

JAROSŁAW PIEKUTIN, BRONISŁAW KŁAPEĆ, MICHAŁ ORZECHOWSKI

Gęstość sieci dróg leśnych – ekonomiczny punkt widzenia

Density of forest road network – economic point of view

ABSTRACT

Piekutin J., Kłapeć B., Orzechowski M. 2015. Gęstość sieci dróg leśnych – ekonomiczny punkt widzenia. Sylwan 159 (3): 179-187.

The study determines the optimal density of forest road network in order to minimize the costs of wood transportation, taking into account the current and future harvest range and timber export. The study was conducted on a group of 44 forest districts, representative of the current technical state and density of forest road network in the State Forests in Poland. Analysis of the state of the road network was carried out considering the type of the road surface and from the point of view of the density of the road network. In the studied forest districts unsurfaced roads constitute 75.3% of the total length of the roads. These roads are characterized by inadequate technical quality, and are practically unfit for high tonnage vehicles. The optimal density of the forest roads (q_o) is determined based on knowledge of the predicted harvest volume (V), the cost of skidding 1 m³ for distances of 1 km (d), the expected life of the roads (n), the road construction cost (I) and the road maintenance cost (R) (formula [2]). Calculations were carried out for variant I (actual data), variant II (increase in one parameter, e.g. the harvest cost by 50%), variant III (increase in two parameters simultaneously, e.g. the harvest cost by 50% and the road construction cost by 10%) and variant IV (increase in two parameters on a larger scale, e.g. harvest costs by 80% and construction costs by 10%).

In the variant I, the optimal density of the road network ranges from 4.4 to 9.3 m/ha, with the average value of 6.5 m/ha. Analyses in other variants indicated increase in the optimal density of road network with increased harvest costs. Increase in the cost of road construction reduces the optimal density of the road network, but this can be offset by the greater increase in the cost of harvest. The current density of forest surfaced road network in tested districts is 3.8 m/ha, while the optimal density in basic variant (without changing the costs of harvesting and road construction) is at 6.5 m/ha. Bringing the road network to the optimal state will require increase in the density of the road network of 2.7 m/ha, which means that the construction of an additional 2 119 km of roads in tested forest districts and about 10 times more in whole state forests in Poland.

KEY WORDS

forest road network, optimal density of forestry roads, timber harvesting costs

ADDRESSES

Jarosław Piekutin – e-mail: Jaroslaw.Piekutin@wl.sggw.pl

Bronisław Kłapeć – e-mail: Bronislaw.Klapec@wl.sggw.pl

Michał Orzechowski – e-mail: Michal.Orzechowski@wl.sggw.pl

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, SGGW w Warszawie;
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Wstęp

Ekonomiczne znaczenie dróg leśnych wynika z dwóch zasadniczych przesłanek. Po pierwsze, stanowią one warunek udostępnienia obszarów leśnych do celów gospodarczych, a ich niedostatek pogarsza efekty ekonomiczne gospodarki leśnej. Po drugie, znaczenie dróg leśnych wiąże się również z realizacją innych, niegospodarczych funkcji lasu, w szczególności chodzi o turystykę i rekreację na obszarach leśnych, a ostatnio także ochronę różnorodności biologicznej, czego ranga niewątpliwie będzie rosła w przyszłości [Drogi... 2006]. Niedostateczne zagęszczenie sieci dróg powoduje nadmierne wydłużenie zrywki, stanowiącej najdroższy w przeliczeniu na m³/km etap transportu drewna. Zmniejszenie jej kosztów uzyskuje się przede wszystkim dzięki nasyceniu obszarów leśnych odpowiednią gęstością sieci dróg. Obecnie, jak wynika z przeglądu literatury fachowej, waha się ona w krajach europejskich od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów bieżących dróg na 1 ha powierzchni leśnej. W naszym kraju, w przypadku Lasów Państwowych, gęstość sieci dróg leśnych wynosi około 25 m/ha (w tym tylko około 4 m/ha dróg utwardzonych) i jest ciągle znacznie niższa w porównaniu z odpowiednim wskaźnikiem dla Niemiec (30-50 m/ha), Francji (30-40 m/ha) czy też w odniesieniu do Szwajcarii (43-60 m/ha), w których podane wskaźniki nie reprezentują jeszcze wartości optymalnych. W innych krajach przyjmuje się również podobne wielkości docelowego stanu zagęszczenia sieci dróg leśnych, przy czym w zależności od ukształtowania terenu zalecane zagęszczenie sieci dróg leśnych waha się w granicach od 33 do 67 m/ha [Pisarenko, Strachov 2009; Loboda 2010]. Warto zauważyć, że drogi leśne, po wartości zasobów leśnych, stanowią podstawową część kapitału trwałego gospodarstwa leśnego, powstałego w wyniku wydatkowania znacznych środków finansowych. Budowa i rozbudowa sieci dróg leśnych należy bowiem od lat do podstawowych kierunków inwestowania w leśnictwie. Dotyczy to także Lasów Państwowych, które w ciągu 21 lat (1985-2006) zwiększyły długość dróg leśnych w naszym kraju o 3 tys. km [Sprawozdanie... 2007].

