

OPTYMALIZACJA MANIPULACJI SUROWCA DRZEWNEGO I PRZECIERANIA DREWNA OKRĄGŁEGO

Peter Glück

Institut für Forst- und Holzwirtschaftspolitik der Hochschule
für Bodenkultur, Wien

WPROWADZENIE I OMÓWIENIE CELU PRACY

W leśnictwie przez manipulowanie dłuźyc rozumiemy sposób dzielenia pnia drzewa na różne sortymenty drewna okrągłego. Manipulowanie można przeprowadzać w lesie lub na centralnym placu manipulacyjno-spedycyjnym i to zgrubnie lub dokładnie w zależności od tego, czy zamierza się wytwarzać głównie sortymenty masowe, czy też specjalne. Stosowana przez nadleśnictwo metoda manipulacji powinna zapewnić z jednej strony uzyskanie możliwie dużych dochodów, z drugiej zaś strony minimalizację kosztów produkcji i dostaw (od ścięcia drzew do przekazania drewna nabywcy). Wymaganiom tym według obecnego stanu techniki najbardziej odpowiada centralna składnica manipulacyjno-spedycyjna. Takie organizacyjne rozwiązanie jest uwarunkowane posiadaniem wystarczającej ilości drewna i możliwością transportowania dłuźyc. Optymalne dzielenie dłuźyc na składnicy nie jest w takich warunkach uzależnione od kosztów wymanipulowania poszczególnych sortymentów. Głównym kryterium jest uzyskanie możliwie dużych dochodów.

Odpowiednikiem manipulowania nie obrabianego drewna jest w przemyśle tartacznym przecieranie drewna okrągłego. Określa ono ilość i rodzaj poszczególnych sortymentów tarcicy i produktów odpadkowych zrzynów, opołów i trocin. Do przecierania kłody na tarcicę służy wiele obrabiarek. W Austrii do przecierania drewna iglastego stosuje się przede wszystkim pilarki ramowe.

Podobnie jak przy manipulacji drewna nie obrabianego na składnicach, efekt przecierania drewna okrągłego jest zależny od sortymentu uzyskanej tarcicy. W jednym zakładzie wahania kosztów przecierania drewna są niewielkie. Zależy to głównie od zestawionego sprzęgu pił w ramie trakowej. Dąży się zatem do tego, aby z jednej kłody uzyskać

możliwie dużą pryzmę towar główny, gdyż jej cena w porównaniu z ceną części bocznych odpadających z lewej i z prawej strony pryzmy jest znacznie wyższa. Jeżeli przekój poprzeczny w cieńszym końcu kłody tartacznej będziemy rozpatrywali jako koło, największą wydajność tarcicy w odniesieniu do objętości kłody, a zatem i największy dochód, uzyskamy przez doprowadzenie do przekroju kwadratowego pryzmy.

Ta podstawowa reguła opiera się na uproszczonym przyjęciu, iż kłoda tartaczna ma kształt cylindryczny. Jeżeli uwzględnimy jednak różne czynniki, które wpływają na decyzję o sposobie przecierania drewna, dojdziemy do tak znacznego nakładu na obliczenia, iż możliwe jest ich wykonanie wyłącznie przy użyciu maszyny matematycznej.

Odpowiednio do dwojakiego rodzaju problemów niniejszy referat składa się z dwóch części — optymalizacji dzielenia drewna nie obrobionego oraz optymalizacji przecierania drewna okrągłego. Wchodzą one w skład szeroko pojętej dziedziny obróbki drewna. Wspólny jest sposób rozwiązania problemu za pomocą dynamicznego programowania. Rozwiązanie obu problemów przeprowadzono przy zastosowaniu programów matematycznych, które zostały napisane w języku Fortran IV wspólnie z W. Kochem z Politechniki w Grazu. Programy odznaczają się wysokim stopniem zmienności i według dotychczasowego rozeznania mogą być w pełni dostosowane do każdej konkretnej sytuacji.

