

**E. F. BRÜNIG**

**Katedra Światowej Gospodarki Leśnej Uniwersytetu w Hamburgu**  
**J. HEUVELDOP, T. W. SCHNEIDER**  
**Instytut Światowej Gospodarki Leśnej, Federalny Instytut Badawczy**  
**Leśnictwa i Drzewnictwa, Hamburg**

## **Produkcyjno-ekologiczne i hodowlane wnioski z katastrofy huraganowej w dniu 13 listopada 1972 r.**

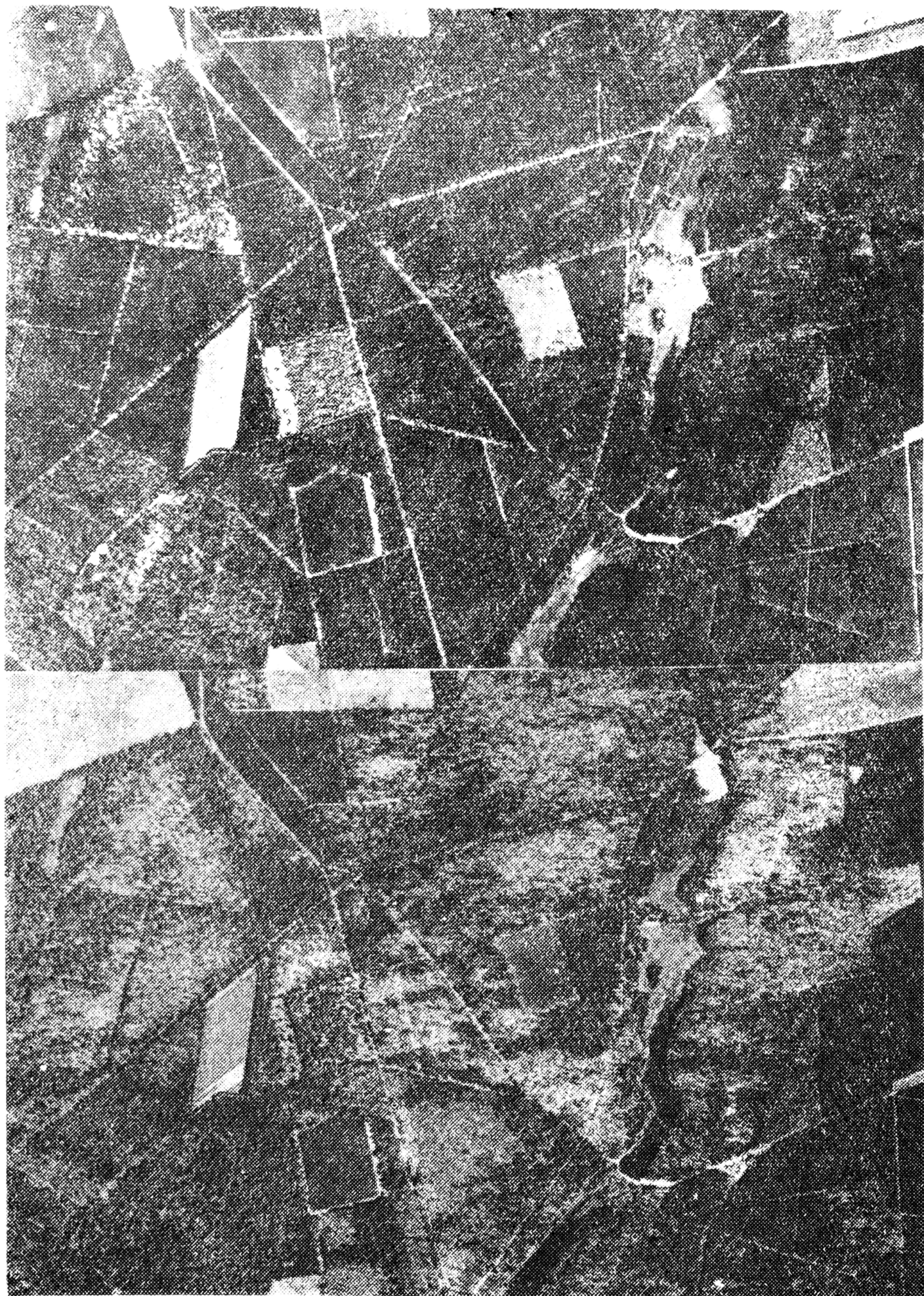
Производственно-экологические и лесоводческие выводы  
из ураганной катастрофы 13 ноября 1972 г.

