

MAREK PAJĄK, KRZYSZTOF MICHAŁEC, RADOŚLAW WĄSIK, MICHAŁ KOŚCIELNY

## Jakość surowca sosnowego pochodzącego z terenów rekultywowanych dla leśnictwa na przykładzie zwałowiska odpadów po wydobyciu siarki w Piasecznie

Quality of Scots pine wood on the lands reclaimed for forestry – spoil heap after the exploitation of sulphur in Piaseczno case study

### ABSTRACT

Pająk M., Michalec K., Wąsik R., Kościelny M. 2016. Jakość surowca sosnowego pochodzącego z terenów rekultywowanych dla leśnictwa na przykładzie zwałowiska odpadów po wydobyciu siarki w Piasecznie. Sylwan 160 (4): 284-291.

The research was conducted on the external spoil heap of the 'Piaseczno' Sulphur Mine (southern Poland). This paper aimed to determine the quality of wood in 40-year-old Scots pine trees planted onto the external spoil heap of the mine, in the scope of forest reclamation, depending on the soil substrate and employed reclamation treatments. The investigations were carried out at one-acre circular trial plots. A total number of 17 study plots was established, located on: Quaternary loose sands (PL), mixed Quaternary sands and Tertiary Krakowieckie clays (PI), and mixed Quaternary sands and Tertiary clays after an intense initial fertilisation (PIN). Measurements performed at the study plots included determination of diameter at breast height of every tree with a diameter  $\geq 7$  cm and height of every tree. We classified the wood of standing trees, including a specification of class or quality and dimension group of the butt-end part of the trunk, identifying types and variants of defects that determined the results of quality classification of raw wood. We found significant differences in trees dimensions between soil substrates. No significant difference was found for fertilised substrates, therefore it may be assumed that fertilising of more fertile soils was an unnecessary treatment. The quality of pine wood was mostly affected by knots and curvatures. An impact of knots on the results of wood classification increased with fertility of soil substrate. With regard to curvatures, the opposite trend was recorded. The frequency of occurrence of the above-mentioned defects was determined not only by the habitat type, but also by the manner of forest management. To reduce the frequency of occurrence of the defects in question in the reclaimed areas, an appropriate closure of stands should be maintained and adequate tending treatments should be performed competently and skilfully, as this is done in commercial stands.

### KEY WORDS

quality, raw wood, reclamation, wood defects, *Pinus sylvestris*

### ADDRESSES

Marek Pająk <sup>(1)</sup> – e-mail: rpajak@cyf-kr.edu.pl  
Krzysztof Michalec <sup>(2)</sup> – e-mail: k.michalec@ur.krakow.pl  
Radosław Wąsik <sup>(2)</sup> – e-mail: rlwasik@cyf-kr.edu.pl  
Michał Kościelny <sup>(1)</sup> – e-mail: mihau34@interia.eu

<sup>(1)</sup> Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

<sup>(2)</sup> Zakład Użytkowania Lasu i Drewna, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

## Wstęp

Górnictwo odkrywkowe jest przyczyną drastycznych zmian w środowisku przyrodniczym. Do jego następstw można zaliczyć: wyłączenie gruntów z produkcji leśnej lub rolnej, dewastację gleb oraz przekształcenia morfologii terenu czy stosunków wodnych [Mocek i in. 1998; Rząsa i in. 2000]. Tereny objęte działalnością górniczą podlegają zgodnie z prawem rekultywacji, która polega na nadaniu lub przywróceniu gruntom zdegradowanym albo zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych przez właściwe wykonanie odpowiednich zabiegów [Ustawa... 1995]. W szerszym, ekologiczno-gospodarczym znaczeniu rekultywacja polega na odtwarzaniu ekosystemu pełniącego odpowiednie funkcje produkcyjne i pozaprodukcyjne [Krzaklewski 1988]. Według Greszty [1976] głównym zadaniem rekultywacji leśnej jest wprowadzanie takich upraw, które w możliwie najkrótszym czasie przywróciłyby powierzchniom funkcje produkcyjne z zachowaniem funkcji społecznych. W ramach rekultywacji biologicznej wprowadzane są różne gatunki drzew. Podstawą ich doboru jest trafna diagnoza warunków siedliskowych [Krzaklewski 1990; Bender, Gilewska 1995].

