

**MAREK PAJĄK, KRZYSZTOF MICHALEC, RADOŚLAW WĄSIK, OTMAR URBAN,
PETR VITEK, BARTŁOMIEJ WOŚ, WOJCIECH KRZAKLEWSKI, MARCIN
PIETRZYKOWSKI**

Jakość drewna topól wprowadzonych w ramach rekultywacji leśnej na zwałowisko skał towarzyszących wydobyciu węgla brunatnego*

Quality of wood of poplars used in the reclamation of spoil rock dump
accompanying the lignite mining

ABSTRACT

Pająk M., Michalec K., Wąsik R., Urban O., Vitek P., Woś B., Krzaklewski W., Pietrzykowski M. 2019. Jakość drewna topól wprowadzonych w ramach rekultywacji leśnej na zwałowisko skał towarzyszących wydobyciu węgla brunatnego. Sylwan 163 (10): 855-861. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019008>.

The aim of the study was to determine quality of wood of 40-year old poplar cultivars introduced onto the external spoil dump of the Bełchatów Field and subjected to various reclamation systems. The research was carried out on the 1/78 trial plot located on the northern slope of the external spoil dump of the Bełchatów Field (central Poland). The dump was the result of the rock (predominantly sand) overlay storage accompanying lignite deposit. On the trial plot two blocks were established: one called 'Humus' where sandy sediments were covered with approximately 20-centimeter layer of fertile soil, and the other named 'Piasek' (sand) with only sandy sediments. To set up the experiment 9 poplar varieties were used (I-214, Robusta, Gerlica, H-194, Grandis, Oxford, Androscoggin, Geneva, H-275). Their wood quality was assessed in 2017, 40 years after their introduction on the spoil dump. The results indicate that poplars growing in the 'Humus' variant were characterised by higher volume in comparison to wood of poplars from the 'Piasek' variant. The latter however had a larger share of better wood quality classes (WB, WC). The results also showed that wood classification of all investigated varieties were significantly influenced by curvature in the case of the 'Humus' variant and knots in the 'Piasek' one. The influence of other wood defects such as galls, grain slope, multiple pith and knobs was insignificant. In order to obtain the higher volume of poplar raw material the reclamation treatments should be carried out on afforested areas with fertile outer layer whereas the better quality raw material can be obtained on less fertile sediments.

KEY WORDS

cultivar, timber, wood defects, knots, curvature

ADDRESSES

Marek Pająk ⁽¹⁾ – e-mail: rlpajak@cyf-kr.edu.pl
Krzysztof Michalec ⁽²⁾ – e-mail: krzysztof.michalec@urk.edu.pl
Radosław Wąsik ⁽²⁾ – e-mail: radoslaw.wasik@urk.edu.pl
Otmar Urban ⁽³⁾ – e-mail: urban.o@czechglobe.cz

*Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu DS 3420 Zakładu Ekologii Lasu i Rekultywacji, a także wsparte projektem LO1415 Ministerstwa Edukacji, Młodzieży i Sportu Republiki Czeskiej.

Petr Vitek ⁽³⁾ – e-mail: vitek.p@czechglobe.cz

Bartłomiej Woś ⁽¹⁾ – e-mail: bartlomiej.wos@urk.edu.pl

Wojciech Krzaklewski ⁽¹⁾ – e-mail: wkrzak@interia.pl

Marcin Pietrzykowski ⁽¹⁾ – e-mail: m.pietrzykowski@urk.edu.pl

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

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

⁽³⁾ Instytut Badań Zmian Globalnych, Czeska Akademia Nauk; Bělidla 986/4a, 60300 Brno, Republika Czeska

