

JERZY SOSNOWSKI

Techniczne, ekonomiczne i terenowe uwarunkowania użycia kolejek linowych do zrywki drewna na przykładzie kolejki Larix 3T

Technical, economical and terrain conditions of cableways utilization
for timber extraction on the example of Larix 3T cableway

ABSTRACT

Sosnowski J. 2009. Techniczne, ekonomiczne i terenowe uwarunkowania użycia kolejek linowych do zrywki drewna na przykładzie kolejki Larix 3T. Sylwan 153 (6): 393-405.

Paper presents the way of calculating the minimum breakeven timber volume for the installation of Larix 3T cable, indicating the efficient way of performing the installation works. Following the forest habitat classification applied in Polish forests, three logging difficulty zones and the corresponding technological areas of timber extraction were distinguished. On this basis, the number of cable systems to be applied within the State Forests National Forest Holding was determined.

KEY WORDS

timber extraction, cable system, Larix 3T

ADDRESSES

Jerzy Sosnowski – e-mail: jsosnows@ar.krakow.pl

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna; Uniwersytet Rolniczy; Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Wprowadzenie

Czeskie kolejki linowe do zrywki drewna marki Larix swoimi osiągnięciami techniczno-ekonomicznymi nawiązują do czołowych rozwiązań tego typu w Europie. Cechami charakterystycznymi dla tych urządzeń są:

- dobra stateczność i mobilność w terenie ciągnika (ewentualnie innego pojazdu) z nbudowaną na niego kolejką, co sprawia, że miejsce pracy nie wymaga w zasadzie specjalnego przygotowania,
- ciągnik (samochód terenowy), który jest nie tylko nośnikiem kolejki, ale również dostarcza jej napędu mechanicznego lub hydraulicznego,
- składany maszt montowany na pojeździe, zintegrowany z wciągarką kolejki,
- motorowe napinanie liny nośnej,
- wspomaganie wysuwania liny zrywkowej z wagonika po ładunek,
- zautomatyzowana jazda wagonika z ładunkiem, co pozwala zmniejszyć liczebność załogi kolejki o 1 osobę,
- radiowe lub kablowe sterowanie kolejką, co pozwala prowadzić zrywkę drewna w sposób ekonomiczny, bezpieczny i ergonomiczny, jak również ograniczający uszkodzenia lasu i ładunku (ryc. 1),
- energooszczędność zrywki drewna w dół stoku z powodu zastosowania liny okrężnej (lub pociągowej i powrotnej) – w kolejkach Larix występuje ograniczona potrzeba używania

silnika do hamowania ładunku, a ponadto naturalna grawitacja jest wykorzystywana do zwiększania siły pociągowej,

- około dwukrotnie niższa od ich odpowiedników z krajów Europy Zachodniej cena zakupu kolejek.

O powodzeniu kolejek Larix w Czechach i za granicą świadczy liczba sprzedanych egzemplarzy tych urządzeń (tab. 1). W ciągu pierwszych 14 lat produkcji, tj. w okresie 1995-2008, zbyto ponad 100 sztuk kolejek, przy czym około połowę z nich wyeksportowano. Poza tym firmy prywatne (szczególnie z Czech, Słowacji i Polski, a więc z nowoprzyjętych państw Unii Europejskiej), już obecnie świadczą usługi posiadającymi kolejkami Larix, w takich krajach jak Francja, Niemcy czy Austria.



Ryc. 1.

Zdalne sterowanie (kablowe) przy zrywce drewna kolejką linową Larix Kombi [materiały reklamowe Leśnego Zakładu Doświadczalnego Krcztiny 2006]

Remote control (cable) during timber extraction with a Larix Kombi cable [promoting materials of the Krcztiny Forest Experimental Station, 2006]

Tabela 1.

Sprzedaż czeskich kolejek linowych Larix w ciągu pierwszych 11 lat produkcji (1995-2005) według informacji Leśnego Zakładu Doświadczalnego Krcztiny

Sale of the Czech Larix cables during first 11 years of production (1995-2005) based on information from the Krcztiny Forest Experimental Station

Kraj nabywcy	Typ kolejki Larix						Razem
	Larix 550	Larix 3T	Larix Kombi	Larix Kombi H	Larix Hydro A	Larix Hydro P	
Czechy	19	15	9			1	44
Hiszpania			2				2
Polska	3	1	1				5
Rosja (Rep. Komi)	1						1
Słowacja	6	6	6	1	1		20
Ukraina	1	1					2
Węgry	1		1				2
Razem	31	23	19	1	1	1	76

Cel pracy

Zastosowanie czeskich kolejek linowych Larix do zrywki drewna w Polsce było przedmiotem szeregu publikacji [Sosnowski 1999, 2003; Mokrzycki i in. 2000; Novak 2002, 2008; Sosnowski i in. 2004; Sosnowski, Dudek 2006]. W wymienionych opracowaniach - pomimo przedstawienia technologii, wydajności pracy, kosztów i szkód związanych z użyciem tego rodzaju sprzętu - nie uzasadniono opłacalności jego instalowania, nie podano opisu sprawnego przeprowadzenia prac montażowych oraz potrzebnej liczby zrywkowych urządzeń linowych w Polsce.

Celem niniejszej pracy jest:

- przedstawienie sposobu obliczania minimalnej (progowej) masy drewna na zrębie, przy której opłacalne będzie użycie kolejki zrywkowej,
- podanie zasad sprawnego przeprowadzenia prac montażowo-demontażowych kolejki, których czas trwania, łącznie z okresem przemieszczania tego urządzenia na inne miejsce pracy, decyduje często o ekonomicznej zasadności użycia tego środka zrywkowego,
- ustalenie potencjalnej liczby kolejek linowych potrzebnych do zrywki drewna w Polsce.

