

Jan GŁAZ

Zakład Urządzania Lasu, Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 Roku nr 3, 00-973 Warszawa

METODYKA PROGNOZY ROZWOJU ZASOBÓW DRZEWNYCH

METHODOLOGY OF PROGNOSIS DEVELOPMENT OF WOOD RESOURCES

Abstract. *In the paper the method of forest wood resources forecasting is presented. This method takes account of stands survival and wood resources changes caused by different natural and economic factors.*

Key words: *prognosis, wood resources, forest model, stand survival.*

1. WSTĘP

Do prowadzenia polityki leśnej i surowcowej państwa niezbędne są odpowiednie informacje dotyczące przewidywanego rozwoju zasobów leśnych, w tym głównie zasobów drzewnych. Danych takich dostarczają m.in. wyniki prognozy rozwoju zasobów drzewnych. Prognoza rozwoju (zmian) zasobów drzewnych jest też narzędziem niezbędnym do oceny spodziewanych skutków wpływu różnych czynników, z gospodarką leśną włącznie, na stan lasu w określonej długości horyzontu czasowego.

Prognozowanie rozwoju zasobów drzewnych polega na przetworzeniu danych wejściowych o stanie lasu, pobranych z terenu z uwzględnieniem wpływu różnych zjawisk (np. przeżywalności i śmiertelności drzewostanów) na rozkład powierzchni i miąższości gatunków w stopniach wieku, na informacje dotyczące najbliższej przyszłości (POZNAŃSKI, RUTKOWSKI 1987). Do prognozowania zasobów drzewnych niezbędne są scenariusze zmian podstawowych determinantów rozwoju tych zasobów.

2. PRZEGLĄD LITERATURY I ANALIZA STANU DOTYCHCZASOWEGO

Prognozy rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania były opracowywane dla lasów polskich głównie w Instytucie Badawczym Leśnictwa (Kompleksowa prognoza rozwoju. 1990; Prognoza zmian zasobów. 1994; TRAMPLER 1971, 1977, 1989; TRAMPLER, KLUBIŃSKA 1977, 1980), a dla OZLP w Szczecinku prognozę wykonał PATON (1977). Pierwszą prognozę w IBL wykonano w 1971 r. na podstawie wyników aktualizacji stanu lasu na dzień 01.10.1967, czyli po zakończeniu inwentaryzacji urzędzeniowej w ramach cyklu zwanego definitywnym urządzaniem lasu. Kolejne prognozy opracowano na podstawie:

- wyników aktualizacji stanu lasu z 1975 r., wykonanej według założeń przygotowanych pod kierunkiem Naczelnej Dyrekcji Lasów Państwowych,
- I rewizji urządzania lasu, będącej jednorazową aktualizacją stanu lasu na dzień 01.01.1978, wykonanej pod kierunkiem Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej na zakończenie kolejnego cyklu urządzania lasu,
- pierwszej corocznej aktualizacji stanu zasobów drzewnych na dzień 01.01.1983,
- wyników corocznej aktualizacji stanu zasobów drzewnych na dzień 01.01.1985.

Wyżej wymienione prognozy rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania były opracowane przy wykorzystaniu założeń modelu lasu normalnego. Przyjmowany horyzont czasowy prognozy wynosił 30-40 lat.

W 1971 r. opracowano prognozę wyłącznie dla lasów państwowych, w następnych uwzględniono również lasy innych form własności. W prognozie z 1985 r. podjęto próbę uwzględnienia wpływu emisji przemysłowych i zanieczyszczeń powietrza na lasy, co uwzględniono w szerszym zakresie w prognozie z 1989 r., wykorzystując do tego celu wyniki wielkopowierzchniowej inwentaryzacji stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu z 1988 r.

Metodykę prognozowania zasobów drzewnych opracowywano przy uwzględnieniu następujących założeń:

1) zmianę zasobów drzewnych wyrażano następującą formułą:

$$V_k = V_p + I - U$$

gdzie:

V_k – miąższość w końcu danego okresu (lub na początku przyszłego okresu),

V_p – miąższość na początku danego okresu,

I – przyrost miąższości,

U – użytkowanie;

2) powierzchnia danej podklasy wieku (w zasadzie do wieku rębności) po 10. latach w całości przechodziła do wyższej (starszej) podklasy wieku,

3) możliwości użytkowania rębego określono i lokalizowano uwzględniając tylko najstarsze drzewostany,

4) strukturę gatunkową w całym horyzoncie czasowym przyjmowano według stanu początkowego,

5) nie uwzględniano przyszłych zmian powierzchni z różnych przyczyn (zalesienia, przyjmowanie ziemi z Państwowego Funduszu Ziemi, tworzenie parków narodowych itp),

6) przyjmowano stałą, niezmienną powierzchnię i miąższość drzewostanów w klasie odnowienia, w klasie do odnowienia i w strukturze przerębowej we wszystkich horyzontach czasowych.

Ciągle zmieniające się warunki funkcjonowania środowiska przyrodniczego, w tym leśnego, a w szczególności wzrastający ujemny wpływ czynników antropogenicznych, zmiany klimatyczne, coraz częstsze gradacje szkodliwych owadów i nasilenie czynników abiotycznych (np. pożarów) oraz wzrost powierzchni drzewostanów rosnących na gruntach porolnych (stosunkowo najmniej odpornych na ujemne oddziaływanie wymienionych czynników) sprawiają, że mamy do czynienia z obumieraniem drzew i drzewostanów młodszych oraz ich wcześniejszym (przed osiągnięciem wieku dojrzałości rębnej) użytkowaniem z przyczyn sanitarnych. W tej sytuacji nie możemy posługiwać się modelem deterministycznym rozwoju zasobów drzewnych, który był przyjmowany w założeniach metodycznych dotychczasowych prognoz. Należy bowiem uwzględnić fakt wcześniejszego “wypadania” drzewostanów, czyli przejścia nie do starszej podklasy wieku, lecz do powierzchni leśnej niezalesionej, a przy przyjęciu założenia odnowienia

jej w ciągu 1 roku, do Ia podklasy wieku. W przypadku prognozowania zmian zasobów drzewnych (powierzchnia i miąższość) należy zatem mówić o prawdopodobieństwie przejścia powierzchni poszczególnych drzewostanów z niższego (młodszego) do wyższego (starszego) stopnia wieku w określonym (10-letnim) czasie. Mamy tu do czynienia z innym modelem rozwoju lasu – w tym przypadku rozwoju (zmian) zasobów drzewnych. Model ten w literaturze (KLOCEK, OESTEN 1992; KLOCEK, BOROWSKI 1990; KOUBA 1983, POZNAŃSKI 1973, 1989) nazwany jest modelem lasu celowego.

3. CEL I ZAKRES PRACY

Zmiany zachodzące w środowisku leśnym oraz w jego otoczeniu wskazują na potrzebę zawarcia w prognozie wielu determinantów stanu lasu, które dotychczas nie były uwzględniane.

Celem pracy było opracowanie metodyki prognozowania zasobów drzewnych nawiązującej do modelu lasu celowego.

Badano możliwość uwzględnienia w prognozie:

- udziału drzewostanów uznanych za klasę odnowienia w poszczególnych stopniach wieku dla określenia wskaźników jej udziału w zależności od zmieniającej się z upływem czasu struktury wiekowej,
- przeżywalności i śmiertelności drzewostanów,
- zmian zachodzących w strukturze gatunkowej,
- zmian w powierzchni leśnej zachodzących z różnych przyczyn (przekazywania jej na inne cele, do parków narodowych, przyjęcia z Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa),
- wzrostu powierzchni leśnej z tytułu zalesienia gruntów porolnych.

