

Wojciech KRZAKLEWSKI, Marcin PIETRZYKOWSKI

**OCENA WYBRANYCH KOMPONENTÓW EKOSYSTEMU
LEŚNEGO ODTWARZANEGO W TOKU REKULTYWACJI NA
ZWAŁOWISKU WEWNĘTRZNYM ODKRYWKI „D” BYŁEJ
KOPALNI „PRZYJAŹŃ NARODÓW” W ŁĘKNICY**

**EVALUATION OF SELECTED COMPONENTS OF FOREST
ECOSYSTEM RECONSTRUCTED IN THE COURSE OF
RECLAMATION WORKS ON THE INTERNAL DUMPING
GROUND OF THE OPEN PIT D IN THE FORMER MINE
"PRZYJAŹŃ NARODÓW" IN ŁĘKNICA**

Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Ekologii Lasu
Academy of Agriculture in Cracow, Dept. of Forest Ecology

Streszczenie

Przedstawiono wybrane komponenty odtwarzanego ekosystemu leśnego w toku zapoczątkowanej przed 25 laty rekultywacji utworów fitotoksycznych zwałowiska wewnętrznego odkrywki „D” byłej kopalni „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy. Zwałowisko to było przykładem wielkoobszarowego wystąpienia utworów fititoksycznych, charakteryzujących się najwyższym stopniem trudności rekultywacji biologicznej. Sukcesja roślinności leśnej oraz wymiary drzewostanu sosnowego, jak też procesy zachodzące w inicjalnych glebach np.: zmiany zawartości siarki, postępująca kumulacja azotu ogólnego, wzrost w porównaniu ze stanem wyjściowym zawartości składników pokarmowych oraz korzystniejsze wartości pH wierzchnich warstw glebowych, pozwalają pozytywnie ocenić efekty rekultywacji. W przyszłości na rekultywowanych terenach potencjalnie powstaną siedliska upodabniające się do siedliskowych typów lasu głównie boru świeżego i boru mieszanego świeżego, a na utworach zwięzłych zaś lasu mieszanego bądź fragmentarycznie lasu liściastego.

Summary

Presented are selected components of the forest ecosystem reconstructed in the course of reclamation begun 25 years ago in the internal dumping ground of the open pit D in the former mine "Przyjaźń Narodów" of Łęknica. The dumping ground was an example of phytotoxic formations

appearing on a large area and characterized by the highest degree of difficulty in its biological reclamation. The very low value of pH in H₂O and KCl (2.8-3.2 on average), great quantities of products of sulphide decomposition, in this number of free sulphuric acid exceeding 60mg/100g of soil, and a great content of soluble forms of aluminium Al³⁺ within 6.0-10.0 cmol/kg on average, constituted a complex of factors limiting the growth and development of the vegetation. Additionally the records show an extremely low content of phosphorus and potassium in forms assimilable by plants and of total nitrogen. Pedological and phytosociological investigation permitted the selection out of four experimental methods of neutralization used in 1974 that which had given the best results, i.e. the combination of two-layer mixing of magnesium-oxide lime and ground phosphate rock. After 20 and 25 years pH value in KCl varied from 3.9 - 7.8 in horizon 0 - 20 cm and from 3.0 - 3.6 in horizon 25-50 cm, never falling below 3.0. The content of total sulphur was reduced ten times on average after 25 years. As compared with the initial values the accumulation of total nitrogen and the content of nutrients increased. A slight decrease in P and K content in soil noted in 2000 could have been associated with an increase in the assimilation of nutritive macroelements by the stand in the successive stages of its development. The results of chemical analyses of pine needles suggest the possible deficiency of nitrogen in the nearest future, its current content varying from 1.01 - 1.12% dry weight. The current resources of potassium, phosphorus, and magnesium are still good. In the period 1974-1995 a total of 83 vascular plant species was recorded on the investigated plots. In 1995 the most numerous group was that of anthropogenic communities and grass- and meadow assemblages, while the participation of synanthropic species decreased. Of the recorded 11 forest and brushwood species the prevailing ones are diagnostic species of mixed forest sites which will potentially develop and dominate in the dumping grounds in future. Though the share of species characteristic of forest communities is low still and differs from a typical composition, the communities being not uniform in the sociological aspect.