Wstęp

Na całym świecie wraz ze wzrostem liczebności populacji ludzkiej oraz rozwojem gospodarczym stale rośnie zapotrzebowanie na surowiec drzewny [Zajączkowski, Wojda 2012]. Drewno pozyskiwane jest nie tylko jako surowiec do budowy i produkcji różnych materiałów, ale od niedawna również jako biomasa przeznaczona na cele energetyczne [Paschalis-Jakubowicz 2018]. Takie zapotrzebowanie nie będzie mogło zostać pokryte tylko przez drewno pochodzące z lasów, zwłaszcza że ich powierzchnia stale się zmniejsza, a rosną umotywowane względami ochrony środowiska naciski na ograniczenie w nich pozyskania tego surowca. W Europie przewiduje się zwiększenie obszaru lasów objętych ścisłą ochroną z 4 mln ha w 1990 roku do 12,3 mln ha w 2050 roku [Nabuurs i in. 2000]. Polskim przykładem takich tendencji są m.in. ograniczenia produkcyjnych funkcji lasu, związane z objęciem dużych obszarów leśnych ochroną w ramach programu Natura 2000, a także z certyfikacją lasów.

Bardzo ważną rolę w produkcji surowca drzewnego mogą odgrywać tereny przemysłowe, które są rekultywowane dla leśnictwa. W naszym kraju powierzchnia terenów pogórnich przekazywanych po rekultywacji do leśnego zagospodarowania stanowi około 50% wszystkich rekultywowanych gruntów [Krzaklewski 2017]. W ramach rekultywacji leśnej gatunki drzew wprowadzane są na zróżnicowane siedliska [Pietrzykowski, Socha 2011; Pietrzykowski i in. 2014], które bardzo często charakteryzują się odmiennymi właściwościami gleb w stosunku do gleb siedlisk naturalnych [Pietrzykowski 2005, 2006]. Drzewa wzrastające w takich warunkach, przy silnej konkurencji o zasoby wody oraz makro- i mikroelementy, kształtują odmienne formy, które decydują o jakości powstającego surowca drzewnego [Pająk i in. 2016; Wąsik i in. 2018].

Celem niniejszej pracy było określenie jakości surowca drewna 40-letnich kultywarów topoli wprowadzonej w ramach rekultywacji leśnej na zwałowisko zewnętrzne Pola Bełchatów w zależności od zastosowanych zabiegów rekultywacyjnych.

Materiał i metody

Badania wykonano na powierzchni doświadczalnej 1/78 zlokalizowanej na północnym zboczu zwałowiska zewnętrznego Pola Bełchatów (tzw. Góry Kamieńsk). Zwałowisko to powstało w wyniku składowania skał nadkładu towarzyszących złożu węgla brunatnego, głównie utworów czwarto- i trzeciorzędowych. Wśród tych utworów dominują piaski (65%), pozostałe to gliny zwałowe, mułki oraz iły. Piaski mają luźny skład mechaniczny i charakteryzują się małą zawartością składników pokarmowych, natomiast bogate w węglany, potas oraz magnez mułki i gliny zwałowe są ubogie w fosfor [Krzaklewski i in. 1999]. Powierzchnię doświadczalną 1/78 założono w roku 1978 w celu sprawdzenia przydatności zrzesów wybranych gatunków i odmian roślin do zabezpieczenia biologicznego skarp zwałowiska zewnętrznego oraz ustalenia wpływu podłoża

(utwory piaszczyste i utwory przykryte warstwą ziemi urodzajnej) na rozwój i wzrost wprowadzonej roślinności. Na powierzchni badawczej utworzono dwa bloki:

I blok (wariant „Humus”) – utwory piaszczyste przykryte warstwą urodzajnej ziemi o grubości około 20 cm,

II blok (wariant „Piasek”) – tylko utwory piaszczyste.