4. METODA PROGNOZY

4.1. Założenia ogólne

Przedmiotem prognozy są zasoby drzewne wyrażone wielkością powierzchni leśnej (grunty leśne pomniejszone o powierzchnię gruntów związanych z gospodarką leśną) i miąższością grubizny drzewostanów na pniu (w korze).

Zważywszy na fakt, że wyniki prognozy służą kształtowaniu polityki leśnej i planowaniu strategicznemu, w metodyce prognozy rozwoju zasobów drzewnych łączną powierzchnię lasów podzielono na trzy zasadnicze kategorie własności:

- lasy Państwowego Gospodarstwa Leśnego (PGL) – Lasy Państwowe,
- lasy parków narodowych,
- lasy pozostałe, w tym prywatne.

Z podziałem tym związane są rodzaje planów średniookresowych, a mianowicie:

- plany urządzenia lasu w lasach skarbu państwa,
- uproszczone plany urządzenia lasu w lasach nie stanowiących własności skarbu państwa,
- plany ochrony ekosystemów leśnych i nieleśnych w parkach narodowych.

Stan prognozowanych zasobów drzewnych w układzie regionalnym ujęto według podziału Polski na zasięgi regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych, bez względu na formę własności lasu.

W metodyce prognozy przyjęto, że zasoby drzewne będą grupowane według gatunków panujących, z podziałem na stopnie wieku w 10. grupach:

- sosna (wszystkie gatunki sosny i modrzew),
- świerk,
- jodła wraz z daglezią,
- buk,
- dąb (wszystkie gatunki dębu, wiązu, klonu i jesionu),
- grab,
- brzoza (wszystkie gatunki brzozy i grochodrzew),
- olsza (wszystkie gatunki olszy),
- topola (wszystkie gatunki topoli),
- osika (osika, wszystkie gatunki lipy, wierzby i tzw. gatunków liściastych miękkich).

Podział zasobów drzewnych na stopnie wieku przewiduje wyodrębnienie: powierzchni leśnej niezalesionej, 10-letnich stopni w przedziale 1-100 lat i 20-letnich dla drzewostanów w wieku powyżej 100 lat.

Ponadto odrębnie ujęto:

- powierzchnię drzewostanów o strukturze klasy odnowienia, w klasie do odnowienia i o strukturze przerębowej – dalej zwane łącznie klasą odnowienia (KO),
- miąższość przestoi i nasienników bez względu na klasę wieku w jakiej występują. Model prognozy umożliwia też podział zasobów drzewnych na strefy uszkodzenia lasu.

Prognoza zasobów drzewnych może dotyczyć dowolnego okresu czasu. W przedstawionym modelu przewidziano 90 lat jako maksymalny horyzont czasowy, dzieląc go na 10-letnie okresy, tzw. momenty. Oznacza to, że zmiany w zasobach drzewnych w prognozie ujmowane są na początku i końcu 10-letnich okresów, bez rozpatrywania poszczególnych lat tych okresów.

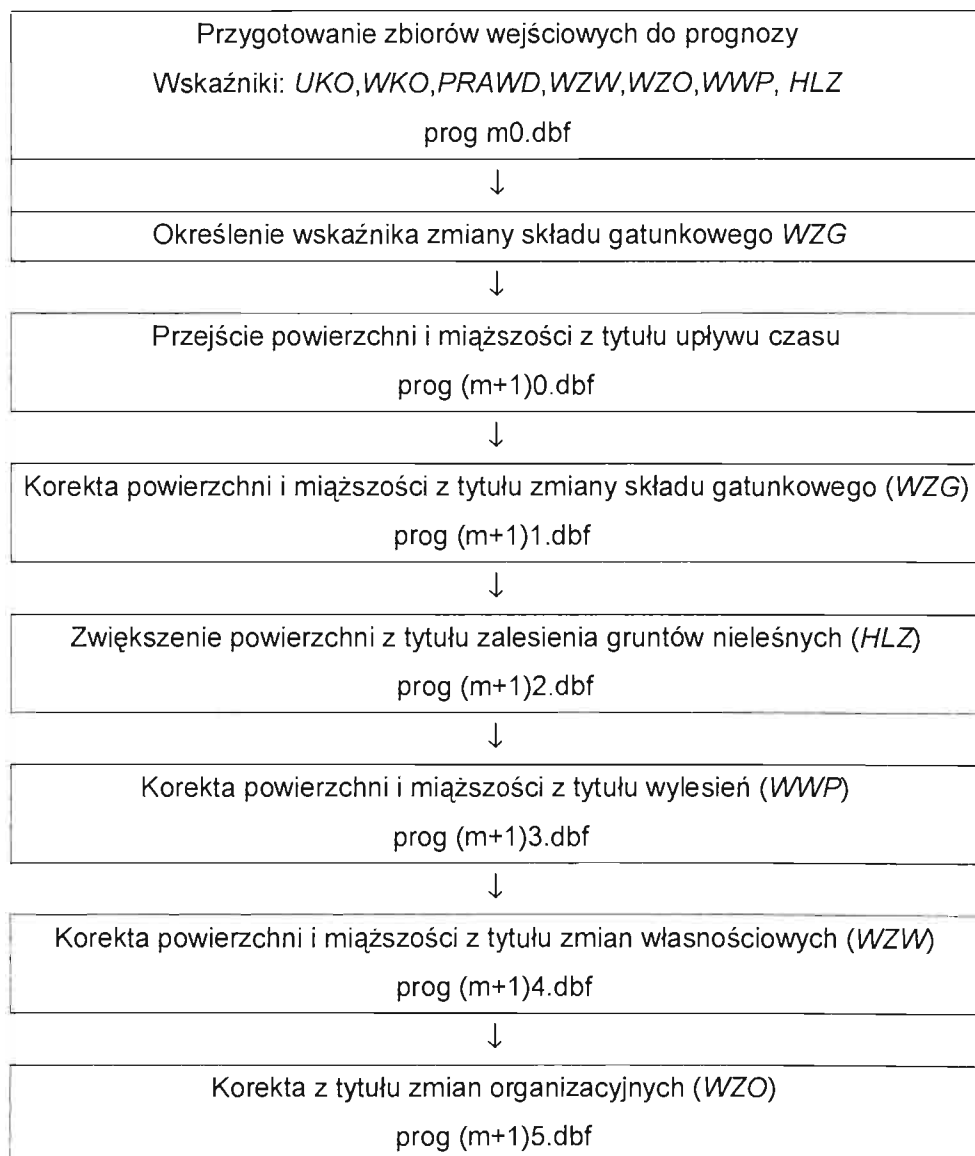
W prognozie rozwoju zasobów drzewnych uwzględniono:

- 1) zmiany w powierzchni leśnej, w podziale na strefy uszkodzenia, struktury, składu gatunkowego lasu, wielkości bieżącego przyrostu miąższości,

- 2) przeżywalność i śmiertelność drzewostanów,
- 3) zależność udziału drzewostanów w klasie odnowienia od struktury wiekowej lasu.

4.2. Wstępny model prognozy

Poszerzenie zakresu prognozowania zasobów drzewnych wymusza potrzebę modułowego podejścia do metodyki jej przeprowadzenia. Przedstawiona koncepcja jest wstępnym zarysem modelu prognozy, którego matematyczna formuła może być opracowana po przeprowadzeniu dalszych badań w zakresie przeżywalności drzewostanów, zmiany składu gatunkowego, struktury (budowy), zmiany bieżącego przyrostu miąższości pod wpływem oddziaływania różnych czynników. Wymaga to ujęcia wielu zjawisk zależnościami funkcyjnymi lub określenia dla nich odpowiednich prawdopodobieństw. Strukturę modułową prognozy przedstawiono na poniższym schemacie:



Przedstawione na schemacie skróty oznaczają:

- UKO* – wskaźniki udziału klasy odnowienia w stopniach wieku,
- WKO* – wskaźniki udziału miąższości (powierzchni) klasy odnowienia w łącznej powierzchni pozostałych (miąższości) drzewostanów stopni wieku,
- PRAWD* – wskaźniki przeżywalności i śmiertelności drzewostanów,
- WZKW* – wskaźniki zmian kategorii własności,
- WZO* – wskaźniki zmian organizacyjnych (między regionami),
- WW* – wskaźniki wylesień (przeznaczenia gruntów leśnych na inne cele),
- HLZ* – powierzchnia (lub wskaźniki) gruntów przeznaczonych do zalesienia,
- WZG* – wskaźniki zmiany składu gatunkowego,
- m* – moment prognozy,
- prog – część nazwy pliku,
- dbf – format zapisu pliku (rozszerzenie).