1. WPROWADZENIE

Znaczne obszary Niziny Śląskiej pokryte są płaszczem osadów trzeciorzędowych, w obrębie których występują pokłady węgla brunatnego. Wśród wielu parametrów charakteryzujących złoża węgla jednym z ważniejszych jest ich forma, która w powiązaniu z geologicznymi uwarunkowaniami i ich geograficznym rozmieszczeniem ma duże znaczenie praktyczne w wykorzystaniu złóż oraz późniejszej rekultywacji zwałowisk. Wśród krajowych złóż węgla brunatnych wyróżniono złoża warstwowe, zapadliskowe i złoża zaburzone pod wpływem czynników glacialnych. Typowymi złożami węgla brunatnego zaburzonymi przez czynniki lodowcowe, zwanymi złożami glacitektonicznymi, są wystąpienia węglowe w mużakowskim łuku

fałdowym. Zwykle dwa pokłady węglonośne o miąższości kilku do kilkunastu metrów, wraz z całym zespołem osadów piaszczystych, niekiedy mułkowych i ilastych, są silnie glacialnie zaburzone, tworząc szereg wzajemnie na siebie nasuniętych łusek [Dziecić (red), 1979]. Z tego powodu eksploatacja tych złóż była utrudniona, a rekultywacja powstających zwałowisk charakteryzowała się dużym stopniem trudności [Greinert 1997, Krzaklewski 1978, Krzaklewski i zes. 1996, Krzaklewski i in. 1997]. W kopalni „Przyjaźń Narodów” oraz „Czaple” w Łęknicy nad Nysą Łużycką płytko zalegające złoża eksploatowane były do roku 1974 [Krzaklewski 1987, Greinert 1997]. Powstałe w wyniku eksploatacji zwałowiska były typowym przykładem wielkopowierzchniowego występowania utworów fitotoksycznych [Krzaklewski 1988]. W okręgu Łęknica trzeciorzędowe utwory ekstremalnie kwaśne, wymagające neutralizacji zajmowały ok. 220 ha, co stanowiło ponad 80 % powierzchni zwałów (stan na 1994 rok) [Krzaklewski i in. 1997]. Wg klasyfikacji przydatności rekultywacyjnej gruntów T. Skawiny, utwory te w większości zaliczane były do klasy E tj. utworów toksycznych i osiągały liczbę bonitacyjną (LB) poniżej 21 pkt [Krzaklewski 1987]. W klasyfikacji fitosocjologicznej [Krzaklewski 1988] zaliczano je do I grupy nieużytków przemysłowych o najwyższym stopniu trudności rekultywacji biologicznej, na które roślinność samorzutna pochodząca z sukcesji ekologicznej nie wkraczała przez okres co najmniej 10 lat. Materiał o uziarnieniu piasków słabogliniastych, pozbawiony pokrywy roślinnej przy dużym stopniu hydrofobowości wykazywał wielką podatność na erozję wodną i eoliczną. Prace nad skuteczną neutralizacją toksyczności siarczkowej tych utworów oraz nad doбором zabiegów w ramach biologicznej rekultywacji rozpoczęto już na przełomie 1969 i 1971 roku na zwałowisku wewnętrznym odkrywki „D”, a ich szczegółowy opis przedstawiano we wcześniejszych publikacjach [Krzaklewski 1987, Krzaklewski i zes. 1996, Krzaklewski i in. 1997, Skawina i zes. 1974]. W 1974 r na 2 hektarach zwałowiska wewnętrznego odkrywki „D” założono doświadczenie, w którym zastosowano jako neutralizatory odpadowe wapno tlenkowo-magnezowe z Huty Cynku Miasteczko Śląskie (40% CaO + 15 % MgO) i mączkę fosforytową (30 % P₂O₅ i 40 % CaO) (schemat zastosowanych kombinacji dawek i sposobu ich wprowadzenia - rys. 1). Po neutralizacji zastosowano dwu etapowo (2 miesiące po neutralizacji i w roku następnym) nawożenie mineralne sumarycznie w ilości 500 kg saletrzaku 25% N, 375 kg superfosfatu 18 % P₂O₅ i 280 kg soli potasowej 60% K₂O. Po nawożeniu wysiano mieszanki nasion traw i motylkowatych, w składzie których dominowały przede wszystkim: *Festuca rubra*, *Agrostis alba*, *Lupinus polyphyllus*, *Lotus corniculatus* i *Trifolium repens*. Część poletek nie obsianych pozostawiono do badań nad sukcesją samorzutną [Krzaklewski 1978]. W 1978 r przeprowadzono na całej powierzchni wyoranie brzd i wysadzono w więźbie 1 · 2 m dwuletnią sosnę zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.) [Krzaklewski i zes. 1996].

2. ZMIANY WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI INICJALNYCH GLEB PO 20 I 25 LATACH OD ROZPOCZĘCIA PROCESU REKULTYWACJI

Badania przeprowadzono po 20 i 25 latach od neutralizacji i wprowadzenia roślinności. Przed neutralizacją pH w H₂O i KCl było bardzo niskie, średnio w granicach 2,8 – 3,2, a w skrajnych przypadkach nawet do 1,9 pH w KCl (tab. 1).

