolnych dominują natomiast obszary łąk i pastwisk, które zajmują 33,8%.

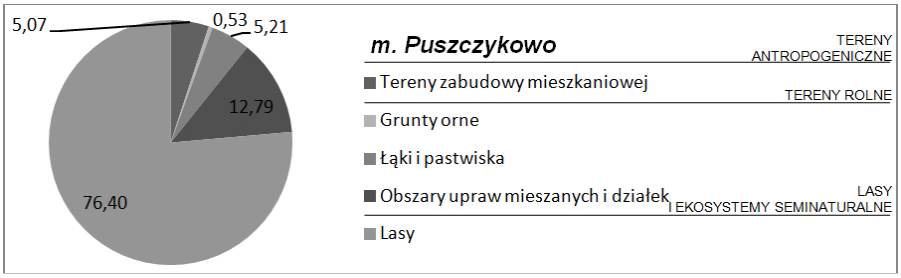
Na terenach miejskich w granicach zalewu dominują obszary leśne (67,9%), wśród nich lasy mieszane (37,5%). Tereny rolne stanowią ponad 1/5 powierzchni zalewu (20,5%), w tym większość to łąki i pastwiska (12,8%). W mniejszości występują obszary złożonych upraw i działek (6,8%) oraz grunty orne (0,9%). Z kolei tereny antropogeniczne obejmują 11,6% powierzchni analizowanych terenów zalewowych. Głównie zagrożone są obszary zabudowy mieszkaniowej (8,1%), dalej tereny przemysłowe i handlowe (2,4%), na końcu tereny sportowe i wypoczynkowe (1,0%).

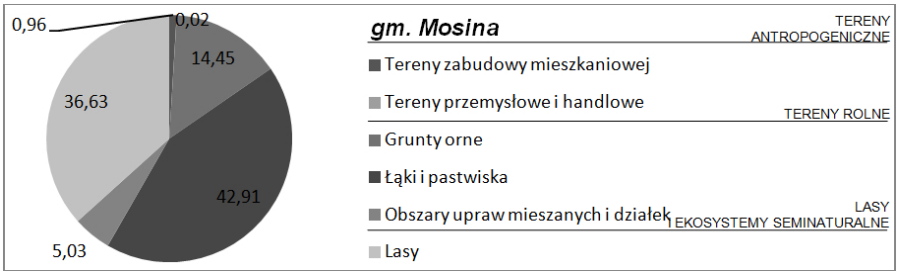
Natomiast na terenach wiejskich udział terenów rolnych w porównaniu do terenów miejskich jest znacznie wyższy – ponad 2 krotnie (54,2%). Większość z nich, podobnie jak na terenach miejskich, stanowią łąki i pastwiska (35,5%), a następnie grunty orne (12,4%) oraz obszary upraw mieszanych i działek (6,3%). Na terenach wiejskich w o wiele niższym ropniu zagrożone są, w porównaniu do terenów wysoko zurbanizowanych, tereny zabudowy mieszkaniowej (0,7%) oraz obszary przemysłowe i handlowe (0,01%). W znikomym ilości występują również tereny wyrobisk kopalnianych.

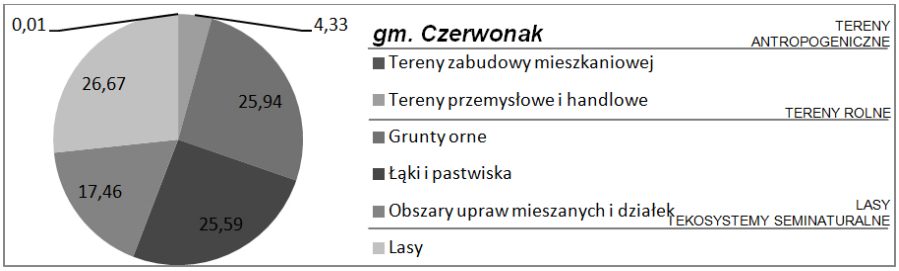
Luboń należy do miast w dużym stopniu zagrożonych zalaniem obszarów antropogenicznych – zajmują one 38,4 % zalewu. Należy podkreślić, że wśród nich dominują tereny zabudowy mieszkaniowej (23,4%). Stanowią je głównie budynki położone w starszej części miasta, tzw. Starym Luboniu, oraz zabudowy wzdłuż starorzeczy, tzw. Kocich Dołów, położonych w południowej części miasta. Udział obszarów rolnych jest nieznaczny (1,3%) i stanowią je grunty orne oraz łąki i pastwiska, zlokalizowane w południowej części miasta. W strukturze form pokrycia terenów zalewowych dominują obszary leśne, zajmując ponad 60,0% zalewu. Znajdują się one głównie w północnej części miasta.

