

STANISŁAW PARZYCH, AGNIESZKA MANDZIUK, EMILIA WYSOCKA-FIJOREK

Wpływ zasobności drzewostanów sosnowych na ustalenie ekonomicznego wieku dojrzałości rębnej*

Impact of Scots pine stand growing stock on determining the optimal economic rotation age

ABSTRACT

Parzych S., Mandziuk A., Wysocka-Fijorek E. 2018. Wpływ zasobności drzewostanów sosnowych na ustalenie ekonomicznego wieku dojrzałości rębnej. Sylwan 162 (8): 671-678.

The stand volume is one of the forest inventory characteristic determined during the field work aimed at planning operations in the tree stands. Determining the optimal rotation age is an important decision issue in the forest management. In turn, the key factor that determines the choice of the method for determining the rotation age of the tree stands is the production target. Depending on the rotation age, a specific structure of quantity, quality and dimensions of particular timber assortments is obtained. It seems reasonable that the economic rotation age is one of the main criteria taken into account when planning forest management in tree stands or forest district. The aim of the paper is to assess the impact of growing stock on determining the rotation age of Scots pine stands in particular site index classes. We compared the tabular (i.e. based on data from yield tables) and real (i.e. based on data from the Information System of the State Forests) volume of pine stands. The analysis was based on the forest description data, the amount of the harvested timber and economic data: timber price as well as the costs of harvesting, skidding and production of assortments. The optimal economic rotation age was determined as the point of intersection of the curve describing the average and current increment of the value of Scots pine stands. The research showed that the rotation age of stands is related to the site index class and whether real or tabular results are analysed. The optimal rotation age for Scots pine tree stands is lower in the real data model from 10 to 23 years from that calculated on the basis of tabular data.

KEY WORDS

timber price, rotation age, optimization methods timber production, site class index

ADDRESSES

Stanisław Parzych ⁽¹⁾ – e-mail: stanislaw.parzych@wl.sggw.pl
 Agnieszka Mandziuk ⁽¹⁾ – e-mail: agnieszka.mandziuk@wl.sggw.pl
 Emilia Wysocka-Fijorek ⁽²⁾ – e-mail: e.wysocka-fijorek@ibles.waw.pl

⁽¹⁾ Katedra Urządzenia Lasu i Ekonomiki Leśnictwa, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

*Praca w ramach tematu „Optymalizacja użytkowania oraz zasobności drzewostanów z punktu widzenia dochodowej funkcji produkcji drewna oraz kumulacji węgla” zleconego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

Wstęp

Zasobność drzewostanu rozumiana jako jego miąższość w przeliczeniu na jednostkę powierzchni jest jedną z cech taksacyjnych określanych w trakcie prac terenowych mających na celu planowanie zabiegów gospodarczych w konkretnym drzewostanie. Przy ustalaniu wielkości zasobności drzewostanu pomocne staje się korzystanie z tablic zasobności i przyrostu drzewostanów [Szymkiewicz 2001]. Należy jednak zauważyć, że ich rola poważnie zmalała wskutek zmian poglądów na organizowanie i prowadzenie gospodarki leśnej, w tym na wyznaczanie celu produkcji. Przy korzystaniu z tablic zasobności konieczna jest znajomość klasy bonitacji drzewostanu. W praktyce leśnej bonitacja traktowana jest jako miara potencjalnej zdolności produkcyjnej siedliska [Socha i in. 2015]. Jest ona wykorzystywana zarówno w celach planowania strategicznego, jak i krótkoterminowego. Stosowane w praktyce tablice dla sosny opracowane zostały w 1908 roku przez Schwappacha i uzupełnione przez Szymkiewicza o Ia klasę bonitacji [Jabłoński 2013].

