

ZRÓŻNICOWANIE KOSZTÓW ODNOWIENIA LASU W ZALEŻNOŚCI OD ZASTOSOWANEJ GRUPY RĘBNI ORAZ TYPU SIEDLISKOWEGO LASU

Monika Starosta-Grala[✉], Anna Ankudo-Jankowska

Katedra Ekonomiki i Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wojśka Polskiego 71C, 60-625 Poznań

ABSTRAKT

Celem opracowania była analiza zróżnicowania kosztów odnowienia powierzchni leśnej w zależności od sposobu jej zagospodarowania (według grupy rębni) oraz typu siedliskowego lasu. Materiały źródłowe pochodziły z 27 nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Toruniu. Analizie poddano całkowite oraz jednostkowe koszty odnowień sztucznych wykonywanych na zrębach zupełnych oraz na zrębach złożonych z uwzględnieniem 10 typów siedliskowych lasu. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono zróżnicowanie całkowitych jednostkowych kosztów odnowienia lasu oraz kosztów materiałów i robocizny w zależności od grupy rębni oraz typu siedliskowego lasu. Koszt odnowienia lasu w przeliczeniu na 1 ha powierzchni leśnej dla odnowień po zastosowaniu rębni zupełnych wyniósł 4506,16 zł, natomiast po zastosowaniu rębni złożonych wyniósł 5868,65 zł (wzrost o 30%). Wyższy jednostkowy koszt odnowienia powierzchni leśnej stwierdzono dla siedlisk lasowych (5655,45 zł) w porównaniu z siedliskami borowymi (4508,63 zł). Różnica wyniosła 20%. Najwyższe jednostkowe koszty materiałów i robocizny dla powierzchni po rębni zupełnej stwierdzono w przypadku siedliska Lśw, natomiast po rębni złożonej dla siedlisk Lśw (materiały) i LMśw (robocizna).

Słowa kluczowe: hodowla lasu, odnowienie lasu, rębnie, typ siedliskowy lasu, koszty

WSTĘP

We współczesnej gospodarce leśnej należy uwzględnić szeroki zakres usług ekosystemowych oraz źródeł ich finansowania. Przyjęcie ustaleń helsińskich (Resolution..., 1993) wprowadziło zmiany w pojmowaniu celu realizacji gospodarki leśnej. W polityce leśnej większe znaczenie przypisuje się działaniom zmierzającym w kierunku zapewnienia trwałości wielofunkcyjnych ekosystemów leśnych kosztem zmniejszenia produkcji drewna i efektów finansowych. Ze względu na wyraźną zmianę paradygmatu gospodarki leśnej w ciągu ostatnich dziesięcioleci coraz ważniejsze staje się zrozumienie sposobu łączenia

usług ekosystemowych z tradycyjną gospodarką leśną wpływających na racjonalne ekonomicznie zarządzanie lasami (Biber i in., 2015). Szczególnie ważny jest wpływ zmian klimatu na produktywność lasów (Gutsch i in., 2016) oraz ich trwałość (Seidl i in., 2017), co ma bezpośrednie przełożenie na przychody właścicieli lasów. Istotne zatem jest opracowanie strategii adaptacyjnych dostosowanych do zmieniających się warunków środowiskowych (Friedrich i in., 2019).

W wielu krajach, w tym w Polsce, realizowany jest model leśnictwa, który zakłada trwałą i zrównoważony rozwój lasów w odniesieniu do pełnionych funkcji

[✉]monika.starosta-grala@up.poznan.pl, <http://dx.doi.org/0000-0002-8905-3664>

produkcyjnych, środowiskowych i społecznych. Dlatego od lat poszukuje się rozwiązań, które łączyłyby priorytety produkcji leśnej, ochrony przyrody, ekologii, ekonomiki, hodowli lasu czy mechanizacji prac leśnych (Adamowicz, 2012; Adamowicz i Kaciunka, 2014; Bernadzki, 1993; Brukas i in., 2001; Fonder i Żybura, 2012; Rykowski, 2007). Głównym celem realizacji współczesnego modelu gospodarki leśnej jest bliskie naturze leśnictwo wielofunkcyjne, którego upowszechnianie i rozwój wymagają nie tylko zmian prawnych i organizacyjnych (Polityka Leśna Państwa, 1997), ale także zmian w zakresie ekonomicznej racjonalizacji gospodarki leśnej (Szramka i Adamowicz, 2017). W celu prawidłowego doboru instrumentów wspierających system zarządzania w leśnictwie niezbędna jest identyfikacja i kwantyfikacja ekonomicznych uwarunkowań hodowli lasu.

Zrozumienie zależności zachodzących pomiędzy ekonomicznymi i środowiskowymi aspektami leśnictwa jest niezwykle ważne, zwłaszcza w sytuacji rosnących oczekiwań społecznych w stosunku do funkcji pełnionych przez lasy. W pracy przyjęto założenie, że typ siedliskowy lasu oraz sposób zagospodarowania

powierzchni leśnej wpływają na poziom kosztów odnowienia lasu, co w rezultacie będzie mieć znaczenie w ekonomicznej ocenie zadań gospodarczo-leśnych wykonywanych w Lasach Państwowych.