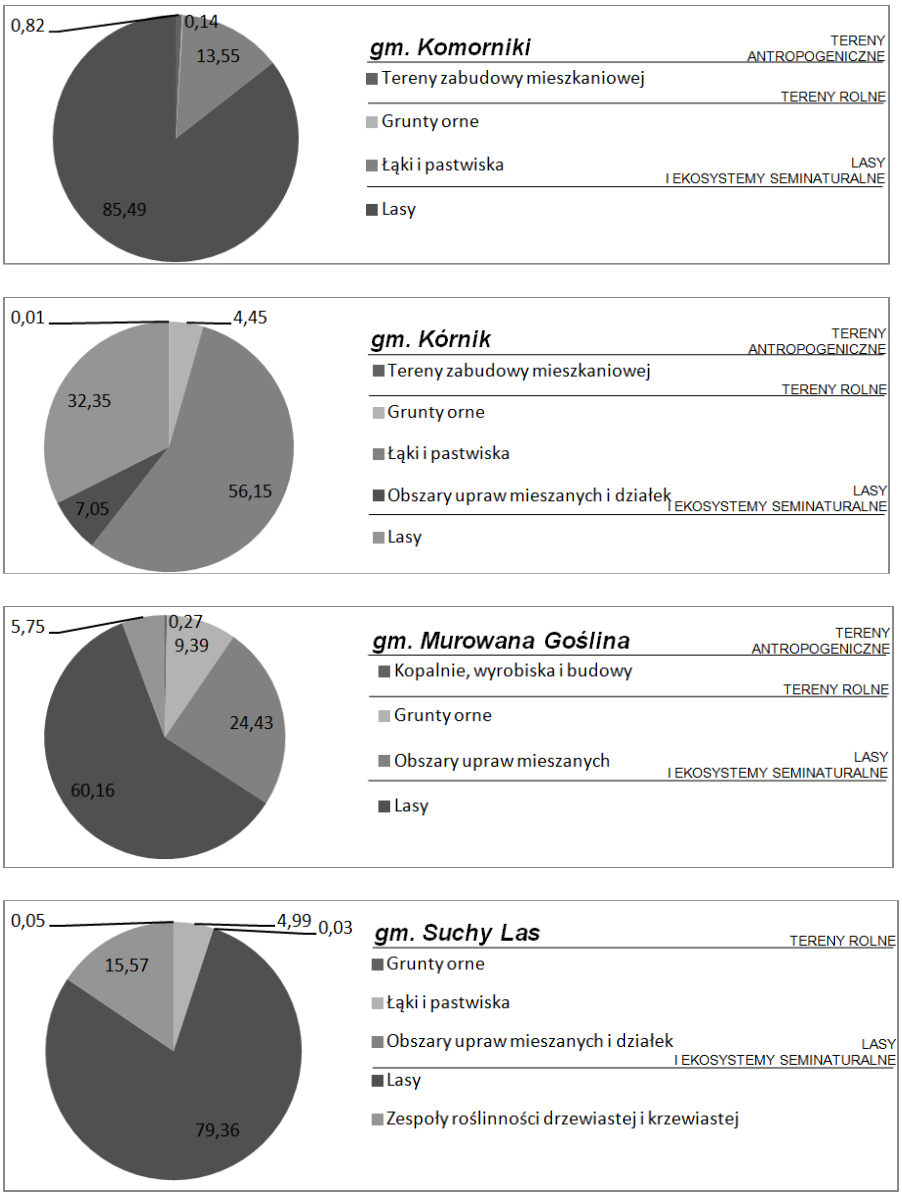
W Puszczykowie, stanowiącym teren miejski, w granicach terenów zalewowych także występują obszary zabudowy mieszkaniowej, które zajmują 5,1% powierzchni zalewu. Są to budynki położone w granicach Wielkopolskiego Parku Narodowego – w zakolu Warty na północy miasta oraz we wschodniej jej części. W porównaniu do Lubonia, w Puszczykowie udział terenów rolnych (18,5%) w strukturze form pokrycia terenów zalewowych jest wyższy kosztem spadku udziału powierzchni obszarów leśnych (81,5%), które położone są w granicach Wielkopolskiego Parku Narodowego. Wśród terenów rolnych dominują złożone systemy upraw i działek (12,8%). Łąki i pastwiska, stanowiące mniejszy udział powierzchni zalewu (5,2%), zlokalizowane są w południowej części Puszczykowa.