Ustalenie wieku dojrzałości rębnej (kolei rębu) jest klasycznym problemem urządzania lasu. W zależności od tego, jaka jego wielkość zostanie przyjęta, uzyskuje się określoną strukturę ilości, jakości i wymiarów poszczególnych sortymentów drzewnych, proporcję ilości użytków przedrębnych do użytków rębnych, a także – w pewnym zakresie – wielkość plonu (rozmiar cięć) [Bednarski, Miścicki 2016]. W literaturze fachowej długo trwał spór, które czynniki powinny determinować przyjęcie odpowiedniego dla danego gatunku lasotwórczego wieku rębności. Spór ten wygasł wraz ze zmianą celów polityki leśnej oraz dostrzeganiem i rosnącym docenianiem pozaprodukcyjnych walorów lasu [Smykała 1993]. Kluczowym czynnikiem, który decyduje o wyborze metody określania wieku dojrzałości rębnej drzewostanów, jest przyjęty cel produkcji. Nie należy przy tym zapominać, że wyznaczone cele i warunki gospodarki leśnej, które uwzględniają wiek rębności (w tym m.in. ekonomiczny wiek rębności) poszczególnych gatunków drzew i wiek dojrzałości rębnej poszczególnych drzewostanów, są niezbędne przy określaniu etatu cięć [Rozporządzenie... 2012]. Ustalenie właściwego wieku rębności jest istotnym problemem decyzyjnym w gospodarstwie leśnym. Debata na ten temat trwa w leśnictwie już kilkaset lat. U jej podstaw leży konieczność pogodzenia nieograniczonych w zasadzie potrzeb człowieka i ograniczonych zasobów umożliwiających ich zaspokojenie [Piekutin, Skręta 2012]. Ze względu na różnorodność kryteriów branych pod uwagę przy określaniu wieku rębności wyróżnia się wiele kategorii dojrzałości rębnej drzewostanów. Można więc mówić o dojrzałości naturalnej, ilościowej, technicznej czy ekonomicznej, a także podyktowanej czynnikami hodowlano-leśnymi. Według Instrukcji... [2012] wieki rębności, wyznaczające czas osiągnięcia celu gospodarowania, określa się jako przeciętne wieki rębności dla głównych gatunków drzew w obrębach leśnych; także jako przeciętne wieki rębności dla głównych gatunków drzew w obrębach leśnych, które wykorzystywane są przede wszystkim do obliczania etatów według dojrzałości drzewostanów oraz jako wieki rębności drzewostanów, nazywane wiekami dojrzałości rębnej drzewostanu. Leśnicy wypracowali cały zespół kryteriów umożliwiających określenie wieku rębności, przy czym wiele z nich w ogóle nie bierze pod uwagę czynników ekonomicznych [Piekutin, Skręta 2012]. W związku z tym, że Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe prowadzi gospodarkę leśną na zasadzie samodzielności finansowej [Ustawa... 1991], zasadne wydaje się, aby ekonomiczny wiek rębności był jednym z głównych kryteriów branych pod uwagę przy planowaniu gospodarki leśnej w poszczególnych drzewostanach czy obrębach leśnych.

W podjętych badaniach zwrócono uwagę na wpływ czynnika, jakim jest zasobność, na określenie wieku dojrzałości do wycięcia. Celem opracowania było określenie wpływu zasobności drzewostanów sosnowych na wyznaczanie wieku dojrzałości rębnej w poszczególnych klasach

bonitacji. W analizie porównano zasobności tabelaryczne i rzeczywiste drzewostanów sosnowych. Na potrzeby publikacji danymi rzeczywistymi nazwano dane opracowane na podstawie opisów taksacyjnych drzewostanów sosnowych, a danymi tabelarycznymi dane z tablic zasobności drzewostanów.

Material i metody

Analizę oparto na danych dotyczących opisu lasu (dane taksacyjne), rozmiaru zrealizowanego pozyskania drewna i danych ekonomicznych – cenach sprzedaży surowca drzewnego oraz kosztach pozyskania, zrywki i wyrobu sortymentów. Dane liczbowe dotyczące zapasu brutto (w korze) i powierzchni drzewostanów w Lasach Państwowych pozyskano z bazy Systemu Informatycznego Lasów Państwowych – SILP według stanu na 01.01.2013 roku. Dane te dotyczą jednogatunkowych drzewostanów sosnowych z podziałem na klasy bonitacji i podklasy wieku (udział sosny w opisie taksacyjnym – 10). Wykorzystując dane taksacyjne, obliczono zasobność drzewostanów brutto (z korą) w podklasach wieku jako iloraz zapasu i powierzchni drzewostanów w podklasie wieku. Następnie określono miąższość kory na podstawie procentu udziału kory w stosunku do miąższości drewna wraz z korą, ustalonej za pomocą tablic Szymkiewicza [2001]. Po odjęciu tak ustalonej miąższości kory od zasobności brutto drzewostanów wyliczono zasobność netto. Na podstawie wyliczonych danych opracowano równania linii trendów – wielomiany drugiego stopnia, które stanowiły podstawę do wyliczenia wyrównanej zasobności netto dla każdej podklasy wieku. Dopiero tak obliczone zasobności zostały wykorzystane do dalszych obliczeń – zasobności rzeczywistej.