Bloki I i II zajmowały powierzchnię o wymiarach 90×40 m. W każdym bloku założono po 14 poletek. Każde poletko zajmowało teren o wymiarach 5×40 m, a pozostawione między blokami pasy miały szerokość 1,5 m. Do założenia doświadczenia użyto 9 odmian topól (I-214, Robusta, Gerlica, H-194, Grandis, Oxford, Androscoggin, Geneva, H-275), 4 odmian wierzb (*S. ‘Sękocin’*, *S. adenophylla*, *S. B-79*, *S. acutifolia*) i rdestu sachalińskiego [Krzaklewski 1978]. W 2017 roku przystąpiono do badań nad jakością topól rosnących na poletkach doświadczalnych. Na rosnących tam drzewach dokonano następujących pomiarów:

- dwukrotny pomiar pierśnicy, w dwóch prostopadłych kierunkach, z dokładnością do 0,01 m;
- pomiar wysokości drzew wysokościomierzem SUUNTO, z dokładnością do 0,1 m;
- ocena jakości 4-metrowych odziomkowych fragmentów pni z wykorzystaniem norm dla drewna wielkowymiarowego liściastego [PN-D-95008:1992];
- rejestracja wad uniemożliwiających zaklasyfikowanie drewna do wyższej klasy jakości.

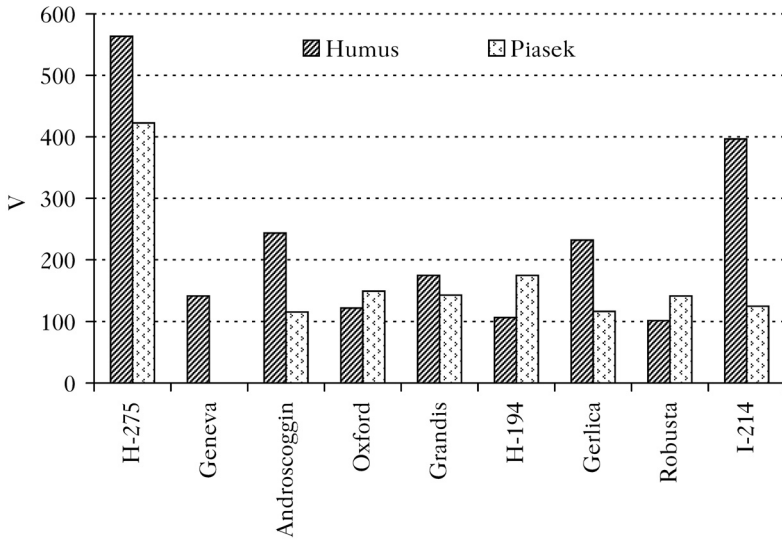
W przypadku wystąpienia na odziomku zgnilizny zewnętrznej klasyfikowano dolną 2-metrową sekcję jako drewno grupy S4 (opał), a właściwą klasyfikację przeprowadzano na 4-metrowej sekcji znajdującej się powyżej. Do dalszych analiz wytypowano 3 kultywary (H-275, Androscoggin i Grandis), ze względu na to, że występowały one najliczniej na badanych powierzchniach.

Do badania istotności różnic między grubością, miąższością i jakością poszczególnych odmian topól i podłoża, na którym rosły, zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa oraz test *post-hoc* (wielokrotnych porównań).

Wyniki

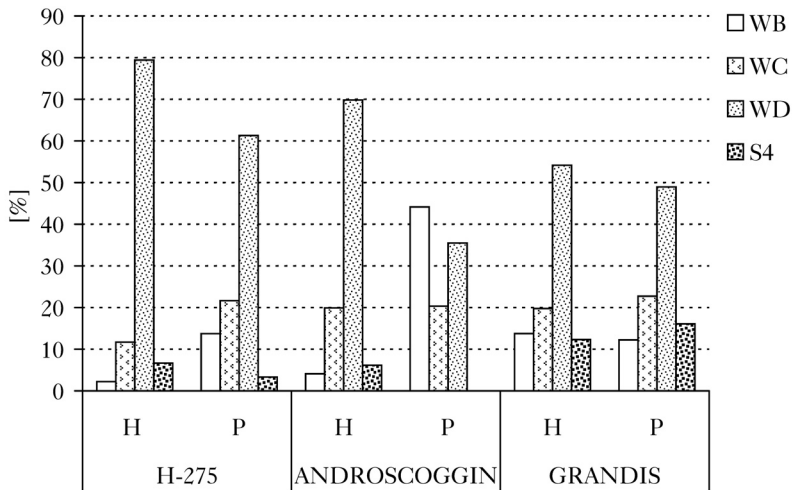
Większą miąższością po 40 latach od wprowadzenia charakteryzują się topole wzrastające w wariantcie „Humus” (215,56 m³/ha) w porównaniu do zasobności drewna topól rosnących w wariantcie „Piasek” (173,50 m³/ha). Struktura miąższości pokazuje, że największą zasobnością drewna charakteryzuje się kultywar H-275. Osiąga największe wartości w wariantcie „Humus” i wariantcie „Piasek” (ryc. 1).