Metody

Minimalną masę drewna do zrywki (V_{\min}) na zrębie, przy której opłacalny będzie montaż kolejki, wyliczono przy użyciu następującego wzoru:

$$V_{\min} = T_h \times Z \times W_h \text{ [m}^3 \text{ lub t]}$$

gdzie:

T_h – czas przemieszczania kolejki oraz jej montażu i demontażu [h],

Z – stosunek godzinowego kosztu zrywki drewna kolejką na zrębie $K_{z/h}$ (bez nakładów na przemieszczanie oraz montaż i demontaż kolejki) do uzyskiwanego z tej zrywki godzinowego dochodu $D_{z/h}$ (stąd $Z = K_{z/h} / D_{z/h}$),

W_h – wydajność godzinowa zrywki drewna kolejką na zrębie [m^3/h] lub [t/h].

Wprowadzoną formułę matematyczną przyjęto przy założeniu, że koszt godziny pracy kolejki, a więc załogi i sprzętu zarówno przy pracach przygotowawczo-zakończeniowych, jak i prowadzeniu zrywki na zrębie jest taki sam. Wspomniany wzór odpowiada na pytanie jak dużą masę drewna należy mieć na zrębie, ażeby dochód uzyskany z jego zrywki zrównoważył łączne nakłady związane z przemieszczaniem kolejki na miejsce pracy oraz jej montażem i demontażem. Do przeprowadzenia przykładowych obliczeń wymienionym wzorem, posłużyły dane liczbowe zawarte w pracy Sosnowskiego i innych [2004].

Przedstawiona na przykładzie kolejek Larix 3T i Larix 550 kolejność czynności montażowo-demontażowych kolejki linowej, została ustalona na podstawie obserwowania ich przebiegu w terenie.

Obliczenie liczby kolejek linowych, które mogłyby być zastosowane w lasach w Polsce, powinno być oparte na znajomości areалу terenów, na których ten rodzaj zrywki byłby wskazany. Próbę określenia zasad wydzielania tego typu terenów podjęto we wcześniejszych opracowaniach [Kozikowski i in. 1981; Sosnowski 1997, 2002]. Sosnowski [1994], kierując się tylko ilością leśnych obszarów górskich, oszacował wielkość „terenów kolejkowych” w Polsce na około 10%, Malec i Sadowski [1994] dla całości lasów krajowych określili ją na 9-17%, zaś Laurow i Trzeciński [2000] – na 28,5%. Stąd dla celów niniejszej pracy i weryfikacji przytoczonych danych liczbowych, zaistniała potrzeba uzasadnionego wydzielenia tego typu terenów leśnych w Polsce, w oparciu o czytelne kryteria, jednolite dla lasów nizinnych i górskich.

Kluczowym kryterium do przeprowadzenia klasyfikacji obszarów leśnych pod kątem zrywki drewna jest spadek terenu [Gil, Sosnowski 1987]. Natomiast inni badacze jako czynniki główne, wpływające na wspomnianą klasyfikację, podają ponadto: kategorię wzniesień górskich w połączeniu z wysokością n.p.m. (wysokie góry ponad 1200, góry i przedgórza 600-1200, pagórki 200-600, doliny 0-200 m n.p.m.), długość i kształt stoku, odległość zrywki [Gil 1979], nierówność nawierzchni terenowej, zależną od uziarnienia gruntu i jego wilgotności nośność podłoża [Gil 1991], a także sieć drogową i hydrografię terenu [Stiranivskij, Bybljuk 2002].

Uwzględnienie wymienionych czynników we wspomnianej klasyfikacji terenów, czyni ją bardzo skomplikowaną i trudną do wprowadzenia. Autor niniejszego artykułu, zainspirowany opracowaniami nad wykorzystaniem wyróżnianych w Polsce siedliskowych typów lasu dla celów prowadzenia budownictwa leśnego [Pieńkos 1997, 1998] i zrywki linowej [Laurow, Trzesniowski 2000], podjął próbę wykorzystania jej w klasyfikacji dla celów transportowych. Przyjęto założenie, że drugim dominującym kryterium, decydującym o wyłączeniu stref trudności zrywki drewna, obok spadku terenu, jest nośność jego nawierzchni. Nośność ta wynika z typu gleby leśnej i jej wilgotności, co jest wyrażone łącznie poprzez siedliskowy typ lasu. Rodzaj typu siedliskowego lasu zawiera najważniejsze informacje dla przeprowadzenia stosunkowo małym nakładem pracy kompleksowej technologicznej klasyfikacji terenów leśnych pod kątem transportu drewna, a szczególnie jego zrywki. Są to wiadomości o terenie, a więc jego kategorii (niziny, wyżyny, góry) i uwilgotnieniu (od gleb suchych aż do bagiennych) oraz o drzewostanie (liściasty, iglasty, mieszany). Dane zawarte w nazwie typu siedliskowego lasu mogą być wykorzystane dla przeprowadzenia wspomnianej klasyfikacji terenów w skali makro (np. masyw górski, wyżyny, niziny, nadleśnictwo), a po uzupełnieniu – przede wszystkim o pomiar nachylenia terenu – w rozmiarze mikro (np. zrąb, sąsiednie pododdziały).

Na przykładzie analizy typów siedliskowych lasów wyróżnionych w Lasach Państwowych zakwalifikowano siedliska leśne do 6 grup (tab. 2), kierując się kryterium wilgotności lub (i) rzeźby terenu. Grupy te następnie połączono w 3 strefy trudności zrywki drewna (I – tereny łatwe, II – średnio trudne, III – bardzo trudne), dla których z uwagi na ich predyspozycje do zrywki drewna kolejkami linowymi zaproponowano odpowiednio trzy wydzielienia technologiczne (I – użycie kolejek niezalecane, II – zalecane częściowo, III – zalecane jako zasadnicze). Następnie przy założeniu, że wskaźniki udziału procentowego powierzchni wymienionych wydzieleni technologicznych wyliczone dla Lasów Państwowych odnoszą się również do lasów krajowych, rozdzielono przy ich pomocy roczne pozyskanie drewna w Polsce (30 mln m³). Dane liczbowe odnośnie pozyskania drewna i siedlisk leśnych uzyskano z dostępnych opracowań [Leśnictwo 2005].