Wzrost nakładów na budownictwo drogowe w lasach podyktowany jest zwiększającym się z roku na rok pozyskaniem drewna, rosnącym tonażem pojazdów wykorzystywanych do transportu drewna, wzrostem znaczenia funkcji rekreacyjnych w lasach, ale przede wszystkim niedostatecznym zagęszczeniem sieci dróg. Nakłady inwestycyjne na budowę dróg leśnych i wynikające stąd koszty ich utrzymania będą zapewne rosły w przyszłych latach. Do roku 2017 planuje się wybudowanie 2,6 tys. km oraz przebudowę i modernizację 17 tys. km dróg leśnych [Sprawozdanie... 2007]. Stąd też racjonalne gospodarowanie nakładami przeznaczanymi na budowę dróg w Lasach Państwowych ma ważne znaczenie dla uzyskiwanych przez nie wyników ekonomicznych.

Celem badań jest ustalenie optymalnej gęstości sieci dróg leśnych minimalizującej koszty transportu drewna i uwzględniającej jednocześnie obecne oraz przyszłe zadania w zakresie pozyskania i wywozu drewna. Docelowa gęstość sieci dróg leśnych dotyczy dróg z nawierzchnią utwardzoną, przystosowanych do ruchu samochodów wysokotonażowych. Metodyczną przesłanką powyższej optymalizacji są dwa przeciwstawne z ekonomicznego punktu widzenia etapy transportu, tj. zrywki i wywozu drewna: im większa gęstość sieci dróg, tym krótszy i tańszy etap zrywki, ale większe nakłady inwestycyjne obciążające każdy m³ pozyskanego drewna. Przyjmuje się, że transport przy użyciu wysokotonażowych środków samochodowych jest od 10 do 20 razy tańszy w porównaniu z kosztami zrywki przy użyciu ciągników na tę samą odległość (niektóre źródła podają, że transport samochodami jest nawet 20 do 30 razy tańszy) [Picman, Pentek 1997]. Ponieważ koszty zrywki są wyższe niż koszty wywozu, dlatego w praktycznie każdych warunkach można ustalić optymalną gęstość sieci dróg, przy której łączne koszty transportu drewna będą mini-

malne. Analizę stanu sieci drogowej w wybranych nadleśnictwach przeprowadzano ze względu na rodzaj nawierzchni drogowej oraz z punktu widzenia gęstości sieci dróg, wyrażającej długość dróg przypadającą na jednostkę powierzchni leśnej.

Material i metody

Realizację celu badań przeprowadzono na wybranej grupie nadleśnictw charakteryzującej obecny stan techniczny i zagęszczenie sieci dróg leśnych w Lasach Państwowych. Wyboru reprezentatywnej grupy nadleśnictw testowych dokonano przy współpracy z Dyrekcją Generalną Lasów Państwowych (Wydział Infrastruktury Leśnej). Grupa ta obejmuje łącznie 44 nadleśnictwa. W ramach poszczególnych regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych liczba nadleśnictw testowych waha się od 2 do 4. Podstawę ogólnej charakterystyki sieci dróg leśnych w nadleśnictwach testowych stanowiły wyniki inwentaryzacji dróg w Lasach Państwowych według stanu na rok 2006 [Sprawozdanie... 2007]. Analizowano nadleśnictwa: Maskulińskie, Pisz, Cewice, Kaliska, Kwidzyn, Kobiór, Kup, Turawa, Ujsoły, Nawojowa, Niepołomice, Piwniczna, Kolbuszowa, Komańcza, Lutowiska, Sieniawa, Biłgoraj, Janów Lubelski, Krasnystaw, Bełchatów, Kutno, Nowe Ramuki, Srokowo, Okonek, Wałcz, Góra Śląska, Jarocin, Koło, Konin, Jędrzejów, Suchedniów, Goleniów, Gryfice, Gryfino, Czaplonek, Szczecinek, Czersk, Rytel, Drewnica, Ostrów Mazowiecka, Wołów, Żmigród, Bytnica i Krzystkowice.