W Polsce powierzchnia terenów pogórnicznych przekazywanych po rekultywacji do leśnego zagospodarowania stanowi ponad 60% wszystkich rekultywowanych gruntów [Krzaklewski 2001]. W przeważającej liczbie są to obiekty zbudowane z mieszanin różnych utworów (piasków, glin, ilów, mułków). W konsekwencji nieselektywnej (w większości przypadków) metody zwałowania powstają na tych obszarach mozaiki utworów. W ramach rekultywacji leśnej gatunki drzew wprowadzane są na siedliska charakteryzujące się odmiennymi właściwościami gleb w stosunku do gleb siedlisk naturalnych [Pajak i in. 2004; Pietrzykowski 2005, 2006]. Drzewa wznoszą się w trudnych warunkach, przy silnej konkurencji o zasoby wody oraz makro- i mikroelementy. Często wadliwy obieg pierwiastków może wpływać na zaburzenia w procesie samożywienia drzewostanów [Pietrzykowski 2008]. Czynniki te mogą prowadzić do ukształtowania odmiennych struktur drzewostanów w porównaniu do drzewostanów rosnących na siedliskach naturalnych. Prowadzona od ponad 50 lat w Polsce zorganizowana działalność rekultywacyjna pozwala dopiero obecnie miarodajnie oceniać zdolności przystosowawcze gatunków drzew leśnych do warunków siedliskowych zrehabilitowanych obiektów pogórnicznych [Krzaklewski 2001].

Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) to gatunek dominujący w polskich lasach, który zajmuje około 60% ogólnej powierzchni leśnej kraju [Leśnictwo 2014]. Charakteryzuje się bardzo szerokim spektrum wymagań ekologicznych, w związku z czym zalecana jest również do zalesień terenów poprzemysłowych. Ze względu na możliwości zastosowania tego gatunku w rekultywacji istotne jest rozpoznanie jego zdolności adaptacyjnych i produktywności oraz jakości otrzymywanego surowca drzewnego w warunkach siedliskowych terenów pogórnicznych.

Celem niniejszej pracy było określenie jakości drewna ponad 40-letnich zalesień sosny zwyczajnej wprowadzonej w ramach rekultywacji leśnej na zwałowisko zewnętrzne Kopalni Siarki „Piaseczno” w zależności od podłoża gruntowego oraz zastosowanych zabiegów rekultywacyjnych.

## Materiał i metody

Badania prowadzono na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Siarki „Piaseczno”, którego formowanie rozpoczęto w 1959 roku. Jest ono położone na lewobrzeżnej terasie zalewowej Wisły koło Tarnobrzega w Kotlinie Sandomierskiej, w mezoregionie Niziny Nadwiślańskiej [Zielony, Kliczkowska 2012]. Zwałowisko zbudowano ze skał nadkładu kopalni siarki, na które składały się czwarto- i trzeciorzędowe piaski oraz trzeciorzędowe iły krakowieckie [Pawłowski i in. 1965]. W trakcie

udostępniania złoża siarki nie prowadzono selektywnej gospodarki nadkładem. W wyniku tego niektóre partie zwałowiska są zbudowane wyłącznie z utworów piaszczystych, niektóre z ilów, a na części zwałowiska utwory te zostały wymieszane. Zwałowisko otrzymało formę ściętego stożka i zajęło powierzchnię 120 ha [Węgorzek 2003]. Roślinność drzewiastą wprowadzono na omawiany obiekt w latach 1967-1969. Uprawy założone na powierzchni zwału charakteryzowały się różnym składem gatunkowym i różnymi formami zmieszania, co miało na celu osiągnięcie docelowo drzewostanów mieszanych. W strukturze odnowienia przeważały olcha (wprowadzono ją jako gatunek przejściowy) i sosna zwyczajna. Wprowadzono też grupową domieszkę modrzewia europejskiego, dębu czerwonego i dębu bezszypułkowego [Ziemnicki i in. 1980].