4.3. Dane wejściowe do prognozy rozwoju zasobów drzewnych

Przygotowanie zbiorów danych wejściowych do prognozy wymaga zebrania odpowiednich danych, najlepiej zaktualizowanych na dzień, miesiąc i rok początku prognozowanego okresu. Z powodu dużych różnic w sposobie gromadzenia i aktualizowania podstawowych danych o stanie lasów poszczególnych kategorii własności (GŁAZ 1983) różny będzie sposób przygotowania zbioru wejściowego.

Danymi wejściowymi do prognozy w Lasach Państwowych mogą być:

- wyniki corocznej aktualizacji powierzchni leśnej i miąższości,
- zaktualizowane opisy taksacyjne (po uprzednim sprawdzeniu ich przydatności) w ramach systemu informatycznego Lasów Państwowych (SILP),
- zestawienie przeciętnych bonitacji gatunków panujących drzewostanów w stopniach wieku,
- opisy taksacyjne zawarte w zbiorze „stan Lasów Państwowych” banku danych,
- zarejestrowane wykonane czynności gospodarcze w nadleśnictwach.

Danymi wejściowymi do prognozy zasobów drzewnych w parkach narodowych mogą być:

- opisy taksacyjne planu ochrony przyrody parku zapisane na maszynowym nośniku informacji,
- powierzchniowo-masowe tabele klas wieku przechowywane w banku danych.

W lasach pozostałych kategorii własności danymi wejściowymi mogą być obecnie tylko powierzchniowo-masowe tabele klas wieku sporządzane w ramach dokumentacji urzędzeniowej i przechowywane w banku danych.

W modelu prognozy przyjęto jednolitą strukturę danych wejściowych i wyników otrzymywanych w poszczególnych horyzontach czasowych, bez względu na kategorię własności lasu. Zachodzi zatem potrzeba stworzenia zbioru (prog_00.dbf), będącego podstawą do wykonania prognozy na pierwszy 10-letni horyzont czasowy.

W module przygotowania danych wejściowych zestawia się:

- przeciętną bonitację gatunków w klasach wieku według regionów (RDLP),
- wskaźniki bieżącego przyrostu miąższości według bonitacji i wieku dla gatunków drzew,
- wskaźniki przewidywanej intensywności użytkowania przedrębego w okresie 10-letnim,
- procentowy udział stref uszkodzenia w powierzchni leśnej ,
- wskaźniki udziału drzewostanów klasy odnowienia w stopniach wieku.
- wskaźniki przeżywalności i śmiertelności drzewostanów w stopniach wieku,
- wskaźniki wylesienia, zmian kategorii własności lasów, zmian organizacyjnych i powierzchnia gruntów przeznaczonych do zalesienia.

4.3.1. Przeciętna bonitacja

Przeciętną bonitację dla potrzeb prognozy rozwoju zasobów drzewnych określa się według formuły:

$$B_{rgn} = \frac{\sum_1^j h_{rgn} \cdot b_{rgn}}{\sum_1^j h_{rgn}} \quad (1)$$

gdzie:

B – przeciętna bonitacja,

h – powierzchnia,

b – bonitacja drzewostanu,

j – liczba drzewostanów,

r – region (RDLP),

g – gatunek,

n – stopień wieku.

Przeciętna bonitacja jest niezbędna do wyboru wskaźnika przyrostu miąższości.

4.3.2. Wskaźniki przewidywanej intensywności użytkowania przedrębego

Wskaźniki przewidywanej intensywności użytkowania przedrębego $WIUP$ są niezbędne do procedury określenia zmian miąższości z tytułu upływu czasu. Ustala się je według formuły:

$$WIUP_{rgn} = \frac{VUP_{r,g,n}}{V_{r,g,n}} \quad (2)$$

gdzie:

VUP – miąższość użytków przedrębnych w okresie 10-letnim,

V – miąższość zasobów drzewnych,

r – region (RDLP),

g – gatunek,

n – stopień wieku.

Do obliczeń wskaźników przewidywanej intensywności użytkowania przedrębego miąższość użytków przedrębnych za okres 10-letni może pochodzić z zarejestrowanego użytkowania przedrębego, względnie z zaprojektowanej wielkości tego użytkowania w planach urządzenia lasu.

4.3.3. Bieżący przyrost miąższości

Wskaźniki bieżącego przyrostu miąższości grubizny ZV określa się dla gatunków w stopniach wieku według przeciętnej bonitacji. Wskaźnik bieżącego okresowego (10-letniego) przyrostu miąższości grubizny wynika ze stosunku wielkości przyrostu miąższości na 1 ha w danym stopniu wieku do wielkości miąższości grubizny przypadającej na 1 ha dla wieku stanowiącego środek przedziału stopnia wieku; w przypadku klasy odnowienia jest to przeciętny wiek rębności danego gatunku w RDLP. Przeciętny wiek rębności określa się jako średni ważony miąższością drzewostanów rębnych. Wielkość bieżącego przyrostu miąższości, jak i też miąższość na 1 ha danego gatunku, odczytuje się z tablic zasobności i przyrostu miąższości drzewostanów (SZYMKIEWICZ 1971) na podstawie przeciętnej bonitacji.

Wielkość bieżącego przyrostu miąższości danego gatunku w najniższym stopniu wieku, od którego tablice zasobności i przyrostu drzewostanów wykazują miąższość grubizny, określa się za pomocą przeciętnej zasobności drzewostanów, wyprowadzonej ze zbioru wejściowego.

4.3.4. Podział lasu na strefy uszkodzenia

Do czasu zakończenia w Lasach Państwowych cyklu urządzania lasu (III rewizja urządzania lasu, w której to strefy uszkodzenia określa się obligatoryjnie), w prognozie dokonuje się podziału powierzchni leśnej i miąższości na strefy uszkodzenia.

Podział lasu na strefy uszkodzenia wymaga utworzenia zbioru danych o udziale procentowym poszczególnych stref uszkodzenia w RDLP dla gatunków panujących. Udział procentowy stref uszkodzenia w powierzchni leśnej poszczególnych gatunków można przyjąć z okresowej wielkopowierzchniowej inwentaryzacji stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu (przeprowadzonej przez BULiGL) lub na podstawie wyników monitoringu biologicznego (opracowywanych w IBL).

Moduł przygotowania danych wejściowych zawiera odpowiednią funkcję do podziału zasobów drzewnych na strefy uszkodzenia lub wyeliminowania takiego podziału znajdującego się w zbiorach roboczych, pochodzących z inwentaryzacji urzędzeniowej.

Podział powierzchni poszczególnych grup gatunków na strefy uszkodzenia jest wykonywany według algorytmu:

$$H_{ns} = \frac{h_n \cdot U_{Ps}}{100} \quad (3)$$

gdzie:

H_{ns} – powierzchnia w n -tej klasie wieku i strefie uszkodzenia s zapisana w zbiorze wejściowym do prognozy (prog_m0),

n – klasa wieku,

s – strefa uszkodzenia,

U_{Ps} – procentowy udział powierzchni strefy uszkodzenia s ,

h_n – suma powierzchni w n -tej klasie wieku dla wszystkich stref uszkodzenia ze zbioru roboczego.