Lehren aus der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972

### 1. WSTĘP

**13** listopada 1972 r. orkan spowodował dotkliwe szkody w północno-zachodniej części RFN. Pamięć ludzka nie notuje tak wielkiej klęski huraganowej, jaką poniosły obszary leśne. Maksymalna prędkość orkanu wynosiła około 200 km/h. W ciągu trzech godzin uległo złamaniu lub wywróceniu ponad 17 mln m<sup>3</sup> drewna na powierzchni 120 tys. ha. Poza tym huragan uszkodził w mniejszym lub większym stopniu dalsze 30 tys. ha. Główny obszar uszkodzeń rozciągał się na nizinie dolnosaksońskiej. Ofiarą padło tu 13,4 mln m<sup>3</sup> drewna (84%), w tym 10,3 mln m<sup>3</sup> sosny (77% szkód w Saksonii Dolnej). Uszkodzona przez huragan ilość drewna równała się 5-krotnemu normalnemu pozyskaniu rocznemu w Saksonii Dolnej. W centrum uszkodzeń większość nadleśnictw straciła masę większą niż 20-krotny etat użytkowania i połowę swych zapasów drewna (ryc. 1). Wiele nadleśnictw utraciło całkowicie swe starodrzewy. Szkody powstałe w wyniku spadku wartości i ubytków drewna, utrudnień przy jego pozyskiwaniu i zachwiania równowagi rynkowej wyniosły co najmniej 1 mld marek zachodnioniemieckich. Straty w przyszłych dochodach według aktualnych wartości wahały się według badań przeprowadzonych w dobrach leśnych Auermühle (12) między 2000 i 3000 DM/ha, co po przeliczeniu na cały obszar szkód daje kwotę 2,5 do 4 mld DM. Sumaryczne szkody wyniosły więc 4 do 5 mld DM.

Katastrofa ta była i jest uważana niekiedy jako odosobnione, niepowtarzalne zjawisko. Niszczycielskie działanie huraganów, podobnie jak pożary leśne, gradacje szkodników owadzich nie są jednak ani rzadkością, ani nowością w lesie gospodarczym stworzonym przez człowieka. Ogień i gradacje owadów w lasach środkowej Europy znane już były w średniowieczu, przed zapoczątkowaniem uregulowanej gospodarki leśnej.



Ryc. 1. Zdjęcie lotnicze części prywatnego gospodarstwa leśnego przed (u góry) i po przejściu orkanu (u dołu) 13 11 1972 r. Starsze drzewostany sosnowe o wysokości większej niż 15 m prawie w całości zniszczone, szczególnie na suchych glebach piaszczystych. Młodsze drzewostany i stare sosny prowadzone od dłuższego czasu w rozluźnieniu (dolny lewy róg zdjęcia) nie zostały prawie uszkodzone. Gospodarstwo to straciło 50% swego zapasu drewna na 860 ha (typowy przykład szkód w Puszczy Lüneburskiej)



Szkody tego rodzaju są znane także od wieków w lasach pierwotnych wszystkich stref klimatycznych. Wymieńmy tu tylko jako przykład szkody spowodowane przez tajfun w 1880 r. na Malajach Wschodnich, potężne pożary w borealnych lasach iglastych i wielkopowierzchniowe gradacje owadzie w określonych typach lasów pierwotnych na Borneo. W RFN poważne szkody huraganowe w lasach odnotowano w latach 1942, 1957, 1962, 1967, 1968, 1972, 1973 i 1976. Wynika więc z tego, że o odosobnieniu tych zjawisk nie może być mowy ani w lasach gospodarczych, ani w pierwotnych. Na podstawie danych statystycznych, w północno-zachodniej części RFN musimy się liczyć z wystąpieniem silnych wiatrów w każdym roku i co 5 do 10 lat z pojawieniem się orkanu. Superorkany typu 1972 r. występują raz lub dwa razy w ciągu wieku. Prawdopodobieństwo, że drzewostan w ciągu swej drugiej połowy kolei rębny przeżyje superorkan jest dla terenów północno-zachodniej części RFN bardzo duże. Na pewno przeżywa on więcej niż jeden przeciętny orkan. Jeśli orkany są tak częste, to dlaczego szkody z listopada 1972 r. wydawały się leśnikom tak niezwykle, że mówili oni o niepowtarzalnym zjawisku? Jak daleko sięga pamięć ludzka nie notowano bowiem podobnej katastrofy. Dlaczego więc te gigantyczne szkody dotknęły nas jednak w 1972 r. Poniżej spróbujemy dotrzeć do przyczyn tego pozornego paradoksu.