Występowała również duża ilość produktów rozkładu siarczków, w tym wolnego kwasu siarkowego do ponad 60 mg/100g gleby. Podwyższona zawartość siarki ogólnej, średnio 0,3 – 0,5 % oraz zawartość rozdrobnionego węgla były typowymi cechami fitotoksycznych trzeciorzędowych substratów, zwanych za Katzurzem „glebami siarkowymi” [Katzur 1977]. Nadmiar jonów H^+ przy niskim pH wywoływał wietrzenie i rozpad krzemianów i glinokrzemianów i wystąpienie jonów glinu w formie Al^{3+} oraz jonów żelaza Fe^{3+} i manganu Mn^{2+} . Wysoka zawartość rozpuszczalnych form glinu Al^{3+} , średnio w granicach 6,0 – 10,0 cmol/kg przy niskim odczynie gleby oraz przy braku swoistych substancji humusowych i niskiej zawartości kationów Ca^{2+} , Mg^{2+} tworzyły, kompleks czynników ograniczających wzrost i rozwój roślinności. Dodatkowo notowana była skrajnie niska zawartość fosforu i potasu w formach przyswajalnych dla roślin oraz azotu ogólnego (tab. 1). Po neutralizacji nastąpiła alkalizacja warstw wierzchnich (do około 20 cm pH > 7 w KCl). Ten stan utrzymywał się jeszcze w roku 1985 [Krzaklewski 1987]. Od warstwy 40 – 60 cm w przypadku wszystkich zastosowanych kombinacji wartość pH w KCl była nadal bardzo niska, poniżej 4,0. Nie stwierdzono wówczas wyraźnej zależności pomiędzy zastosowanymi kombinacjami neutralizacji a zmianami pH i stężeniem jonów Al^{3+} . Po 20 i 25 latach pH w KCl gruntów w warstwie 0 – 20 cm było zróżnicowane i wynosiło 7,8 – 3,7 (tab. 2 i 3). Na kombinacjach A, B, C zanotowano większe zróżnicowanie wartości pH niż na kombinacji D gdzie utrzymywało się ono na wyrównanym poziomie ok. 4,0 w KCl. We wszystkich stosowanych sposobach neutralizacji wartość pH obniżała się w głąb profilu i w warstwie 25 – 50 cm pH w KCl utrzymywała się na poziomie 3,0 – 3,6, nigdy jednak nie spadała poniżej trzech. Biorąc pod uwagę wartości pH i jego zmiany w czasie, nie stwierdzono po 20 i 25 latach, podobnie jak po założeniu doświadczenia, wyraźnego związku z kombinacjami neutralizacji. Przy interpretacji zmian wartości pH w przypadku wykonanych zabiegów agrotechnicznych i neutralizacji należało również brać pod uwagę stopień przemieszania neutralizatora z warstwą utworu. Na wynik oznaczeń w takich przypadkach mogły wpływać nie rozłożone grudki wapna stosowanego do neutralizacji. Przydatne i miarodajne w ocenie jakości siedliska gruntowego okazały się badania nad składem ilościowym i jakościowym roślinności wkraczającej w drodze sukcesji na rekultywowane tereny [Krzaklewski 1978]. Niewątpliwie korzystnym zjawiskiem po 25 latach od rozpoczęcia procesu rekultywacji jest zmniejszenie zawartości siarki całkowitej średnio 10-ciokrotnie. Związane jest to z przemianami i przemieszczaniem się związków siarki w głębsze warstwy. W poziomach górnych poddanych neutralizacji odnotowano wyraźnie wysoką zawartość Mg przyswajalnego co jest związane z zastosowaniem wapna tlenkowo-magnezowego. Zasobność odtwarzanych gleb inicjalnych w potas i fosfor po 20 latach była wyższa kilkukrotnie od wartości wyjściowych, jednak wciąż utrzymywała się na niskim poziomie, a od 2000 r. zaznaczyła się tendencja malejąca, dotycząca zwłaszcza fosforu (tab. 2 i 3). Można to wiązać ze zmianami intensywności poboru składników pokarmowych w ciągu cyklu rozwojowego drzewostanu (przechodzenie z fazy młodnika do tyczkownicy).

TABELA 1.

Wybrane właściwości chemiczne utworów na zwalowisku wewnętrznym w byłej kopalni „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy przed założeniem doświadczeń.