Jeżeli H_{ns} wynosi 0,5 ha, to jest ona dodawana do zerowej (bez uszkodzeń) strefy uszkodzenia.

Podział miąższości poszczególnych grup gatunków na strefy uszkodzenia jest wykonywany według algorytmu:

$$V_{ns} = f_{ns} \pm R_{ns} \quad (4)$$

$$f_{ns} = H_{ns} \cdot \frac{v_n}{h_n} \cdot \frac{U_{Vs}}{100} \quad (4.1)$$

$$R_{ns} = H_{ns} \cdot \frac{V_n - \sum_{s=1}^{s=k} f_n}{\sum_{s=1}^{s=k} h_n} \quad (4.2)$$

gdzie:

V_{ns} – miąższość w n -tym stopniu wieku i strefie uszkodzenia s zapisana w zbiorze wynikowym (prog_m0),

n – stopień wieku,

s – strefa uszkodzenia,

UV_s – procentowy udział zasobności dla strefy uszkodzenia s , ($s=1,..k$),

H_{ns} – powierzchnia w n -tej klasie wieku i strefie uszkodzenia s zapisana w zbiorze wejściowym do prognozy (prog_m0).

v_n – suma miąższości w n -tym stopniu wieku dla wszystkich stref uszkodzenia ze zbioru roboczego,

h_n – suma powierzchni w n -tym stopniu wieku dla wszystkich stref uszkodzenia ze zbioru roboczego,

f, R – funkcje pomocnicze.

W metodyce prognozy przewidziano też możliwość pominięcia podziału zasobów drzewnych na strefy uszkodzenia.

4.3.5. Udział drzewostanów klasy odnowienia w stopniach wieku

W ramach doskonalenia metodyki prognozy rozwoju zasobów drzewnych przeanalizowano możliwości prognozowania wielkości udziału drzewostanów o strukturze klasy odnowienia i klasy do odnowienia i przerębowej, tj. drzewostanów nie zaliczonych do konkretnego stopnia wieku, lecz wykazywanych łącznie, bez względu na wiek, w powierzchniowo-miąższościowej tabeli klas wieku.

W związku ze znaczną zmianą struktury wiekowej lasu z upływem czasu przyjęto, że odpowiednio do struktury wiekowej drzewostanów, będzie się zmieniał udział drzewostanów klasy odnowienia. Zachodzi zatem potrzeba odpowiedniego określania udziału tych drzewostanów KO w zależności od struktury wiekowej zasobów drzewnych. W tym celu opracowano sposób określania wielkości udziału powierzchni drzewostanów klasy odnowienia w kolejnych horyzontach czasowych prognozy.

Posługując się bazą danych o stanie Lasów Państwowych (opisy taksacyjne z aktualnie obowiązujących planów urządzenia lasu) zestawia się powierzchnię drzewostanów w klasie odnowienia według stopni wieku dla poszczególnych gatunków panujących oraz określa się ich rozkład w stopniach wieku, otrzymując

tw. wskaźniki *UKO*. Następnie zestawia się powierzchnię wszystkich drzewostanów (łącznie z *KO*) w stopniach wieku i z ilorazu powierzchni drzewostanów w klasie odnowienia do powierzchni wszystkich drzewostanów otrzymuje się wskaźniki udziału klasy odnowienia w powierzchni drzewostanów danego stopnia wieku *WKO*. Wskaźniki *UKO* i *WKO* służą do określenia wielkości powierzchni drzewostanów klasy odnowienia w zależności od struktury wiekowej zasobów drzewnych dla poszczególnych horyzontów czasowych prognozy. W prognozie miąższość drzewostanów klasy odnowienia otrzymuje się z przemnożenia powierzchni tych drzewostanów przez przeciętną zasobność na 1 ha wyprowadzoną na podstawie danych wejściowych do prognozy (powierzchnia i miąższość w stopniach wieku). Taki sposób określania wielkości powierzchni drzewostanów klasy odnowienia w kolejnych momentach czasowych jest możliwy do zastosowania w prognozie pod warunkiem, że istnieje możliwość – w zbiorze zaktualizowanym (wejściowym do prognozy) – uzyskania rozkładu powierzchni klasy odnowienia na stopnie wieku. Warunek ten jest spełniony w przypadku korzystania ze zbiorów SILP-u.

OBLICZANIE WSKAŹNIKA UKO

Wskaźniki *UKO* informują o udziale powierzchni lub miąższości drzewostanów klasy odnowienia w stopniach wieku. Wskaźnik ten oblicza się według wzoru:

$$P(V)UKO_n = \frac{\sum P(V)KO_n}{\sum_1^n P(V)KO} \quad (5)$$

gdzie:

UKO_n – wskaźnik udziału klasy odnowienia w danym stopniu wieku,

$\sum P(V)KO_n$ – suma powierzchni P lub miąższości V klas odnowienia w danym stopniu wieku,

$\sum_1^n P(V)KO$ – suma powierzchni lub miąższości klasy odnowienia wszystkich stopni wieku.

OBLICZANIE WSKAŹNIKA *WKO*

Wskaźnik *WKO* informuje jaki jest udział miąższości (powierzchni) klasy odnowienia w miąższości (powierzchni) wszystkich drzewostanów w danym stopniu wieku. Określa się go według wzoru:

$$WKO_n = \frac{\sum P(V)KO_n}{\sum P(V)_n} \quad (6)$$

gdzie:

WKO_n – wskaźnik udziału powierzchni lub miąższości klasy odnowienia w łącznej powierzchni lub miąższości pozostałych drzewostanów danego stopnia wieku ,

$\sum P(V)KO_n$ – suma powierzchni lub miąższości klasy odnowienia w danym stopniu wieku,

$\sum P(V)_n$ – całkowita powierzchnia lub miąższość w danym stopniu wieku.

4.3.6. Przeżywalność i śmiertelność drzewostanów

Ujemne oddziaływanie różnych czynników na las, potrzeba przebudowy drzewostanów, wymogi ładu przestrzennego itp., powodują konieczność wycięcia drzewostanów (teoretycznie) we wszystkich stopniach wieku. Możemy zatem mówić o tzw. przeżywalności i śmiertelności drzewostanów w stopniach wieku.

Przeżywalność drzewostanów decyduje o wielkości powierzchni leśnej (frakcji), jaka z upływem czasu (w okresie $t, t+1$) przechodzi ze stopnia wieku (t) do „starszego” stopnia wieku ($t+1$), a zarazem pozostała część powierzchni t stopnia wieku przechodzi do najmłodszego stopnia wieku (1-10 lat).

W ramach niniejszej pracy zgromadzono dane o wykonanych cięciach użytkowania rębego w Lasach Państwowych (zręby zupełne, cięcia uprzątające w rębni częściowej, stopniowej i zrębowo-gniazdowej (Id) oraz usunięcie drzewostanów z przyczyn sanitarnych), w wyniku których ich powierzchnia przechodzi do Ia lub Ib podklasy wieku. Dane te pochodzą z bezpośredniej rejestracji danych w nadleśnictwach (zbierane przez BULiGL w ramach corocznej aktualizacji powierzchni leśnej i zasobów drzewnych).

Dotychczas zgromadzono dane z lat 1991-94. Posłużyły one do wstępnego określenia wskaźników przeżywalności i śmiertelności drzewostanów na podstawie powierzchni zrębów i cięć uprzątających. Wskaźniki przeżywalności i śmiertelności drzewostanów określano też na podstawie stosunku miąższości

pozyskanej w użytkowaniu rębnym (przeliczonej na brutto), bez względu na kategorię cięć, do miąższości drzewostanów danego stopnia wieku. Wskaźniki przeżywalności mogą być też określone na podstawie rozplanowania cięć rębnych w planie urządzenia lasu; założono tu, że plan cięć w znacznym stopniu uwzględnia stan drzewostanów pod względem konieczności ich usunięcia w ciągu 10-lecia. Wyniki analizy wskaźników przeżywalności (w postaci ich wpływu na zasoby drzewne) – w zależności od grup gatunków drzew, położenia (RDLP) i sposobu ich określania – będą podane w odrębnej publikacji.