Prace terenowe w ramach niniejszych badań wykonano jesienią 2013 roku w północno-zachodniej części zwałowiska. Badania prowadzono na arowych powierzchniach kołowych, na których wzrastała sosna zwyczajna. Wybór miejsc do założenia powierzchni badawczych został poprzedzony analizą zdjęć satelitarnych, map glebowych, dokumentacji rekultywacyjnej obiektu badań oraz warunków siedliskowo-glebowych określonych na podstawie badań glebowych. Łącznie założono 17 powierzchni badawczych, które zlokalizowano na:

- czwartorzędowych piaskach luźnych (PL) – 5 powierzchni,
- mieszaninie czwartorzędowych piasków i trzeciorzędowych ilów krakowieckich (PI) – 5 powierzchni,
- mieszaninie czwartorzędowych piasków i trzeciorzędowych ilów po intensywnym nawożeniu startowym (PIN) – 7 powierzchni.

Na powierzchniach próbnych zostały wykonane następujące prace pomiarowe i szacunkowe:

- pomiar pierśnicy każdego drzewa o grubości 7 cm i więcej,
- pomiar wysokości każdego drzewa,
- klasyfikacja surowca na pniu z podaniem klasy lub grupy jakościowo-wymiarowej dolnej – odziomkowej części drzewa [PN... 1993; Warunki... 2002],
- ustalenie rodzajów i odmian wad decydujących o wynikach klasyfikacji jakościowej surowca.

Zgodnie z zasadą klasyfikacji drewna wielkowymiarowego iglastego [Warunki... 2002] w odziomkowej części pnia o długości 4 metrów (mierzonej od podstawy pnia, utożsamianej z czołem dolnym drewna po ścinie) zwracano uwagę na obecność sęków, a zwłaszcza na ich średnice. Pozostałe wady widoczne na poboczniczy pni drzew, uwzględnione w Warunkach... [2002], brano pod uwagę na całej widocznej długości grubizny. Przy klasyfikacji surowca na pniu odnotowywano rodzaj lub odmianę wady wpływającej na wynik klasyfikacji surowca. Przyjęto następujące symbole wad: S – sęki otwarte, K1 – krzywizna jednostronna i K2 – krzywizna wielostronna. Następnie dla każdego drzewa obliczono miąższość klasy lub grupy jakościowo-wymiarowej za pomocą tablic Czuraja [1991]. Uzyskane dane podzielono na 3 grupy, oznaczając je symbolami: PL – dane pochodzące z drzewostanów rosnących na piaskach luźnych, PI – dane z drzewostanów rosnących na mieszaninie piasków i ilów oraz PIN – dane z drzewostanów rosnących na mieszaninie piasków i ilów oraz dodatkowo nawożonych.

Do badania istotności różnic między danymi pochodzącymi z 3 podanych wyżej grup drzewostanów zastosowano parametryczny test t oraz nieparametryczny test Kruskala-Wallisa. Dane dotyczące rozmiarów pierśnicy i wysokości drzew wykazały w grupach danych rozkład normalny i w związku z tym do porównań zastosowano test t, natomiast wartości miąższości drzew nie wykazały rozkładu normalnego i dla nich zastosowano test Kruskala-Wallisa oraz test *post-hoc* – test wielokrotnych porównań.