METODYKA

Materiały źródłowe do badań pozyskano z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP) 27 nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Toruniu (RDLP w Toruniu). Dane empiryczne pochodziły z lat 2015–2019 i obejmowały 8247 wydzieł leśnych.

Elementami różnicującymi koszty odnowienia lasu były sposób zagospodarowania powierzchni leśnej (grupa rębni) oraz typ siedliskowy lasu. W odniesieniu do sposobu zagospodarowania powierzchni leśnej poddano analizie całkowite oraz jednostkowe koszty odnowień sztucznych wykonywanych na zrębach zupełnych oraz na zrębach złożonych (tab. 1). W badaniach uwzględniono następujące typy siedliskowe lasu: bór mieszany świeży (BMśw), bór mieszany wilgotny (BMw), bór suchy (Bs), bór świeży (Bśw),

Tabela 1. Liczba wydzieł i powierzchnia odnowienia lasu, ha
Table 1. The number of forest subcompartments and forest regeneration, ha

Typ siedliskowy lasu Forest habitat type	Grupa rębni – Felling group			
	rębnie zupełne – clear felling		rębnie złożone – compound felling	
	liczba wydzieł the number of forest subcompartments	całkowita powierzchnia odnowienia, ha total regeneration area, ha	liczba wydzieł the number of forest subcompartment	całkowita powierzchnia odnowienia, ha total regeneration area, ha
BS – DCF	12	22,12	–	
BŚW – FCF	2 351	6 443,83	15	26,49
BMŚW – FMBF	1 585	4 481,85	920	1 405,56
BMW – MDCF	24	37,77	41	71,42
LMŚW – FMBF	528	1 811,75	1615	2 676,97
LMW – MMBF	46	61,27	92	131,22
LŚW – FBF	138	315,21	590	949,27
LW – MBF	46	58,77	86	112,28
OL – ASF	85	135,88	6	8,05
OLJ – A-ASF	33	51,73	34	55,66

las mieszany świeży (LMśw), las mieszany wilgotny (LMw), las świeży (Lśw), las wilgotny (Lw), ols (Ol), ols jesionowy (OLJ).

W analizie kosztów odnowienia lasu (wzór 1) uwzględniono koszty sadzenia (K_c) z podziałem na koszty materiałów (K_m) i koszty robocizny (K_r).

$$K_c = \Sigma(K_m + K_r) \quad (1)$$

gdzie:

K_c – koszty całkowite sadzenia,
 K_m – koszty materiałów,
 K_r – koszty robocizny.

Koszty jednostkowe ustalono, przeliczając całkowite koszty odnowienia lasu oraz koszty materiałów i robocizny na jednostkę powierzchni (ha; wzór 2, 3, 4).

$$K_{jo} = \frac{K_c}{\text{powierzchnia}} \quad (2)$$

gdzie:

K_{jo} – koszty jednostkowe odnowień,
 K_c – koszty całkowite.

$$K_{jm} = \frac{K_m}{\text{powierzchnia}} \quad (3)$$

gdzie:

K_{jm} – koszty jednostkowe materiałów,
 K_m – koszty materiałów.

$$K_{jr} = \frac{K_r}{\text{powierzchnia}} \quad (4)$$

gdzie:

K_{jr} – koszty jednostkowe robocizny,
 K_r – koszty robocizny.

WYNIKI BADAŃ

W analizowanych jednostkach, w latach 2015–2019, odnowiono powierzchnię leśną na obszarze 18 857,10 ha, w tym 71% (13 420,18 ha) stanowiła powierzchnia po zastosowaniu rębni zupełnej, natomiast 29% (5436,92 ha) powierzchnia, na której wcześniej zastosowano rębnie złożone.

W badanym okresie całkowite koszty odnowienia lasu wyniosły 92 556 658,51 zł. Na powierzchniach po zastosowaniu rębni zupełnych wyniosły 60 540 286,94 zł, co stanowiło 65% łącznych

kosztów poniesionych na tę czynność przez nadleśnictwa RDLP w Toruniu. Natomiast koszty odnowienia powierzchni po rębniach złożonych wyniosły 32 016 371,57 zł (35%). W pierwszym analizowanym sposobie zagospodarowania lasu koszty materiałów kształtowały się na poziomie 26 143 100,84 zł, co stanowiło 43% kosztów całkowitych, a koszty robocizny wyniosły 34 397 186,10 zł i stanowiły 57% całkowitych kosztów odnowienia powierzchni leśnej. W przypadku odnowień powierzchni po rębniach złożonych koszty materiałów i czynności wyniosły odpowiednio 15 250 394,57 zł oraz 16 765 977,00 zł, co stanowiło 48% i 52% łącznych kosztów.