Właściwości	Jednostka	Wartości graniczne		Wartość średnia
		min	max	
pH w H ₂ O	pH	2,4	4,0	2,8 – 3,2
pH w KCl		2,4	4,0	2,8 – 3,2
H _b	cmol/kg	5,1	15,8	8,0 – 12,0
H _w		0,1	2,0	0,2 – 0,5
Al ³⁺ wymienny		2,2	13,5	6,0 – 10,0
S całkowita	%	0,2	0,9	0,3 – 0,5
SO ₄	mg/100g	56,0	356,2	100 – 180
wolny H ₂ SO ₄	mg/100g	0,0	61,3	10 - 30
rozpuszczalne w 20% HCl	%			0,01
Na ₂ O		0,01	0,01	0,02 – 0,04
K ₂ O		0,01	0,06	0,02 – 0,04
MgO		0,01	0,07	0,02 – 0,04
CaO		0,04	0,13	0,05 – 0,10
Fe ₂ O ₃		0,41	0,89	0,50 – 0,80
P ₂ O ₅		0,01	0,02	0,01 – 0,02
zawartość składników przyswajalnych	mg/100g			
K ₂ O		1,3	4,5	1,8 – 3,0
P ₂ O ₅		0,2	0,7	0,3 – 0,5
N ogólny	%	0,03	0,06	0,03

TABELA 2

Wybrane właściwości chemiczne gruntów na poletkach doświadczalnych po 20 latach od neutralizacji i nawożenia.

Kombinacja	Średnia głębokość pobrania	Grupa mech.wg PTG 1989	pH		przewodnictw o właściwe [mS/cm]	Przyswajalne			N%
			H ₂ O	KCl		P ₂ O ₅	Mg	K ₂ O	
A	0- 5	pgl	7,6	7,1	158	4,5	28,4	5,9	0,032
A	15 - 20	pgl	6,4	5,8	102	2,0	34,0	4,4	0,023
A	25 - 50	pgl	4,5	3,5	43	1,6	11,1	3,7	
B	0- 5	psg	5,3	4,1	21	1,9	5,4	4,7	0,032
B	15 - 20	pgl	4,7	3,7	29	0,6	8,6	4,3	0,014
B	25 - 50	pgm	4,0	3,1	51	0,4	3,9	3,9	
C	0- 5	pgl	6,8	6,4	89	2,4	15,1	5,2	0,032
C	15 - 20	pgl	7,8	7,6	62	1,2	28,0	2,7	0,026
C	25 - 50	pgl	4,6	3,6	37	0,6	15,7	2,3	
D	0- 5	psg	5,4	4,1	18	1,6	6,2	4,7	0,028
D	15 - 20	pgm	5,1	4,0	39	1,3	18,0	3,1	0,027
D	25 - 50	pgl	3,8	3,0	74	0,7	6,8	2,8	

TABELA 3

Wybrane właściwości gruntów na poletkach doświadczalnych po 25 latach od neutralizacji i nawożenia.

Kombinacja	Średnia głębokość pobrania	grupa mech.. wg PTG 1989	pH		przewodnictwo właściwe [mS/cm]	Przyswajalne			S %	N%
			H ₂ O	KCl		P ₂ O ₅	Mg	K ₂ O		
A	0- 5	pgl	6,5	6,3	86	0,2	10,8	1,7	0,023	0,065
A	15 - 20	pgl	4,7	3,9	22	0,4	5,0	2,2	0,025	0,051
A	25 - 50	pgl	3,9	3,3	32	0,5	2,2	1,4	0,025	0,031
B	0- 5	psg	7,8	7,8	97	0,3	18,3	4,5	0,012	0,056
B	15 - 20	pgl	7,4	7,1	48	0,0	6,4	1,7	0,013	0,067
B	25 - 50	pgm	4,8	4,1	20	0,2	6,6	2,5	0,015	0,042
C	0- 5	pgl	5,1	4,3	25	0,5	4,7	3,9	0,011	0,059
C	15 - 20	pgl	6,8	6,5	41	0,7	16,3	1,7	0,010	0,063
C	25 - 50	pgl	5,6	4,6	14	0,3	5,8	1,9	0,005	0,072
D	0- 5	psg	4,6	3,9	27	0,4	4,4	4,9	0,017	0,095
D	15 - 20	pgm	6,3	5,9	81	0,0	14,6	2,5	0,013	0,081
D	25 - 50	pgl	3,9	3,4	50	0,7	3,8	1,2	0,023	0,082

3. SUKCESJA ROŚLIN I ZAWARTOŚĆ GŁÓWNYCH BIOGENÓW W SZPILKACH SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SILVESTRIS*)