Jednym z ważniejszych celów budowy sieci dróg leśnych jest tworzenie odpowiednich warunków dla transportu drewna [Stückelberger 2008]. Z tego właśnie względu koszty transportu drewna nadal stanowią podstawowe kryterium przy ustalaniu wskaźników optymalnej gęstości sieci dróg leśnych. Wychodząc z założenia, że gęstość sieci dróg leśnych wywiera decydujący wpływ na koszty transportu drewna, określenie optymalnej gęstości sieci dróg sprowadza się do znajomości równania jednostkowych kosztów transportu drewna (E_j):

$$E_j = K_j + I_j + R_j + W_j \quad [1]$$

gdzie:

- K_j – koszty zrywki 1 m³ drewna,
- I_j – koszty budowy dróg przypadające na 1 m³ drewna wywożonego drogami leśnymi,
- R_j – koszty konserwacji i remontów dróg w przeliczeniu na 1 m³ drewna,
- W_j – koszty wywozu 1 m³ drewna drogami leśnymi.

Poszczególne składniki kosztów transportu (E_j) reagują w różny sposób w miarę wzrostu gęstości sieci dróg, tzn. jedne rosną, a drugie maleją. Maleją zwłaszcza koszty zrywki drewna (K_j), gdyż skraca się jej średnia długość. Większa gęstość sieci dróg to również mniejsza długość przewozu po drogach leśnych, co ma znaczący wpływ na koszty tego etapu transportu drewna w sytuacjach znaczących dysproporcji między jakością i nośnością dróg leśnych oraz dróg publicznych. Zwiększenie gęstości sieci dróg leśnych działa także w przeciwnym kierunku. Zawsze bowiem towarzyszy mu wzrost nakładów na inwestycje drogowe (I_j) oraz konserwację i remonty dróg (R_j). To właśnie dzięki przedstawionym różnokierunkowym zmianom elementów decydujących o kosztach transportu drewna istnieje taka gęstość sieci dróg, przy której sumaryczne koszty transportu osiągają wartość minimalną. Fakt ten jest powszechnie wykorzystywany przy ustalaniu optymalnej gęstości sieci dróg [Klocek 1970].

Traktując jednostkowe koszty transportu drewna (E_j) jako funkcję gęstości sieci dróg, można wyprowadzić wzór na gęstość optymalną (q_0) [Klocek 1972]:

$$q_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{d \cdot n \cdot V}{I + R \cdot n}} \quad [2]$$

gdzie:

d – koszty zrywki 1 m^3 na odległość 1 km [$\text{zł}/\text{m}^3$],

n – okres eksploatacji drogi [lata],

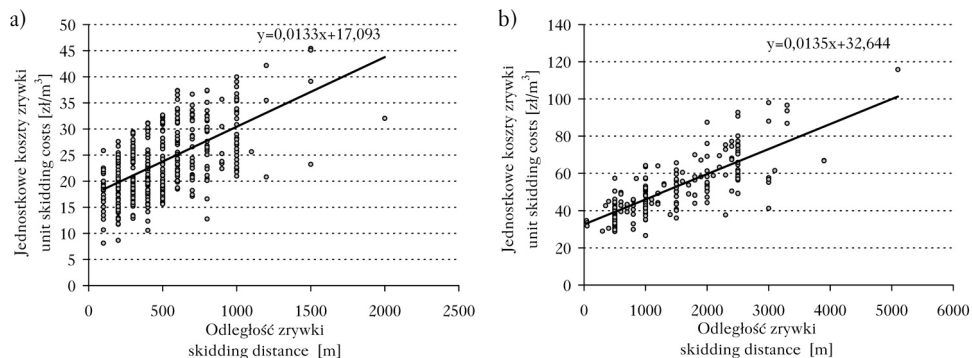
V – prognozowana miąższość pozyskania drewna w ciągu jednego roku [$\text{m}^3/100 \text{ ha}$],

I – koszty budowy dróg [$\text{zł}/\text{km}$],

R – koszty konserwacji i remontów dróg [$\text{zł}/\text{km}$].

Określenie wskaźnika optymalnej gęstości sieci dróg leśnych wymaga znajomości kształtowania się wartości (wielkości, skali) poszczególnych elementów składowych zawartych we wzorze [2]. Do ustalenia przeciętnych kosztów zrywki drewna (d) w poszczególnych nadleśnictwach testowych wykorzystano dane z szacunków brakarskich za rok 2010. Na podstawie wymienionych danych źródłowych ustalono zależności między odległością a kosztami jednostkowymi zrywki, które opisano w postaci równań kosztów zrywki dla wszystkich 44 nadleśnictw testowych (ryc.). Przeciętna odległość zrywki w nadleśnictwach testowych wynosi 320 m (przy maksymalnej – 1432 m i minimalnej – 103 m), zaś przeciętny koszt zrywki kształtuje się na poziomie $22,1 \text{ zł}/\text{m}^3$ (przy maksymalnym – $52,4 \text{ zł}/\text{m}^3$ i minimalnym – $14,9 \text{ zł}/\text{m}^3$).