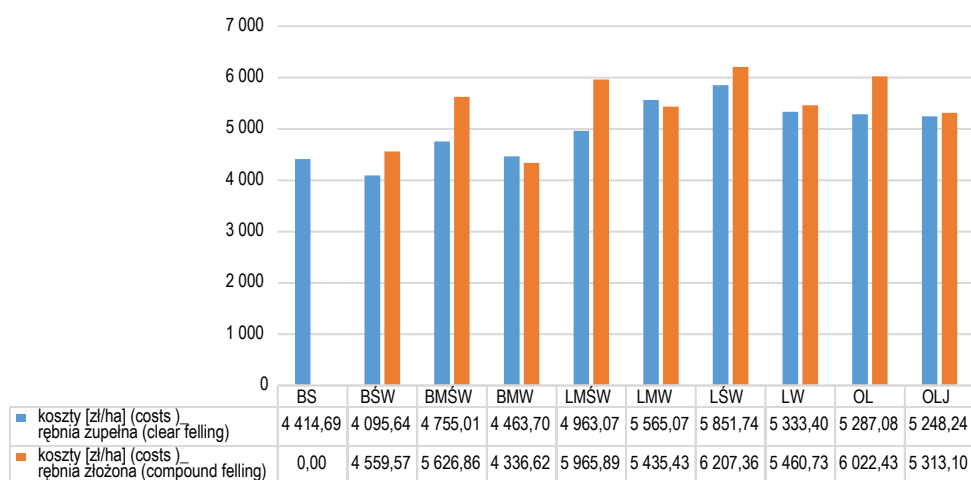
Koszty odnowienia lasu w przeliczeniu na 1 ha powierzchni leśnej objętej zabiegiem wyniosły 4506,16 zł dla rębni zupełnych oraz 5868,65 zł dla rębni złożonych (wzrost o 30%).

Stwierdzono różnicowanie się jednostkowych kosztów odnowienia lasu w zależności od zastosowanej grupy rębni oraz siedliska (rys. 1). W przypadku wykonania odnowień sztucznych na zrębach zupełnych, najwyższe koszty stwierdzono na siedlisku lasu świeżego, wyniosły one 5851,74 zł/ha, natomiast najniższe na siedlisku boru świeżego – 4095,64 zł/ha. Koszty odnowień realizowanych po rębniach złożonych były najwyższe również na siedlisku lasu świeżego – 6207,36 zł/ha, a najniższe na siedlisku boru mieszanego wilgotnego – 4336,62 zł/ha.

Analizując koszty wchodzące w skład kosztów odnowienia lasu, stwierdzono, że na siedliskach borowych średnie jednostkowe koszty materiałów i robocizny wyniosły odpowiednio 2027,10 zł/ha oraz 2481,53 zł/ha, natomiast na siedliskach lasowych 2500,45 zł/ha oraz 3155,00 zł/ha (tab. 2). Jednocześnie stwierdzono wyższe o 23% koszty materiałów na siedliskach lasowych w porównaniu z siedliskami borowymi. Podobną sytuację zaobserwowano w przypadku kosztów robocizny, przy czym wzrost ten wynosił 27%.

Koszty materiałów i robocizny poniesione na odnowienie lasu wykazywały duże zróżnicowanie w zależności od siedliska oraz sposobu zagospodarowania powierzchni leśnej.

Dla powierzchni odnawianych na zrębach zupełnych koszty materiałów zawierały się w przedziale od 1842,89 zł/ha (Bśw) do 2589,78 zł/ha (Lśw), co dawało zmiany na poziomie 40,5% między słabszym a żyźniejszym siedliskiem. Stwierdzono także wyższe



Rys. 1. Jednostkowe koszty odnowienia powierzchni leśnej w zależności od zastosowanej grupy rębni oraz typu siedliskowego lasu, zł/ha

Fig. 1. Unit costs of forest regeneration depending on applied felling group and forest habitat type, PLN/ha

o niemal 11% średnie koszty jednostkowe materiałów wykorzystanych na powierzchniach występujących na siedliskach lasowych, w porównaniu z siedliskami borowymi.

Koszty materiałów poniesione na odnowienie powierzchni po rębniach złożonych wykazywały większe zróżnicowanie niż w przypadku powierzchni odnawianych po zrębach zupełnych. Koszty te mieściły się w przedziale od 1941,45 zł/ha do 3115,12 zł/ha, co stanowiło wzrost o 62,3%. Stwierdzono również większe dysproporcje między średnimi kosztami jednostkowymi materiałów zastosowanych na siedliskach lasowych a borowych. Na siedliskach lasowych koszty użytych materiałów do odnowień były wyższe o 20%.

W odniesieniu do odnowień powierzchni po rębniach złożonych odnotowano wyższe koszty materiałów dla prawie wszystkich badanych siedlisk, przy czym największe różnice zaobserwowano w przypadku kosztów poniesionych na siedlisku LMŚw – wzrost o 47% w porównaniu z odnowieniem na zrębach zupełnych. Wyjątek stanowiły koszty materiałów wykorzystanych na odnowienie powierzchni na siedlisku BMW, w tym przypadku były o 12% niższe w porównaniu z powierzchniami po rębniach zupełnych.

Koszty robocizny powierzchni odnawianych po zrębach zupełnych kształtowały się na poziomie od

2252,75 zł/ha (BŚw) do 3261,96 zł/ha (LŚw), między słabszym a żyźniejszym siedliskiem odnotowano wzrost o 44,8%. Jednocześnie średnie koszty jednostkowe robocizny na powierzchniach występujących na siedliskach lasowych były wyższe o 29,5% w porównaniu z kosztami prac wykonywanych na siedliskach borowych. Koszty robocizny na siedliskach lasowych były wyższe o 17%.