Analizując udział drewna poszczególnych klas jakości u badanych odmian topól, można zaobserwować większy udział drewna lepszych klas jakości (WB, WC) w wariantcie „Piasek” w porównaniu z wariantem „Humus” (ryc. 2). Również średnia grubość i miąższość pojedynczych drzew w wariantcie „Piasek” była większa niż w wariantcie „Humus” (tab.). Jedynie kultywar Grandis wykazał nieznacznie większą średnią grubość w wariantcie „Humus” (tab.). Pod względem liczby drzew na poletkach badawczych przeważał wariant „Humus”. Dla odmiany H-275 było to odpowiednio 29 i 19 drzew, dla odmiany Androscoggin 17 i 7 drzew, a dla odmiany Grandis 12 i 9 drzew. Analizując istotność różnic badanych grup danych (grubość, miąższość i jakość poszczególnych odmian), stwierdzono istotne różnice w grubości i miąższości badanych odmian (odpowiednio $H=16,582$ i $p=0,005$ oraz $H=17,377$ i $p=0,004$). Istotne różnice w grubości i miąższości obserwowano tylko między odmianą H-275 w wariantcie „Piasek” i odmianą Androscoggin w wariantcie „Humus”. Pozostałe odmiany topól i wariantów podłoża nie różniły się istotnie. Z kolei jakość surowca nie różnicowała istotnie analizowanych grup ($H=1,060$ i $p=0,958$).



Ryc. 1.

Zasobność (V [m³/ha]) poszczególnych odmian topoli z podziałem na warianty „Humus” i „Piasek”
 Volume (V [m³/ha]) of individual poplar varieties with the 'Humus' and 'Piasek' (sand) variants



Ryc. 2.

Struktura jakościowo-wymiarowa surowca w zależności od grupy drzewostanów (podłoże i kultywar)
 Quality-dimensional structure of timber depending on the stand group (bedrock and cultivar)

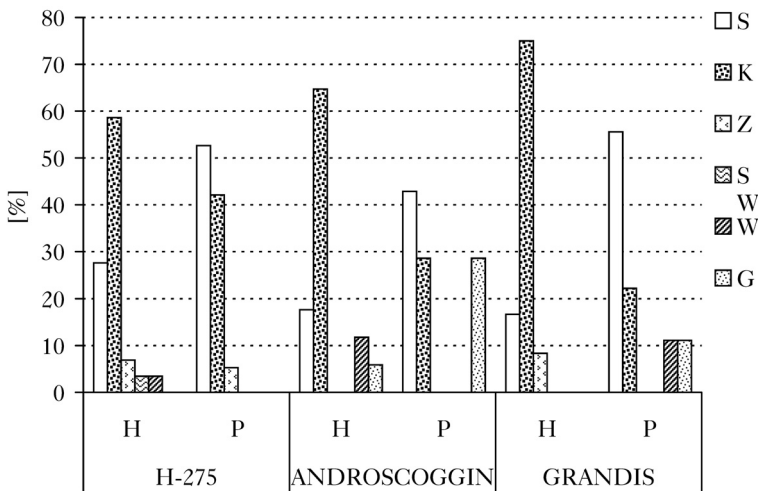
H – humus, P – piasek
 H – humus, P – sand, WB, WC, WD, S4 – assortments

Analizując wpływ wad na wyniki klasyfikacji u wszystkich badanych odmian topól, stwierdzono, że w wariantcie „Humus” decydujący wpływ miały krzywizny, a w wariantcie „Piasek” – sęki (ryc. 3). Nieznaczny wpływ na wyniki klasyfikacji drewna miały również inne wady: zabitki, skręt włókien, wielordzenność i guzy. Ta ostatnia wada wystąpiła w większej liczbie u odmian Androscoggin i Grandis, przy czym podobnie jak w przypadku sęków – w większej liczbie w wariantcie „Piasek”.