m. Luboń
TERENY ANTROPOGENICZNE
Tereny zabudowy mieszkaniowej
Tereny przemysłowe i handlowe
Tereny sportowe i wypoczynkowe
TERENY ROLNE
Grunty orne
Łąki i pastwiska
LASY I EKOSYSTEMY SEMINATURALNE
Lasy
23,38
10,51
4,48
0,36
0,93
60,33


m. Puszczykowo
TERENY ANTROPOGENICZNE
Tereny zabudowy mieszkaniowej
TERENY ROLNE
Grunty orne
Łąki i pastwiska
Obszary upraw mieszanych i działek
LASY I EKOSYSTEMY SEMINATURALNE
Lasy
5,07
0,53
5,21
12,79
76,40


gm. Mosina
TERENY ANTROPOGENICZNE
Tereny zabudowy mieszkaniowej
Tereny przemysłowe i handlowe
TERENY ROLNE
Grunty orne
Łąki i pastwiska
Obszary upraw mieszanych i działek
LASY I EKOSYSTEMY SEMINATURALNE
Lasy
0,96
0,02
14,45
36,63
42,91
5,03


gm. Czerwonak
TERENY ANTROPOGENICZNE
Tereny zabudowy mieszkaniowej
Tereny przemysłowe i handlowe
TERENY ROLNE
Grunty orne
Łąki i pastwiska
Obszary upraw mieszanych i działek
LASY I EKOSYSTEMY SEMINATURALNE
Lasy
0,01
4,33
26,67
25,94
17,46
25,59



Rys. 4. Struktura form pokrycia terenów zalewowych w poszczególnych gminach powiatu poznańskiego
Fig. 4. The structure forms floodplains cover in the community Poznań district

Na terenie gminy Mosina tereny zalewowe są bardzo rozległe i występują, zarówno w granicach miasta, jak również na obszarach wiejskich. Same miasto w niskim stopniu graniczy z rzeką Wartą, a w strefie zalewu znajdują się głównie tereny łąk i pastwisk (87,9%). Grunty orne (3,6%) i lasy (8,6%) stanowią nieznaczny odsetek powierzchni zalewu miasta. Natomiast na obszarach wiejskich gminy, w obrębie miejscowości: Krajkowo, Radzewice, Rogalin, Wiórek, Czapury oraz Sowiniec znajdują się obszary zabudowane zagrożone powodzią (1,0%). Znajdują się one głównie na prawym brzegu Warty. Są to głównie budynki mieszkalne z zabudowaniami gospodarczymi. W miejscowości Wiórek i Czapury zagrożonym zalaniem jest znaczna część budynków mieszkalnych. Jednak z uwagi na olbrzymią powierzchnię zalewu w gminie, obszary zabudowy mieszkaniowej wraz z terenami przemysłowymi i handlowymi zajmują tylko 3,6% powierzchni zalewu. Największy areał ziemi w granicach terenów zalewowych w gminie zajmują tereny łąk i pastwisk (42,9%). Są to głównie obszary podmokłe biegnące w bezpośrednim sąsiedztwie rozbudowanych meandrów rzeki Warty i jej licznych starorzeczy, które położone są w granicach Rogalińskiego Parku Krajobrazowego. Grunty orne oraz obszary złożonych systemów upraw i działek zajmują łącznie 19,5% powierzchni zalewu i znajdują się w dalszej odległości od koryta rzeki. Kompleksy leśne, położone w granicach terenów zalewowych, zlokalizowane są w południowej części gminy i stanowią 36,6% powierzchni zalewu.