Podobnie jak w przypadku materiałów, koszty robocizny poniesione na odnowienie powierzchni po rębniach złożonych wykazywały większe zróżnicowanie niż na powierzchniach odnawianych po zrębach zupełnych. Koszty te mieściły się w przedziale od 2395,17 zł/ha (BMW) do 3235,75 zł/ha (BMŚw), co stanowiło wzrost o 35,1%. Przy czym odnotowano mniejsze różnice między średnimi kosztami jednostkowymi robocizny na siedliskach lasowych a kosztami poniesionymi na siedliskach borowych.

Na siedliskach BŚw, BMŚw, BMW, LMŚw, OI stwierdzono wyższe koszty robocizny na powierzchniach odnawianych po rębniach złożonych w stosunku do rębni zupełnych. Największe różnice w kosztach robocizny odnotowano dla powierzchni odnawianych na BŚw. Na tym siedlisku koszt robocizny odnowienia powierzchni po zrębach złożonych był wyższy o 13% niż po zrębach zupełnych. Natomiast na siedliskach LMw, LŚw, Lw oraz OIJ koszty robocizny były

Tabela 2. Jednostkowe koszty materiałów i robocizny w zależności od zastosowanej grupy rębni oraz typu siedliskowego lasu, zł/ha

Table 2. Unit costs of materials and labor depending on applied felling group and forest habitat type, PLN/ha

Typ siedliskowy lasu Forest habitat type	Koszty materiałów, zł/ha Material costs, PLN/ha		Koszty czynności, zł/ha Labour costs, PLN/ha	
	rębnia zupełna clear felling	rębnia złożona compound felling	rębnia zupełna complete felling	rębnia złożona compound felling
BS – DCF	1 994,87	–	2 419,83	–
BŚW – FCF	1 842,89	2 008,19	2 252,75	2 551,37
BMŚW – FMBF	2 051,53	2 794,09	2 703,47	2 832,77
BMW – MMCF	2 206,95	1 941,45	2 256,75	2 395,17
Średnio siedliska borowe On average coniferous habitats	2 024,06	2 247,91	2 408,20	2 593,10
LMŚW – FMBF	1 857,86	2 730,15	3 105,21	3 235,75
LMW – MMBF	2 315,24	2 619,77	3 249,84	2 815,66
LŚW – FBF	2 589,78	3 115,12	3 261,96	3 092,24
LW – MBF	2 298,17	2 493,81	3 035,23	2 966,92
OL – ASF	2 268,90	2 881,71	3 018,19	3 140,72
OLJ – A-ASF	2 209,77	2 310,29	3 038,47	3 002,80
Średnio siedliska lasowe On average broad- leaved habitats	2 256,62	2 691,81	3 118,15	3 042,35

niższe na powierzchniach odnawianych po rębniach złożonych.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Ważnymi działaniami w zakresie gospodarki leśnej, wpływającymi na opłacalność ekonomiczną wyhodowanego drzewostanu są czynności z zakresu hodowli lasu. Hodowla lasu jest realizowana w określonych warunkach gospodarczych i społecznych, związanych z różnym podejściem do gospodarki leśnej (Bernadzi, 2009). Dlatego należy uznać, że działania hodowlane nie są tylko wewnętrznymi działaniami Lasów Państwowych, ale także powinny angażować odpowiednie sektory gospodarcze, grupy społeczne oraz dyscypliny naukowe (Rykowski, 2007). Liczne

badania potwierdzają korzystny wpływ zabiegów hodowlanych na kształtowanie składu gatunkowego drzewostanu, jego budowę, wzrost, jakość, odporność na różne zagrożenia i tym samym efekt końcowy wyrażony miąższością surowca drzewnego. Odpowiedni dobór składu gatunkowego drzewostanu ma pozytywny wpływ na warunki środowiskowe oraz wzrost i stabilność drzewostanów (Albert i in., 2015; Bernadzi, 2009; Nadrowski i in., 2010; Pukkala, 2018). Już Gayer (1886) zauważył, że do szczególnych cech drzewostanów mieszanych zalicza się nieporównanie większą ich stabilność i odporność na uszkodzenia (biotyczne i abiotyczne) niż drzewostanów jednogatunkowych i jednowiekowych. Poza tym wyniki badań nad optymalnym składem gatunkowym drzewostanów wskazują, że jest on zależny od relacji dwóch

czynników: potencjalnej wielkości dochodu i związanego z nim ryzyka (Klocek i Zając, 2018). Również Liang i in. (2016) zwracają uwagę, że istotnym elementem doboru składu gatunkowego, poza aspektami ekologicznymi, jest właściwy dobór gatunków pod względem ekonomicznym. Z ich badań wynika, że lasy o większym bogactwie gatunkowym są bardziej stabilne pod względem zmieniających się warunków klimatycznych, jak również są bardziej produktywne.