Przeprowadzona w roku 1975 szczegółowa ocena gleboznawcza i fitosocjologiczna pozwoliła ustalić, że z czterech zastosowanych sposobów neutralizacji najlepsze efekty dała w tej fazie kombinacja D z zastosowaniem dwuwarstwowym neutralizatorów: wapna tlenkowo - magnezowego i mączki fosforytowej. Na kombinacji tej w rok po neutralizacji odnotowano wyraźnie największą liczbę gatunków z sukcesji i najwyższy stopień pokrycia [Krzaklewski 1978]. Potwierdzono to badaniami fitosocjologicznymi wykonanymi w roku 1995. Wśród odnotowanych roślin zielnych dominowały gatunki charakterystyczne dla brzegu lasu, zrębów, prześwitleń oraz trawiastych zespołów łąkowych i zbiorowisk roślinności synantropijnej. W porównaniu z inicjalnym stadium sukcesji prawie o 30 % zmniejszył się udział roślin jednorocznych, wzrosła natomiast liczba gatunków wieloletnich o ponad 40% (tab. 4). W pierwszych badaniach fitosocjologicznych z czerwca 1974 (3 miesiące po neutralizacji) odnotowano 29 gatunków roślin naczyniowych należących głównie do grupy roślinności synantropijnej z klasy *Rudero-Secalieta*, a w lipcu 1995 zanotowano już 60 gatunków roślin naczyniowych, 3 gatunki mchów, 1 gatunek porostu i 1 gatunek grzyba. W okresie 1974 – 1995 na badanych powierzchniach zanotowano łącznie 83 gatunki roślin naczyniowych. Zmniejszył się udział gatunków synantropijnych (6 gatunków), jednak ciągle najliczniejszą grupę (26 gatunków) stanowiła roślinność charakterystyczna dla zbiorowisk antropogenicznych oraz trawiastych i łąkowych. Z jedenastu odnotowanych gatunków leśnych i zaroślowych większość stanowiły gatunki diagnostyczne dla klasy *Vaccinio-Piceetea* porastającej siedliska borowe, a część dla siedlisk żyzniejszych

i klasy *Qercetea Robori-Petraeae*. Najwięcej gatunków leśnych wystąpiło na kombinacji D (rys. 4). Ogólnie udział gatunków diagnostycznych dla zespołów leśnych był jeszcze niewielki i odbiegał od charakterystycznego składu, co wskazywało, że zbiorowiska te są jeszcze socjologicznie niewyrównane [Krzaklewski i zes. 1996]. Można przypuszczać, że docelowo na rekultywowanych terenach piaszczystych zwałowisk potencjalnie powstaną siedliska upodabniające się do siedliskowych typów lasu: bór świeży (Bśw) i bór mieszany świeży (BMśw). Na utworach zwięzłych natomiast mogą wykształcić się siedliska upodabniające się do lasów mieszanych, a fragmentarycznie lasów liściastych [Krzaklewski 1987]. Obecnie, jak wspomniano, badaną powierzchnię porasta drzewostan sosnowy w fazie młodnika na przejściu do tyczkowiny. Wykonana w roku 1995 analiza chemiczna igliwia sosny wykazała, że stan zaopatrzenia drzewek w azot na wszystkich poletkach był na poziomie ekstremalnie niskim w granicach 1,01 – 1,12 % (rys. 2), jednak kumulacja azotu w glebie, pomimo obecnie niskiego stanu, posiada tendencję wzrastającą (tab. 2 i 3). Zawartość: siarki, magnezu, wapnia, fosforu i potasu w igliwiu w roku 1995 kształtowała się na poziomie wskazującym na bardzo dobry lub dobry stan odżywienia*, przy czym nie stwierdzono zasadniczych różnic pomiędzy zastosowanymi kombinacjami neutralizacji (rys. 3). Niskie zawartości fosforu i potasu w glebie nie znalazły więc na razie potwierdzenia w stanie zalesień, które nie wykazywały oznak deficytu składników pokarmowych. Sosna zwyczajna, jako gatunek o niewielkich wymaganiach glebowo-siedliskowych, w tych warunkach osiągnęła średnią wysokość 8,5 m i pierśnicę około 9 cm, tj. II-III bonitację (tab. 5) [Krzaklewski i 1987]. Porównywalnie w warunkach naturalnych na ubogich glebach piaskowych drzewostany sosnowe osiągają IV – III bonitację, a na zasobniejszych piaskach gliniastych i glinach lekkich nawet I i II [11]. Notowano również powierzchnie z nalotem sosnowym, którego pojaw potwierdzał skuteczność neutralizacji [Krzaklewski 1978]. Przypuszcza się, że oznaki deficytu, zwłaszcza fosforu i azotu, a w dalszej perspektywie narażenie na szkody abiotyczne i biotyczne, mogą wystąpić w kolejnych fazach rozwojowych drzewostanu, a w szczególności w fazie dragowiny.