Liczbę zrywkowych kolejek linowych, które powinny być obligatoryjnie zastosowane w Polsce, wyliczono dzieląc przewidywaną do pozyskania w ciągu roku masę drewna z lasów objętych wydzieleniem III przez założoną wydajność roczną (5 tys. m³/rok) jednego urządzenia Larix (tab. 3). Natomiast liczbę kolejek, które potencjalnie mogłyby być zastosowane w lasach krajowych, ustalono w podobny sposób, ale w oparciu o przewidywane łączne pozyskanie drewna w wydzieleniach II i III.

OPŁACALNA MASA DREWNA DO ZRYWKI KOLEJKĄ LINOWĄ. Dla wyliczenia wielkości koncentracji masy drewna (V_{\min}), od którego to progu opłacalny będzie montaż kolejki linowej Larix w górskim gospodarstwie leśnym w Polsce, posłużono się następującymi danymi [Sosnowski i in. 2004]:

- przeciętna wydajność godzinowa ($W_{m^3/h}$) zrywki drewna kolejką na zrębie (tzn. bez czasu jej przemieszczania oraz montażu i demontażu), przy odległości do 700 m, wynosi 2,66 m³/h,

Tabela 2.

Powierzchnia [tys. ha] siedlisk leśnych w Lasach Państwowych z uwagi na ich predyspozycje do zrywki drewna kolejkami linowymi

Forest habitat area (in thousands ha) in the territory of the State Forests National Forest Holding with regard to their predisposition for timber extraction using a cable system

Typy siedliskowe lasu	Strefa trudności zrywki I suche, świeże	II grupy siedlisk leśnych		III		
		wilgotne	wyżynne	bagienne, olsowe, łągowe	górskie, wysoko-górskie	górskie bagienne, olsowe lub łągowe
Bór suchy	34,2					
Bór świeży	1708,9					
Bór wilgotny		82,2				
Bór bagienny				13,1		
Bór górski					8,3	
Bór wysokogórski					2,4	
Bór bagienny górski						0,2
Bór mieszany świeży	1735,2					
Bór mieszany wilgotny		316,8				
Bór mieszany bagienny				33,6		
Bór mieszany wyżynny			11,2			
Bór mieszany górski					41,6	
Las mieszany świeży	1124,2					
Las mieszany wilgotny		218,5				
Las mieszany bagienny				30,3		
Las mieszany wyżynny			96,9			
Las mieszany górski					126,0	
Las świeży	594,1					
Las wilgotny		103,1				
Ols				134,0		
Ols jesionowy				51,8		
Ols górski						0,1
Las łągowy				28,0		
Las wyżynny			201,6			
Las górski					308,2	
Las łągowy górski						1,2
Razem w grupach siedliskowych	5196,6	720,6	309,7	290,8	486,5	1,5
Razem w strefach trudności	5196,6		1030,3		778,8	

- stawka taryfowa (S_{z/m^3}) Nadleśnictwa Wetlina za zrywkę 1 m³ drewna kolejką na odległość do 700 m wynosi 46,30 zł/m³,
- koszt własny zrywki ($K_{z/h}$) za godzinę pracy kolejki na zrębie (bez nakładów na przemieszczanie, montaż i demontaż) wynosi 84,39 zł/h.

Należy tu przypomnieć, że podany koszt własny zrywki, został wyliczony przy założeniu, że czas pracy kolejki wyniesie rocznie 1 650 godzin, w ciągu których zostanie zerwanych 4400 m³ drewna.

Dla celów wykonywania dalszych obliczeń założono, że koszty jednostkowe ($K_{z/h}$) w podanej wysokości, przy ciągłej pracy ludzi i sprzętu, były ponoszone na godzinę pracy zarówno przy

wykonywaniu zrywki drewna na zrębie, jak i przy dojeździe kolejki na zrąb oraz pracach montażowych i demontażowych. Wyliczono więc następujące wskaźniki:

- przychód za jedną godzinę zrywki na zrębie $P_{z/h} = W_{m^3/h} \times S_{z/m^3} = 123,16 \text{ zł/h}$.
- dochód za godzinę zrywki drewna na zrębie $D_{z/h} = P_{z/h} - K_{z/h} = 38,77 \text{ zł/h}$.
- dochód uzyskany za zrywkę jednego m^3 drewna $D_{z/m^3} = D_{z/h} / W_{m^3/h} = 14,58 \text{ zł/m}^3$.

Dochód za zrywkę kolejka przynosi w czasie jej wykonywania na zrębie, a nie w czasie przemieszczania oraz montażu i demontażu. Wskaźnik $Z (K_{z/h} / D_{z/h})$ oznacza, że celem zrównoważenia kosztów związanych z dokonaniem jednej godziny przemieszczania kolejki oraz jej montażu i demontażu, potrzeba dochodu uzyskanego z 2,18 godziny zrywki drewna tym urządzeniem na zrębie.

Wykorzystując powyższe dane można określić minimalną masę drewna (V_{\min}), dla której będzie opłacalny montaż kolejki linowej. Jeżeli więc czas T_h będzie wynosił jeden dzień roboczy (8 h), to przeprowadzając obliczenia na przykładzie zrywki kolejką Larix 3T w warunkach górskich Nadleśnictwa Wetlina, należy mieć na zrębie minimum $V_{\min} = 8h \times 2,18 \times 2,66 \text{ m}^3/h = 46,4 \text{ m}^3$ drewna, jeżeli 2 dni – 92,8 m^3 , zaś przy 3 dniach – 139,2 m^3 .