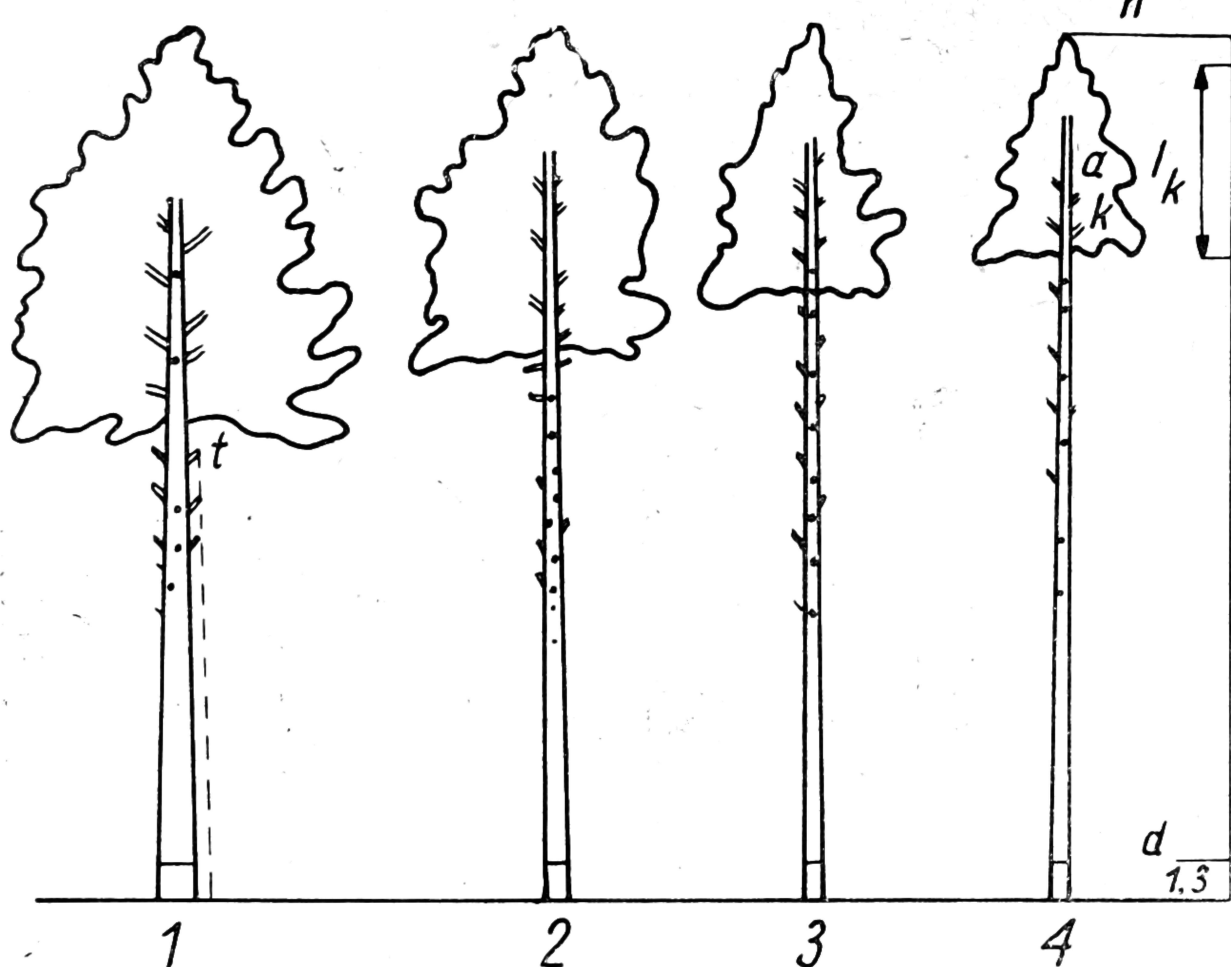
## II. ZAGROŻENIE HURAGANOWE, CZYNNIKI SIEDLISKOWE I DRZEWOSTANOWE

### Klimat i gleba

Nadmorskie tereny części północnej RFN są silniej zagrożone przez huragany niż tereny wewnątrz kraju, przede wszystkim na południu i wschodzie. Wysoka wilgotność powietrza, niewielka liczba dni mroźnych i miękkie gleby, w płoczu zimowym przeważnie nasycone wodą, zwiększają niebezpieczeństwo powstawania wywrotów. Przeciętna prędkość wiatru na wybrzeżu Morza Północnego waha się od 5 do 6 m/sek i jest znacznie wyższa niż na południu. Szkody huraganowe występują tu znacznie częściej i mają szerszy zasięg niż na południu i wschodzie. Wysoki poziom wód gruntowych na nizinach zwiększa niebezpieczeństwo powstawania wywrotów przez zbyt słabe zakorzenienie się drzew. W dniu 13 11 1973 r. suma opadów za 4 ostatnie dni (10 do 13 11) wynosiła średnio z notowań 10 stacji meteorologicznych leżących na obszarze szkód huraganowych równin 26,2 mm. Przy prędkości szkwału ponad 150 km/h rozmiękła wierzchnia warstwa gleby i wilgotne korony nie dawały drzewostanom szans przetrwania. Podobne i jeszcze gwałtowniejsze orkany zdarzały się w przeszłości, lecz wywoływane przez nie spustoszenia w lasach przybierały niewielkie rozmiary, ponieważ powierzchnia starodrzewu zagrożonego przez huragany była bardzo mała.