## Wyniki i dyskusja

Analizując dane dotyczące pojedynczych drzew sosny zwyczajnej, stwierdzono, że wartości wysokości, pierśnicy i miąższości drzew rosnących na powierzchniach o podłożu zbudowanym z piasku luźnego (PL) są mniejsze (zarówno średnie, jak i minimalne oraz maksymalne) niż drzew rosnących na utworach zbudowanych z mieszaniny piasków i iłów krakowieckich nienawożonych (PI) oraz nawożonych (PIN) (tab. 1). Z kolei rozmiary drzew (D, H, V) rosnących na mieszaninie piasków i iłów krakowieckich nienawożonych (PI) oraz nawożonych (PIN) mają zbliżone wartości. W przypadku pierśnic i wysokości test t wykazał istotne różnice między drzewami rosnącymi na piaskach luźnych (PL) i drzewami rosnącymi na piaskach i iłach (PI) oraz drzewami rosnącymi na terenach nawożonych (PIN) (tab. 2). Nie stwierdzono natomiast różnic między danymi pochodzącymi z drzewostanów rosnących na piaskach i iłach (PI) i drzewostanów nawożonych (PIN). W odniesieniu do miąższości drzew zastosowano test Kruskala-Wallisa, który wykazał istotne statystycznie różnice między badanymi grupami danych ( $H=23,43$ ;  $p=0,0000$ ). Dla pogłębienia analizy zastosowano test wielokrotnych porównań *post-hoc*, który wykazał istotne różnice między miąższością drzew rosnących na piaskach luźnych (PL) a rosnących na mieszaninie piasków i iłów nienawożonych (PI) oraz nawożonych (PIN) (PL i PI  $p=0,000582$ , PL i PIN  $p=0,000023$ ). Nie odnotowano natomiast istotnych różnic między miąższością drzew wzrastających na mieszaninie piasków i iłów nienawożonych (PI) oraz nawożonych (PIN). Pietrzykowski i Socha [2011], prowadząc badania na tym samym terenie, stwierdzili, że biomasa drzew rosnących na piaskach luźnych jest większa od biomasy drzew rosnących na żyzniejszej mieszaninie glin, mułowców i piasków. Tłumaczą to faktem, że sosna jest lepiej przystosowana do wzrostu na glebach piaszczystych. Podobne wyniki otrzymali Torbert i in. [1990], badając wzrost sosny na gruntach rekultywowanych złożonych z piaskowców i pyłowców. Stwierdzili oni, że drzewa rosnące

**Tabela 1.**

Średnia (M), minimum (min), maksimum (max), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV) pierśnicy (D), wysokości (H) oraz miąższości (V) drzewostanów rosnących na różnych typach podłoża (oznaczenia jak na rycinie 1)

Mean (M), minimum (min), maximum (max), standard deviation (SD) and coefficient of variability (CV) of breast height diameter (D), height (H) and volume (V) of the analysed stands with regard to the soil substrate (denotes as in figure 1)

	D [cm]			H [m]			V [m <sup>3</sup> ]		
	PL	PI	PIN	PL	PI	PIN	PL	PI	PIN
M	18,74	21,96	21,93	16,99	18,25	18,28	0,22	0,32	0,32
Min	12,20	15,40	15,85	13,69	15,54	15,77	0,07	0,13	0,14
Max	27,60	29,90	30,00	20,18	20,81	20,84	0,53	0,63	0,63
SD	3,06	3,76	3,26	1,33	1,34	1,21	0,09	0,13	0,11
CV	16,33	17,14	14,85	7,82	7,36	6,63	39,66	41,16	35,08

**Tabela 2.**

Wyniki testu t dla wysokości (H) i pierśnicy (D) badanych drzew w zależności od podłoża

Results of t test for the height (H) and breast height diameter (D) of the investigated trees with regard to the soil substrate