W przypadku pozostałych kategorii własności lasów, ze względu na brak odpowiednich danych, wskaźniki przeżywalności można określić w przybliżeniu, wykorzystując w tym celu dane zebrane dla Lasów Państwowych.

Wskaźniki przeżywalności i śmiertelności drzewostanów w LP określa się według następującej formuły:

$$WS_{wrs\ gn} = \frac{\sum hU_{wrs\ gn}}{\sum H_{wrs\ gn}} \quad (7)$$

lub:

$$WS_{wrs\ gn} = \frac{\sum VU_{wrs\ gn}}{\sum V_{wrs\ gn}} \quad (7.1)$$

$$WP_{wrs\ gn} = 1 - WS_{wrs\ gn} \quad (8)$$

gdzie:

WP – wskaźnik przeżywalności,

WS – wskaźnik śmiertelności,

hU – łączna powierzchnia zrębów zupełnych i cięć uprzętających w stopniach wieku,

H_n – powierzchnia wszystkich drzewostanów w n -tym stopniu wieku,

VU_n – miąższość pozyskana w użytkach rębnych,

V_n – miąższość wszystkich drzewostanów w n -tym stopniu wieku,

w – wariant,

r – region (RDLP),

s – strefa,

g – gatunek,

n – stopień wieku.

4.3.7. Wybrane wskaźniki zmiany zasobów drzewnych

W metodyce prognozy rozwoju zasobów drzewnych stworzono możliwość uwzględnienia wzrostu powierzchni leśnej z tytułu przeznaczania gruntów nieleśnych do zalesiania. W tym celu tworzy się odpowiedni zbiór danych *HLZ* z powierzchnią gruntów do zalesienia w poszczególnych przedziałach czasowych z podziałem na gatunki panujące (przyszłych zalesień) i stopnie wieku (w zasadzie Ia podklasa wieku) w poszczególnych regionach (RDLP).

Na wyniki prognozy mogą mieć znaczny wpływ zmiany w zasobach drzewnych spowodowane przekazaniem (sprzedażą), np. utworzenie lub powiększenie powierzchni parku narodowego, lub przyjęciem (kupnem) lasów. Dla uwzględnienia tych zmian w prognozie tworzy się zbiór wskaźników *WZW*, które określa się z ilorazu wielkości powierzchni przewidywanych zmian do łącznej powierzchni lasów stanu wejściowego. W jednym z modułów prognozy mnoży się powierzchnię i miąższość wszystkich grup gatunków i stopni wieku w poszczególnych regionach (RDLP) przez wskaźniki *WZW*.

Przewidywane zmiany granic między regionami (RDLP w Lasach Państwowych) również mogą być uwzględnione w prognozie rozwoju zasobów drzewnych. W tym celu tworzy się zbiór wskaźników zmian organizacyjnych *WZO*. Algorytm ujęcia tego wskaźnika w prognozie jest taki sam jak wskaźnika zmian kategorii własności *WZW*.

Corocznie jest przekazywana pewna powierzchnia lasu na inne cele (pod wylesienia). To zmniejszenie powierzchni lasu uwzględniono w prognozie w postaci wskaźnika wylesień *WWP*. Odpowiedni zbiór wskaźników tworzy się na podstawie dotychczasowego i przewidywanego trendu wylesień, dzieląc w regionie (RDLP) powierzchnię lasów zmniejszoną o przewidywane wylesienia przez powierzchnię na początku prognozowanego okresu.

Wymienione wskaźniki *WWP*, *WZW*, *WZO* mogą być, o ile są odpowiednie dane, zróżnicowane według grup gatunków drzew i stopni wieku.

4.4. Utworzenie zbioru wejściowego do prognozy zasobów drzewnych

Podstawowym zbiorem do przeprowadzenia prognozy rozwoju zasobów drzewnych jest zbiór zawierający powierzchnię w ha i miąższość grubizny w korze w m^3 , zestawione w stopniach wieku według grup gatunków drzew, stref uszkodzenia, regionów (RDLP), kategorii własności, wariantu i momentu prognozy. W przypadku zbioru wejściowego (pierwszego okresu) jest to zbiór z momentem zero i wariantem 1. Struktura zbioru wejściowego jest jednakowa dla wszystkich trzech kategorii własności.

Zbiór wejściowy (prog_m0.dbf) po utworzeniu poddany jest kontroli formalnej (sprawdzenie kodu grupy gatunków oraz strefy uszkodzenia).

4.5. Wykonanie prognozy dla pierwszego momentu

Podstawowe procedury prognozy, tj. przejścia z momentu m do momentu $m+1$, to:

- obliczenie wskaźnika zmiany składu gatunkowego WZG,
- przejście powierzchni i miąższości z niższego do wyższego stopnia wieku w związku z upływem czasu,
- korekta powierzchni i miąższości z tytułu zmian ujętych w postaci wskaźników *WZG*, *HLZ*, *WZO*, *WWP*, *WZW*.

4.5.1. Wskaźniki zmiany składu gatunkowego

Skład gatunkowy należy utożsamiać w prognozie ze strukturą powierzchni lub miąższości dziesięciu panujących grup gatunków drzew obiektu (kraju, regionu, kategorii własności).

Zachodzące zmiany klimatyczne, emisja zanieczyszczeń (gazy, pyły) o różnym wpływie na warunki siedliskowe, zgryzanie przez zwierzynę itp., przy jednocześnie zróżnicowanej wrażliwości (podatności) gatunków na te wpływy, powoduje dość wyraźne zmiany w składzie gatunkowym lasów z upływem czasu.

Przeprowadzona analiza trendu zmiany struktury gatunkowej według zajmowanej powierzchni w Lasach Państwowych w okresie ostatnich 25 lat (Raport o stanie lasów w Polasce. 1993) wykazała, że udział gatunków iglastych zmniejszył się z 82,2% do 77,9%, natomiast udział gatunków liściastych wzrósł z 17,8% do 22,1%. Spowodowało to uwzględnienie w prognozie rozwoju zasobów drzewnych zmian w strukturze gatunkowej, zwłaszcza dla dłuższych horyzontów czasowych.

W ramach doskonalenia metodyki prognozy rozwoju zasobów drzewnych uwzględniono zmianę struktury gatunkowej wg zajmowanej powierzchni w poszczególnych (10-letnich) okresach (momentach) poprzez wprowadzenie wskaźnika zmiany składu gatunkowego *WZG*. W tym celu oblicza się udział procentowy gatunków według zajmowanej powierzchni dla danego momentu czasowego oraz określa się wielkość zmiany (na plus lub minus) udziału poszczególnych gatunków po dziesięciu latach. Wskaźniki zmiany składu gatunkowego *WZG* oblicza się dla wszystkich klas wieku według poniższego wzoru:

$$WZG^m = \frac{U^m}{U^{m-1}} \quad (9)$$

$$U^m = U^{m-1} \pm ZU^{m-1}$$

gdzie:

U – udział procentowy grupy gatunków wg zajmowanej powierzchni,

ZU – projektowana zmiana udziału grupy gatunków w okresie 10-letnim,

m – moment prognozy.

Wskaźnik zmiany składu gatunkowego jest liczony dla każdego momentu prognozy. Wartości zmiany udziałów procentowych gatunków ZU między poszczególnymi momentami prognozy wprowadza wykonawca prognozy. Udziały procentowe poszczególnych gatunków dla kolejnych momentów prognozy są obliczane i zapisywane podczas określania wskaźnika WZG . Zmiany udziału procentowego dla następnych momentów prognozy mogą być przepisywane automatycznie z momentu poprzedniego lub wprowadzane przez użytkownika.