### Forma drzewa

Obok określonych czynników klimatycznych, topograficznych i edaficznych oraz cech samego huraganu (prędkość, porywistość, kierunek, czas trwania) rozstrzygające znaczenie dla odporności huraganowej i ryzyka powstania szkód mają przede wszystkim cechy drzewostanu.



Drzewo	1	2	3	4
$h$ [i. m]	30	30	30	30
$d_{1,3}$ [i. cm]	100	70	50	35
$d_{1,3}$ rel.	2,9	: 2	: 1,4	: 1
$SG \left(\frac{h}{d}\right)_{1-3}$	30	43	60	86
$g$ [i. m <sup>2</sup> ]	0,785	0,385	0,196	0,096
$g$ (rel.)	8	: 4	: 2	: 1
$d_k$ [i. m]	15	10,5	7,5	5,3
$l_k$ [i. m]	18	14	11	8
$a_k$ (rel.)	5	: 2,5	: 1,3	: 1
$w$ (rel.)	34	: 8	: 3,2	: 1
$w/a_k$	6,8	3,2	2,5	1
$t$ [i. cm/m]	>2	1,6	1,2	0,8

Ryc. 2. Wpływ kształtu drzewa na odporność na huragany. Silniejsze drzewa (prowadzone w mniejszym zwarceniu) charakteryzują się korzystniejszym stosunkiem powierzchni przekroju korony do wytrzymałości na zginanie niż smuklejsze drzewa wyrosłe w zwarceniu. Drzewo 1 odpowiada starym, górującemu drzewu lasu pierwotnego, drzewo 2 panującemu drzewu z lasu przerobowego, drzewo 3 jest typem docelowym auermühlowskiego programu produkcyjnego (patrz ryc. 3, lewa połowa), drzewo 4 jest wynikiem prowadzenia drzewostanu wg tablic zasobności (patrz ryc. 3, prawa połowa). Oznaczenia:  $h$  — wysokość drzewa,  $d_{1,3}$  — pierśnica,  $SG$  — współczynnik smukłości =  $h : d_{1,3}$ ,  $g$  — pierśnicowa powierzchnia przekroju,  $d$  — średnica korony,  $l_k$  — długość korony,  $a$  — względna powierzchnia przekroju korony,  $w$  — względna wytrzymałość strzały na zginanie,  $t$  — zbieżność obustronna.