Obszary zalewowe w gminie Czerwonak cechują się znacznym udziałem terenów rolnych w strukturze użytkowania (69,0%). Wśród nich dominują grunty rolne (26,0%) znajdujące się głównie w północnej części gminy oraz łąki i pastwiska (25,6%) położone w centralnej i południowej części gminy. Znaczący obszar zalewu zajmują również obszary działek, które znajdują się w północnej części gminy (17,5%). Tereny przemysłowe i handlowe, położone w granicach zalewu, zlokalizowane są w środkowej i południowej części gminy. Stanowią 4,3% powierzchni terenów zalewowych w gminie. Obszary zabudowy miejskiej występują w śladowych ilościach, bo zajmują tylko 0,01% powierzchni zalewu. Udział kompleksów leśnych w porównaniu do innych gmin powiatu jest niski i wynosi 26,7 %. Obszary leśne znajdują się, podobnie jak obszary łąk i pastwisk, w środkowej i południowej części gminy.

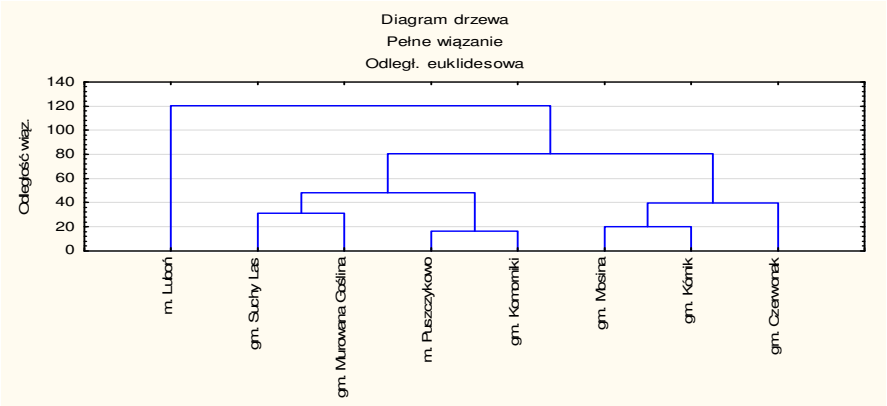
Tereny zalewowe w gminie Kórnik położone są w południowej części gminy w granicach Rogalińskiego Parku Krajobrazowego w okolicy miejscowości Czmoniec. Są to głównie tereny rolne (67,7%), w tym znaczący areał zajmują łąki i pastwiska (56,2%), znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie koryta rzeki. Obszary leśne zajmują 36,4% powierzchni zalewu i położone są w dalszej odległości od Warty. Obszary zabudowy luźnej stanowiące zabudowania gospodarstw zagrożone powodzią zajmują tylko 0,01% terenów zalewowych. W tym przypadku są to wyłącznie budynki inwentarskie.

W gminie Suchy Las na obszarze terenów zalewowych dominują kompleksy leśne (94,9%) położone w granicach obszaru Natura 2000, specjalnego obszaru ochrony siedlisk „Biedrusko". Inną formą pokrycia terenu zagrożoną powodzią są tereny rolne, w tym głównie łąki i pastwiska, które zajmują 5,0%. W gminie Suchy Las w granicach zalewu nie występują obszary zabudowane.

Obszary zagrożone powodzią w gminie Komorniki również położone są w większości w granicach obszaru objętego prawna formą ochrony przyrody – Wielkopolskiego Parku Narodowego. Z tego też względu w strukturze form pokrycia terenów zalewowych gminy Komorniki dominują obszary leśne (85,5%). Zagrożonych powodzią są również tereny rolne, głównie łąki i pastwiska, które zajmują 13,6% powierzchni zalewu. Liczne budynki mieszkalne położone w miejscowości Łęczyca także zagrożone są zalaniem (0,8%).

W gminie Murowana Goślina na obszarze terenów zalewowych dominują tereny leśne (65,9%), które występują w granicach obszaru Natura 2000, specjalnego obszaru ochrony siedlisk „Biedrusko". W granicach zalewu znajdują się wyrobiska dawnej żwirowni w okolicy miejscowości Mściszewo (0,3%). Występują również obszary rolne (33,8%) zlokalizowane w południowej części gminy, w tym głównie tereny działek (24,4%).