Kolejnym elementem, niezbędnym do określenia optymalnej gęstości sieci dróg leśnych są koszty budowy dróg leśnych (I), które obejmują: wydatki na opracowanie założeń projektowych, realizację obiektów sieci dróg, koszty nadzoru inwestycyjnego i inne, np. podatek VAT. Zgodnie z założeniem zawartym w celu pracy są to koszty budowy dróg leśnych o odpowiednim standardzie, przystosowanych do transportu samochodami wysokotonażowymi. Ustalenie faktycznie poniesionych kosztów budowy drogi jest zadaniem niezmiernie trudnym [Naghdi, Mohammadi 2009; Olsson, Lohmander 2005; Olsson 2007], nadleśnictwa nie dysponują bowiem pełnym zbiorem informacji na ten temat. Wynika to z kilku powodów. Jednym z nich jest fakt, że aktualna sieć dróg leśnych składa się w znacznej mierze z dróg gruntowych (przynajmniej w większości nadleśnictw), które powstały żywiołowo z dróg „wytoczonych” przez ludność oraz dróg nie tyle wybudowanych, co wykorzystywanych w przeszłości dla potrzeb doraźnych. W nadleśnictwach testowych długość tych dróg na terenach leśnych wynosi $15\,793 \text{ km}$, co odpowiada gęstości $20,1 \text{ m}/\text{ha}$. Są to drogi o złym stanie technicznym i na których – jak już wspomniano – ruch pojazdów samochodowych, zwłaszcza wysokotonażowych, w zasadzie nie powinien mieć miejsca. Nawet drogi o stanie dobrym i średnim nie zawsze są ewidencjonowane, tzn. nieznana jest ich aktualna wartość inwentarzowa. To ostatnie stwierdzenie nie dotyczy dróg uznanych za środki



Ryc.

Jednostkowy koszt zrywki [$\text{zł}/\text{m}^3$] na przykładzie nadleśnictw Srokowo (a) i Piwniczna (b)
Unit skidding costs [$\text{zł}/\text{m}^3$] in Srokowo (a) and Piwniczna (b) forest districts

trwałe i wpisanych do księgi inwentarzowej. Podstawowe źródła informacji o kosztach budowy dróg leśnych to zapisy zawarte w księgach inwentarzowych nadleśnictw testowych, informacje uzyskane od nadleśnictw testowych w drodze wywiadu oraz dane pochodzące z inwentaryzacji dróg według stanu na rok 2006. W przypadku zapisów zawartych w księgach inwentarzowych nadleśnictw testowych należy podkreślić, że nie wszystkie budowane w ostatnim okresie drogi leśne były zaliczane do środków trwałych i umieszczane w spisie inwentarza (księga środków trwałych). Wpisami objęto tylko drogi budowane ze środków inwestycyjnych. Tym niemniej z danych tych wynika, że wartość inwentarzowa 1 km drogi w poszczególnych nadleśnictwach testowych waha się w szerokich granicach, od wartości skrajnie niskich (45-65 tys. zł/km) do bardzo wysokich (400-550 tys. zł/km). Na podstawie wywiadów przeprowadzonych w nadleśnictwach testowych również uzyskano zróżnicowane informacje, przy czym większość budowanych dróg wymagała poniesienia nakładów wahających się w przedziale 200-300 tys. zł. Zdarzały się również przypadki bardzo wysokich kosztów budowy 1 km drogi: sięgające 600, a nawet 680 tys. zł. Z badań ankietowych przeprowadzonych przez Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu wynika z kolei, że koszty te mogą wahać się od 110 do nawet 650 tys. zł/km. Analizując powyższe dane pochodzące z różnych źródeł, ostatecznie postanowiono przyjmując następujące wartości: dla nadleśnictw nizinnych – 213 405 zł/km, dla górskich – 380 000 zł/km.