Kolejnym etapem prac było określenie intensywności użytkowania przedrębego. Dane liczbowe pozyskane zostały również z bazy SILP i dotyczyły realizacji zadań z zakresu pozyskania drewna w latach 2008-2012. Obejmowały one następujące grupy czynności: czyszczenia późne z pozyskaniem (CP-P), trzebieże wczesne (TW) i trzebieże późne (TP). Natomiast struktura sortymentowa dotyczyła następujących grup sortymentów wielkowymiarowych: WA0, WA1, WB0, WB1, WC0, WC1, WD oraz grup sortymentów średniowymiarowych: S10, S11, S2A, S2B, S3A, S3B i S4. W badaniach uwzględniono sortymenty, które faktycznie pozyskiwane były w danej podklasie wieku, z uwzględnieniem klasy bonitacji. Intensywność użytkowania przedrębego została obliczona dla okresu 5 lat (2008-2012), a następnie przeliczona na rok. Uzyskany wynik dotyczy więc średniej ilości pozyskiwanych sortymentów w ciągu roku na powierzchni jednego hektara. Do dalszych obliczeń wykorzystano wielkości wyrównane netto wyznaczone identycznie jak zasobność.

W przypadku danych tabelarycznych do wyliczeń ekonomicznego wieku dojrzałości rębnej dane wejściowe również sprowadzono do wartości netto (czyli bez kory) – miąższość tabelaryczna.

Następnym etapem badań było określenie średniej ceny 1 m³ drewna dla poszczególnych podklas wieku. W tym celu pozyskano z bazy SILP informację o przeciętnych cenach poszczególnych wielko- i średniowymiarowych sortymentów drzewnych dla całego kraju w roku 2011. Na podstawie danych dotyczących intensywności użytkowania przedrębego oraz struktury sortymentowej drewna w poszczególnych podklasach wieku według klas bonitacji w latach 2008-2012 określono średnie ceny drewna w podklasach wieku według bonitacji. W dalszym etapie obliczeń ceny te zostały wyrównane na podstawie równań linii trendów wielomianów drugiego stopnia dla każdej klasy bonitacji.

Optymalny wiek rębności określono w punkcie przecięcia się krzywych obrazujących przeciętny i bieżący przyrost wartości drzewostanu, przy czym wartość zapasu rosnącego w danym

wieku Rt określono jako iloczyn zasobności i ceny 1 m^3 surowca drzewnego z następnej podklasy wieku. Natomiast wartość użytkowania przedrębnego Pt jako skumulowaną wartość iloczynu wielkości użytkowania i ceny 1 m^3 surowca drzewnego w danej podklasie wieku t . Z kolei $S(t)$ – jako sumę wartości zasobności drzewostanu w danym wieku i wartości pozyskanego drzewostanu w użytkowaniu przedrębnym do wieku t (tab.).

Wyniki

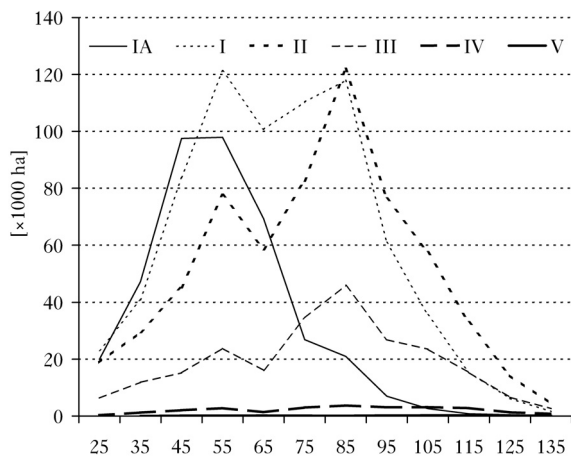
Analizie poddano około 2 mln ha jednogatunkowych drzewostanów sosnowych (ryc. 1). Największą powierzchnię zajmowały drzewostany I oraz II klasy bonitacji – odpowiednio prawie 718 i ponad 620 tys. ha. Drzewostany Ia, I i II klasy bonitacji wykazują wyższą zasobność rzeczywistą tylko w młodszych klasach wieku (ryc. 2). Im niższa klasa bonitacji, tym dłużej występuje

Tabela.