Na przedmiotowym terenie zagrożonych powodzią jest około 136 ha obszarów mieszkaniowych, przemysłowych, handlowych i komunikacyjnych położonych w granicach sześciu jednostek terytorialnych. Najwięcej gospodarstw zagrożonych zalaniem występuje w gminie Mosina, Komorniki oraz mieście Luboń.



Rys. 4. Gminy o podobnej strukturze form pokrycia terenów zalewowych w powiecie poznańskim

Fig. 4. Community with similar structure forms cover floodplains in Poznań district

W rezultacie wyróżnić można trzy grupy gmin o podobnej strukturze form pokrycia terenów zalewowych. W gminie Mosina, Czerwonak i Kórnik zagrożone powodzią są głównie tereny rolne. Natomiast na obszarach zalewowych w mieście Puszczykowo oraz w gminach: Komorniki, Suchy Las oraz Murowana Goślina dominują obszary leśne, z uwagi na położenie tych gmin w granicach takich form ochrony przyrody, jak Wielkopolski Park Narodowy czy obszar Natura 2000: specjalny obszar ochrony siedlisk „Biedrusko". Odrębną grupę jednoelementową stanowi miasto Luboń, w których w porównaniu do innych analizowanych gmin znaczny odsetek obszarów zagrożonych powodzią stanowią tereny zabudowy mieszkaniowej.

Najwyższym poziomem ryzyka powodziowego z uwagi na formy pokrycia terenów zalewowych cechuje się miasto Luboń, w granicach którego na obszarach bezpośredniego zagrożenia powodzią w znacznej mierze występują obszary zabudowy mieszkaniowej (tab. 2). Następną grupę o wysokim stopniu ryzyka powodziowego stanowią miasto Puszczykowo oraz gmina Czerwonak, w których na terenach zalewowych również znajdują się, jednak w mniejszym stopniu obszary zabudowy, głównie mieszkaniowej. Gminy Murowana Goślina, Mosina, Komorniki i Suchy Las tworzą grupę gmin o średnim poziomie ryzyka powodziowego. Niskim ryzykiem wykazuje się natomiast gmina Kórnik.

Tab. 2. Poziom ryzyka powodziowego gmin powiatu poznańskiego
Tab. 2. The level of flood risk Poznań district community

Gmina/Miasto	Wskaźnik wg destymulant	Wskaźnik wg stymulant	Wskaźnik syntetyczny	Poziom ryzyka powodziowego
m. Luboń	1,0000	1,0000	1,000	Bardzo wysoki
m. Puszczykowo	0,3798	0,9034	0,6416	Wysoki
gm. Czerwonak	0,4823	0,7858	0,6340	
gm. Murowana Goślina	0,0134	0,9686	0,4910	Średni
gm. Mosina	0,8885	0,0000	0,4443	
gm. Komorniki	0,0905	0,7749	0,4327	
gm. Suchy Las	0,0000	0,8395	0,4198	
gm. Kórnik	0,0003	0,7655	0,3839	Niski

DYSKUSJA

Straty poniesione w wyniku powodzi mogą posłużyć częściowo do weryfikacji obliczonych powyżej wskaźników poziomu ryzyka powodziowego. Należy bowiem pamiętać, że wysokość szkód poniesionych w wyniku powodzi w dużej mierze zależy również od poziomu zagrożenia powodziowego – wysokości fali powodziowej.

W powiecie poznańskim w ostatnich latach jedna z największych powodzi miała miejsce w 2010 roku. Przebiegła ona przy stanach wody na Warcie trzecich co do wysokości w okresie powojennym. Stan wody wynosił wówczas 668 cm, co odpowiada rzędnej zwierciadła wody 56,14 m n.p.m. [Kowalczak i in., 2010].