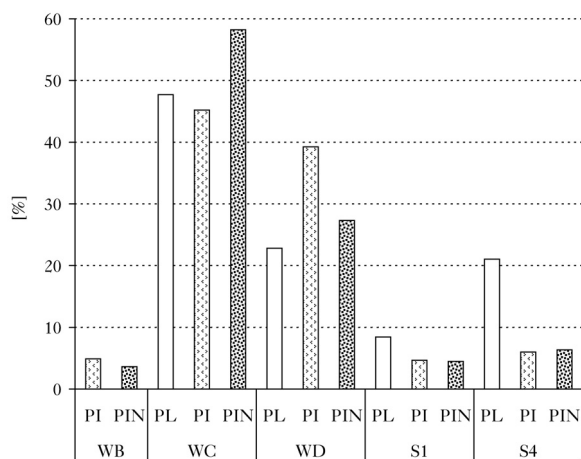
	t	df	p		t	df	p
H PL - H PI	-4,26	82	0,000054	D PL - D PI	-4,32	82	0,000044
H PL - H PIN	-5,05	97	0,000002	D PL - D PIN	-5,03	97	0,000002
H PI - H PIN	-0,09	85	0,926162	D PI - D PIN	0,03	85	0,976974

na glebach piaszczystych miały prawie 5 razy większą miąższość niż na glebach pylastych. Z kolei Kuznetsova i in. [2010], analizując wzrost sosny na terenach pogórnicznych i naturalnych, stwierdzili, że wysokość, pierśnica drzew oraz zasobność drzewostanów rosnących na terenach pogórnicznych są większe niż u drzew rosnących na siedliskach naturalnych. Wynikało to z większej zawartości K i Ca w glebie, które znacząco wpłynęły na wzrost drzew na terenie pogórnicznym. Podobne rezultaty uzyskali Pietrzykowski i in. [2014], analizując wzrost sosny na terenach pogórnicznych. Zwłaszcza na terenach pogórnicznych kopalni siarki „Piaseczno” zaobserwowali lepszy wzrost drzew niż w drzewostanach rosnących na siedliskach naturalnych. Również Rodrigue i in. [2002], prowadząc badania na terenach pogórnicznych w USA, stwierdzili, że roczny przyrost sosny był większy w porównaniu z drzewostanami rosnącymi na gruntach leśnych. Przyrosty te, w zależności od powierzchni, były większe o 3,3-12,1 m<sup>3</sup>/ha.

Bembenek i in. [2014], badając wartość drewna sosnowego pochodzącego z drzewostanów gospodarczych rosnących na glebach piaszczystych, stwierdzili, że na rozmiary drzew (wysokość, pierśnica, miąższość) wpływa ich zagęszczenie w drzewostanie. Odnotowali oni, że w drzewostanach o mniejszym zagęszczeniu drzewa mają większe rozmiary, a zarazem większą wartość surowca w porównaniu z drzewostanami o większym zagęszczeniu.

Analizując otrzymane dane pod kątem struktury sortymentowej surowca, można zauważyć, że drewno lepszej jakości, klasy WB, wystąpiło w drzewostanach rosnących na mieszaninach piasków i łąw nienawożonych (PI) oraz nawożonych (PIN). W drzewostanach rosnących na piaskach luźnych (PL) surowca takiego nie stwierdzono (ryc. 1), natomiast w drzewostanach tych odnotowano najmniejszy udział drewna klasy WD. Analizując drewno średniowymiarowe, stwierdzono największy udział drewna grupy S1 oraz drewna najgorszej jakości grupy S4 (opał) w drzewostanach rosnących na piaskach luźnych (PL) w porównaniu z pozostałymi grupami drzewostanów (PI i PIN). Uzyskane rezultaty są zbliżone do wyników badań prowadzonych metodą elementów umownych przez Jelonka i in. [2008] oraz Tomczaka i in. [2009] nad jakością drewna w drzewostanach sosnowych rosnących na siedlisku boru świeżego i boru mieszanego świeżego. Stwierdzili oni, że lepszą jakość surowca (większy udział bezszęcznych fragmentów pnia) wykazały drzewa rosnące na lepszym siedlisku (BMśw).