Następnym elementem niezbędnym do ustalenia optymalnej gęstości sieci dróg jest okres eksploatacji dróg leśnych (*n*). Lasy Państwowe budują drogi głównie ze środków własnych. Zasadniczo nie korzystają z kredytów czy oprocentowanych pożyczek, co obniża koszty budowy. W ocenie projektów inwestycyjnych jednym z podstawowych kryteriów jest stopa zwrotu wydatkowych nakładów, która określa jednocześnie okres zwrotu tych nakładów. W kalkulacjach leśnych powszechnie przyjmuje się 3-5-procentową stopę zwrotu nakładów inwestycyjnych [Miller, Płotkowski 1994]. Oznacza to, że okres zwrotu nakładów inwestycyjnych kształtuje się w granicach 20-30 lat. W przypadku dróg leśnych zaliczanych do środków trwałych przyjmuje się znormalizowaną stopę amortyzacji w wysokości 3%. Biorąc pod uwagę fakt, że większość dróg leśnych nie jest zaliczana do środków trwałych, a także podlega zużyciu fizycznemu powodowanemu m.in. ruchem wysokotonażowych pojazdów samochodowych oraz zużyciu ekonomicznemu, które wynika z postępu technicznego w zakresie budowy dróg leśnych, w niniejszym opracowaniu przyjęto stopę w wysokości 4%. Wielkość stopy procentowej przesądza o okresie zwrotu wydatkowanych nakładów, co w tym przypadku pokrywa się z okresem amortyzacji całej sieci drogowej. Stąd też do dalszych obliczeń przyjęto okres amortyzacji dróg leśnych równy 25 lat, niezależnie od intensywności użytkowania oraz potrzeb bieżących napraw i remontów poszczególnych dróg.

W dalszej kolejności określono koszty utrzymania i remontów dróg (*R*). Obok nakładów inwestycyjnych są one podstawowym elementem ekonomicznej oceny efektywności budowy sieci dróg, obciążającym wartość pozyskanego drewna. W skład tych kosztów wchodzi prace o charakterze konserwacyjnym i remontowym. Dla prawidłowego ustalenia kosztów utrzymania i remontów dróg należałoby znać koszty wykonania poszczególnych remontów, częstotliwość (cykle) remontów oraz okres eksploatacji inwestycji drogowej. Dane te powinno się ustalać odrębnie dla poszczególnych elementów drogi, uwzględniając również typ drogi, a zwłaszcza rodzaj nawierzchni [Instrukcja... 2008]. Dotychczas nie opracowano jednak takich danych dla dróg leśnych i stąd braki dotyczące normatywnych wskaźników i stawek na remonty sieci dróg leśnych oraz częstotliwości tych remontów. Koszty związane z remontem i utrzymaniem dróg leśnych w nadleśnictwach są ewidencjonowane na bieżąco w księgach rachunkowych. Warto zwrócić uwagę, że w dokumentacji gospodarczej podawane są koszty bez kwalifikacji, jakiego

remontu dotyczą, stąd też dane zebrane w nadleśnictwach należy traktować jako wartości orientacyjne. Autorzy opracowania nie dotarli do danych normatywnych z tego zakresu, zatem w dalszych obliczeniach postanowiono przyjąć przeciętny koszt utrzymania 1 km drogi na podstawie danych rzeczywistych pochodzących z ewidencji analitycznej (MPK 271) prowadzonej na koncie 5106 (utrzymanie obiektów leśnych ogólnego przeznaczenia) w odniesieniu do wszystkich dróg leśnych. W rezultacie przeprowadzonych wyliczeń okazało się, że w nadleśnictwach testowych koszt ten kształtuje się na poziomie 1700 zł/km.

Ostatnim elementem, niezbędnym do wyliczenia optymalnej gęstości sieci dróg leśnych, jest określenie miąższości drewna planowanego do pozyskania w okresie eksploatacji dróg leśnych z powierzchni 1 km² (*V*). Kształtowanie się rozmiaru pozyskania należy określać z założeniem znacznego horyzontu czasowego (kilkadziesiąt lat), wynikającego z przewidywanego okresu eksploatacji całej sieci dróg. Ze względu na dużą liczbę czynników zakłócających rozwój zasobów drzewnych na pniu, określenie ilości drewna przewidywanego do pozyskania i wywozu może mieć charakter jedynie szacunkowy. W tej sytuacji postanowiono wykorzystać system baz danych i program „Prognoza” [Prognozowanie... 2008]. Program ten zawiera m.in. opracowaną metodę prognozowania i obliczania możliwości pozyskania drewna we wszystkich nadleśnictwach Lasów Państwowych (w ramach cięć rębnych i przedrębnych) w latach 2012-2027. Umożliwia ponadto określenie struktury sortymentowej pozyskiwanego surowca drzewnego z uwzględnieniem klas grubości surowca wielkowymiarowego. Do celów niniejszej pracy badawczej dla nadleśnictw testowych wykorzystano wyniki prognoz pozyskania na lata 2012-2027.

Biorąc pod uwagę możliwość zmiany wartości parametrów mających wpływ na kształtowanie się optymalnej gęstości sieci dróg, obliczenia przeprowadzono w kilku wariantach:

- wariant I (podstawowy),
- wariant II – zakładający zmianę jednego parametru, tj. kosztów zrywki o 50%,
- wariant III – zakładający zmianę dwóch parametrów jednocześnie, tj. kosztów zrywki o 50% i kosztów budowy o 10%,
- wariant IV – zakładający zmianę dwóch parametrów jednocześnie w większej skali, tj. kosztów zrywki o 80% i kosztów budowy o 10%.