Kolejki linowe Larix zrywają najczęściej drewno długie w pozycji półpodwieszanej, co oznacza, że jeden koniec transportowanego ładunku styka się z ziemią. Natomiast zrywkę podwieszoną, która jest wprawdzie bardziej proekologiczna, lecz mniej wydajna od półpodwieszanej, można wykonywać przy równoczesnym użyciu 2 wagoników bądź też jednego z nich, ale pod warunkiem tak wysokiego podwieszenia liny nośnej, że przemieszczane drewno nie styka się z powierzchnią ziemi. Stąd zaprezentowane w pracy obliczenia dla zrywki półpodwieszanej należałoby skorygować dla wariantów transportowania drewna w podwieszeniu.

DOJAZD, MONTAŻ I DEMONTAŻ KOLEJKI LINOWEJ. Od wielkości czasu przejazdu kolejki na miejsce pracy oraz szybkości przeprowadzenia prac poprzedzających i kończących zrywkę (łącznie najczęściej 1-3 dni) zależy, w nawiązaniu do przewidywanej do transportu masy drewna na zrębie, ekonomiczna celowość użycia wspomnianego sprzętu. Sprawne przeprowadzenie wymienionych czynności, przedstawione poniżej na przykładzie kolejki Larix 3T, powinno odbywać się według następujących etapów:

- Dojazd ciągnika z kolejką na składnicę przyzrębową i umieszczenie jej na wybranym miejscu.
- Rozłożenie i zakotwienie masztu wciągarki kolejki. Maszt ten zostaje zacumowany linami odciągowymi i ustawiony na podstawie w kształcie okrągłej tarczy, pod którą wkłada się wałek drewna. Rozwiązanie to umożliwia wychylenie się masztu w kierunku naprężania lin roboczych.
- Montaż liny napinającej linę okrężną oraz wielokrążka do ich napinania.
- Montaż liny okrężnej. Najpierw wyciąga się ręcznie - po planowanej trasie liny nośnej kolejki - najcieńszą z lin, tj. linę pomocniczą. W ręcznym przeciąganiu liny pomocniczej - z uwagi na to, że jest to czynność bardzo pracochłonna - powinno uczestniczyć jak najwięcej członków załogi. Po dociągnięciu wymienionej liny do końca trasy, przepuszcza się ją przez zamontowany tam bloczek kierunkowy do następnego krążka, umieszczonego - idąc po warstwy - w punkcie odległym o kilkadziesiąt metrów. Bloczki te montuje się w zasadzie poza zrębem, mając na uwadze, by zrywane ładunki nie uszkodziły poruszającej się wśród nich liny. Stamtąd końcówka liny pomocniczej - po tak utworzonym trójkącie - wraca do zespołu napędowego kolejki. Z kolei do końcówki tej doczepia się koniec liny okrężnej, którą następnie przeciąga się podczas

zwijania liny pomocniczej – po wspomnianym trójkącie – w kierunku odwrotnym. Lina pomocnicza spełnia tym samym rolę liny montażowej dla liny okrężnej. Ile i jak długich odcinków liny okrężnej należy w tym celu zmontować (z bębnow umieszczonych na przodzie ciągnika) – określa elektroniczny licznik rozwinięcia liny pomocniczej. Lina okrężna przeprowadzana jest następnie przez bloczki kierunkowe masztu wciągarki oraz wielokrążek do jej napinania. Następnie opasuje 3,5-krotnie bęben przeciagarkowy wciągarki, po czym jej końce łączy się w obwód zamknięty. Łączenie odbywa się przy użyciu złączki (np. w kształcie litery c) lub poprzez zaplatanie (po wycięciu rdzenia liny na zaplatanym odcinku i 4-krotne zaplecenie splotek).

- Rozwinięcie liny nośnej. Linę nośną (przy długości około 700 m posiada masę około 0,7 t), rozwija się przy użyciu liny okrężnej. Odbywa się to po przywiązaniu końcówki liny nośnej do miejsca połączenia obu końców liny okrężnej i następnie uruchomieniu bębna przeciagarkowego. W czasie rozwijania liny nośnej należy uważać, ażeby lina ta nie skręciła się z napędzającą ją liną okrężną. Zapobiega się temu poprzez włożenie drewnianego drążka w miejsce połączenia wymienionych lin i utrzymywaniu go w jednakowej pozycji, przez idącego równocześnie z nim robotnika. Po dojściu wymienionego połączenia do krążka kierunkowego na końcu planowanej trasy kolejki, odłącza się koniec liny nośnej. Koniec ten opasuje się następnie wokół drzewa kotwiczącego, zabezpieczonego przed uszkodzeniem opaską ochronną. Tak umocowaną linę nośną, przebiegającą po powierzchni terenu między drzewem kotwiczącym na jednym końcu trasy a masztem i bębnem wciągarki na drugim, podnosi się następnie do góry na hakach wieszakowych podpór. Montaż podpór i zrywkę drewna rozpoczyna się przy tym od tego końca trasy, który położony jest przy składnicy, na którą będą przemieszczane kolejką ładunki.
- Montaż wagonika. Przeprowadza się w podanych poniżej etapach:
 - a) Przewleka się końcówkę liny nośnej przez wagonik.
 - b) Rozłącza się na „c-złączce” linę okrężną i następnie jej koniec, usytuowany od strony przeciwnego końca trasy kolejki, przymocowuje się – przy użyciu pierścienia – do wagonika.
 - c) Wprowadza się drugi koniec liny okrężnej do wagonika z przeciwnej strony, tj. od stałowego masztu wciągarki. Na wspomniany koniec, który podczas pracy kolejki będzie się wysuwał z wagonika po ładunek, nawleka się gniazda przesuwne, do których będą zaczepiane linki zaczepowe z ładunkiem.
 - d) Na bęben wagonika wprowadza się i zamocowuje końcówkę liny pomocniczej.
 - e) Wiszący z wagonika koniec liny okrężnej przymocowuje się do ciągnika lub do drzewa.
 - f) Naciąga się wstępnie, z użyciem bębna wciągarki, linę nośną.
 - g) Nadaje się komendę „załaduj wózek”. W czasie jej wykonywania następuje odblokowanie hamulca wcześniej zamontowanej liny napinającej linę okrężną, aż do wystąpienia stanu hamulca miękkiego liny pomocniczej, co powoduje ruch bębna napędowego liny okrężnej w kierunku odwrotnym. Równoczesne obracanie w owej fazie bębna w wagoniku jest możliwe przez wbudowany mechanizm wolnego koła. W wyniku tej komendy wagonik zaczyna jechać po linie nośnej w kierunku do przeciwnego końca trasy. W tym czasie z wagonika wyciągany jest – zakotwiony wcześniej – koniec liny okrężnej. W ciągu tak wykonywanego „ładowania”, słychać wydobywające się z wagonika charakterystyczne trzaski. Wysuwanie to należy przerwać po wyciągnięciu około 50-70 m końcówki liny okrężnej (w zależności od przewidywanej na danym zrzębie szerokości pasa zrywki bocznej do liny nośnej kolejki).