OPTYMALIZACJA DZIELENIA NIE OBROBIONEGO DREWNA

PODZIAŁ DŁUŻYC

Problem optymalnego formowania drewna polega na tym, aby pomocą $k-1$ cięć podzielić dłużyce w taki sposób, ażeby w mnogości możliwych sortymentów uzyskać k -sortymentów, które dadzą maksymalny dochód. Zakłada się przy tym, iż koszty formowania każdego sortymentu są jednakowe, gdyż nie ma większego znaczenia, czy dłużyca zostanie podzielona na 3, 4 albo 5 sortymentów. Decyduje jedynie uzyskany dochód ze sprzedaży sortymentów. Zawsze powstaje trudność wyprodukowania sortymentu o możliwie wysokiej cenie, przy jednoczesnym odpowiednim oddziaływaniu na możliwość podziału pozostałej części pnia. Każda decyzja wpływa zatem nie tylko bezpośrednio na końcowy efekt finansowy poprzez wartość wyprodukowanego sortymentu, ale również pośrednio poprzez stwarzanie określonych warunków obróbki reszty dłużycy. Optymalny sposób dzielenia można zatem znaleźć jedynie wówczas, jeżeli porównamy sumę wartości wszystkich uzyskanych sortymentów dla najrozmaitszych możliwości dzielenia dłużycy, które w zależności od dłu-

gości całej dłużyicy-i ilości uzyskanych sortymentów mogą być bardzo liczne.

Problemy występujące przy dzieleniu dłużyicy, kiedy każda decyzja wpływa na kolejne rozwiązanie, określamy mianem „powtarzających się problemów decyzyjnych”. Istnieje możliwość ich analitycznego rozwiązywania za pomocą specjalnej metody opracowanej na początku lat pięćdziesiątych przez Bellmana (1957) i określonej mianem programowania dynamicznego.

Problem podziału dłużyicy został przedstawiony w formie matematycznego modelu decyzyjnego, przystosowanego do potrzeb maszyny cyfrowej. Odpowiedni program napisano w języku Fortran IV. Celem programu jest uzyskanie możliwie maksymalnego dochodu z sortymentów, które można uzyskać z dłużyicy. Jeżeli, zadba się o to, aby właściwie określono jakość, kształt i długość dłużyicy, można przyjąć istnienie daleko idącej zgodności między modelem i rzeczywistością. Możliwe jest również bezpośrednio zastosowanie programu w składnicy manipulacyjnej drewna okrągłego.

PROGRAM NA MASZYNE CYFROWA

Kształt dłużyicy można uwzględnić w programie albo przez wykonanie pomiaru średnicy poszczególnych sekcji, albo też przy użyciu funkcji kształtu. W pierwszym wypadku konieczne jest dokonanie pomiaru średnicy (z dokładnością do milimetra lub centymetra w odstępach co najmniej 10 cm). W drugim wypadku w programie przewidziano metodę Demaer-Schalk (1972), w której na podstawie pierśnicy pnia i jego długości można obliczyć kształt pnia. Oczywiście w programie można również posłużyć się każdym innym wzorem, który jest stosowany w dendrometrii.

Wykonanie odpowiednich obliczeń uwarunkowane jest dostarczeniem odpowiednich danych wejściowych do programu, jak ograniczenia techniczne dotyczące: długości, zmniejszania się średnicy na każdym metrze, średnicy w środku i w cieńszym końcu wyrabianych dłużyicy oraz ceny sortymentów według ich jakości. Jeżeli, jak to ma miejsce na centralnej składnicy manipulacyjnej, ma się do czynienia ze zleceniodawcami, konieczna jest ponadto znajomość numeru klienta, boks, w którym będą gromadzone sortymenty wchodzące w skład jednego zlecenia oraz ich ilości. Ponieważ dane te dotyczą z reguły większej ilości dłużyicy, wystarczy wprowadzić je na początku obliczeń dla każdego rodzaju drewna. Ponadto dla każdej dłużyicy należy do programu podać długość, kształt i cechy jakościowe oraz możliwości uzyskania sortymentów wartościowych. Jako wynik obliczeń uzyskujemy optymalny plan podziału dłużyicy

na długość. Z planu tego możemy otrzymać wydruk sortymentów i ich podstawowych parametrów oraz wartości dochodu uzyskanego z całej dłuźcy i tę jej długość, która nadaje się do wyrobu sortymentów.