Wyniki i dyskusja

Ogólna długość dróg (publicznych i leśnych) na terenach leśnych w nadleśnictwach testowych wynosi 22 881 km, co stanowi 12,5% długości wszystkich dróg zlokalizowanych na terenach Lasów Państwowych. W ramach tej liczby aż 17 229 km (75,3%) to drogi o nawierzchni gruntowej. Zatem $\frac{3}{4}$ dróg w nadleśnictwach testowych charakteryzuje się nieodpowiednią jakością techniczną – są praktycznie nieprzystosowane do transportu środkami wysokotonażowymi. Sytuacja w całych Lasach Państwowych wydaje się być jeszcze bardziej niekorzystna, gdyż wskaźnik długości dróg gruntowych w stosunku do ogólnej długości wszystkich dróg na terenie Lasów Państwowych wynosi blisko 84% [Sprawozdanie... 2007]. Tylko w 10 nadleśnictwach drogi gruntowe nie przekraczają połowy długości wszystkich dróg leśnych, a w 18 jednostkach udział ten wynosi przeszło 90%. W pozostałych nadleśnictwach drogi gruntowe stanowią ponad połowę długości wszystkich dróg leśnych. Na uwagę zasługuje również wskaźnik udziału dróg leśnych z nawierzchnią utwardzoną (ulepszoną i nieulepszoną). Ogółem w Lasach Państwowych długość dróg leśnych utwardzonych wynosi 29 450 km, co stanowi tylko 16,1% ogólnej długości dróg leśnych. Zbliżoną wartość tego wskaźnika, wynoszącą bowiem 15,7% (przy długości dróg z nawierzchnią utwardzoną na poziomie 2950 km), odnotowano również w nadleśnictwach testowych. Przy czym w 18 jednostkach wskaźnik ten nie przekroczył 10%, a tylko w 4 wyniósł

ponad 90%. Niski poziom wskaźnika udziału dróg z nawierzchnią utwardzoną może świadczyć o stosunkowo złym stanie większości dróg leśnych w Lasach Państwowych.

Kolejnym istotnym elementem charakterystyki dróg na terenach leśnych jest gęstość sieci dróg, czyli nasycenie powierzchni leśnej drogami. Poziom tego wskaźnika świadczy o dostępności powierzchni leśnych dla środków transportowych w czasie zrywki i wywozu drewna. Jego wartość dla wszystkich dróg (publicznych i leśnych) na terenach leśnych nadleśnictw testowych wynosi 29,1 m/ha, a w przypadku dróg leśnych 23,9 m/ha. Średnia wartość wskaźnika gęstości sieci dróg leśnych z nawierzchnią gruntową w nadleśnictwach testowych wynosi 20,1 m/ha (przy minimalnej wielkości 0,2 m/ha i maksymalnej 50,6 m/ha) i tylko w 14 jednostkach nie przekracza 10 m/ha, a w 13 jest większa niż 30 m/ha. Z kolei bardzo niską średnią wartością charakteryzuje się wskaźnik gęstości sieci dróg leśnych z nawierzchnią utwardzoną – jest to zaledwie 3,8 m/ha (z minimalną wartością 0,1 m/ha i maksymalną 15,8 m/ha), przy czym gęstość poniżej 1 m/ha występuje w 5 nadleśnictwach, a powyżej 5 m/ha w 10. Średni poziom wskaźnika gęstości sieci dróg leśnych i publicznych z nawierzchnią utwardzoną kształtuje się na poziomie 7,2 m/ha (przy minimalnej wielkości 0,5 m/ha i maksymalnej 18,4 m/ha).

Aktualna sieć dróg leśnych składa się w znacznej mierze z dróg gruntowych. Są to drogi, które w ocenach i inwentaryzacjach są zaliczane do dróg o złym stanie i na których ruch pojazdów samochodowych, zwłaszcza wysokotonażowych, nie powinien mieć miejsca, ewentualnie może być dopuszczalny sporadycznie przy zdecydowanie sprzyjających warunkach atmosferycznych [Operat... 2010]. Można stwierdzić, że w Lasach Państwowych brakuje dróg leśnych o nawierzchni utwardzonej, wykonanych zgodnie z odpowiednim standardem, które spełniałyby wymogi wynikające z faktu wykorzystywania do transportu drewna w coraz większym zakresie środków o dużej ładowności [Sprawozdanie... 2007].