Badania w tropikalnych lasach deszczowych wykazały, że między odpornością huraganową, częstością uderzeń przez pioruny, miejscową gospodarkę wodną, formą drzew górujących i aerodynamiczną szorstkością powierzchni drzewostanu istnieją związki przyczynowe (1, 3, 4, 5). Mechaniczne podstawy statyki odporności huraganowej drzew w zależności od kształtu drzewa i warunków ekologicznych były badane między innymi przez Fritscha (6), Müllera (7, 8), Noacka (9), Banksa (10), Partigea (11), Brüniga (3, 12) i Brüniga-Heuveldopa (13).

Badania te wykazały, że rozstrzygającymi czynnikami kształtującymi odporność huraganową drzewa jest względne położenie punktu ciężkości i wytrzymałość na zginanie, które zależą od kształtu pnia, strefy napływów korzeniowych i korzeni głównych oraz położenia drzewa w strukturze koron. Zależności te można uogólnić i sformułować następująco: w tych samych warunkach wzrostowych drzewa bardziej zbieżyste, o silniejszych napływach korzeniowych i skośnie rozprzestrzeniających się korzeniach głównych są bardziej odporne na działanie huraganu (2, 12). Bardzo stare drzewa górujące lub drzewa wyrosłe na otwartej przestrzeni są zwykle bardzo zbieżyste, tzn. charakteryzują się odpowiednio niskim współczynnikiem smukłości  $h : d_{1,3}$ . Wartości współczynnika smukłości dla drzew górujących lasów pierwotnych wahają się między 20 i 50. Im współczynnik smukłości drzewa jest wyższy, tym silniej jest ono poruszane przez wiatr i tym szybciej może być złamane lub wywrócone. Oprócz tego można stwierdzić ogólnie, że ze wzrostem aerodynamicznej szorstkości powierzchni drzewostanu zwiększa się turbulencja, co powoduje wzrost gęstości powietrza i prędkości wiatru.

Prawidłowość tych stwierdzeń odnośnie do współczynnika smukłości i aerodynamicznej szorstkości drzewostanu potwierdzają rodzaj i rozmieszczenie szkód huraganowych w tropikalnych lasach deszczowych (1, 3, 4).

Zależności między kształtem drzewa i odpornością na działanie huraganu przedstawia ryc. 2. Nieliniowy przebieg stosunku obciążenia huraganowego (wysokość drzewa i przekrój korony) i wytrzymałości na zginanie nadają drzewu o niskim współczynniku smukłości wyrosłemu w rozluźnieniu znaczną przewagę nad drzewem smukłym, które było idealnym tworem klasycznej hodowli lasu.

## Struktura drzewostanu

Między aerodynamiczną szorstkością dachu koron, współczynnikiem smukłości drzewa i niebezpieczeństwem złamania lub wywrócenia istnieją ściśle związki (1, 3, 4 i 5). Drzewostany o prostej strukturze, np. jednowiekowe drzewostany wysokopiennie lub fazy przejściowe w przebiegu naturalnych sukcesji, pozwalają na dokładne rozpoznanie zależności między stanem rozwojowym drzewostanu, cechami strukturalnymi i zagrożeniem przez huragan. Obok współczynnika smukłości drzew, tzn. stosunku wysokości do pierśnicy i aerodynamicznej szorstkości koron, bezpośrednią miarą zagrożenia przez huragan jest także wysokość drzewostanu. Krytyczne wysokości drzewostanu przy prędkości wiatru 100 km/h wahają się — w zależności od cech siedliska, wiatru i gatunku drzewa — od 15 do 20 m.