Wiek (t [lata]), zasobność (V [m^3/ha]), miąższość użytków przedrębnych (VUP [$\text{m}^3/\text{ha}/\text{rok}$]), cena surowca drzewnego (C [$\text{zł}/\text{m}^3$]), wartość zapasu na pniu ($R(t)$ [$\text{zł}/\text{ha}$]), wartość użytków przedrębnych ($\Sigma P(t)$ [$\text{zł}/\text{ha}$]), sumaryczna produkcja ($S(t)$ [$\text{zł}/\text{ha}$]), przeciętny przyrost wartości ($S(t)/t$ [$\text{zł}/\text{ha}/\text{rok}$]) oraz bieżący przyrost wartości ($\Delta S(t)$ [$\text{zł}/\text{ha}/\text{rok}$]) drzewostanu sosnowego I klasy bonitacji

Age (t [years]), growing stock (V [m^3/ha]), volume of the intermediate cut (VUP [$\text{m}^3/\text{ha}/\text{year}$]), timber price (C [PLN/m^3]), value of the growing stock ($R(t)$ [PLN/ha]), value of the intermediate cut ($\Sigma P(t)$ [PLN/ha]), value of the total timber production ($S(t)$ [PLN/ha]), average annual value increment ($S(t)/t$ [$\text{PLN}/\text{ha}/\text{year}$]) and current annual value increment ($\Delta S(t)$ [$\text{PLN}/\text{ha}/\text{year}$]) of the Ist site index class Scots pine stand

t	V	VUP	C	$R(t)$	$\Sigma P(t)$	$S(t)$	$S(t)/t$	$\Delta S(t)$
25	138	1,69	108	16 134	1 828	17 962	718	
35	194	2,23	117	24 256	4 432	28 688	820	1073
45	242	2,62	125	32 175	7 704	39 879	886	1119
55	283	2,85	133	39 639	11 489	51 128	930	1125
65	317	2,93	140	46 419	15 595	62 014	954	1089
75	343	2,87	147	52 311	19 797	72 107	961	1009
85	361	2,65	153	57 137	23 837	80 974	953	887
95	373	2,28	158	60 744	27 439	88 183	928	721
105	377	1,76	163	63 004	30 304	93 308	889	513
115	373	1,09	167	63 814	32 123	95 936	834	263
125	362	0,26	171	63 096	32 575	95 671	765	-27
135	344	0,00	174	59 893	32 575	92 468	685	-320



Ryc. 1.

Powierzchnia drzewostanów sosnowych w podklasach wieku według klas bonitacji

Area of Scots pine stands in age sub-classes by the site index class

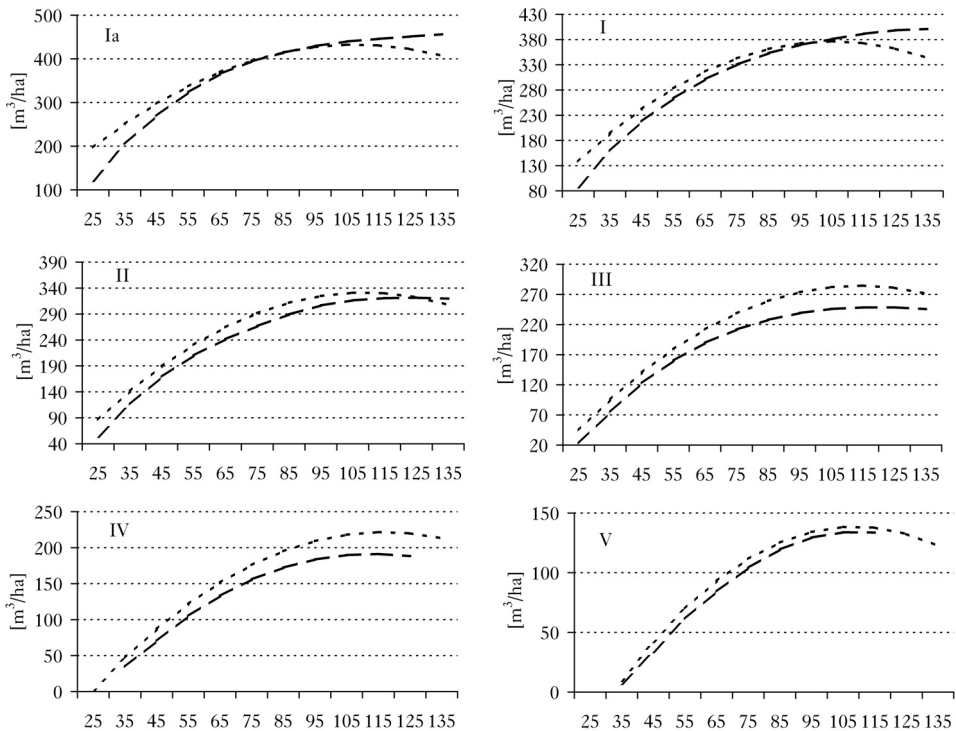
ten trend. W pozostałych klasach bonitacji (III, IV i V) zasobność rzeczywista jest większa niż tabelaryczna w całym okresie wzrostu drzewostanów.