- h) Przelączy się komputer – będący w zespole sterowania, umieszczonym w kabinie ciągnika – z montażu na ruch. Na komendę „opróżnianie”, dochodzi do automatycznego nawinięcia liny pomocniczej na bęben w wagoniku przez wyciągnięty wcześniej, a teraz powracający, koniec liny okrężnej.
- Montaż podpór i napinanie liny nośnej. Montaż jednej podpory naturalnej zbudowanej w oparciu o rosnące drzewa, wykonywany przez trzyosobową załogę, trwa około 2-3 godziny. Natomiast instalowanie całej kolejki zajmuje 1-2 dni roboczych, przy czym więcej tego czasu przeznaczają się w przypadku jej montażu do zrywki w dół stoku.
 - Demontaż kolejki Larix 3T odbywa się w kolejności odwrotnej niż montaż i trwa najczęściej połowę krócej.

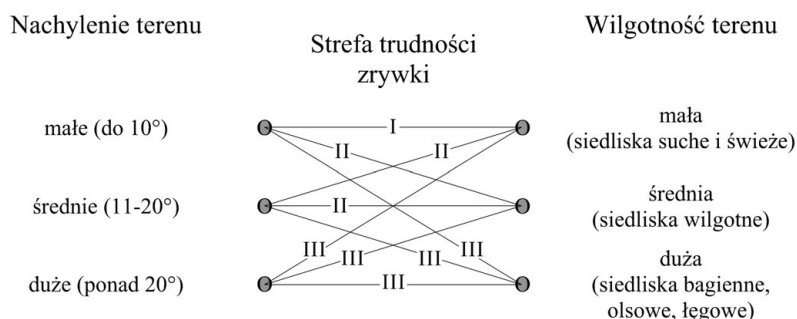
WYRÓŻNIENIE STREF TRUDNOŚCI I WYDZIELEŃ TECHNOLOGICZNYCH ZRYWKI DREWNA. Kolejki linowe Larix z uwagi na swą uniwersalność mogą być używane do zrywki drewna we wszystkich terenach. Użycie ich jest jednak szczególnie wskazane na obszarach najtrudniejszych dla przemieszczania się środków lądowych oraz nieprzejezdnych (tzw. tereny zrywki linowej). Tereny tej kategorii stanowią około 50% lasów Słowacji i 20% obszaru leśnego Czech [Horek 2002]. Z uwagi na to, że zrywka ciągnikami odbywa się często w warunkach małej nośności gleb oraz na stokach przy obniżonej sterowności pojazdów, udział „terenów kolejkowych” mógłby wzrosnąć w Czechach do 30% [Lesní... 2000]. W tym przypadku, przy całorocznym pozyskaniu około 13,5 mln m³ drewna, zrywka kolejkami mogłaby osiągnąć w Czechach 2-4 mln m³/rok. Natomiast w Austrii [Laurow, Trzesniowski 2000], gdzie 75% obszaru leśnego stanowią lasy górskie, kolejkami linowymi zrywa się około 33% drewna w Lasach Federalnych i około 75% w lasach własności chłopskiej.

Biorąc pod uwagę uwilgotnienie i zróżnicowanie orograficzne terenu, czyli czynniki w sposób decydujący wpływające na wydajność (i tym samym koszty) i bezpieczeństwo pracy oraz wyrządzane szkody, zakwalifikowano poszczególne typy siedliskowe lasu do trzech stref trudności zrywki (tab. 2), dla których zaproponowano (również trzy) wydzielienia technologiczne zrywki drewna. Tereny łatwe dla zrywki (I) obejmują siedliska suche i (lub) świeże o nawierzchniach płaskich i (lub) lekko nachylonych. Zlokalizowane przeważnie na terenach niżowych (do około 300 m n.p.m.). Związane są z takimi typami siedliskowymi lasu jak: Bs, Bśw, BMśw, LMśw, Lśw. Zajmują 5 196,6 tys. ha (74,18%). Na wymienionych obszarach, z uwagi na najłatwiejsze warunki trakcyjne i stąd możliwość minimalizacji kosztów zrywki, wskazane jest użycie środków innych niż kolejki, tj. przede wszystkim ciągników rolniczych, przy czym mogą to być – najtańsze w zakupie i eksploatacji – pojazdy z jedną osią napędową. Tereny średnio trudne dla zrywki (II) to siedliska wilgotne i (lub) wyżynne. Zlokalizowane na obszarach o średnim stopniu uwilgotnienia gleby i (lub) urzeźbienia terenu (przeważnie obszary wyżynne i podgórskie od około 300 m n.p.m. do dolnej granicy regła dolnego). Związane są z typami siedliskowymi lasu takimi jak: Bw, BMw, BMwyż, LMw, LMwyż, Lw, Lwyż. Zajmują 1030,3 tys. ha (14,7%). Na obszarach tych użycie kolejek linowych jest wskazane w stopniu umiarkowanym, ze względu na możliwość zastosowania tu również ciągników z dwoma osiami napędowymi lub traktorów gąsienicowych. Na terenach tych zaczyna być wskazana zrywka kolejkami linowymi z uwagi na to, że przy wroście uwilgotnienia bądź spadku nawierzchni transportowej wydajność zrywki ciągnikami obniża się, a wykonywanie nimi prac staje się mniej bezpieczne dla ludzi, zwierząt i sprzętu oraz bardziej szkodliwe dla lasu. Rosnące w tej strefie koszty zrywki ciągnikowej (wyższe nakłady na budowę szlaków zrywkowych, zakup droższych pojazdów o dwóch osiach