Wymienione aspekty prowadzą do promocji lasów mieszanych, częściej pożądanego z ekologicznego i ekonomicznego punktu widzenia. Te działania przejawiają się także w gospodarowaniu lasami na terenie badanych nadleśnictw, w których odnowienie lasu na powierzchniach po rębniach złożonych, w latach 2015–2019, stanowiło 29% łącznej powierzchni odnowionej. Nawiązując do badań nad produktywnością lasów, należy podkreślić, że wpływ drzewostanów mieszanych na ich produktywność był dziedziną badań realizowaną od kilku dekad, począwszy od lat 60. XX wieku (Kennel, 1965a; Kennel, 1965b). Wpływ różnorodności gatunkowej drzew na produktywność lasów analizowano w skali krajowej (Bielak i in., 2014; Gamfeldt i in., 2013; Lu i in., 2016; Pretzsch i Schütze, 2016; Ruiz-Benito i in., 2014; Toigo i in., 2015; Vilà i in., 2013), a także kontynentalnej oraz globalnej (Jactel i in., 2018; Paquette i Messier, 2011; Zeller i in., 2018; Zhang i in., 2012).

W podejmowaniu racjonalnych decyzji gospodarczych uwarunkowanych różnymi czynnikami przyrodniczo-leśnymi i ekonomicznymi jest ważne określenie wielkości kosztów ponoszonych na prowadzenie gospodarki leśnej, zwłaszcza odnowienia lasu. W latach 2015–2019 w RDLP w Toruniu całkowita powierzchnia leśna przeznaczona do odnowienia, z uwzględnieniem badanych typów siedliskowych lasu, wyniosła ok. 19 tys. ha, co wiązało się z poniesieniem kosztów odnowienia lasu w wysokości 92,5 mln zł.

Typ siedliskowy lasu, jako podstawowa jednostka typologiczna podziału siedlisk leśnych, warunkuje wiele czynności gospodarczych wykonywanych w drzewostanach. Warunki charakterystyczne dla typu siedliskowego lasu, ich specyfika, wyraźnie różnicują koszty jednostkowe prowadzonych zabiegów hodowlanych. Na podstawie analizy danych stwierdzono wyższe koszty odnowienia lasu na siedliskach lasowych niż na siedliskach borowych. Średni koszt

odnowienia lasu na siedliskach lasowych był wyższy o 25% od kosztu odnowienia lasu na siedliskach borowych i wynosił odpowiednio 5655,45 zł/ha oraz 4508,63 zł/ha.

W kontekście przeprowadzonych badań należy mieć na uwadze, iż racjonalizacja gospodarowania w leśnictwie nie może być rozpatrywana w kontekście tylko jednej fazy produkcyjnej, np. hodowli lasu, lecz powinna być również analizowana z uwzględnieniem użytkowania lasu (Podgórski, 1991; Szramka, 1984; 1991; 1992). Między nimi występuje silny związek przyczynowo-skutkowy. Przykładem takiego związku może być fakt, że rodzaj zastosowanej rębni wpływa na koszt odnowienia powierzchni leśnych. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono wyższe koszty odnowienia lasu w rębniach złożonych w porównaniu z rębniami zupełnymi. Jednostkowy koszt odnowienia powierzchni po rębniach zupełnych, w zależności od siedliska, wynosił od 4095,64 zł/ha na siedlisku Bśw do 5851,74 zł/ha na siedlisku Lśw. Koszt odnowienia powierzchni po rębniach złożonych wyniósł od 4336,62 zł na siedlisku BMw do 6207,36 zł/ha na siedlisku Lśw.

Należy pamiętać, że analizowane czynności z zakresu hodowli lasu generują znaczne koszty, natomiast zamierzone efekty uzyskuje się dopiero za kilkadziesiąt lat. Jednocześnie w trakcie przygotowywania powierzchni do tych zabiegów pozyskiwane są sortymenty drzewne, które będąc przedmiotem transakcji handlowych, przynoszą określone korzyści ekonomiczne. Korzystna relacja ponoszonych kosztów i uzyskiwanych przychodów, a także zdolność do generowania zysków zapewniają Lasom Państwowym stabilność finansową oraz możliwość realizowania zadań w zrównoważonej i wielofunkcyjnej gospodarce leśnej (Ankudo-Jankowska i Glura, 2016). Zdaniem Piszczka i Lysika (2010), przywracanie oraz utrzymywanie wielofunkcyjnego leśnictwa wiąże się z ponoszeniem znacznych nakładów finansowych, których jednak nie rekompensują przychody ze sprzedaży drewna. W zamian powstaje ekosystem i drzewostan odporniejszy na występowanie zagrożeń ze strony klęsk biotycznych i abiotycznych oraz gospodarstwo leśne bardziej konkurencyjne pod względem oferty sprzedawanego drewna.

Badania, łączące dwa aspekty realizacji gospodarki leśnej z uwzględnieniem elementu środowiskowego wyrażonego typem siedliskowym lasu, w istotny

sposób przyczyniają się do lepszego zrozumienia zależności panujących między ekonomicznymi i ekologicznymi uwarunkowaniami (Gostolek i Adamowicz, 2016).

Dodatkowo zidentyfikowane i skwantyfikowane przepływy finansowe mogą być wykorzystane w procesie tworzenia podstaw metodycznych związanych z wycenianiem lasu. Należy zwrócić uwagę, że obecnie w Polsce brakuje rozwiązań legislacyjnych związanych z wyceną wartości lasu. Zgodnie z trendami prezentowanymi w literaturze przedmiotu – np. Brukas i in. (2001), Chang (2001), Dieter (2001), Hartman (1976), Manley i Bare (2001), Möhring (2001), Luo i Zhang (2014), Viitala (2016) Mitra i Wan (1985), Zając (2013), Tomaszewski (2017) – metody oparte na przepływach finansowych, po zastosowaniu odpowiedniego wskaźnika dyskontowania, mogą być podstawą budowy systemu wyceny lasu.