* - stopnie odżywienia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na podstawie zawartości makroelementów przyjęto za [Heinsdorfem, 1999]. I – ekstremalnie niski, II – niedostateczny, III - wystarczający do optymalnego, IV - luksusowy

TABELA 4.

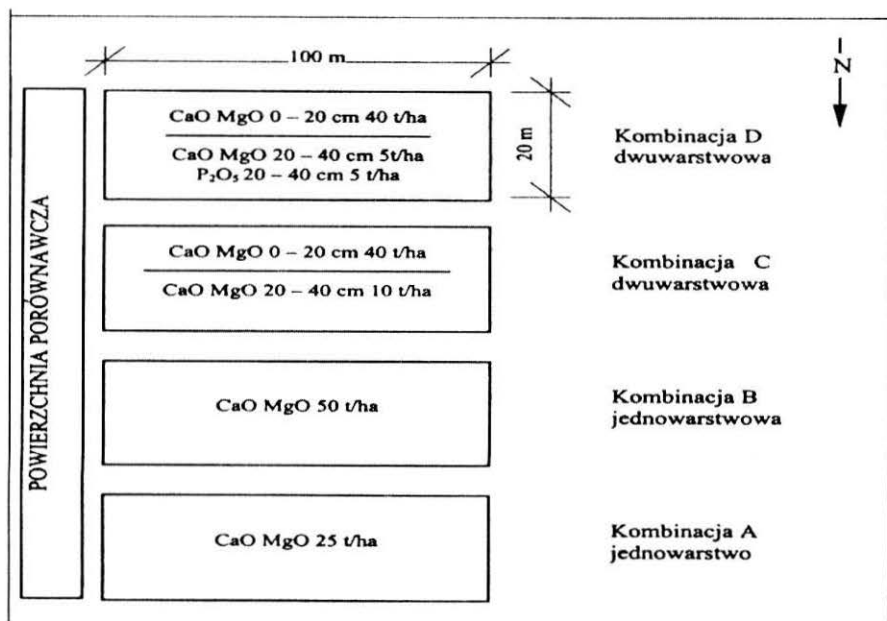
Udział gatunków roślin 1 – rocznych, 2 – letnich i wieloletnich na stanowisku badawczym „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy.

rośliny	liczba gatunków		% udział gatunków		liczba gatunków w okresie 20 lat 1974 - 1995	% udział gatunków w okresie 20 lat 1974 - 1995
	w 1974	w 1995	w 1974	w 1995		
wieloletnie	13	53	45	88	60	72
2 - letnie	7	6	24	10	13	16
1 - roczne	9	1	31	2	10	12
razem	29	60	100	100	83	100