Dla wariantu I optymalna gęstość sieci dróg w poszczególnych nadleśnictwach testowych waha się w granicach od 4,4 m/ha w Nadleśnictwie Czernikowice do 9,3 m/ha w Nadleśnictwie Komańcza (tab.), natomiast wartość przeciętna w grupie nadleśnictw testowych kształtuje się na poziomie 6,5 m/ha. Z kolei dla wariantu II można zauważyć wzrost wskaźników gęstości optymalnej we wszystkich nadleśnictwach testowych, co przekłada się również na wzrost przeciętnej optymalnej gęstości w tej grupie nadleśnictw do 8,0 m/ha, a więc o 1,5 m/ha w stosunku do wariantu podstawowego. W przypadku pojedynczych nadleśnictw najbardziej ekonomiczna gęstość sieci drogowej przyjmuje wartości od najniższych (na poziomie 5,4 m/ha, 5,6 m/ha i 6,4 m/ha) do najwyższych (osiągających kolejno 10,4, 10,9 i 11,4 m/ha), a wzrost gęstości optymalnej, w stosunku do wariantu podstawowego, oscyluje w granicach od 1,0 do 2,1 m/ha. Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w wariantcie III. Wprowadzone zmiany wpływają na nieznaczne obniżenie gęstości optymalnej w stosunku do poprzedniego wariantu – przy przeciętnych wartościach dla grupy nadleśnictw testowych jest to spadek z 8,0 do 7,7 m/ha, a indywidualnie dla poszczególnych nadleśnictw różnice te wahają się w granicach od 0,2 do 0,5 m/ha. Zwiększenie kosztów zrywki o 80% i kosztów budowy drogi o 10% (wariant IV) powoduje dalszy wzrost gęstości optymalnej do przeciętnego poziomu 8,4 m/ha dla całej grupy nadleśnictw testowych. Zatem w stosunku do poprzedniego wariantu, przy jednakowych kosztach budowy drogi, wzrost kosztów zrywki z poziomu 50 do 80% wpływa na znaczne zwiększenie wskaźnika gęstości optymalnej w poszczególnych nadleśnictwach testowych, tj. od 0,5 do 1,1 m/ha. Natomiast w stosunku do wariantu podstawowego wzrost gęstości wynosi przeciętnie 1,9 m/ha, a w ramach nadleśnictw testowych waha się w przedziale 1,3-2,4 m/ha.

Obecnie w naszym kraju na terenach leśnych przeważają drogi z nawierzchnią gruntową. W skali całych Lasów Państwowych gęstość sieci dróg leśnych wynosi około 25 m/ha, w tym aż 21 m/ha stanowią drogi z nawierzchnią gruntową. Podobna sytuacja występuje w grupie nadleś-

Tabela.

Optymalna gęstość sieci dróg leśnych [m/ha] w wybranych nadleśnictwach według analizowanych wariantów (I-IV)

Economically optimal density of the forest road network [m/ha] in selected forest districts for analysed variants (I-IV)

RDLP Regional Directorate	Nadleśnictwo Forest District	Prognoza	Koszt	Koszty	I	II	III	IV
		pozyskania Estimated timber harvest [m ³ /100 ha]	zrywki Logging costs [zł/m ³ /km]	budowy drogi Road construction costs [zł/km]				
Białystok	Maskulińskie	605	32,9	213 405	7,0	8,5	8,2	9,0
Katowice	Ujsoły	539	40,5	380 000	8,5	10,4	10,0	11,0
Kraków	Nawojowa	357	32,2	380 000	6,2	7,6	7,2	7,9
Krosno	Komańcza	875	40,6	213 405	9,3	11,4	11,0	12,0
Łódź	Bełchatów	385	38,7	213 405	6,0	7,4	7,1	7,8
Olsztyn	Srokowo	525	30,4	213 405	6,2	7,6	7,3	8,0
Poznań	Jarocin	515	37,9	213 405	6,9	8,5	8,1	8,9
Radom	Jędrzejów	580	30,0	213 405	6,5	8,0	7,7	8,4
Szczecin	Gryfice	591	37,7	213 405	7,4	9,0	8,7	9,5
Szczecinek	Czaplinek	576	32,5	213 405	6,8	8,3	8,0	8,7
Toruń	Czersk	410	19,5	213 405	4,4	5,4	5,2	5,7
Warszawa	Drewnica	300	37,1	213 405	5,2	6,4	6,1	6,7
Wrocław	Wołów	593	27,2	213 405	6,3	7,7	7,4	8,1