Przyczynami takiego stanu rzeczy są:

- zwiększanie się prędkości wiatru ze wzrostem wysokości nad powierzchnią ziemi,
- silniejsze stłaczanie się prądów powietrznych nad dachem koron,
- większa szorstkość aerodynamiczna i w wyniku tego bardziej intensywne wywoływanie turbulencji przez dach koron starszego drzewostanu górujący nad otoczeniem i przez większe korony,
- wyższy wiek drzewostanu i w związku z tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia „słabszych miejsc” (luki, osłabione lub chore drzewa),
- większy moment zginający w przypadku długiego pnia i dużej korony.

Szczególnie zagrożone są drzewostany wyrosłe w zwarciu, o wysokim współczynniku smukłości drzew, jeśli po przekroczeniu krytycznej wysokości drzewostanu szorstkość ich koron zostanie zwiększona przez trzebieże, a drzewa nie mają odpowiednio niskiego współczynnika smukłości. Na glebach pozwalających na dobre ukorzenienie się drzew, przede wszystkim w prawidłowo pielęgnowanym drzewostanie, silnie rozwinięty system korzeniowy przeważnie jest w stanie znieść lepiej gwałtowny wzrost obciążeń. Przypadek taki nie zachodzi na glebach nie stwarzających warunków do dobrego ukorzenienia się drzew. Gwałtowne „uszkokowienie” dachu koron może doprowadzić wówczas do niechybnej katastrofy.

W przypadku silnych orkanów, tzn. superorkanów, na powstające szkody nie ma prawie wpływu przebieg i rodzaj wykonywanych wcześniej trzebieży drzewostanów. Istnienie drzew górujących o długich koronach w drzewostanach, w których przeprowadzono trzebież górną lub poddanych w ogóle niedawnym trzebieżom, w przypadku superorkanów odgrywa tylko niewielką rolę, natomiast przy silnych i średnich huraganach może rozstrzygnąć o losie drzewostanu.

Pewien wpływ ma także podkrzesywanie drzewostanu i otuliny, szczególnie okrzesywanie żywych gałęzi, ponieważ zabieg ten zmniejsza nie tylko powierzchnię obciążenia drzewa przez wiatr, lecz powoduje także, że wewnątrz drzewostanu i otulina stają się bardziej przenikliwe dla wiatru, przez co zmniejsza się turbulencję i zagęszczanie się prądów powietrznych (14).

### **Odporność huraganowa lasów na obszarze szkód**

Leśno-ekologiczna sytuacja na obszarze przyszłych szkód huraganowych była ukształtowana przez następujące okoliczności:

1. Większość drzewostanów sosnowych, które uległy uszkodzeniom, pochodzą z zalesień przeprowadzonych między początkiem naszego stulecia a latami trzydziestymi. W 1972 r. drzewostany te osiągnęły lub przekroczyły krytyczną wysokość zagrożenia huraganowego. Z tego też względu 76% powierzchni uszkodzonych przez huragan przypada na drzewostany sosnowe tego rodzaju.

2. Drzewostany pielęgnowano zgodnie z danymi z tablic zasobności lub częściowo pozostawiono w ogóle bez pielęgnacji. To i gęsta więźba przy zakładaniu drzewostanów doprowadziły do wysokich współczynników smukłości, złego stanu fizjologicznego drzew i niezadowalającego ukorzenienia.



3. W wielu drzewostanach przeprowadzono wówczas trzebieże. Zwiększono przez to szorstkość aerodynamiczną, a współczynnik smukłości w tak krótkim czasie (tzn. od momentu wykonania zabiegu do pojawienia się huraganu) nie zdążył ulec spadkowi.

Powszechnie stosowane w praktyce powtarzające się zabiegi w drzewostanach niedostatecznie ustabilizowanych po przekroczeniu krytycznej wysokości stwarzają stan ekstremalnego zagrożenia huraganowego na co najmniej jednej czwartej omawianego arealu leśnego. Wysoki współczynnik smukłości i skokowy wzrost szorstkości aerodynamicznej wywołany przez późne zabiegi trzebieżowe potęguje się nawzajem i maksymalizuje prawdopodobieństwo wystąpienia szkód w przypadku huraganów.