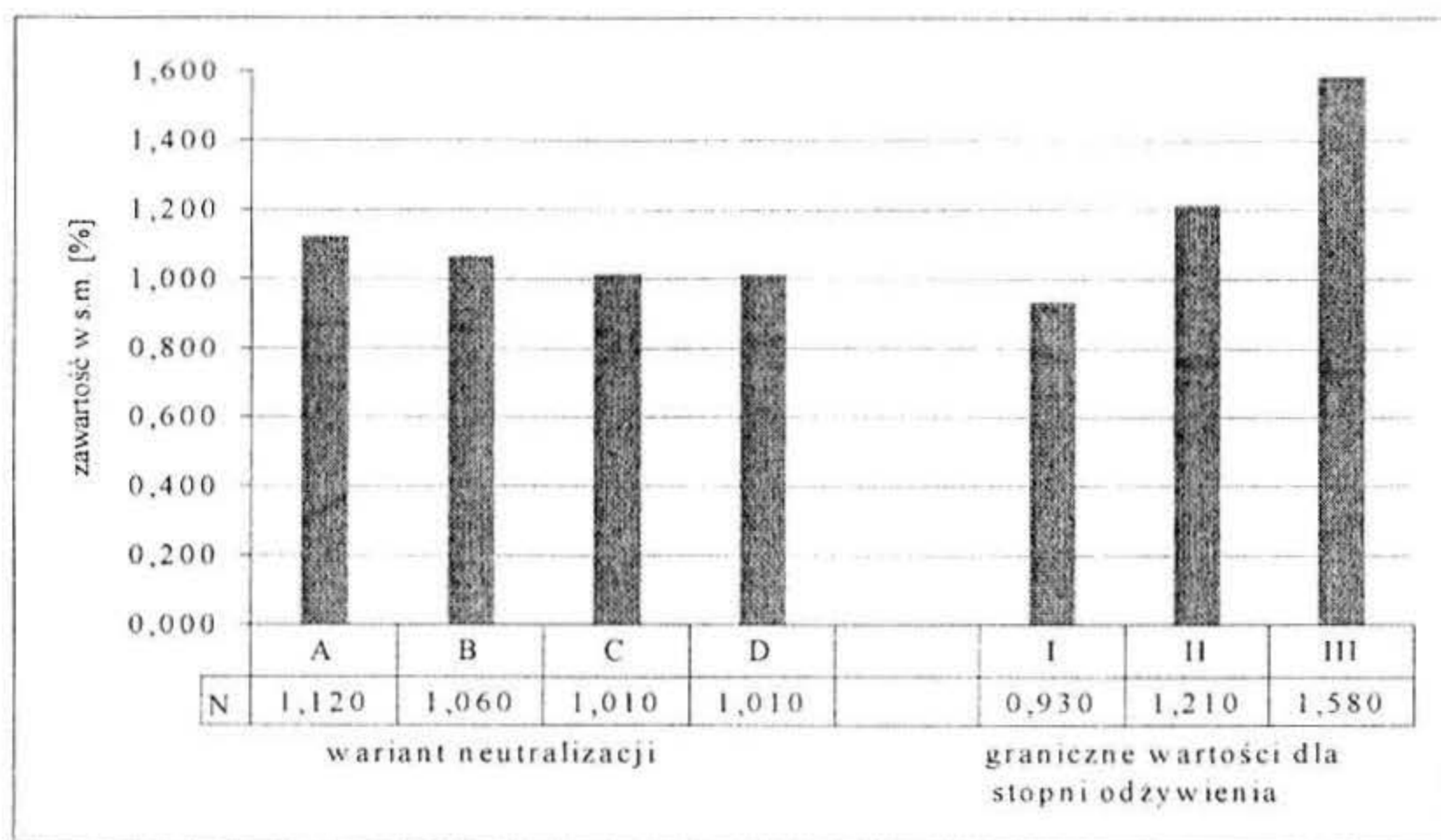
TABELA 5

Wyniki pomiarów sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*) na stanowisku badawczym „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy.

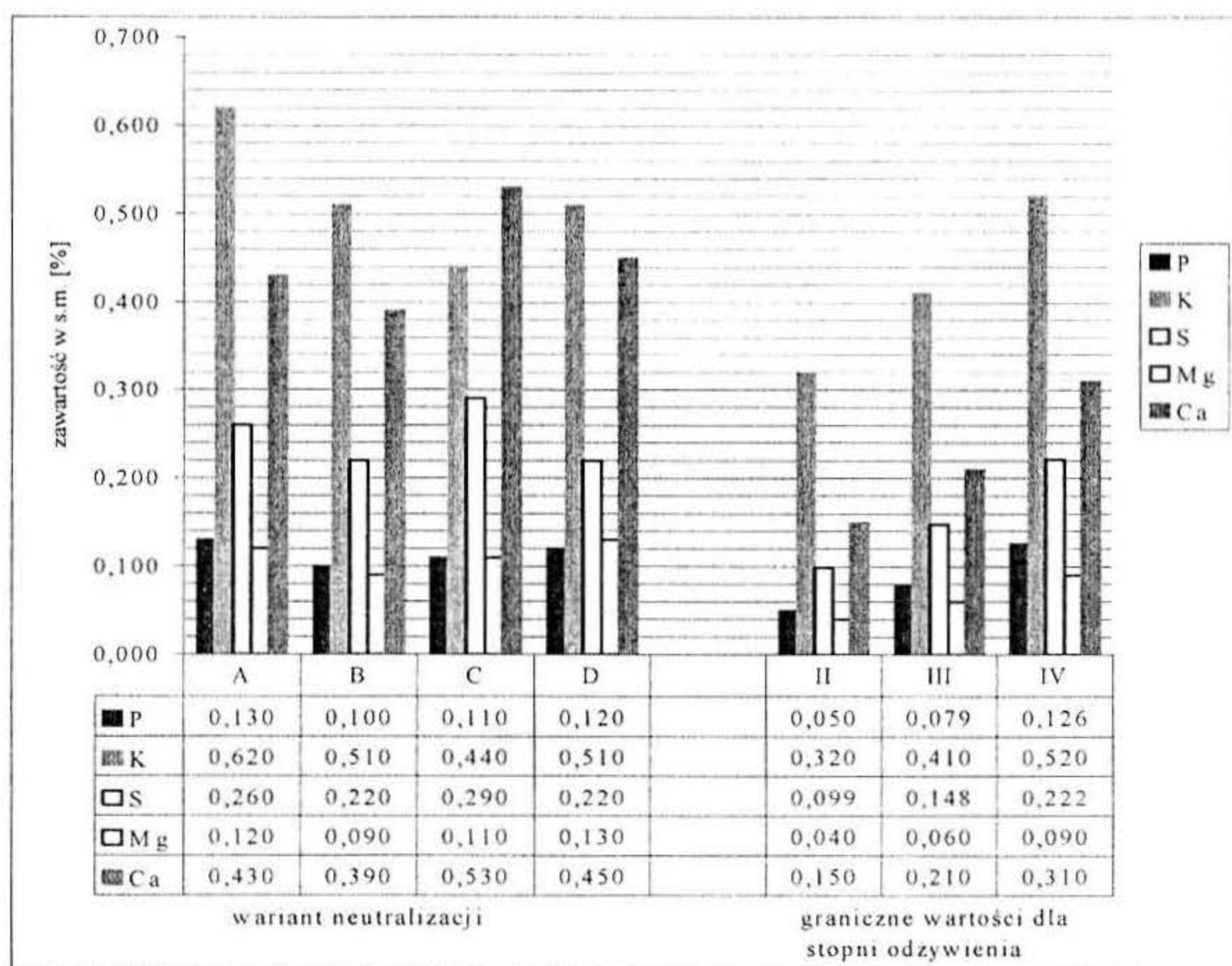
poletko i kombinacja neutralizacji	liczba drzew pomierzonych	wiek [lata]	więźba wyjściowa [m]	średnia pierśnica $d_{1,3}$ [cm]	wysokość średnia h [m]
A	100	20	1*2	9,1	8,5
B				8,9	8,7
C				9,3	8,4
D				8,8	8,3