Wysokości strat poniesione przez poszczególne gminy powiatu poznańskiego w wyniku powodzi w 2010 roku nie potwierdzają wcześniej wyznaczonego poziomu ryzyka powodziowego badanych jednostek (tab. 3). Wynikać to może z tego, że w niniejszej ocenie ryzyka powodziowego wzięto pod uwagę wyłącznie obszary bezpośredniego zagrożenia powodzią. Natomiast powódź w 2010 roku swoim zasięgiem dotknęła również tereny pośredniego zagrożenia powodzią, czyli znajdujące się za linią wałów przeciwpowodziowych. Doszło bowiem do licznych podsiąków i podtopienia piwnic oraz przerwania wału. Z drugiej strony mieszkańcy i władze gminy na obszarach bezpośredniego zagrożenia powodzią w celu ochrony terenów zabudowań mieszkalnych budowali tymczasowe groble z worków z piasku, które w rezultacie uchroniły obszary o wysokim ryzyku powodziowym.

Znaczące różnice między określonym w toku analizy poziomem ryzyka powodziowego a wysokością strat powodziowych poniesionych przez poszczególne gminy powiatu poznańskiego dotyczą gmin Mosina, Kórnik i miasta Luboń. Trudno wypowiadać się na temat gmin: Komorniki i Murowana Goślina, ponieważ w ogóle lub w pełni nie oszacowano w ich przypadku wysokości strat powodziowych. W gminie Suchy Las rzeka Warta nie wystąpiła z brzegów podczas powodzi w 2010 roku. Bardzo wysokie straty w gminie Mosina wynikają ze znacznego zasięgu obszaru zalanego wodami powodziowymi (1700 ha gruntów rolnych) oraz z podtopienia licznych piwnic budynków mieszkalnych. W Kórniku także zalanych zostało wiele terenów rolnych (220 ha). Natomiast w Luboniu niskie straty powodziowe wynikają ze zorganizowanej akcji przeciwpowodziowej polegającej na wznoszeniu tymczasowych wałów na Starym Luboniu, chroniące całe osiedle zabudowy jednorodzinnej. Zalane zostały jednak: stadion miejski z budynkiem klubu sportowego oraz ogródki, podtopione piwnice i nadwarciańskie łąki.

Wnioskować można, że zastosowana metoda oceny ryzyka powodziowego gmin nie jest w pełni skuteczna. Niepoprawność może tkwić w jakości danych wejściowych, tj. wysokiej generalizacji powierzchni klas pokrycia terenu wy-

różnionych w Corine Land Cover. Bowiem w bazach danych CLC są przechowywane dane powierzchniowe, o minimalnej powierzchni 25 ha i szerokości co najmniej 100 m. Pokrycie terenu kartowane jest w tym przypadku metodą wizualnej interpretacji zdjęć satelitarnych dostarczonych przez satelity Landsat, SPOT i IRS.

Tab. 3. Straty powodziowe w 2010 roku poniesione przez gminy powiatu poznańskiego [opracowanie własne na postawie Kowalczak i in. 2010].
Tab. 3. Flood losses in 2010 incurred by Poznan district community [auth. elab. on the base of Kowalczak et al. 2010]

Gmina/Miasto	Koszty akcji przeciwpowodziowej	Straty powodziowe	Ogółem
	tys. zł		
gm. Mosina	250,0	1 549,3	1 799,3
m. Puszczykowo	95,0	315,0	410,0
m. Luboń	68,5	131,2	199,7
gm. Kórnik	13,5	160,0	173,5
gm. Czerwonak	28,0	129,1	157,1
gm. Komorniki	103,5	-*	103,5
gm. Murowana Goślina	1,5	10,0**	11,5
gm. Suchy Las	0,0	0,0	0,0

* nie oszacowano strat
** nie oszacowano strat w rolnictwie

W związku z powyższym, w analizach przestrzennych przeprowadzanych na wysokim stopniu szczegółowości, tj. w obrębie stref zagrożenia powodziowego, należy stosować dane o pokryciu terenu o wyższym stopniu szczegółowości. Przy ocenie ryzyka powodziowego winno się ponadto uwzględnić czynnik ludzki, tzn. stopień skutecznego zorganizowania się ludności w akcji przeciwpowodziowej, co skutkuje często obniżeniem poziomu ryzyka analizowanych obszarów. Należy również pamiętać, że poziom ryzyka powodziowego badanych gmin nie jest stabilny i może się zmieniać w wyniku intensywnego rozwoju przestrzennego i społeczno-gospodarczego.