4.5.2. Zmiany powierzchni w klasach wieku

W metodyce prognozy dla przejścia powierzchni związanego z upływem czasu (w okresach 10-letnich) przyjęto następujące założenia:

1) powierzchnia leśna niezalesiona w każdym następnym momencie prognozy jest równa powierzchni stanu wejściowego (momentu zerowego),

2) powierzchnia pierwszego stopnia wieku (Ia podklasa wieku) jest tworzona jako suma powierzchni, która nie przeszła do drugiego stopnia wieku, oraz powierzchni, które w wyniku śmiertelności (wyrębu) przeszły do pierwszego stopnia wieku,

3) powierzchnia drugiego stopnia wieku jest tworzona z sumy powierzchni, która przeszła z pierwszego do drugiego stopnia wieku, i powierzchni, która w wyniku cięć uprzętających przeszła z klasy odnowienia do drugiego stopnia wieku; w prognozie przewidziano przejście powierzchni (po cięciu uprzętającym) z młodym pokoleniem, nie jak dotychczas do pierwszego stopnia wieku, lecz do drugiego, co również jest pewnym uproszczeniem, ale z mniejszym błędem,

4) powierzchnia od trzeciego do dziesiątego stopnia wieku jest powierzchnią, jaka przeszła z niższego do wyższego stopnia wieku, po jej odpowiednim skorygowaniu (za pomocą wskaźnika UKO), dodaniu wielkości powierzchni klasy odnowienia według stanu wejściowego przypadającej na dany stopień wieku oraz odjęciu powierzchni klasy odnowienia naliczonej według prognozowanej struktury wiekowej powierzchni w danym momencie prognozy,

5) powierzchnię jedenastego stopnia wieku otrzymuje się z sumy powierzchni określonej według formuły podanej dla trzeciego do dziesiątego stopnia wieku

(pkt 4) oraz części (50%) powierzchni tego stopnia wieku, jaka przechodzi do dwunastego stopnia wieku,

6) powierzchnię dwunastego stopnia wieku otrzymuje się z części (50%) sumy powierzchni, jaka nie przechodzi z jedenastego stopnia wieku, oraz z powierzchni, która nadal pozostaje w tym stopniu wieku,

7) powierzchnię trzynastego stopnia wieku (klasy odnowienia) w kolejnym momencie prognozy otrzymuje się z sumy powierzchni określonej na podstawie wskaźnika udziału klasy odnowienia WKO w danym stopniu, poczynając na trzecim, a kończąc na dwunastym stopniu wieku.

Szczegółowy algorytm naliczania przesunięcia powierzchni z upływem czasu w poszczególnych stopniach wieku przedstawia się następująco:

$$H_{mwrsg0} = h_{(m-1)wrsg0}$$

$$H_{mwrsg1} = [h_{(m-1)wrsg1} - h_{(m-1)wrsg1} \cdot P_{1 \rightarrow 2}] + h_{(m-1)wrsg2} \cdot P_{2 \rightarrow 1} + \dots + h_{(m-1)wrsg2} \cdot P_{12 \rightarrow 1}$$

$$H_{mwrsg2} = h_{(m-1)wrsg1} \cdot P_{1 \rightarrow 2} + h_{(m-1)wrsg13} \cdot P_{13 \rightarrow 2}$$

$$H_{mwrsg3} = f_3 - f_3 \cdot WKO_3;$$

$$f_3 = h_{(m-1)wrsg2} \cdot P_{2 \rightarrow 3} + [h_{(m-1)wrsg13} - h_{(m-1)wrsg13} \cdot P_{13 \rightarrow 2}] \cdot UKO_3$$

$$H_{mwrsg4} = f_4 - f_4 \cdot WKO_4$$

.....

$$H_{mwrsg10} = f_{10} - f_{10} \cdot WKO_{10}$$

$$f_{10} = h_{(m-1)wrsg9} \cdot P_{9 \rightarrow 10} + [h_{(m-1)wrsg13} - h_{(m-1)wrsg13} \cdot P_{13 \rightarrow 2}] \cdot UKO_{10}$$

$$H_{mwrsg11} = [f_{11} + 0,5 f_{12}] - [(f_{11} + 0,5 f_{12}) \cdot WKO_{11}];$$

$$f_{11} = h_{(m-1)wrsg10} \cdot P_{10 \rightarrow 11} + [h_{(m-1)wrsg13} - h_{(m-1)wrsg13} \cdot P_{13 \rightarrow 2}] \cdot UKO_{11}$$

$$f_{12} = h_{(m-1)wrsg11} \cdot P_{11 \rightarrow 12}$$

$$H_{mwrsg12} = [0,5 f_{12} + f_{12(12)}] - [0,5 f_{12} + f_{12(12)}] \cdot WKO_{12};$$

$$f_{12(12)} = h_{(m-1)wrsg12} \cdot P_{12 \rightarrow 12} + [h_{(m-1)wrsg13} - h_{(m-1)wrsg13} \cdot P_{13 \rightarrow 2}] \cdot UKO_{12}$$

$$H_{mwrsg13} = f_3 \cdot WKO_3 + f_4 \cdot WKO_4 + \dots + (f_{11} + 0,5 f_{12}) \cdot WKO_{11} + [0,5 f_{12} + f_{12(12)}] \cdot WKO_{12}$$

gdzie:

h_n – powierzchnia w n -tym stopniu wieku dla poprzedniego momentu prognozy,

H_n – powierzchnia w n -tym stopniu wieku dla danego momentu prognozy,

$P_{n \rightarrow (n+1)}$ – wskaźniki przeżywalności,

$P_{n \rightarrow (1, 2)}$ – wskaźniki śmiertelności,

WKO_n – wskaźnik udziału klasy odnowienia w n -tym stopniu wieku,
 UKO_n – wskaźnik rozkładu powierzchni klasy odnowienia w n -tym stopniu wieku,

f – funkcja pomocnicza,

r – region (RDLP),

g – gatunek,

n – stopień wieku,

s – strefa zagrożenia,

w – wariant prognozy,

m – moment prognozy.

4.5.3. Zmiany miąższości grubizny w klasach wieku

Do określania miąższości grubizny według grup gatunków w poszczególnych stopniach wieku w okresach (momentach) 10-letnich przyjęto następujące założenia:

1) dla potrzeb naliczania miąższości oblicza się przeciętną zasobność (dla zbioru wejściowego, początkowego danego momentu) z podzielenia miąższości przez powierzchnię od pierwszego do trzynastego stopnia wieku,

2) miąższość na powierzchni leśnej niezalesionej (nasienniki, przedrosty) stanu wyjściowego m jest równa miąższości stanu wyjściowego ($m-1$); to samo założenie dotyczy miąższości przestoi i nasienników na powierzchni zalesionej,

3) miąższość pierwszego i drugiego stopnia wieku oblicza się z przemnożenia powierzchni danego stopnia wieku według stanu wyjściowego w momencie m przez zasobność na 1 ha stanu wyjściowego momentu ($m-1$) dla stopnia wieku,

4) miąższość trzeciego do dwunastego stopnia wieku określa się według jednolitej formuły, tj. bada się wielkość wskaźnika przyrostu w danym stopniu wieku (dla którego się oblicza) i poprzednim, i jeżeli:

— wielkość wskaźnika w danym stopniu wieku jest równa zero lub jest różna od zera, lecz poprzedniego stopnia jest równa zero, to miąższość danego stopnia wieku oblicza się z przemnożenia jego powierzchni (wg stanu wyjściowego) przez przeciętną zasobność na 1 ha tego samego stopnia wieku, ale według stanu wyjściowego,

— wielkość wskaźnika danego i poprzedniego stopnia wieku jest większa od zera, to miąższość takiego stopnia wieku jest obliczana z przemnożenia miąższości, która przeszła z niższego do danego stopnia wieku przez wskaźnik 10-letniego bieżącego przyrostu miąższości i ewentualnie przez jego korektę oraz przez wskaźnik redukcji ze względu na użytkowanie przedrębne, jakie ma miejsce w 10-letnim okresie,

5) miąższość trzynastego stopnia wieku (klasa odnowienia) oblicza się z przemnożenia powierzchni tego stopnia przez przeciętną zasobność stanu początkowego (jest to przeciętna zasobność wyliczona dla momentu zerowego).