napędowych, niższa ich wydajności w terenach wilgotnych i nachylonych) zaczynają plasować się blisko poziomu kosztów zrywki kolejkami. Tereny bardzo trudne dla zrywki (III) obejmują siedliska na najwyższym stopniu uwilgotnienia (bagienne, olsowe, łęgowe) i (lub) spadku terenu (górskie i wysokogórskie). Związane są z następującymi typami siedliskowymi lasu: Bb, BG, BWG, BbG, BMb, BMG, LMb, LMG, Ol, OlJ, OIG, Lł, LG, LłG. Zajmują 778,8 tys. ha (11,12%). Na obszarach tych użycie kolejek linowych powinno być zasadą, nie tylko z uwagi na możliwość pełniejszej realizacji wymogów bezpieczeństwa pracy, ekologii i zmniejszania uszkodzeń zrywanego drewna, ale ponadto są to tereny w zasadzie nieprzejezdne dla ciągników.

Przy typowaniu najtrafniejszych środków i technologii zrywki drewna do użycia w wydzielonych strefach trudności, pominięto wykorzystanie siły żywej (ludzie, zwierzęta) i siły grawitacji (ślizgi, kolejki grawitacyjne). Techniki transportu oparte na wykorzystaniu wspomnianych sposobów (często w praktyce stosowanych razem) są coraz rzadziej używane w krajach rozwiniętych i stają się jedynie uzupełnieniem do głównych sposobów zrywki, opartych na środkach z napędem mechanicznym.

Niezależnie od wydzielonych na podstawie typów siedliskowych lasu terenów leśnych pod kątem trudności zrywki drewna przedstawionych w skali makro, mogą zaistnieć lokalnie, na skalę mikro (np. w pododdziałach) kombinacje (ryc. 2) warunków wilgotności (siedliska suche i świeże jako stopień uwilgotnienia 1, wilgotne – 2, najbardziej wilgotne – 3) i nachylenia terenu (do 10° jako stopień nachylenia nawierzchni 1, około 11-20° – 2, ponad 20° – 3). Przy ostatecznej kwalifikacji terenów leśnych w skali mikro (przy czym odstępstwa warunków siedliskowych, nawet skali mikro, dotyczą dopiero terenów o długości nawierzchni ponad 50 m), należy brać pod uwagę, ażeby w I strefie trudności były tereny o najmniejszym uwilgotnieniu (siedliska suche i świeże) i (lub) o nachyleniach do około 10°, w strefie II o średnim uwilgotnieniu (siedliska wilgotne) i (lub) o nachyleniu około 11-20°, zaś w III o najwyższym stopniu wilgotności (siedliska bagienne, łęgowe, olsowe) i (lub) o nachyleniu ponad 20°. Stąd w przypadku występowania kombinacji warunków terenowych o nie tym samym stopniu uwilgotnienia co i nachylenia, przy tak utworzonej parze liczb opisujących teren jakościowo w dwóch wspomnianych kategoriach, o ostatecznym przypisaniu danej powierzchni do jednej z trzech stref trudności zrywki decydować będzie wyższa liczba z danej pary. Tym samym w skali mikro do strefy trudności zrywki I (tereny łatwe) będą należeć powierzchnie opisane tylko jedną parą liczb (1 i 1), do strefy II (tereny średnio trudne) o oznaczeniach 2 i 2, 2 i 1 oraz 1 i 2, zaś do strefy III (tereny bardzo trudne) zakodowane jako 3 i 3, 3 i 1, 3 i 2, 1 i 3 oraz 2 i 3.



Ryc. 2.

Wyznaczanie stref trudności zrywki drewna w zależności od nachylenia i wilgotności terenu
 Determination of the extraction difficulty zones with regard to terrain inclination and moisture

Ponadto, niezależnie od stref trudności wyróżnionych przede wszystkim ze względu na stopień trudności terenu, zrywka linowa jest wskazana w lasach o funkcjach ochronnych oraz prowadzonych rębniami złożonymi. W niektórych gospodarstwach leśnych stosuje się również zasadę, że jeżeli odnowienia naturalne obejmują więcej niż 30%, to powierzchnię tę kwalifikuje się o jedną strefę trudności wyżej. O podwyższeniu strefy trudności mogą decydować również inne nadzwyczajne utrudnienia terenowe (np. nierówna nawierzchnia), jak również drzewostanowe (np. pozyskiwanie gatunków liściastych, drzewostany przedrębne) i wymogi (ekonomiczne, technologiczne, ekologiczne, bezpieczeństwa pracy).