Określenie sumarycznej wartości produkcji drzewostanu umożliwia wyliczenie przyrostu przeciętnego i bieżącego wartości, na podstawie których wyznaczany jest wiek dojrzałości do wycięcia. Optymalny wiek wycięcia – wiek dojrzałości rębnej – określany jest jako punkt przecięcia krzywej opisującej przyrost przeciętny oraz bieżący wartości drzewostanów (ryc. 3). Wiek dojrzałości rębnej drzewostanów związany jest z klasą bonitacji drzewostanów oraz z tym, czy analizowane są wyniki rzeczywiste, czy tabelaryczne. Optymalny wiek wycięcia drzewostanów sosnowych jest niższy w modelu danych rzeczywistych o 10-23 lata (ryc. 4).

Niezależnie od wybranego modelu można zauważyć, że wraz z obniżaniem się klasy bonitacji drzewostanów wiek wycięcia rośnie. Najniższy jest dla drzewostanów sosnowych Ia klasy bonitacji: 75 lat według zasobności rzeczywistej i 85 lat według zasobności tabelarycznej. W drzewostanach IV klasy bonitacji wiek ten wynosi odpowiednio 94 i 117 lat.

Dyskusja

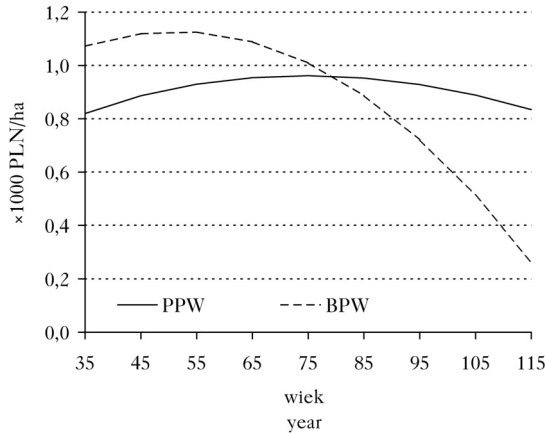
Zdefiniowanie dojrzałości rębnej drzewostanów czy też pojedynczych drzew jest trudne do określenia. Poznański [2005] zauważa, że problem ten wynika z faktu, iż surowiec drzewny jest jednocześnie środkiem produkcji i gotowym produktem. Według Marszałka i Podgórskiego [1978] las jest podstawowym środkiem produkcji leśnej, bowiem tylko w lesie zachodzi zjawisko gro-



Ryc. 2.

Rzeczywista (linia kropkowana) i tabelaryczna (linia przerywana) zasobność [m^3/ha] drzewostanów sosnowych w zależności od wieku dla poszczególnych klas bonitacji

Real (dotted line) and tabular (dashed line) growing stock of Scots pine stands with relation to stand age in site index classes



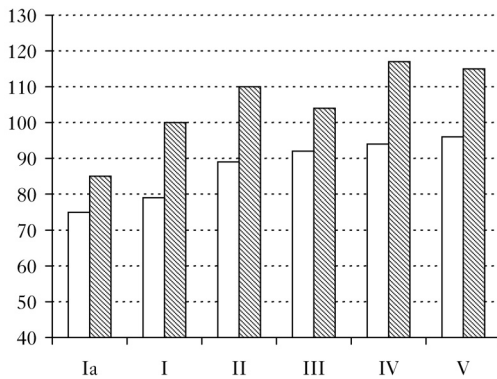
Ryc. 3.