Rys. 1 Schemat zastosowanych kombinacji neutralizacji w blokach na powierzchni doświadczalnej „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy - na podstawie T. Skawina 1974 [9].



Rys. 2. Zawartość azotu w igłach sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) na poletkach z różnymi kombinacjami neutralizacji w porównaniu ze stopniami odżywienia - stan 1995 r.



Rys. 3 Zawartość fosforu, potasu, magnezu, wapnia i siarki w igłach sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) na poletkach z różnymi kombinacjami neutralizacji w porównaniu ze stopniami odżywienia* - stan 1995 r.

fosfor magnez i siarkę można uznać za dobry. Niezbędne więc będą okresowe badania przedmiotowych drzewostanów i reagowanie poprzez stosowanie odpowiednich zabiegów pielęgnacyjnych.

5. LITERATURA

- [1] GREINERT H.: *Problemy związane z rekultywacją terenów pogórnicznych na Środkowym Nadodrzu*. Światowy Kongres Ochrony Środowiska na Terenach Górniczych, t. 1, s. 535 – 542. Katowice (1997)
- [2] HEINSDORF D.: *Düngung von Forstkulturen auf Lausitzer Kippen*. Eberswalde (1999)
- [3] KATZUR.: *Die Grundmelioration von schwefelhaltigen extrem sauren Kippprohbaden*. Technik und Umweltschutz, NA 18, SW. 52 – 62, (1977)
- [4] KRZAKLEWSKI W.: *Roślinność spontaniczna jako wskaźnik skuteczności neutralizacji bardzo silnie kwaśnych gruntów na przykładzie zwalowiska wewnętrznego kopalni węgla brunatnego „Przyjaźń Narodów”*. Kraków (1978)
- [5] KRZAKLEWSKI W.: *Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych byłej kopalni węgla brunatnego „Przyjaźń Narodów” w Lęknicy*. Materiały z ogólnopolskiej konferencji naukowej pn. Podniesienie produktywności gleb lekkich. Zielona Góra 18 – 20 IX 1985 r. PTG Warszawa (1987)
- [6] KRZAKLEWSKI W.: *Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych*. Akademia Rolnicza w Krakowie. Kraków (1988)
- [7] KRZAKLEWSKI i zespół: *Sprawozdanie końcowe z tematu badawczego: Opracowanie racjonalnych metod rekultywacji i zagospodarowania fitotoksycznych i jałowych gruntów zwalowisk w górnictwie węgla brunatnego*. W ramach grantu 4 S401 060 06. Kraków (1996)
- [8] KRZAKLEWSKI W., Kowalik S., Wójcik J.: *Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego*. Monografia. Kraków (1997)
- [9] SKAWINA T. i zespół: *Sprawozdanie z badań prowadzonych nad tematem: Rekultywacja zwalowisk toksycznych na przykładzie kopalni węgla brunatnego „Turów” etap I 1973 r, prowadzonych dla Environmental Protection Agency USA*. Z archiwum AGH, (1974)
- [10] *Surowce mineralne Dolnego Śląska*. Praca pod redakcją K. Dziedzica, S. Kozłowskiego, A. Majerowicz A., Sawickiego L. Ossolineum. Wrocław (1979)
- [11] WŁOCZEWSKI T.: *Ogólna hodowla lasu*. PWRiL. Warszawa (1968)