Rozpatrując strukturę wad występujących na badanych drzewach, ustalono, że wpływ sęków na wynik klasyfikacji surowca wzrasta wraz z żyznością podłoża gruntowego – od 37,5% udziału drzew z sękami w części odziomkowej (PL), poprzez 41,7% (PI), do 54,9% (PIN) (ryc. 2). Zależność

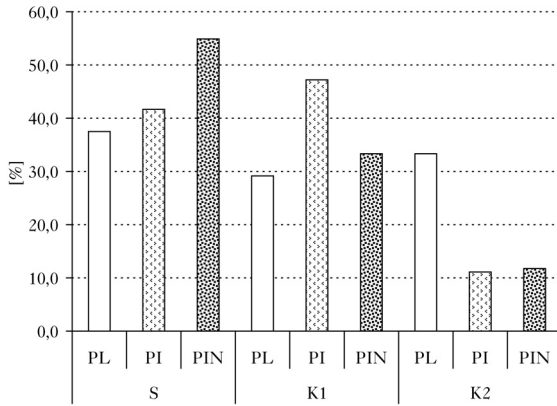


Ryc. 1.

Struktura jakościowo-wymiarowa surowca w zależności od rodzaju podłoża

Quality-dimensional structure of timber depending on the soil substrate

PL – piasek luźny, PI – piaski i łąwy, PIN – piaski i łąwy nawożone  
 PL – loose sands, PI – sands and clays, PIN – fertilized sands and clays



**Ryc. 2.**  
 Struktura wad drewna w zależności od rodzaju podłoża  
 Structure of wood defects depending on the on the soil substrate  
 S – sęki, K1 – krzywizna jednostronna, K2 – krzywizna wielostronna; pozostałe oznaczenia jak na rycinie 1  
 S – knots, K1 – simple sweep, K2 – multiple sweep, other denotes as in figure 1

taką zaobserwował już Suhecki [1947], który stwierdził, że na glebach „ciężkich” sosna wytwarza sękate strzały. Na uszczerbienie drzew wpływa również zagęszczenie drzewostanu [Garber, Maguire 2005]. Im większa odległość między drzewami, tym większa średnica sęków.

Na gruntach najsłabszych (PL) odnotowano największy udział drzew z krzywiznami wielostronnymi (ponad 30% drzew), natomiast na pozostałych gruntach udziały te były podobne (po około 11% drzew). Podobne zależności opisuje Obmiński [1970], który podaje, że na słabszych, suchych glebach może występować usychanie wierzchołków sosen, co pociąga za sobą tworzenie się krzywizn i deformacje pokroju pnia. Barszcz [1989], badając surowiec sosnowy pochodzący z drzewostanów 40-80-letnich rosnących na terenie LZD w Krynicy, stwierdziła, że na około 65% badanych drzew wystąpiły krzywizny, co tłumaczy zbyt luźnym zwarciem w badanych drzewostanach. Dardziński [2012], analizując wpływ krzywizn na wynik klasyfikacji surowca sosnowego, stwierdził, że u około 38% analizowanych sztuk krzywizna wpłynęła na obniżenie klasy jakości drewna, przy czym im siedlisko słabsze, tym na drzewach występuje mniej krzywizn: LMśw (wariant bogatszy) – 23,7%, LMśw – 19,4% oraz BMśw – 16,8%. Zaznaczyć jednak należy, że siedlisko LMśw nie jest siedliskiem optymalnym do wyhodowania sosny o wysokiej jakości surowca drzewnego. Siedliskiem takim jest BMśw i jest ono pod względem żyzności podobne do badanego w niniejszej pracy podłoża utworzonego z piasków i iłów – stąd udział drzew z krzywiznami w drzewostanach rosnących na obu rodzajach podłoża jest podobny.