Katastrofa więc co najmniej od dwudziestu lat pukała do drzwi. Jej zjawienie się było tylko kwestią statystyki huraganów i opadów. Sytuacja taka bez wątpienia była wynikiem działania człowieka, które pierwotnie miało na celu rekultywację krajobrazu dewastowanego od czasów średniowiecza. Katastrofa z 1972 r. odpowiada jednak także temu, co zdarza się niekiedy w naturalnych lasach nie podlegających ingerencji człowieka i co w odpowiedniej fazie rozwoju jest istotnym składnikiem naturalnej dynamiki sukcesji. Ryzyko katastrof tego rodzaju, wywoływanych przez huragany, pożary i szkodniki, można zmniejszyć jedynie przez celową, leśno-hodowlaną działalność człowieka. Celem takiej hodowli musi być osiągnięcie najwyższej rentowności gospodarczej przy równoczesnym optymalnym wypełnieniu wymogów społecznych stawianych lasom. Nie osiągnie się tego ani przez naturalne sukcesje leśne, ani przez hodowlę lasu „zgodnie z naturą” w ścisłym słowa znaczeniu. Pożądana jest natomiast racjonalna ekologicznie i ekonomicznie hodowla lasu, a więc hodowla lasu dostosowana w pełnym słowa znaczeniu do środowiska (15).

### III. WNIOSKI DLA LEŚNEJ TECHNIKI PRODUKCYJNEJ

#### **Dobór gatunków**

Od dawna wiadomo, że odporność poszczególnych gatunków drzew na huragany jest silnie zróżnicowana, co jest wynikiem odmiennych właściwości drewna, kształtu drzewa i stopnia jego ukorzenienia. Żaden z gatunków drzew — szczególnie przy rozmięklej glebie — nie jest jednak w stanie stawić oporu huraganom o charakterze orkanu ( $V > 29$  m/sek. = 100 km/h) (16).

Dobór gatunków zmniejsza więc ryzyko tylko w ograniczonym stopniu. Odnosi się to szczególnie do terenów północnych RFN, dla których istnieje niemal pewność pojawienia się co najmniej jednego orkanu w okresie od momentu przekroczenia krytycznej wysokości drzewostanu do momentu osiągnięcia wieku rębności.

Z tego względu również tworzenie drzewostanów mieszanych nie jest panaceum zabezpieczającym przed szkodami huraganowymi. Odnosi się to szczególnie do przypadków, gdy drzewostan mieszany tworzą gatunki o zróżnicowanym przebiegu wzrostu i odmiennej fenologii (opadanie liści) (17).

#### **Pielęgnacja drzewostanu**

Wniosek odnośnie do celowości zrezygnowania z wysokich współczynników smukłości, który wyciągnęliśmy z naszych badań prowadzo-

nych w lasach pierwotnych Borneo, jest uważany za istotny także przez Leibundguta (18) i Chandra (19). Rozpoznanie to przyjęło się także w najnowszych publikacjach w odniesieniu do terenów północno-zachodnich RFN (20). Osiągnięcie niskiego współczynnika smukłości wzmagającego odporność huraganową wymaga większej przestrzeni wzrostowej dla drzewa w fazie najbardziej witalnej i rozstrzygającej w największym stopniu o jego ukształtowaniu. Jest to faza późnej tyczkowiny i wczesnego drzewostanu dojrzewającego. W fazie tej powinien być osiągnięty średni współczynnik smukłości od około 60 do 80, zamiast do ponad 100, jak wynika to przy prowadzeniu drzewostanu według tabel zasobności.

Zależności te, intuicyjnie rozpoznane przez kilku klasyków leśnictwa już w poprzednim stuleciu, lecz zlekceważone przez praktykę, oraz podstawowe analizy fizjologiczne i synekologiczne stanowią podstawę wyjściową dla rozwoju modeli struktury drzewostanu, które obiecują większą stabilność mechaniczną i ekologiczną (17). Przy tym można było sięgnąć do doświadczeń z tropikalnej i subtropikalnej hodowli lasu i kilku badań brytyjskich i skandynawskich. Przewodnie zasady modelu są następujące:

— utrzymanie dla danego siedliska takiej liczby drzew, która gwarantuje produkcję określonych sortymentów drzewnych w określonym czasie przy równoczesnym uwzględnieniu stosunku średnicy korony i pierśnicy uwarunkowanego genetycznie oraz ryzyka naturalnego wydzielania się drzew związanego z siedliskiem,