ZNACZNY WZROST DOCHODÓW

Celem zbadania możliwości zwiększenia dochodów w wyniku programowanego podziału dłuźcy dokonano na podstawie około 40 dłuźcy drewna porównania rzeczywistego rozkroju na sortymenty z rozkrojem optymalnym. Efekt podziału optymalnego był zawsze większy od efektu uzyskanego wskutek rzeczywistego dzielenia dłuźcy. Różnica jest tym większa, im dłuższa jest dłuźca i im większa jest ilość sortymentów. Wzrasta wówczas szansa lepszego wykorzystania objętości i wartości dłuźcy. Zawsze okazuje się, iż w praktyce wytwarza się kłodę tartaczną określonej grubości, która przy optymalnym nieco większym skróceniu znajduje się w następnej klasie grubości i uzyskuje wyższą cenę.

MOŻLIWOŚCI PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA

Z porównania wyników rzeczywistego i optymalnego podziału dłuźcy na sortymenty można wnioskować, iż wprowadzenie na centralnych składnicach manipulacyjnych manipulowania przy użyciu maszyny cyfrowej pozwoli na uzyskanie znacznego wzrostu dochodów. Dodatkowo, oprócz dotychczas stosowanych urządzeń do mechanicznej obróbki drewna, byłyby jeszcze potrzebne elektroniczne urządzenia pomiarowe, które dostosowane do potrzeb maszyny cyfrowej określałyby długość i kształt dłuźcy i przekazywały powyższe wyniki do maszyny cyfrowej. Dane dotyczące jakości muszą być podane oddzielnie.

W czasie dokonywania pomiaru dłuźcy, która przesuwa się na ciągu transportowym w kierunku piły, maszyna cyfrowa oblicza dla poprzedzającej dłuźcy optymalny sposób podziału na sortymenty i przekazuje ustalone dane do pulpitu sterowniczego — urządzenia dokonującego obróbki drewna. Podział dłuźcy na podstawie wyników optymalnego planu może być przeprowadzony automatycznie albo ręcznie (Glück 1973). W Republice Federalnej Niemiec stosuje się podobne urządzenia sterowane przez maszyny cyfrowe.

Oprócz możliwości bezpośredniego zastosowania modeli podziału dłuźcy na centralnych składnicach manipulacyjnych istnieje możliwość wykorzystania ich dla doradztwa w całej gospodarce leśnej. Program można również zastosować w dendrometrii, w modelach przyrostowych.

OPTYMALIZACJA PRZECIERANIA DREWNA OKRĄGŁEGO

PROBLEM PRZECIERANIA

Problem optymalnego przecierania okrągłego drewna jest przedłużeniem problemu optymalnego podziału nie obrobionego drewna. Jeżeli w pierwszej części zagadnienia określa się, w jaki sposób należy optymalnie podzielić dłużycę o określonej długości i kształcie na poszczególne sortymenty, trzeba obecnie odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób należy poszczególne sortymenty drewna okrągłego przecierać na sortymenty tarcicy.

Każdy pracownik tartaku dąży do tego, aby otrzymaną kłodę przetrzeć w taki sposób, ażeby uzyskać możliwie dużą ilość tarcicy, a mało opołów, zrzynów i trocin. Będzie on oczywiście produkował jedynie takie sortymenty, które będzie mógł również sprzedać.