nictw testowych, a mianowicie gęstość sieci dróg leśnych kształtuje się na poziomie 23,9 m/ha, z czego 20,1 m/ha to drogi z nawierzchnią gruntową. Z uwagi na fakt, że współczesne zestawy wywozowe mają wyższe wymagania co do jakości dróg, w tym opracowaniu skupiono się w głównej mierze na drogach z nawierzchnią utwardzoną. To właśnie te drogi powinny stanowić „podstawowy szkielet transportowy” przy projektowaniu docelowej sieci dróg leśnych, gdyż zapewniają odpowiednie standardy wywozu drewna samochodami wysokotonażowymi. Aktualna gęstość sieci dróg z nawierzchnią utwardzoną w nadleśnictwach testowych wynosi 3,8 m/ha, natomiast gęstość optymalna przy wariancie podstawowym (bez zmiany kosztów zrywki i budowy drogi) kształtuje się na poziomie 6,5 m/ha, a więc doprowadzenie do stanu optymalnego będzie wymagało zwiększenia gęstości sieci dróg o 2,7 m/ha, co oznacza wybudowanie dodatkowych 2119 km dróg. Jednak koszty budowy i utrzymania dróg, a także koszty zrywki mogą podlegać daleko idącej zmienności, stąd też wyniki obliczeń optymalnej gęstości sieci dróg mogą być poprawne tylko przez pewien czas, który jest trudny do przewidzenia. Może się okazać, że w przyszłości będzie potrzebna inna gęstość, co prezentują dodatkowe warianty obliczeń gęstości optymalnej sieci dróg, zakładające wzrost kosztów zrywki i kosztów budowy dróg chociażby w związku z rosnącymi wymogami ekologicznymi dotyczącymi budowy dróg leśnych, koniecznością zabezpieczenia przeciwpożarowego obszarów leśnych oraz realizacją pozaprodukcyjnych funkcji lasów. Czynnikiem ograniczającym może być również obejmowanie obszarów leśnych wielkopowierzchniowymi formami ochrony przyrody (np. Natura 2000), na terenie których optymalizacja sieci dróg może stać się potencjalnym problemem. Nowy przebieg dróg leśnych, zwłaszcza utwardzonych, może mieć lokalnie istotny wpływ na kształtowanie warunków siedliskowych i trwanie chronionych siedlisk przyrodniczych. Może być jednocześnie źródłem zniekształceń form geomorfologicznych, presji gatunków obcych itp. W niniejszych badaniach brano pod uwagę jedynie ekonomiczny aspekt parametrów sieci dróg leśnych jako środka udostępnienia lasu.

Literatura

- Drogi leśne. Poradnik techniczny. 2006.** Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych, Bedoń.
- Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych dla dróg gminnych. 2008.** Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa.
- Klocek A. 1970.** Zagadnienie wskaźnika efektywności inwestycji drogowych w gospodarstwie leśnym. *Folia Forestalia Polonica* 16.
- Klocek A. 1972.** Metoda oceny ekonomicznej efektywności leśnych inwestycji drogowych. *Sylvan* 116 (10): 37-44.
- Loboda S. 2010.** Sachsen. Forum Walderschließung. *AFZ Wald*, Jg. 65 (6): 8-9.
- Miller H., Płotkowski L. 1994.** Polityka leśna i gospodarowanie kapitałem leśnym. Oficyna Wydawnicza „OIKOS” Sp. z o.o., Warszawa.
- Naghdi R., Mohammadi L. 2009.** Optimal Forest Density Based on Skidding and Road Construction Costs in Iranian Forests. *Caspian Journal of Environmental Science* 7 (2): 79-86.
- Olsson L. 2007.** Optimal upgrading of forest road networks: Scenario analysis vs. stochastic modelling. *Forest Policy and Economics* 9: 1071-1078.
- Olsson L., Lohmander P. 2005.** Optimal forest transportation with respect to road investments. *Forest Policy and Economics* 7: 369-379.
- Operat drogowy dla Nadleśnictwa Bolesławiec. 2010.** Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Brzegu.
- Picman D., Pentek T. 1997.** The influence of building and maintenance expenses of forest roads on their optimal density in low-lying forests of Croatia. *Mehanizacija šumarstva* 2: 95-101.
- Pisarenko A. I., Strachov W. W. 2009.** Gosudarstvo i lesnyje dorogi: evropejskij opyt. *Lesnoje Chozjajstvo* 4: 5-7.
- Prognozowanie możliwości pozyskania sortymentów drewna okrągłego i kształtowanie zasad jego sprzedaży, uwarunkowane zmianami na rynku drzewnym. 2008.** Temat badawczy wykonany w Katedrze Urządzenia Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa na Wydziale Leśnym SGGW na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.
- Sprawozdanie z inwentaryzacji stanu rzeczowego dróg leśnych i obiektów mostowych w jednostkach lasów państwowych oraz określenia potrzeb w tym zakresie. 2007.** Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych, Bedoń.
- Stückelberger J. A. 2008.** A Weighted-Graph Optimization Approach for Automatic Location of Forest Road Networks. *Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich*.