OSZACOWANIE POTRZEBNEJ LICZBY ZRYWKOWYCH KOLEJEK LINOWYCH W POLSCE. Obliczone wielkości powierzchni trzech zaproponowanych stref trudności zrywki i ich udział w powierzchni LP w Polsce przeniesiono do tabeli 3. Do I wydzielenia trudnościowego (gdzie ze względu na warunki terenowe nie powinno się używać linowych kolejek zrywkowych) można zaliczyć 74,18%, do II (użycie kolejek zalecane częściowo) 14,7%, zaś do III (użycie kolejek jako zasadnicze) 11,12% powierzchni polskich lasów (tab. 3). Wyliczone powyżej wskaźniki procentowe udziału poszczególnych stref trudności zrywki dla Lasów Państwowych [Leśnictwo 2005] przyjęto w dalszych obliczeniach dla lasów całej Polski, ponieważ nie różnią się one istotnie od odpowiadających im wartości dla lasów krajowych, zestawionych na podstawie publikacji Sikorskiej [1999], wynosząc odpowiednio 75,4 – 12,4 – 12,2%.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w lasach w Polsce można by wykorzystywać z uwagi na bardzo trudne do zrywki warunki terenowe (tereny w zasadzie nieprzejezdne dla środków kołowych – strefa trudności III) obligatoryjnie około 668 kolejek linowych. Natomiast w przypadku planowania również zrywki drewna na terenach średnio trudnych (strefa II), gdzie obok ciągników wyposażonych w wciągarkę, zalecane jest użycie kolejek (z uwagi na osiągnięcie podobnej wydajności, przy większym ponadto zabezpieczeniu postulatów ekologicznych i ergonomicznych), przy czym ich liczba mogłaby być zwiększona nawet o 882 sztuki. Stąd przy wydajności rocznej zrywki kolejką *Larix* około 5 tys. m³ drewna, w samej tylko Polsce mogłoby być wykorzystanych – nie jak w chwili obecnej 5 – lecz nawet około 1550 sztuk tych urządzeń. Liczba ta – ustalona tylko na podstawie rozmiaru powierzchni leśnej, na której istnieją zwiększone potrzeby zachowania bezpieczeństwa pracy i ochrony gleb leśnych – uległaby być może zwiększeniu, w przypadku zaplanowania użycia kolejek linowych w drzewostanach wymagających ochrony odnowień oraz przy stosowaniu podwieszanej zrywki drewna.

Tabela 3.

Potencjalna liczba kolejek linowych potrzebnych do zrywki drewna w Polsce

Potential number of cables needed for timber extraction in Poland

	Użycie zrywkowych kolejek linowych (strefa trudności zrywki)		
	niezalecane (I)	zalecane częściowo (II)	zalecane jako zasadnicze (III)
Powierzchnia w wydzieleniach technologicznych [tys. ha]	5196,6	1030,3	778,8
Odsetek powierzchni LP [%]	74,18	14,70	11,12
Miąższość drewna pozyskanego [mln m ³]	22,25	4,41	3,34
Liczba przewidywanych kolejek linowych [szt.]*	–	882	668

* przy wydajności zrywki 5 000 m³/rok; extraction efficiency 5 000 m³/year

Wnioski

- ✦ Przeprowadzone badania – przy znajomości stawek taryfowych i kosztów zrywki kolejką linową *Larix 3T* w górskim Nadleśnictwie Wetlina – wykazały, że użycie jej może być ekonomicznie uzasadnione w przypadku, kiedy na każdy dzień (8 h) trwania przewidywanych prac związanych z jej przejazdem na miejsce pracy oraz montażem i demontażem przypadnie do zrywki około 46 m³ drewna. Przyjęty wzór matematyczny na obliczenie wspomnianej progowej masy drewna można zastosować również przy planowaniu użycia innych kolejek zrywkowych w różnych typach gospodarstwa leśnego.
- ✦ W Polsce obszarami linowej zrywki drewna – z uwagi na niedostępność terenu lub jego dostępność okresową – powinny być objęte lasy rosnące na siedliskach wyżynnych i górskich, jak również o dużej wilgotności i bagienne. Tereny wymienionych typów – gdzie zamiast zrywki kolejkami z reguły prowadzi się 2-3-krotnie tańszą, ale zarazem bardziej niszczącą środowisko, przemieszczane drewno, niebezpieczną dla ludzi i zwierząt pociągowych, zrywkę ciągnikową i konną – zajmują łącznie około ¼ powierzchni lasów Polski.
- ✦ Ustalona liczba kolejek linowych potrzebnych do zrywki drewna w Polsce wynosi 668 sztuk w przypadku ich użycia tylko w najcięższych warunkach terenowych (11,12% krajowej powierzchni leśnej) albo 1550 sztuk przy zastosowaniu ich również w warunkach średnio trudnych (co stanowi łącznie 25,82% obszaru lasów krajowych). Mimo że są to liczby oparte na oszacowaniach, wykazują jednak skalę problemu. Z praktyką zastosowania kolejek linowych – wkrótce i to być może na szerszą skalę – będzie musiało zmierzyć się krajowe gospodarstwo leśne (szczególnie w terenach górskich i podmokłych). Funkcjonuje ono bowiem w warunkach malejącej podaży zaprzęgów konnych i pracujących nimi wozaków, równocześnie przy potrzebie większego niż do tej pory uwzględniania w praktyce zasad zrywki środowiskooszczędnej, ergonomicznej i bezpiecznej (wobec ludzi, zwierząt pociągowych i sprzętu zrywkowego), jak również pozwalającej utrzymać marketingowe walory przemieszczanego drewna.