Problem optymalnego przecierania drewna powstaje zatem dopiero wówczas, gdy drewno okrągłe leży już na placu składowym oraz gdy istnieją, lub są co najmniej spodziewane, zlecenia na jego przetarcie. Wówczas należy dokonać takiego przetarcia drewna okrągłego na możliwe sortymenty, aby uzyskać maksymalną wartość produkcji (dochód). Główny cel niniejszej pracy leży w optymalizacji uzyskiwanych dochodów. Do tej pory dążono bowiem jedynie do maksymalizacji uzysku tarcicy.

Podobnie jak problem odpowiedniego rozkroju drewna okrągłego, problem optymalnego przecierania drewna stanowi powtarzający się problem decyzyjny, który może być rozwiązywany za pomocą dynamicznego programowania. Ponieważ wymiary tarcicy, jakie można uzyskać z jednej kłody, oprócz długości zależą od kształtu kłody i najmniejszej średnicy, przyjęto założenie, iż każda kłoda jest w przybliżeniu podobna do ściętego stożka. Odchylenie od powyższego założenia (np. przekroje eliptyczne albo opis kształtu kłody tartacznej w formie paraboloidy obrotowej) mogą jednak być uwzględniane bez większych kłopotów. Na bazie dynamicznego programowania przygotowano w języku Fortran IV program, za pomocą którego można obliczyć optymalny schemat przecierania dla każdej klasy grubości drewna okrągłego. Ponadto dla określonego sprzęgu pił można obliczyć odpowiedni końcowy wynik finansowy. Program może być również wykorzystany do obliczenia spodziewanego uzysku tarcicy na bazie określonego schematu przecierania. Zakłada się jednak, iż ceny sortymentów tarcicy są stałe lub są przyjmowane jako stałe.

WEJŚCIE I WYJŚCIE PROGRAMU

Przewidziane możliwości wprowadzenia programu pozwalają w każdym pojedynczym wypadku na maksymalnie możliwe odwzorowanie w programie. Konieczne jest wprowadzenie danych dotyczących maszyn znajdujących się w tartaku, produkowanych sortymentów tarcicy, sposobu cięcia i celu obliczeń. Wyniki obliczeń mogą być podawane w formie poszerzonej lub skróconej. Poszerzony wydruk programu zawiera następujące dane dotyczące:

- kłody, jak długość, kształt i jakość,
- wyników optymalnego schematu przetarcia w zakresie objętości i uzysku tarcicy oraz produktów ubocznych (trocin, zrżyny i opołów), ogólnej wartości sprzedażnej, wartości sprzedażnej 1 m³ tarcicy, uzysku tarcicy (według miar przecierania i sprzedaży) oraz optymalny sposób przecierania (cięcie na ostro i dwukrotne),
- dokładne dane do planów przecierania przy przecieraniu na ostro lub przy cięciu dwukrotnym, z planem przecierania dla każdego cięcia wstępnego i wtórnego.

Skrócony wydruk programu zawiera najważniejsze informacje z wydruku rozszerzonego. Jest on stosowany wówczas, gdy konieczne jest wydrukowanie bardzo dużej ilości wyników przecierania, co dzieje się zazwyczaj przy obliczeniach zmierzających do ustalenia sprzęgu pił.

ZNACZNY WZROST WARTOŚCI SPRZEDAŻNEJ DOCHODU

Program optymalizacji schematu przecierania jest od roku stosowany w praktyce. Został on sprawdzony w licznych austriackich tartakach i spełnił pokładane w nim nadzieje. Wyniki zostały sprawdzone przez wykonanie testowego przecierania i uznane za właściwe. Wykonano tu również porównanie między rzeczywistym i optymalnym schematem przecierania. Wykazało ono istnienie znacznych różnic. Tak przy cięciu przyzującym, jak i przy cięciu na ostro największe różnice uzyskano przy małych średnicach w cieńszym końcu kłód.