LITERATURA

1. BARREDO J. I., 2007. Major flood disasters in Europe: 1950–2005, Nat. Hazards 42, 125–148.
2. BERZ G., KRON W., LOSTE, T., RAUCH E., SCHIMTSCHEK J., SCHMIEDER J., SIEBERT A., SMOLKA A., WIRTZ A., 2001. World Map of Natural Hazards – A Global View of the Distribution and Intensity of Significant Exposures, Natural Hazards 23, 443–465.

3. BRONSTERT, A., NIEHOFF, D., BÜRGER, G.:, 2002. Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities, Hydrological Processes 16, 509–529.
4. CA WALUP: How Urbanization Affects the Water Cycle, The California Water and Land Use Partnership, available at: http://www.coastal.ca.gov/nps/watercyclefacts.pdf. (last access: March 2013).
5. CARLSON, T.N., 2004. Analysis and prediction of surface runoff in an urbanizing watershed using satellite imagery, Journal of the American Water Resource Association, 40(4), 1087–1098.
6. CIOŁKOSZ A., POŁAWSKI Z. F., 2006. Zmiany użytkowania ziemi w Polsce w drugiej połowie XX wieku, Przegląd Geograficzny Nr 78, 173-190.
7. FELTYNOWICZ M., 2009. Ranking potencjału innowacyjnego polskich regionów z wykorzystaniem miar syntetycznych [W:] Nowakowska A. (red.), 2009. Zdolności innowacyjne polskich regionów, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 25-40.
8. GŁOSIŃSKA E., 2012. Struktura zagospodarowania obszarów zalewowych w Poznaniu. [W:] Fortuniak K., Jędruszkiewicz J., Zieliński M. (red.), 2012. Przestrzeń w badaniach geograficznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 67-75.
9. GUZZETTI F., STARK C., SALVATI, P., 2005. Evaluation of Flood and Landslide Risk to the Population of Italy, Environmental Management 36(1), 15–36.
10. HARVEY G.L., THORNE C.R., CHENG X., EVANS E.P., HAN S.,. SIMM J.D, WANG Y., 2009. Qualitative analysis offuture food risk in the Taihu Basin, China, Journal of Flood Risk Management 2, 85–100
11. HAUKE J., 2009. Analiza statystyczna zależności spójność – konkurencyjność – rozwój regionu wielkopolskiego [W:] Churski R. (red.), 2009. Spójność i konkurencyjność regionu wielkopolskiego, Wyniki projektu badawczego zrealizowanego w ramach konkursu dotacji Ministerstwa Rozwoju Regionalnego w zakresie wdrażania funduszy strukturalnych na poziomie Narodowej Strategii Spójności. Umowa: DKS/DEFVIII/POPT/04/275/09.
12. KOWALCZAK P., KUROSZ P., SOBOLEWSKI Ł., 2010. Powódź w powiecie poznańskim w 2010 roku.
13. KRAKOWIAK-BAL A., 2005. Wykorzystanie wybranych miar syntetycznych o budowy miary rozwoju infrastruktury technicznej. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Nr 3/2005, PAN, Kraków, s. 71-82.
14. LERNER L. A., 2007. Assessing global exposure to natural hazards: Progress and future trends, Environmental Hazards 7, 10–19.