Szczegółowy algorytm przesunięcia (naliczenia miąższości z tytułu upływu czasu) przedstawia się następująco:

gdy $h_n=0$, $vh_n=0$

$$V_0=v_0$$

$$V_1=H_1 \cdot vh_1$$

$$V_2=H_2 \cdot vh_2$$

Gdy $vz_3=0$ lub $vz_3>0$ lecz $vz_2=0$, to: $V_3 = H_3 \cdot vh_3$

Gdy $vz_2>0$ i $vz_3>0$, to: $V_3=(H_3 \cdot vh_2)(1+vz_3 \cdot vpr)(1-WIUP_n)$

.....

Gdy $vz_{11}>0$ i $vz_{12}>0$, to: $V_{12} = (H_{12} \cdot vh_{11})(1+vz_{12} \cdot vpr)(1-WIUP_{12})$

Gdy $vz_{12}=0$ lub $vz_{11}=0$ i $vz_{12}>0$, to: $V_{12} = H_{12} \cdot vh_{12}$

$$V_{13}=H_{13} \cdot vh_{13}$$

gdzie:

v_n – miąższość danego stopnia wieku poprzedniego momentu prognozy,

vh_n – zasobność w danym stopniu wieku poprzedniego momentu prognozy,

h_n – powierzchnia w n stopniu wieku dla poprzedniego momentu prognozy,

V_n – miąższość w n -tym stopniu wieku dla danego momentu prognozy,

H_n – powierzchnia w n -tej podklasie wieku dla danego momentu prognozy,

vz_n – wskaźnik przyrostu miąższości w n -tej podklasie wieku,

vpr – wskaźnik redukcji przyrostu miąższości, zależny tylko od strefy uszkodzenia,

$WIUP_n$ – wskaźnik przewidywanej intensywności użytkowania przedrębego w n -tym stopniu wieku.

4.5.4. Korekta powierzchni i miąższości związana ze zmianami wskaźników

Korekta powierzchni i miąższości polega na obliczeniu nowych wartości powierzchni lub miąższości w poszczególnych stopniach wieku dla danego momentu poprzez mnożenie lub dodawanie wskaźników zapisanych w zbiorach wskaźników. Wielkość zmiany (wskaźników) może być korygowana przy pomocy współczynnika korekty, np. zmniejszenie wskaźników wylesień WWP o 20% w określonych okresach prognozy.

Każdemu wskaźnikowi przyporządkowany jest kod liczbowy, umieszczony w nazwie zbioru prog_mx.dbf (*m* - kod momentu, *x* - kod wersji po pomnożeniu lub dodaniu wskaźnika).

Kody wskaźników *x*:

0 – prognoza przed pomnożeniem lub dodaniem wskaźnika,

1 – prognoza po zmianie udziału gatunków,

2 – prognoza po uwzględnieniu wcześniej wymienionych elementów i powierzchni gruntów do zalesienia,

3 – prognoza po uwzględnieniu wcześniej wymienionych elementów i wyłączenia powierzchni z produkcji leśnej,

4 – prognoza po uwzględnieniu wcześniej wymienionych elementów i zmian w kategoriach własności,

5 – prognoza po uwzględnieniu wcześniej wymienionych elementów i zmian z tytułu korekty podziału administracyjnego Lasów Państwowych.

Po wybraniu odpowiedniego wskaźnika użytkownik musi:

— podać numer wariantu prognozy *w* (gdy nie uwzględniamy wariantu to $w=1$),

— odpowiedzieć, czy w zbiorze wybranego wskaźnika jest podział na strefy uszkodzenia,

— podać, czy jest korekta wskaźnika w zbiorze korekty.

Następnie należy wprowadzić nazwy zbiorów: wejściowego prognozy prog_mx.dbf, wybranego wskaźnika np. WZG.dbf i korekty wybranego wskaźnika (gdy podano korektę).

Nazwa zbioru wynikowego jest tworzona automatycznie przez wprowadzenie kodu wersji *x*. Algorytm tej procedury polega na wyszukaniu danego wskaźnika w zbiorze wskaźników według ustalonego klucza i pomnożenia odpowiednich danych w zbiorze prognozy przez ten wskaźnik. Gdy w zbiorze wskaźników nie ma odpowiedniego rekordu lub gdy jest on równy 0, wartość poprzednia zostaje przepisana. Gdy wskaźnik jest taki sam dla wszystkich stref, wartość w polu STREFA wszystkich rekordów zbioru wejściowego musi być większa od maksymalnej wartości kodów strefy zagrożenia.

4.6. Wykonanie prognozy kolejnych momentów

Jak już wcześniej wspomiano, istnieje możliwość wykonania prognozy na 90 lat (po dokonaniu odpowiednich zmian w założeniach okres ten może być wydłużony). Dla pierwszego momentu zbiorem wejściowym powierzchni i miąższości według cech identyfikacyjnych (adresowych) jest zbiór o nazwie prog_00, a wyjściowym prog_*m*+1, *x* (gdzie: *x* – numer korekty przez kolejny wskaźnik), który zarazem staje się zbiorem wejściowym dla kolejnego (następnego) momentu. Korekty zbioru wejściowego przez wskaźniki wykonuje się identycznie

jak dla pierwszego momentu, przy czym wskaźniki te, podobnie jak i redukcji przyrostu miąższości oraz przeżywalności drzewostanów, mogą mieć inne wartości (decyduje o tym wykonawca prognozy).

Użytkownik podaje moment i wariant prognozy oraz nazwę zbioru wejściowego. Z danych dotyczących powierzchni i miąższości (zbiór prog_mx.dbf) dla momentu m obliczana jest powierzchnia i miąższość dla momentu $m+1$.

4.7. Warianty prognozy

W modelu prognozy przewidziano zastosowanie 9 wariantów, istnieje jednak możliwość zwiększenia ich liczby. Podstawowe warianty wynikają z kombinacji różnie ustawionych wskaźników korekty, np. większa lub mniejsza powierzchnia zalesień przy zmianie (lub nie) struktury gatunkowej. Zwielokrotnienie liczby wariantów można uzyskać w wyniku nieograniczonej liczby przebiegów prognozy z różnymi kombinacjami zmiany wskaźników korekty. Wskaźniki te można zmieniać podając ich nowe wartości w kolejnych wariantach (w strukturze rekordu) lub przez korektę wskaźnika pierwszego wariantu. Korekta wskaźnika może być zwiększająca lub zmniejszająca w dowolnej wysokości. W przypadku rezygnacji z korekty wskaźnika, jak też wskaźników nie powodujących zmian w powierzchni i miąższości, muszą one (wskaźnik i jego korekta) mieć wartość równą 1,0000. O wprowadzeniu korekty i jej wartości decyduje wykonawca prognozy. Możliwość ustalenia wariantów wskaźników i wprowadzenie korekt wskaźników – przy jednocześnie nieograniczonej ilości przebiegów prognozy – umożliwia symulację rozwoju zasobów drzewnych z upływem czasu.