PRAKTYCZNE MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA PROGRAMU

Program optymalizacji schematu przecierania drewna okrągłego może być wykorzystany przy rozwiązywaniu w zakładach produkcyjnych wielu zagadnień, które do tej pory były rozstrzygane intuicyjnie. Najważniejsze jest zapewne uzyskanie możliwości obliczenia optymalnego rozmieszczenia traków dla określonej średnicy i porównanie dochodów z wynikami często stosowanego rozmieszczenia pił. Można przy tym zawsze stwierdzić, iż rozmieszczenie pił zapewniające uzyskanie du-

żej wydajności tarcicy nie zawsze musi prowadzić do uzyskania wysokich dochodów. Można się również dowiedzieć, że nie jest obojętne, czy kłody będą dzielone na deski jednakowej grubości przy pomocy parzystej czy nieparzystej ilości pił.

W celu umożliwienia pełnego wyzyskania wyników obliczeń konieczne jest sortowanie kłód tartacznych według rozmiarów z dokładnością do 1 cm. Nie jest to jednak w praktyce możliwe. Kłody są zbierane raczej w klasie średnic, które są przecierane przy takim samym sprzęgu pił. Należy zatem zwrócić jak największą uwagę na właściwe sortowanie drewna. Przez kilkakrotne powtarzanie obliczenia wartości sprzedażnej przy różnym rozmieszczeniu pił dla wszystkich średnic wierzchołków kłód, można uwzględniając koszty graniczne urządzenia nowych boksów dla kłód tartacznych wyciągnąć wnioski dotyczące optymalnego sortowania drewna okrągłego. Jeżeli przewiduje się jedynie wyprodukowanie niewielkiej ilości sortymentów przypadających w każdej klasie średnic, można przez ogólną wartość sprzedażną m^3 znaleźć optymalną średnicę wierzchołka dla tych sortymentów.

Stwierdzono już, że cięcie jednokrotne zostało uznane za optymalny rodzaj cięcia dla bali stolarskich o grubości 15 cm. Jeżeli zamierzamy ustalić, o ile należy podnieść cenę tarcicy struganej, ażeby zachowała swoją właściwość konkurencyjną z innymi sortymentami, możemy uzyskać odpowiedź za pomocą programu matematycznego. Przy dodatkowych kosztach rzędu 100 szylingów za m^3 dla cięcia dwukrotnego konieczne byłoby w tym wypadku sprzedawanie towaru struganego o cenie wyższej o 500 szylingów za m^3 dla dochodu podobnego do dochodu uzyskanego przy ostrym cięciu.

Ponieważ program udostępnia dane dotyczące całkowitej wartości sprzedażnej z przecierania drewna okrągłego oraz wydajności tarcicy, można dodatkowo skalkulować cenę pokrywającą koszty produkcji dla tego rodzaju drewna okrągłego.

Program optymalizacji schematu przecierania drewna okrągłego może być również użyty do sterowania piłami taśmowymi na automatycznym zespole pił taśmowych. Taki zespół ma na przykład firma Kährs w Nybro (Szwecja). W tym celu wskazane jest obliczenie i gromadzenie danych o optymalnych grubościach cięcia dla wszystkich występujących rodzajów kłód o różnej długości, średnicy wierzchołka z dokładnością do 1 cm i jakości. Po zidentyfikowaniu kłody na podstawie jej pomiaru i oceny jakości dokonuje się wyboru odpowiedniego schematu przecierania i wprowadza piły taśmowe w odpowiednie położenie. W ten sposób można uzyskać kombinację niskich kosztów magazynowania drewna okrągłego przy zespole pił taśmowych z optymalną wartością sprzedażną uzyskanej tarcicy.