W wyniku przeprowadzonych badań sformułowano przedstawione poniżej stwierdzenia i wnioski.

1. W badanym okresie całkowite koszty odnowienia lasu wyniosły ponad 92,5 mln zł, w tym 65% stanowiły całkowite koszty odnowienia lasu na powierzchni po zastosowaniu rębni zupełnych, natomiast 35% po wykonaniu rębni złożonych. Dla wszystkich badanych siedlisk średni koszt odnowienia lasu kształtował się na poziomie 5319,35 zł/ha.

2. Stwierdzono zróżnicowanie jednostkowych kosztów odnowienia lasu w zależności od zastosowanej grupy rębni. Koszt odnowienia lasu w przeliczeniu na 1 ha powierzchni leśnej objętej zabiegiem dla odnowień po zastosowaniu rębni zupełnych wyniósł 4506,16 zł, natomiast po zastosowaniu rębni złożonych był wyższy o 30% i wyniósł 5868,65 zł. Większe zróżnicowanie wykazywały koszty zarówno materiałów, jak i robocizny poniesione na odnowienie powierzchni po rębniach złożonych w porównaniu z powierzchniami odnawianymi po zrębach zupełnych.

3. Stwierdzono zróżnicowanie jednostkowych kosztów odnowienia lasu w zależności od typu siedliskowego lasu. Jednostkowy koszt odnowienia powierzchni leśnej na siedliskach lasowych był o 20% wyższy od kosztów poniesionych na odnawianie powierzchni na siedliskach borowych.

4. Najwyższe jednostkowe koszty materiałów i robocizny w odnowieniach powierzchni po rębni zupełnej stwierdzono w przypadku siedliska lasu świeżego.

Koszty materiałów wyniosły odpowiednio 2589,78 zł, a robocizny – 3261,96 zł. Natomiast najniższe koszty wystąpiły na siedlisku boru świeżego i wyniosły odpowiednio 1842,89 zł oraz 2252,75 zł. Natomiast dla odnowień po zastosowaniu rębni złożonej koszty materiałów wahały się od 1941,45 zł na borze mieszanym wilgotnym do 3115,12 zł na lesie świeżym, a koszty robocizny od 2395,17 zł na borze mieszanym wilgotnym do 3235,75 zł na lesie mieszanym świeżym.

5. Uzyskane wyniki są wstępem do obszernych badań dotyczących ekonomicznej oceny prac hodowlanych w zależności od warunków siedliskowych i innych cech drzewostanu.

PIŚMIENNICTWO

- Adamowicz, K. (2012). Ocena zmian gospodarki leśnej prowadzonej przez Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe w handlu drewnem w Polsce [Evaluation of changes in forest economy conducted by Polish State Forests in the aspect of timber sale in Poland]. Poznań: Uniwersytet Przyrodniczy [in Polish].
- Adamowicz, K., Gostolek, R., Jaszczak, R., Szczypa, P., Szramka, H. (2016). Ocena wpływu wybranych zabiegów hodowlanych i typów siedliskowych lasu na koszt pozyskania surowca drzewnego w czyszczeniach i trzebieżach [Evaluating the impact of silvicultural treatments and forest habitat type on the cost of timber harvesting in cleanings and thinnings]. *Sylvan*, 160(12), 993–1001 [in Polish].
- Adamowicz, K., Kaciunka, H. (2014). Ocena tempa zmian kosztów produkcji drewna „przy pniu” i cen surowca drzewnego w latach 2001–2009 na przykładzie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Zielonej Górze [Evaluating variation in logged timber costs and timber prices during the period 2001–2009 for the Regional Directorate of the State Forests in Zielona Góra]. *Leśn. Pr. Bad.*, 75, 1–6 [in Polish].
- Albert, M., Hansen, J., Nagel, J., Schmidt, M., Spellmann, H. (2015). Assessing risks and uncertainties in forest dynamics under different management scenario and climate change. *For. Ecosyst.*, 2(1), 7063.
- Ankudo-Jankowska, A., Glura, J. (2016). Ocena wykorzystania mierników księgowych do badania rentowności Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe [Assessment of the use of accounting measures to study profitability of the State Forests National Forest Holding]. *Leśn. Pr. Bad.*, 77(2), 158–165 [in Polish].