Tabela.

Średnia (M), minimum (Min), maksimum (Max), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV [%]) cech drzew dla analizowanych kultywarów i wariantów podłoża (H – humus, P – piasek)
 Mean (M), minimum (Min), maximum (Max), standard deviation (SD) and coefficient of variability (CV [%]) of selected features for analysed cultivars and bedrock variants (H – humus, P – sand)

	H-275		Androscoggin		Grandis	
	H	P	H	P	H	P
Grubość [cm]						
Diameter						
M	33,3	36,1	28,5	32,3	28,8	28,5
Min	23,5	23,0	23,0	23,4	22,9	22,9
Max	46,4	53,5	39,7	39,8	34,8	34,8
SD	6,8	7,5	6,0	4,5	3,8	3,8
CV	20,35	20,76	21,24	13,82	13,11	13,22
Miąższość [m ³]						
Volume						
M	0,363	0,430	0,269	0,330	0,255	0,267
Min	0,180	0,170	0,170	0,170	0,160	0,170
Max	0,660	0,920	0,500	0,500	0,380	0,480
SD	0,146	0,187	0,120	0,090	0,073	0,110
CV	40,34	43,53	44,67	27,25	28,57	41,08



Ryc. 3.

Struktura wad drewna w zależności od grupy drzewostanów (podłoża i kultywar)

Structure of wood defects depending on the stand group (bedrock and cultivar)

S – sęki, K – krzywizna, Z – zabitki, SW – skręt włókien, W – wielordzenność, G – guzy

S – knots, K – sweep, Z – galls, SW – grain slope, W – multiple pith, G – knobs

Dyskusja

Topole rosnące na glebach żyzniejszych (wariant „Humus”) wykazały większą zasobność w stonku do gleb uboższych (wariant „Piasek”). Większość odmian topól rosnących na poletkach doświadczalnych również wykazała taką samą zależność. Z kolei analizując pojedyncze drzewa wybranych trzech odmian topól (H-275, Androscoggin, Grandis), zaobserwowano zależności od-

wrotne. Zarówno grubość, jak i miąższość pojedynczych drzew badanych odmian była większa w wariantcie „Piasek” (wyjątek: odmiana *Grandis*). Rozbieżności te wynikały z reguły z większej liczby drzew na poletkach z wariantem „Humus” niż w wariantcie „Piasek”. Z kolei Zajączkowski i Wojda [2012], prowadząc badania nad topolami wprowadzonymi na plantacje, stwierdzili, że na glebach dobrej jakości jednymi z lepiej przyrastających odmian topól były H-275 i *Androscoggin*. Ich grubość wahała się, w zależności od plantacji, w granicach 33,9-47,7 cm u *Androscoggin* (wiek 22-28 lat) i 33,1-63,8 cm u H-275 (wiek 22-34 lat). Również badania Joblinga [1990] wykazały, że na żyznych glebach największe rozmiary osiągała odmiana *Androscoggin* – około 30 m wysokości i 45,5 cm pierśnicy w wieku 18 lat, a zasobność 346 m³/ha. Badania Węgorka [2000] nad wzrostem osiki wprowadzonej na teren zwałowiska kopalni siarki w Piasecznie wykazały, że na terenach piaszczystych miała ona bardzo dobre przyrosty, natomiast na utworach ilastych były one o wiele mniejsze.

Podobne wyniki uzyskano na terenie Niemiec, wprowadzając topolę balsamiczną (*P. trichocarpa* cv. Muhle Larsen), osikę i wierzbę na tereny porolne [Hofmann-Schielle i in. 1999]. Wśród tych trzech badanych gatunków topola była najbardziej plastyczna, najlepiej przystosowywała się do istniejących warunków i bardzo dobrze wzrastała, bez konieczności dodatkowego nawożenia.