Można także wykorzystać program schematu przecierania w kombinacji z programem optymalnego przycinania na długość przy uwzględnieniu kolejnego optymalnego schematu przecierania. Powyższe zagadnienie występuje w wielu nadleśnictwach i tartakach znajdujących się głównie w Republice Federalnej Niemiec i nastawionych na przecieranie drewna budowlanego. Ze względu na różną wartość drewna okrągłego w zależności od wykorzystania, należałoby w kalkulacji uwzględnić średnie koszty ogólne każdego metra sześciennego poszczególnych sortymentów tarcicy.

WNIOSKI

W celu wykorzystania wszelkich możliwości, jakie stwarza program optymalnego schematu przecierania drewna okrągłego, konieczne jest postawienie określonych wymagań kierownikom zakładów produkcyjnych, jak również producentom pił i maszyn tartacznych.

Doświadczenia uzyskane przy stosowaniu programu wykazały, że optymalne sortowanie drewna okrągłego może być różne w zależności od sprzęgów pił. W praktyce nie będzie możliwe przeprowadzenie sortowania dla każdego sprzęgu pił, jednak konieczne jest sortowanie w sposób możliwie jak najdokładniejszy. Z programu można się dowiedzieć, iż dla określonych schematów przecierania kłód w zakresie dokładnie ustalonych średnic w cieńszym końcu można uzyskać lepsze efekty niż dla innych. Wynika z tego, że należy instalować ustalone zespoły traków zamiast przyjmowania drewna okrągłego wyłącznie według przeciętnych średnic.

Dzięki wydrukowi z maszyn cyfrowych możemy stwierdzić, że pewne sortymenty w licznych klasach średnic występują w rozwiązaniach optymalnych, podczas gdy inne sortymenty w warunkach konkurencyjności z pozostałymi sortymentami nie powinny być produkowane. Bez wątpienia tego rodzaju informacje będą musiały znaleźć swoje odzwierciedlenie przy sprzedaży drewna. Zadanie wykonania elastycznego i dokładnego sortowania drewna okrągłego może być rozwiązane jedynie wówczas, gdy drewno będzie mierzone elektronicznie (wierzchołek z dokładnością do 1 cm) i będzie mogło być kierowane w każdej chwili do określonego boksu.

Znaczny wpływ sprzęgu pił na wynik finansowy produkcji wymaga dokładnego doprowadzenia kłody do traku. Należy rozważyć, czy dotychczasowe rozwiązania prowadzące do coraz lepszego manewrowania głównymi maszynami uzasadniają wynikające z tego zmniejszenie dochodu ostatecznego.

Петер Глик

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРЯЖЕВКИ И РАСПИЛОВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Резюме

Проблема оптимальной раскряжевки древесного сырья является повторяющимся, связанным с решением вопросом, который в первой части решен при помощи динамического программирования. На языке ФОРТРАН IV была составлена математическая программа, которая вычисляет оптимальный, с точки зрения доходов, вариант раскряжевки древесного ствола определенной длины и формы. Для увеличения доходов от раскряжевки древесины, необходимо применить электронные измерительные приборы, которые будут измерять длину и форму ствола и передавать эти информации в вычислительную машину.

Во второй части работы, также с применением динамического программирования, решен вопрос оптимальной распиловки пиловочного сырья. Составлена программа на ЭВМ и проверена на многих лесозаводах Австрии, при распиловке с брусовкой и вразвал.

Peter Glück

OPTIMIZATION OF ROUNDWOOD BUCKING AND LOG CONVERSION

Summary

The problem of optimum bucking of boles is one of most important as a decision-making factor, which can be solved by means of dynamic programming. For this purpose, mathematical programme in Fortran IV language was prepared, which can be applied in bucking boles of predetermined length and form into logs, with regard to optimum profitability of the process. It means the necessity of using electronic devices for measuring dimensions of boles and feeding obtained data to digital computer. In the second part of the paper, application of dynamic programming for calculation of optimum sawing pattern is discussed. Prepared programme was corroborated in several Austrians sawmills both for through-and-trough and cant sawing.