Wiek dojrzałości rębnej drzewostanu sosnowego bonitacji I według zasobności rzeczywistej

Optimal rotation age of Scots pine stand of the 1st site index class

PPW – przeciętny przyrost wartości, BPW – bieżący przyrost wartości

PPW – average value increment, BPW – current value increment



Ryc. 4.

Wiek dojrzałości rębnej [lata] dla zasobności tabelarycznej (ciemny) i rzeczywistej (biały) według klasy bonitacji

Optimal rotation age [years] for tabular (dark) and real (white) growing stock by site index class

madzenia przyrostu masy drzewnej oraz rozwija się flora i fauna leśna stwarzająca możliwość ubocznego użytkowania lasu w postaci zbioru grzybów, jagód i ziół, hodowli zwierzyny łownej itd. Brak powszechnie akceptowanej jednej metody ustalania kolei rębny drzewostanów wskazuje, że jest to ciągle niezamknięty obszar badań leśnych [Bednarski, Miścicki 2016]. Dyskusja na temat określania dojrzałości rębnej, jak i wieku rębności głównych gatunków lasotwórczych obecna jest także od dawna w literaturze obcojęzycznej [Newman 2002; Sinha i in. 2017]. Ekonomia gospodarowania zasobami leśnictwa oparta jest w znacznej mierze na podejściu Faustmanna [1849], w którym struktura rotacji jest dopasowana do leśnictwa plantacyjnego. Ramy rotacyjne zakładają jednak optymalność danego typu gospodarki leśnej *a priori*, zamiast pozwalać na jej ustalenie endogenicznie, poprzez optymalizację. Nie ma więc gwarancji, że dany rodzaj gospodarki leśnej przynosi maksymalną nadwyżkę ekonomiczną, nawet jeśli ocenia się ją wyłącznie z perspektywy produkcji drewna [Tahvonon 2016]. Las stanowi dla właściciela kapitał, którego wartość przyrasta w czasie [Żylicz 2014]. Wartość drzewostanu w czasie zmienia się, dlatego też problematyczne może być podjęcie decyzji, w którym momencie należy wyciąć drzewostan, aby osiągnięty dochód był maksymalny. Maksymalizacja gospodarki leśnej w kierunku zrównoważonego pozyskania drewna sprzyja ustaleniom rozmiaru etatu [Tahvonon, Rämö 2016], dlatego wiek dojrzałości drzewostanów przeznaczonych do wycięcia jest zróżnicowany, a wieki rębności różnią się w zależności od przyjętych kryteriów i celów optymalizacji. Obecnie europejska polityka leśna wydaje się zmierzać w kierunku coraz szerszego uwzględniania pozaprodukcyjnych funkcji lasu [Piątkowski, Protas 2013].

Przyjmowany podczas Komisji Założeń Planu urządzenia lasu wiek dojrzałości rębnej jest zdecydowanie wyższy (około 110-120 lat) niż wyliczony w oparciu o optymalizację wartości przychodów. Wynika to z faktu, że lasy pełnią wiele funkcji. Konieczne jest zatem pogodzenie zarówno korzyści ekonomicznych, które PGL Lasy Państwowe (jako jednostka samofinansująca) musi brać pod uwagę, jak i oczekiwań społeczeństwa czy potrzeb ekologicznych rzadkich gatunków roślin i zwierząt. Kolejną grupą czynników wpływającą na wiek, w którym drzewostany są wycinane, jest ład czasowy i przestrzenny, który polega na takim doborze drzewostanów do wyrębu, aby zachowane zostały odpowiednie drzewostany bezpośrednio ze sobą sąsiadujące oraz rozmiar użytkowania – etat cięć.

Wykorzystywane w praktyce leśnej tablice zasobności, m.in. w związku ze zmieniającymi się warunkami przyrodniczymi i klimatycznymi, opracowane zostały w innych niż obecnie warunkach klimatycznych. Dlatego też przy ustalaniu optymalnego wieku dojrzałości rębnej drzewostanów analizowanych z ekonomicznego punktu widzenia, przy uwzględnieniu także innych przesłanek (np. przyrodniczych, technicznych), należałoby brać pod uwagę wielkość zasobności rzeczywistej.