15. LUINO F., TURCONI L., PETREA C., NIGRELLI G., 2012. Uncorrected land-use planning highlighted by flooding: the Alba case study (Piedmont, Italy), Natural Hazards Earth System Sciences 12, 2329–2346.
16. ŁOGWINIUK K., 2011. Zastosowanie metod taksonomicznych w analizie porównawczej dostępu do infrastruktury ICT przez młodzież szkolną w Polsce, Economy and Management 1/2011, 7-23.
17. MCCUEN R.H., 2003. Smart growth: hydrologic perspective. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice 129(3), 151–154.
18. POELMANS L., VAN ROMPAEY A., 2009. Detecting and modelling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: A case study in the Flanders–Brussels region, Landscape and Urban Planning 93, 10–19.
19. RISTIC R., KOSTADINOV S., ABOLMASOV B., DRAGICEVIC S., TRIVAN G. , RADIC B., TRIFUNOVIC M., RADOSAVLJEVIC Z., 2012. Torrential floods and town and country planning in Serbia, Natural Hazards Earth System Sciences 12, 23–35
20. SCHMIDT T. P., GREIVING S., KALLIO H., FLEISCHHAUER M., JARVA J., 2006. Economic risk maps of floods and earthquakes for European regions, Quaternary International 150, 103–112.
21. Studium obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią w województwie wielkopolskim, 2009, RZGW.
22. TOYA H., SKIDMORE M., 2007. Economic development and the impacts of natural disasters, Economics Letters 94, 20–25.
23. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo Wodne (Dz. U. 2001 Nr 115 poz. 1229 z poźn. zm. oraz t.j. Dz. U. 2012 poz. 145 z późn. zm.).
24. WAANANEN A. O., LIMERINOS J. T., KOCKELMAN W. J., SPANGLE W. E., BLAIR M. L., 1977. Flood-prone areas and land-use planning: selected examples from the San Francisco Bay region, California. US, Geological Survey Professional Paper 942, pp. 75.
25. WALCZYKIEWICZ T., 2002. Priorytety decyzyjne w zakresie realizacji systemów ochrony przeciwpowodziowej, Gospodarka Wodna 2, 61-64.
26. Wytyczne techniczne Bazy Danych Topograficznych, 2008, GUGiK.

PAPER TITLE IN ENGLISH

S u m m a r y

The aim of this paper is analysis the cover forms of the Warta river floodplains in the Poznań district and assessment the level of individual community flood risk on the basis of their hierarchy. Also separated group of community with similar structure cover forms of floodplains. The flood risk level of individual community greatly varies depending on the cover form of floodplains.

Key words: floodplains, land cover, flood risk

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA

ZAPRASZA DO PODJĘCIA STUDIÓW

NA KIERUNKU INŻYNIERIA ŚRODOWISKA
ZE SPECJALNOŚCIAMI: INŻYNIERIA EKOLOGICZNA, URZĄDZENIA SANITARNE, ZAOPATRZENIE W WODĘ, UNIESZKODLIWIANIE ŚCIEKÓW I ODPADÓW
ORAZ
NA KIERUNKU ARCHITEKTURA KRAJOBRAZU (STUDIA I ORAZ II STOPNIA OD ROKU AKADEMICKIEGO 2014/2015)

Studia pierwszego stopnia inżynierskie odbywają się w formie studiów stacjonarnych (3,5-letnie) i niestacjonarnych (4-letnie).
Studia drugiego stopnia magisterskie odbywają się w formie studiów stacjonarnych (1,5-roczne) i niestacjonarnych (2-letnie).
Studia trzeciego stopnia doktoranckie odbywają się w formie studiów stacjonarnych (4-letnie).

Informacje o kierunku i specjalnościach znajdziecie Państwo na stronie:
http://www.wils.uz.zgora.pl/oferta_dydaktyczna.html#dwa

Dziekanat WILiŚ (pok. 101 i 102, bud. A-8) czynny: wtorek, środa, czwartek, piątek - w godzinach 10-13, sobota (w czasie zjazdów WILiŚ): w godzinach 8-12, nieczynny – poniedziałek.

Informacje na temat rekrutacji:
http://rekrutacja.uz.zgora.pl/index.php?akt

Strona internetowa Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska:
http://www.wils.uz.zgora.pl/index.html
Strona internetowa Instytutu Inżynierii Środowiska:
http://www.iis.uz.zgora.pl/

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA

ZAPRASZA
DO WSPÓŁPRACY

Oferujemy wykonanie:

- **ocen oddziaływania na środowisko i raportów środowiskowych, na rzecz opracowań środowiskowych i planistycznych;**
- **opracowań ekofizjograficznych na inne cele niż wyżej podane;**
- **projektów koncepcyjnych i wykonawczych rekultywacji terenów zdegradowanych;**
- **dokumentacji geologiczno-inżynierskich;**
- **operatów wodno-prawnych;**
- **badań właściwości wód powierzchniowych i podziemnych, w tym przeznaczonych do spożycia;**
- **badań ścieków komunalnych i przemysłowych, osadów ściekowych i odpadów;**
- **badań gleb i gruntów wraz z podaniem zaleceń uprawowych i rekultywacyjnych.**