## Wnioski

- ✦ W badanych drzewostanach sosnowych wzrastających na terenach rekultywowanych dla leśnictwa stwierdzono istotne różnice w wymiarach drzew rosnących na powierzchniach o podłożu gruntowym zbudowanym z piasków luźnych (PL), mieszaniny piasków i iłów nienawożonych (PI) oraz nawożonych (PIN). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic między wymiarami drzew rosnących na mieszaninach piasków i iłów nienawożonych (PI) i nawożonych (PIN). Można zatem przypuszczać, że zabieg nawożenia na glebach żyzniejszych był zbyteczny.
- ✦ Na jakość badanego surowca sosnowego w najistotniejszy sposób wpływały sęki oraz krzywizny. Wpływ sęków na wyniki klasyfikacji surowca nasilał się wraz ze wzrostem żyzności podłoża. W przypadku krzywizn zaobserwowano tendencję odwrotną.
- ✦ Częstotliwość występowania wymienionych wad zależy nie tylko od siedliska, ale również od postępowania hodowlanego. W celu ograniczenia występowania tych wad na terenach rekultywowanych należy, wzorem drzewostanów gospodarczych, utrzymywać odpowiednie zwarciem drzew oraz prowadzić umięjętne cięcia pielęgnacyjne.

## Literatura

- Barszcz A. 1989. Analiza częstotliwości występowania wad drewna iglastego na pniu jako uzupełnienie oceny jakości bazy surowcowej. *Sylwan* 133 (3): 31-38.
- Bembek M., Karaszewski Z., Kondracki K., Łacka A., Mederski P. S., Skorupski M., Strzebiński P., Sułkowski S., Węgiel A. 2014. Value of merchantable timber in Scots pine stands of different densities. *Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik.* 192 (57): 133-142.
- Bender J., Gilewska M. 1995. Rekultywacja leśna przemysłowych nieużytków. *Mat. konf. „Las, drewno, ekologia '95”*, Wielkop. Fund. Nauk. im. T. Perkitnego, Poznań. 7-15.
- Czuraj M. 1991. Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących. PWRiL, Warszawa.
- Dardziński A. 2012. Krzywizna drewna sosny. *Las Polski* 22: 26-27.
- Garber S. M., Maguire D. A. 2005. Vertical trends in maximum branch diameter in two mixed-species spacing trials in the central Oregon Cascades. *Canadian Journal of Forest Research* 35 (2): 295-307.
- Greszta J. 1976. Rekultywacja leśna gruntów przekształconych. *Mat. konf. „Problemy ochrony i rekultywacji powierzchni ziemi w Polsce”*. Sandomierz – Puławy. 274-287.
- Jelonok T., Pazdrowski W., Tomczak A., Szaban J. 2008. The effect of social position of a tree in the stand and site on wood quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *EJPAU* 11 (2).
- Krzaklewski W. 1988. Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków poprzemysłowych. Wyd. AR, Kraków.
- Krzaklewski W. 1990. Analiza działalności rekultywacyjnej na terenach pogórnicznych w głównych gałęziach przemysłu wydobywczego w Polsce. Wyd. SGGW-AR Warszawa.
- Krzaklewski W. 2001. Rekultywacja obszarów pogórnicznych i poprzemysłowych. *TBPS „Geosfera”*, Kraków. 85-104.
- Kuznetsova T., Mandre M., Klößeiko J., Pärn. 2010. A comparison of the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in a reclaimed oil shale post-mining area and in a Calluna site in Estonia. *Environ Monit Assess* 166: 257-265.
- Leśnictwo. 2014. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Mocek A., Rząsa S., Owczarzak W. 1998. Ocena wpływu odkrywki węgla brunatnego Władysławów na degradację produktywności gleb wsi Rusocice. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 460: 639-651.
- Obmiński Z. 1970. Zarys ekologii. W: Białobok S. [red.]. *Sosna zwyczajna Pinus sylvestris L. Nasze drzewa leśne*. Monografie popularnonaukowe. Tom I. PWN, Warszawa – Poznań.