- Bernadzki, E. (1993). Zwiększanie różnorodności biologicznej przez zabiegi hodowlano-leśne [Increasing biodiversity through breeding and forestry treatments]. *Sylwan*, 3, 29–36 [in Polish].
- Bernadzki, E. (2009). Wielofunkcyjny las w badaniach hodowli lasu [Multifunctional forest in research on silviculture]. W: *Leśnictwo wielofunkcyjne – stan obecny i przyszłość* (s. 167–180). Zimowa Szkoła Leśna. Sękocin Stary: IBL [in Polish].
- Biber, P., Borges, J., Moshhammer, R., Barreiro, S., Botequim, B., Brodrechtová, Y., Brukas, G., ..., Sallnäs, O. (2015). How sensitive are ecosystem services in European forest landscapes to silvicultural treatment? *Forests*, 6, 1666–1695.
- Bielak, K., Dudzińska, M., Pretzsch, H. (2014). Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments. *For. Syst.*, 23(3), 573.
- Brukas, V., Thorsen, B., J., Helles, F. (2001). Discount rate and harvest policy: Implications for Baltic forestry. *J. For. Policy Econ.*, 2, 143–156.
- Chang, S. J. (2001). One formula, myriad applications – 150 years of practicing the Faustmann Formula in Central Europe and the USA. *For. Policy Econ.*, 2(2), 97–99.
- Dieter, M. (2001). Land expectation values for spruce and beech calculated with Monte Carlo modelling techniques. *For. Policy Econ.*, 2, 157–166.
- Fonder, W., Żybura, H. (2012). Metody hodowli lasu w aspekcie produkcji drewna [Forest silvicultural methods in terms of timber production]. W: *Przyrodnicze i gospodarcze aspekty produkcji oraz wykorzystania drewna. Stan obecny i prognoza* (s. 64–75). Zimowa Szkoła Leśna. Sękocin Stary: IBL [in Polish].
- Friedrich, S., Paul, C., Brandl, S., Biber, P., Messerer, K., Knoke, T. (2019). Economic impact of growth effects in mixed stands of Norway spruce and European beech – A simulation based study. *For. Policy Econ.*, 104, 65–80.
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., ..., Bengtsson, J. (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nat. Comms.*, 4, 1340.
- Gayer, K. (1886). *Der gemischte Wald: Seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft*. Berlin: Paul Parey.
- Gostolek, R., Adamowicz, K. (2016). Wpływ siedliskowego typu lasu na miąższościowy współczynnik nasilenia trzebieży [The effect of forest site type on thinning type ratio]. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 15(3), 169–174 [in Polish].
- Gutsch, M., Lasch-Born, P., Suckow, F., Reyer, C. P. O. (2016). Evaluating the productivity of our main tree species in Germany under climate change with static reduced models. *Ann. For. Sci.*, 73(2), 401–410.
- Hartman, R. (1976). The harvesting decision when a standing forest has value. *Econ. Inq.*, 14(1), 52–58.
- Resolution H1. General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe (1993). Second Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe 16–17 June 1993, Finland, Helsinki.
- Jactel, H., Gritti, E. S., Drössler, L., Forrester, D. I., Mason, W. L., Morin, X., ..., Castagnérol, B. (2018). Positive biodiversity-productivity relationships in forests: climate matters. *Biol. Lett.*, 14(4).
- Kennel, R. (1965a). Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand – Teil I: Teil I. *Allg. Forst. Jagdz.*, 136(7), 149–161.
- Kennel, R. (1965b). Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand – Teil II: Teil II. *Allg. Forst- Jagdz.*, 136(8), 173–189.
- Klocek, A., Zając, S. (2018). Teoria portfela w leśnictwie – optymalizacja składu gatunkowego drzewostanów [Portfolio theory in forestry – optimization of the species composition]. *Sylwan*, 162(12), 971–979 [in Polish].
- Liang, J., Watson, J. V., Zhou, M., Lei, X. (2016). Effects of productivity on biodiversity in forest ecosystems across the United States and China. *Conserv. Biol.*, 30(2), 308–317.
- Lu, H., Mohren, G. M. J., Den Ouden, J., Goudiaby, V., Sterck, F. J. (2016). Overyielding of temperate mixed forests occurs in evergreen-deciduous but not in deciduous-deciduous species mixtures over time in the Netherlands. *For. Ecol. Manag.*, 376, 321–332.
- Luo, D., Zhang, W. (2014). A comparison of Markov model-based methods for predicting the ecosystem service value of land use in Wuhan, central China. *Ecosyst. Serv.*, 7, 57–65.
- Manley, B., Bare, B. B. (2001). Computing maximum willingness to pay with Faustmann’s formula: some special situations from New Zealand. *For. Policy Econ.*, 2(2), 179–193.
- Mitra, T., Wan, H. (1985). Some theoretical results on the economics of forestry. *Rev. Econ. Stud.*, 52, 263–282.
- Möhring, B. (2001). The German struggle between the “Bodenreinertragslehre” (land rent theory) and “Waldreinertragslehre” (theory of the highest revenue) belongs