5. WYNIKI WERYFIKACJI METODY PROGNOZY DLA LASÓW PAŃSTWOWYCH

Sprawdzenia poprawności przyjętej metodyki prognozy rozwoju zasobów drzewnych dokonano na podstawie:

- a) obliczeń wykonanych dla przykładowego gatunku manualnie oraz na komputerze,
- b) zbadania wpływu wskaźników przeżywalności określonych na podstawie:
 - powierzchni użytkowania rębного (zręby zupełne, cięcia uprzątające, zręby sanitarne, wylesienia) wykonanego w latach 1991-1994,
 - powierzchni cięć rębnych zlokalizowanych w planach urządzania lasu,
 - miąższości cięć rębnych zlokalizowanych w planach urządzania lasu.

Na podstawie otrzymanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Obliczenie powierzchni i miąższości według przygotowanych algorytmów jest poprawne, z tym że powstałe różnice w powierzchni, a w konsekwencji i miąższości, są wynikiem operowania w systemie komputerowym zaokrągloną powierzchnią w każdej procedurze przetwarzania danych (do pełnych hektarów). Różnica między rzeczywistą powierzchnią a zagregowaną w rekordzie zbioru wynosi tylko 1 ha; w przypadku np. 170 rekordów danych dla Lasów Państwowych różnice te mogą być większe;

2. Wskaźniki przeżywalności w istotny sposób wpływają na zmianę zasobów drzewnych z upływem czasu, a zatem:

— wskaźniki przeżywalności należy określać bardzo starannie, na podstawie danych z dłuższego okresu,

— należy liczyć się, że w SILP-ie zostaną zarejestrowane odpowiednie i wiarygodne dane, umożliwiające określenie wskaźników przeżywalności z dużą (wystarczającą dla potrzeb prognozowania) dokładnością,

— w prognozie rozwoju zasobów drzewnych wskazane jest wariantowe ujęcie wskaźników przeżywalności i śmiertelności drzewostanów.

Praca została przyjęta przez Komitet Redakcyjny 25 listopada 1996 r.

METHODOLOGY OF PROGNOSIS DEVELOPMENT OF WOOD RESOURCES

Summary

The arising changes in the forest environment and in its neighbourhood points out the need of taking into account numerous determinants of forest state in the prognosis development of the wood resources. Till now the determinants have not been considered.

The aim of the study is to work out the methodology of prognosis of the wood resources connected with the model of aim forest.

The following aspects were taken into consideration:

1. changes:

- in the forest area,
- in the division on damage zones,
- the structure of forest species composition,
- the amount of current volume increment

2. stand survival and mortality,

3. dependence of stand shares in the regeneration class on the forest age structure.

The presented conception of prognosis is a preliminary outline of the prognosis model which mathematical formula can be worked out after the carrying out the additional research in the scope of the stand survival, changes in the species composition and structure, variation of the current volume increment under the influence of various factors. It requires the assessing many aspects by functions or defining the proper probabilities.

The module of preparing the entry data consists of:

- mean species quality class in the age classes, according to regions (RDLP),

- indicators of current volume increment according to the species quality class and age,
- indicators of future intensity of pre-timber yield in the ten years period,
- percentage share of the damage zones within the forest area,
- indicators of stands shares from the regeneration class, in the age degrees,
- indicators of stand survival and mortality in the age degrees,
- indicators of: deforestation, changes in the forest ownership, and organisation alterations,
- areas for afforestation.

The module of preparing the entry data comprises the suitable function for division of wood resources into the damage zones or elimination of such a division, which is included in the reports of forest inventory.

In consequence of considerable alteration of forest age structure, gradually there was assumed that the stands shares from the regeneration class in the given age degree will be changing in dependence on the stand age structure as well.

The stand survival has the great impact on size of forest area (fraction) which after a lapse of time (in a period t , $t+1$) passes from the age degree (t) to „older” age degree ($t+1$). At the same time the rest of the area from the t age degree passes to the youngest age degree (1-10 years).

In the study the stand survival and mortality indicators were defined on the base of clear-cut areas and cleaning cutting for four years, 1991-1994. The indicators of stand survival and mortality were also estimated on the base of proportion of volume from the timber logging (in gross terms), regardless the category of cuts, to stands volume of given age degree.

The main procedures of the prognosis, especially the moment of passage from m . moment to $m+1$ moment are:

- a calculation of an indicator of changes in the species composition (WZG),
- a transition of area and volume from the lower to higher age degree, in connection with lapsing time,
- a correction of area and volume in virtue of changes – described in the indicators.

(transl. J. Cz.)

PIŚMIENNICTWO

Dokumentacja techniczna SILP. 1995. Maszynopis w Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. Warszawa

GŁAZ J. 1983: Bank danych o stanie lasów w Polsce. Las Pol., 1.

Instrukcja urządzania lasu. 1994. MOŚZNiL, Warszawa.

KŁOCEK A., OESTEN G. 1992: Macierzowe ujęcie rozwoju lasu. Prace Inst. Bad. Leśn., 738: 3-32.

KŁOCEK A., BOROWSKI S. 1990: Las celowy – nowa idea w leśnictwie. Las Pol., 20 i 22.

Kompleksowa prognoza rozwoju leśnictwa w Polsce do 2010 r. jako podstawa programowania perspektywicznego. 1990. Dok. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.

KOUBA J. 1983: Teorie normalniho lesa na zaklade nahodnych procesu. Lesnictvi, 29.

PATON K. 1977: Produkcyjność i możliwości użytkowania drzewostanów w OZLP w Szczecinku.

Rozp. doktorska (maszynopis) wykonana w Katedrze Urządzania Lasu SGGW w Warszawie.

POZNAŃSKI R. 1973: Las jako układ i macierz prawdopodobieństwa przejść. Sylwan, 3.

POZNAŃSKI R. 1989: Ocena intensywności procesów przeżycia i wyrębu drzewostanów w lasach okręgów przemysłowych. Dok. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.

- POZNAŃSKI R., RUTKOWSKI B. 1987: Prognozowanie, programowanie i planowanie w świetle nowej definicji urządzania lasu. *Sylwan* 2.
- Prognoza zmian zasobów leśnych w XXI wieku na tle alternatywnych scenariuszy zmian klimatu i rozwoju gospodarczego do 2050 roku. 1994 r. Maszynopis w Zakładzie Urządzania Lasu Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- Raport o stanie lasów w Polsce w 1992 r. 1993. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- SZYMKIEWICZ B. 1971: Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- TRAMPLER T., KLUBIŃSKA T. 1977: Opracowanie prognozy rozwoju zasobów leśnych oraz możliwości pozyskania drewna w okresie do 2010 roku. Warszawa Dok. Inst. Bad. Leśn.
- TRAMPLER T. 1989: Prognoza rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania do 2020 r. Dok. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- TRAMPLER T. 1970: Wykorzystanie materiałów z inwentaryzacji urządzania lasu do szacowania zapasu drzewostanów na pniu i ich dynamiki. Dok. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- TRAMPLER T. 1971: Prognoza rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania do 2000 r. Dok. Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- TRAMPLER T. 1977: Prognoza rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania w lasach przedsiębiorstw Lasy Państwowe do 2010 r. Dok. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- TRAMPLER T., KLUBIŃSKA T. 1980: Opracowanie prognozy rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania do 2010 roku dla Lasów Państwowych i lasów niepaństwowych na podstawie wyników aktualizacji 1978 r. Dok. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- TRAMPLER T., KLUBIŃSKA T. 1982: Opracowanie prognozy rozwoju zasobów drzewnych i możliwości ich użytkowania do 2010 roku dla lasów państwowych i lasów niepaństwowych na podstawie wyników aktualizacji 1978 r. Dodatkowe opracowanie do dokumentacji z 1980 r. Dok. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- TRAMPLER T., KLUBIŃSKA T. 1985: Opracowanie prognozy rozwoju zasobów drzewnych i ich użytkowania. Dok. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.