Również jakość surowca była lepsza w wariantcie uboższym. Stwierdzono tu więcej drewna klas WB i WC (KJW), jednak analizy statystyczne nie wykazały istotnych różnic. Badania prowadzone przez autorów [Pająk i in. 2016] na sośnie wprowadzonej na tereny zrehabilitowane wykazały, że gatunek ten wykazał z kolei większe rozmiary (grubość i wysokość), a także jakość na utworach zasobniejszych.

Wnioski

- ✦ Na utworze w wariantcie „Humus” stwierdzono większą liczebność i zasobność rosnących tam topól w porównaniu z wariantem „Piasek”.
- ✦ Ze wszystkich odmian topól wprowadzonych na poletka badawcze po 40 latach wzrostu najliczniej występowały H-275, *Androscoggin* i *Grandis*. Pod względem miąższości i jakości pojedynczych drzew przeważały topole rosnące na utworze w wariantcie „Piasek”.
- ✦ Wadami, które decydowały głównie o wynikach klasyfikacji drewna, były sęki w wariantcie „Piasek” i krzyżowizny w wariantcie „Humus”.
- ✦ Chcąc uzyskać większą miąższość surowca topolowego, należałoby tak prowadzić zabiegi rekultywacyjne, aby wierzchnia warstwa zalesianych powierzchni była zbudowana z żyznych utworów, natomiast surowiec lepszej jakości (ale o mniejszej zasobności) można uzyskać na nieco słabszych utworach.

Literatura

- Hofmann-Schielle C., Jug A., Makeschin F., Rehfuess K. E. 1999. Short-rotation plantations of balsam poplar, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. For. Ecol. Manage. 121: 41-55.
- Jobling J. 1990. Poplars for wood production and amenity. Forestry Commission. Bulletin 92.
- Krzaklewski W. 1978. Wielkoobszarowe doświadczenia i nadzór nad obudową biologiczną zwałowiska zewnętrznego Kopalni węgla brunatnego „Bełchatów”. Wytyczne 1/78: dla prac z zakresu rekultywacji biologicznej skarp zwałowiska zewnętrznego Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”. Sprawozdanie z badań. Maszynopis ZEKLiR.
- Krzaklewski W. 2017. Podstawy rekultywacji leśnej. Wydawnictwo UR, Kraków.
- Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J. 1999. Wpływ różnych rodzajów dawek substancji neutralizujących na plon i skład chemiczny zycicy trwałej w uprawie na silnie kwaśnych utworach zwałowiska KWB Bełchatów. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Nabuurs G. J., Schelhaas M. J., Pussinen A. 2000. Validation of the European Forest Information Scenario Model (EFISCEN) and a projection of Finnish forests. *Silva Fennica*, 34: 167-179. doi.org/10.14214/sf.638.

- 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. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2015103>.
- Paschalis-Jakubowicz P. 2018. Biomasa leśna jako odnawialne źródło energii – konsekwencje dla leśnictwa. *Sylwan* 162 (8): 688-695. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2018069>.
- 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 „Szcakowa”. *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., 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-D-95008:1992. Surowiec drzewny. Drewno wielkowymiarowe liściaste. Wspólne wymagania i badania. PKN, Warszawa.
- Wąsik R., Pająk M., Michalec K., Pietrzykowski M., Woś B. 2018. A comparison of the selected properties of macrostructure and density of wood of Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) growing on various mine soil substrates. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry* 60 (1): 11-20.
- Węgorek T. 2000. Efektywność rekultywacji terenu zwałowiska kopalni siarki w Piasecznie. *Inżynieria Ekologiczna* 1: 37-44.
- Zajączkowski K., Wojda T. 2012. Plantacje topolowe w przyrodniczych warunkach Polski. *Studia i Materiały CEPL* 33 (4): 136-142.