- Pająk M., Forgiel M., Krzaklewski W. 2004. Growth of trees used in reforestation of a northern slope of the external spoil bank of the „Belchatów” Brown Coal Mine. *EJPAU* 7 (2).
- Pawłowski S., Pawłowska K., Kubica B. 1965. Kopalnia siarki w Piasecznie. *Przewodnik XXXVIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*.
- Pietrzykowski M. 2005. Charakterystyka wybranych cech roślinności drzewiastej na terenach rekultywowanych oraz na powierzchniach pozostawionych procesowi sukcesji na przykładzie powierzchni badawczych na wyrobisku kopalni piasku „Szczakowa”. *Acta Agr. Silv. ser. Silv.* 43: 1-26.
- Pietrzykowski M. 2006. Właściwości gleb powstających na rekultywowanych i pozostawionych sukcesji terenach wyrobiska po eksploatacji piasków podsadzkowych. *Roczniki Gleboznawcze* 57 (3/4): 97-105.
- Pietrzykowski M. 2008. Macronutrient accumulation and relationships in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecosystem on reclaimed opencast lignite mine spoil heaps in central Poland. *Proceedings of 25th Annual Meeting of American Society of Mining and Reclamation (ASMR) and 10th International Affiliation of Land Reclamationists (IALR)*, ‘New Opportunities to Apply Our Science’, Richmond, Virginia, USA. 856-877.
- Pietrzykowski M., Socha J. 2011. An estimation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecosystem productivity on reclaimed post-mining sites in Poland (central Europe) using of allometric equations. *Ecol. Eng.* 37: 381-386.
- Pietrzykowski M., Socha J., van Doorn N. S. 2014. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) site index in relation to physico-chemical and biological properties in reclaimed mine soils. *New Forests*. DOI: 10.1007/s11056-014-9459-z.
- PN-91/D-95018 1993. *Drewno średniowymiarowe*. Wyd. Normalizacyjne, Warszawa.
- Rodrigue J. A., Burger J. A., Oderwald R. G. 2002. Forest productivity and commercial value of pre-law reclaimed mined land in the Eastern United States. *Northern Journal of Applied Forestry* 19 (3): 106-114.
- Rząsa S., Mocek A., Owczarzak W. 2000. Podatność gleb na kopalnianą degradację odwodnieniową w aspekcie merytorycznym i formalnym. *Rocz. AR, Poznań* 317: 225-239.
- SucHECKI K. 1947. *Hodowla lasu i produkcja drzew w lesie oraz na glebach nieleśnych*. Exlibris, Warszawa.
- Tomczak A., Pazdrowski W., Jelonok T., Grzywiński W. 2009. Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Część II. Naturalne warunki (czynniki) produkcji i ich rola w kształtowaniu jakości drewna. *Sylwan* 153 (7): 435-441.
- Torbert J. L., Burger J. A., Daniels W. L. 1990. Pine growth variation associated with overburden rock type on a reclaimed surface mine in Virginia. *J. Environ Quality* 19: 88-92.
- Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych z dnia 3 lutego 1995 roku. 1995. *Dz. U.* z 2009 r., Nr 1, poz. 3.

- Warunki techniczne – Drewno wielkowymiarowe iglaste. 2002.** Załącznik nr 1 do zarządzenia DGLP, Warszawa.
- Węgorek T. 2003.** Zmiany niektórych właściwości materiału ziemnego i rozwój fitocenozy na zwałowisku zewnętrznym kopalni siarki w wyniku leśnej rekultywacji docelowej. Rozprawy Naukowe AR w Lublinie 275.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012.** Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. CILP, Warszawa.
- Ziemnicki S., Fijałkowski D., Repelewska-Pękałowa J., Węgorek T. 1980.** Rekultywacja zwału kopalni odkrywkowej (na przykładzie Piaseczna). PWN, Warszawa.