- to the past — but what is left? *For. Policy Econ.*, 2(2), 195–201.
- Nadrowski, K., Wirth, C., Scherer-Lorenzen, M. (2010). Is forest diversity driving ecosystem function and service? *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 2(1–2), 75–79.
- Paquette, A., Messier, C. (2011). The effect of biodiversity on tree productivity: From temperate to boreal forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 20(1), 170–180.
- Piszczyk, M., Lysik, K. (2010). Analiza porównawcza wybranych kosztów, struktury sprzedaży drewna, uzyskiwanych cen średnich oraz wyniku finansowego w dwunastu nadleśnictwach silnie i słabo zróżnicowanych przyrodniczo w RDLP Katowice [Comparative analysis of selected costs, timber sales structure, average prices obtained and the financial result in twelve forest districts strongly and poorly diversified in terms of nature in RDSF Katowice]. *Zarządz. Ochr. Przyr. Las.*, 4, 301–313 [in Polish].
- Podgórski, M. (1991). Próba wyceny wartości produkcyjnej lasu na podstawie wskaźników etatu użytkowania lasu i wielkości zmiany zapasu drzewnego na pniu [An attempt to estimate the productive value of the forest on the basis of the cutting budget and the size of the change of stand volume]. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 72, 47–52 [in Polish].
- Polityka leśna państwa [State forest policy] (1997). Warszawa: Min. Ochr. Środ. Zasob. Natur. Leśn.
- Pretzsch, H., Schütze, G. (2016). Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. *Eur. J. Forest Res.*, 135(1), 1–22.
- Pukkala, T. (2018). Effect of species composition on ecosystem services in European boreal forest. *J. For. Res.*, 29(2), 261–272.
- Ruiz-Benito, P., Gómez-Aparicio, L., Paquette, A., Messier, C., Kattge, J., Zavala, M. A. (2014). Diversity increases carbon storage and tree productivity in Spanish forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 23(3), 311–322.
- Rykowski, K. (2007). Koniec leśnictwa? [End of forestry?] W: Z. Sierota (red.), *Quo vadis forestry?* (s. 162–182). Sękocin Stary: IBL [in Polish].
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., ..., Reyser, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nat. Clim. Chang.*, 7(6), 395–402.
- Szramka, H. (1984). Formuły rachunku ekonomicznego oraz parametry efektywności produkcji w gospodarstwie leśnym [Formulas of economic calculus and parameters of production efficiency in a forest holding]. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 58, 129–135 [in Polish].
- Szramka, H. (1991). Metodyka określania efektywności produkcji w fazie produkcji leśnej „na pniu” [Methodology for determining production efficiency in the „on the trunk” stage of forest production]. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 72, 75–82 [in Polish].
- Szramka, H. (1992). Metodyka określania efektywności produkcji i efektywności pracy w fazie produkcji leśnej „przy pniu” [Methodology for determining production efficiency and labour efficiency in the timber cutting stage]. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 74, 113–118 [in Polish].
- Szramka, H., Adamowicz, K. (2017). Kierunki modyfikacji statusu Lasów Państwowych [Trends in modification of the status of the State Forests in Poland]. *Sylvan*, 5, 356–364 [in Polish].
- Toïgo, M., Vallet, P., Perot, T., Bontemps, J.-D., Piedallu, C., Courbaud, B., Canham, C. (2015). Overyielding in mixed forests decreases with site productivity. *J. Ecol.*, 103(2), 502–512.
- Tomaszewski, K. (2017). Kompleksowe rozwiązanie problemu wartościowania nieruchomości leśnych koncepcja projektu rozwojowego PGL LP. Referat wygłoszony na Zimowej Szkole Leśnej [A comprehensive solution to the problem of forest property valuation. The concept of the PGL LP development project. Paper presented at the Winter Forest School]. Sękocin Stary: IBL [in Polish].
- Viitala, E.-J. (2016). Faustmann formula before Faustmann in German territorial states. *For. Policy Econ.* 65, 47–58.
- Vilà, M., Carrillo-Gavilán, A., Vayreda, J., Bugmann, H., Fridman, J., Grodzki, W., ..., Trasobares A. (2013). Disentangling biodiversity and climatic determinants of wood production. *PLoS One*, 8(2), e53530.
- Zajac, S. (2013). Wartościowanie lasu w teorii i praktyce. Materiały Narodowego Programu Leśnego. Panel ekspertów „WARTOŚĆ” Lasy jako czynnik rozwoju cywilizacji: współczesna i przyszła wartość lasów [Forest valuation in theory and practice. Materials of the National Forest Program. Panel of experts “VALUE” Forests as a factor of civilization development: contemporary and future value of forests]. 15.10.2013 r. [in Polish].
- Zeller, L., Liang, J., Pretzsch, H. (2018). Tree species richness enhances stand productivity while stand structure can have opposite effects, based on forest inventory data from Germany and the United States of America. *For. Ecosyst.*, 5(1), 3.
- Zhang, Y., Chen, H. Y. H., Reich, P. B. (2012). Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: A global meta-analysis. *J. Ecol.*, 100(3), 742–749.

VARIABILITY IN FOREST REGENERATION COSTS DEPENDING ON THE FELLING GROUP AND TYPE OF FOREST HABITAT

ABSTRACT

The aim of the study was to present variability in forest regeneration costs depending on the felling group and type of forest habitat. Source materials were obtained from 27 forest districts of the Regional Directorate of State Forests in Toruń. The total and unit costs of artificial regeneration performed in clear cutting areas and on complex clearings were analyzed, taking into account 10 forest habitat types. The conducted analyses showed that the total unit costs of forest regeneration as well as costs of materials and labor varied depending on the felling group and forest habitat type. The cost of forest regeneration per 1 ha of forest area after clear felling was PLN 4506.16, while after the application of compound felling it was PLN 5868.65 (an increase by 30%). A higher unit cost of forest regeneration was found for broadleaved habitats (PLN 5,655.45) compared to coniferous habitats (PLN 4,508.63). The difference was 20%. The highest unit costs of materials and labor for the plots after clear felling were found for the FBF habitat, while in the case of compound felling for the FBF (materials) and FMBF (labor) habitats.

Keywords: silviculture, forest regeneration, felling, forest habitat type, costs