Literatura

- Gil W. 1979. Technologie zrywki drewna na tle wybranych technologicznych klasyfikacji obszarów leśnych. *Sylwan* 123 (7): 49-59.
- Gil W. 1991. Klasyfikacja terenowa dla celów operacyjnych na przykładzie wybranych powierzchni w LZD w Krynicy. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 254: 287-307.
- Gil W., Sosnowski J. 1987. Rodzaje i wydajność niektórych systemów zrywki drewna w drzewostanach górskich. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 215: 89-105.
- Horek P. 2002. Lesní lanovky Larix v podmínkách podroštného hospodářství. W: *Logistika technické výroby dřeva v Karpatech – Logistics of wood technical production in the Carpatian mountains*. Technická univerzita Zvolen. 73-79.
- Kozikowski K., Sosnowski J., Gil W. 1981. Istniejąca i docelowa technologia zrywki drewna w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy. *Sylwan* 125 (7-9): 201-210.
- Laurow Z., Trzesniowski A. 2000. Pozyskanie drewna w lasach o zróżnicowanym reliefie. *Las Polski* 5: 18-19.
- Lesní lanovky a lanové systémy typu *Larix*. 2000. Povinné podklady. MZLU Brno, Školní Lesní Podnik „Masarykův Les” Křtiny.
- Leśnictwo. 2005. Informacje i opracowania statystyczne GUS, Warszawa.
- Malec J., Sadowski J. 1994. Efektywność i struktura czasów zrywki linowej w warunkach wysokogórskich. *Sylwan* 138 (1): 49-57.
- Mokrzycki J., Gornowicz R., Stempki W. 2000. Struktura czasu i wydajność zrywki drewna leśną kolejką linową *Larix 550* na terenach górskich i popowodziowych. W: *Stan i perspektywy badań z zakresu użytkowania lasu*. Mat. III Konf. Leśnej, Sękocin Las. IBL Warszawa. 165-173.
- Novák L. 2002. Czeskie kolejki linowe. *Las Polski* 1: 14-15.
- Novák L. 2008. Leśne kolejki linowe w Polsce. Ref. na Targach Leśnych. Tuchola, wrzesień 2008.

- Pieńkos K. 1997. Rola warunków gruntowo-wodnych w inżynierskim zagospodarowaniu lasów. *Sylvan* 141 (3): 91-100.
- Pieńkos K. 1998. Rola operatu urządzania lasu w planowaniu inżynierskiego zagospodarowania lasu. *Sylvan* 142 (7): 27-34.
- Sikorska E. 1999. Siedliska leśne. Cz. I. AR Kraków.
- Sosnowski J. 1994. Możliwości zastosowania sprzętu linowego do zrywki drewna w Polsce. *Las Polski* 8: 8-9.
- Sosnowski J. 1997. Model wyboru optymalnego środka do zrywki drewna. *Roczniki AR Poznań* 276.
- Sosnowski J. 1999. Przydatność kolejki linowej Larix 550 do zrywki drewna z trzebieży w górach. *Sylvan* 143 (12): 21-34.
- Sosnowski J. 2002. Szlaki zrywkowe w proekologicznym gospodarstwie leśnym. Cz. I – Szlaki a przygotowanie stanowisk roboczych. *Sylvan* 146 (8): 73-80.
- Sosnowski J. 2003. Zasady proekologicznej zrywki drewna w warunkach gospodarki leśnej w górach. *Sylvan* 147 (5): 58-64.
- Sosnowski J., Dudek T. 2006. Kolejki linowe do zrywki drewna Larix. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 12: 17-19.
- Sosnowski J., Obajtek B., Zieliński T. 2004. Przydatność kolejki linowej Larix 3T do zrywki drewna z drzewostanów rębnych w górach. *Sylvan* 148 (4): 11-21.
- Stiranivskij O., Bybljuk N. 2002. Obosnovanie sposobov trelevki drevesiny v gornykh uslovjakh Karpat. W: *Logistika technickej výroby dreva v Karpatoch – Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains*. Technicka univerzita Zvolen: 244-248.

SUMMARY

Technical, economical and terrain conditions of cableways utilization for timber extraction on the example of Larix 3T cableway

The results of the application of four Czech Larix cables for timber extraction were discussed in a number of publications in which its technology, operating capacity, as well as the costs and damage related to the use of this system were presented.

The purpose of this paper is to determine on the basis of the operation of Larix cable systems in Poland:

- calculation method for a minimum breakeven timber volume in a cutting area for which the use of a cable system is profitable,
- efficient installation/dismantling principles for a cable,
- potential number of cables needed for timber extraction in Poland on the basis of the proposed classification of forest areas.

The minimum timber volume for extraction (V_{\min}) at a cutting area for which installation of a cable system is profitable was calculated using the formula proposed by the author:

$$V_{\min} = T_h \times Z \times W_h \text{ [m}^3 \text{ or t]}$$

T_h – cable relocation, installation and dismantling [h]

Z – a ratio of hourly timber extraction cost by a cable at a cutting area $K_{z/h}$ (excluding expenses for its relocation, installation and dismantling) to the hourly revenues from its operation $D_{z/h}$. Hence $Z = K_{z/h} / D_{z/h}$.

W_h – hourly efficiency of timber extraction with a cable at a cutting area [m³/h or t/h].

The research performed on the basis of the knowledge about the tariff rates and costs of timber extraction with a Larix 3T cable in the mountain Wetlina Forest District showed that the use of this system can be economically justified when 46 m³ of timber is available per labour day (8 hrs). The proposed mathematical formula for the calculation of the breakeven timber

volume can also be applied while planning different technologies, including the current one, of cable timber extraction used in a number of forest holding types.

Because of complete or temporary inaccessibility of the terrain, the cable system for timber extraction should be used in forests growing in highland and mountainous habitats, as well as in wet and boggy areas. These habitat types where skidding with a tractor and a horse is conducted instead of timber extraction with a cable cover one fourth of the Polish forests. Such skidding is 2-3 time cheaper, yet it is more destructive to the environment and more dangerous for the people and pull animals involved.

The approximate quantities of cable systems needed for timber extraction in Poland equal 668 items in the case of the most difficult terrain condition (11.12% of the country's forest area), or at 1550 items for medium-difficult conditions (25.82% of the country's forest area) and show the scale of the problem.

The National Forest Holding will have to cope with the challenges related to the use of cable systems for timber extraction, which may happen in a short time and likely at a larger scale. At present, it has to cope with the labour and horse-cart market decline and the requirements for a more economical, safer and ergonomic timber skidding practice for the people and pull animals involved, simultaneously maintaining the marketing value of the relocated timber.