Zasobność tabelaryczna prezentowana jest w tablicach zasobności dla zadrzewienia 1, czyli pełnego. Zasobność rzeczywista określana była niezależnie od stopnia zadrzewienia, co w znaczącej liczbie drzewostanów przekłada się na niższe niż tabelaryczne zadrzewienie drzewostanów sosnowych. Pomimo niższego rzeczywistego zadrzewienia w większości przypadków zasobność rzeczywista jest wyższa niż tabelaryczna. Mniejsza zasobność rzeczywista od tabelarycznej w wyższej klasie bonitacji w starszych klasach wieku wynika z wcześniejszego osiągnięcia przez te drzewostany wieku dojrzałości do wyrębu, co skutkuje szybszym rozpoczęciem cięć rębnych w rębniach złożonych i w konsekwencji powoduje znaczące obniżenie stopnia zadrzewienia.

Wnioski

- ✦ Wiek dojrzałości rębnej drzewostanów sosnowych związany jest z ich klasą bonitacji. Im drzewostan charakteryzuje się słabszą klasą bonitacji, tym jego optymalny wiek rębności jest wyższy.
- ✦ Wykorzystywanie zasobności tabelarycznej do ustalenia optymalnego z ekonomicznego punktu widzenia wieku dojrzałości do wyrębu drzewostanów powoduje w porównaniu z zasobnością rzeczywistą znaczne zwiększenie jego wartości.
- ✦ Ekonomiczny wiek dojrzałości do wyrębu przyjmuje wartości niższe od wskazanych w Instrukcji urządzenia lasu.

Literatura

- Bednarski K., Miścicki S. 2016. Kolej rębny drzewostanów sosnowych według kryteriów ekonomicznych. *Sylwan* 160 (3): 197-206.
- Faustmann M. 1849. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Reprinted in 1995. *Journal of Forest Economics* 1: 7-44.
- Instrukcja urządzenia lasu. 2012. Część I. Instrukcja sporządzania projektu planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa. CILP, Warszawa.
- Jabłoński M. 2013. Dokładność określania bieżącego przyrostu miąższości drzewostanów sosnowych stosowanego w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych. *Sylwan* 157 (9): 643-651.
- Marszałek T., Podgórski M. 1978. *Zarys ekonomiki leśnictwa*. Podręcznik dla studentów wydziałów leśnych akademii rolniczych. PWRiL, Warszawa.
- Newman D. H. 2002. Forestry's golden rule and the development of the optimal forest rotation literature. *Journal of Forest Economics* 8: 5-27.
- Piątkowski B., Protas M. 2013. Gospodarowanie zasobami odnawialnymi – wybrane modele gospodarki leśnej. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* 317: 203-218.
- Piekutin J., Skręta M. 2012. Ekonomiczny wiek rębności drzewostanów sosnowych. *Sylwan* 156 (13): 741-749.
- Poznański R. 2005. Wiek rębności i wieloaspektowa ocena ich stosowania. *Sylwan* 149 (3): 24-33.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2012 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu sporządzania planu urządzenia lasu, uproszczonego planu urządzenia lasu oraz inwentaryzacji stanu lasu. 2012. Dz. U. poz. 1302.
- Sinha A., Ramo J., Malo P., Kallio M., Tahvonen O. 2017. Optimal management of naturally regenerating uneven-aged forests. *European Journal of Operational Research* 256 (3): 886-900.
- Smykała J. 1993. Wiek rębności (kolej rębu) jako instrument polityki leśnej. *Sylwan* 137 (5): 5-11.
- Socha J., Ochał W., Grabczyński S., Maj M. 2015. Modele bonitacyjne dla gatunków lasotwórczych Polski opracowane na podstawie tablic zasobności. *Sylwan* 159 (8): 639-649.
- Szymkiewicz B. 2001. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów ważniejszych gatunków drzew leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Tahvonen O. 2016. Economics of rotation and thinning revisited: the optimality of clearcuts versus continuous cover forestry. *Forest Policy and Economics* 62: 88-94.
- Tahvonen O., Rämö J. 2016. Optimality of continuous cover vs. clear-cut regimes in managing forest resources. *Canadian Journal of Forest Research* 46 (7): 891-901.
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach. 1991. Dz. U. Nr 101, poz. 444 z późn. zm.
- Żylicz T. 2004. *Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Żylicz T. 2014. *Cena przyrody*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.