— konieczność pierwszej redukcji liczby drzew na powierzchni dopiero po przekroczeniu minimalnej pierśnicy gwarantującej uzyskanie dochodu,

— nieliczne silne trzebieże w miarę możliwości w pierwszej połowie kolei rębny, pierwsze zabiegi przed osiągnięciem krytycznej wysokości drzewostanu (trzebież ustopniowana),

— podkrzesywanie wszystkich drzew mających stworzyć w przyszłości drzewostan ostateczny (końcowy),

— stosowanie wysokowartościowych genotypów i materiału roślinnego o dobrej jakości,

— uzyskanie i utrzymanie przewiewnych drzewostanów o gładkiej powierzchni koron w drugiej połowie kolei rębny, unikanie jej „uszczerbienia”, usuwanie ze starodrzewu tylko drzew obumarłych.

Przykładem wdrożenia tych zasad do praktyki są auermühlowskie programy produkcyjne. Wskazują one na naukowo-produkcyjne możliwości dla dostosowanej do środowiska i rentownej hodowli lasu, która przez formy strukturalne drzewostanów dopasowane fizjologicznie i ekologicznie osiąga i zapewnia optymalne zdolności produkcyjne ekosystemów leśnych (21). Auermühlowskie programy produkcyjne wykorzystują fizjo-ekologiczne właściwości gatunków drzew do celowego sterowania produkcją. W szczególnym stopniu wykorzystuje się w pełni witalność wzrostu młodzieńczego dla uzyskania dużych pierśnic i szerokiej warstwy zewnętrznej drewna bezścężnego o możliwie równomiernych słojach rocznych, otaczającej uszczęznione szerokosłoiste drewno we wnętrzu pnia. Na świeżych siedliskach Puszczy Lüneburskiej najbardziej korzystną w tym aspekcie jest jedlica ze względu na jej witalny przyrost pierśnicy i silną reakcję na rozluźnienie.



#### IV. AUERMÜHLOWSKIE PROGRAMY PRODUKCYJNE JAKO PRZYKŁAD HODOWLI DOSTOSOWANEJ DO ŚRODOWISKA

Najistotniejszymi cechami naszego auermühlowskiego programu produkcyjnego są (patrz także ryc. 3):

— stosowanie luźnej więźby na uprawach (jedlica  $4 \times 1,25$  do  $4 \times 1,50$  m; sosna  $3 \times 0,6$  m do 1 m; świerk  $3 \times 1$  do 1,5 m; modrzew  $4 \times 1,5$  do 2 m z podsadzeniami),

— silne i wczesne użytkowanie przedrębne jest realizowane jako trzebież selekcyjna, drzewa dorodne zostają oznakowane,

— wczesne podkrzesywanie mające na celu zniwelowanie luźnej więźby na rozwój gałęzi,

— pierwsza trzebież jest wykonywana możliwie wcześnie po osiągnięciu przez drzewa minimalnych pierśnic gwarantujących pokrycie kosztów (dla jedlicy w wieku 10 do 15 lat, dla sosny w wieku 25 do 30 lat). Pierwsza trzebież może być przesunięta na czas wcześniejszy, jeśli jest to możliwe z punktu hodowlanego i wydaje się pożądana w aspekcie gospodarczym,

— nawożenie pod koniec kolei rębu dla uzyskania równomiernej budowy słoju rocznych i wysokiego przyrostu wartości w fazie starzenia się drzewostanu.

Najbardziej istotnymi cechami programu jest utrzymanie możliwie niewielkiej liczby drzew, uzyskanie stosunkowo niewielkiej powierzchni przekroju w szczególnie krytycznej z punktu fizjo-ekologicznego średniej fazy wieku (dragowina — młody drzewostan dojrzewający), natomiast stosunkowo dużej powierzchni przekroju przy niewielkiej liczbie drzew w drzewostanie ostatecznym. Przykład utrzymania liczby drzew i powierzchni przekroju w odniesieniu do wzrostu wysokości przedstawiają ryciny 4 i 5. Przykład rozwoju struktury drzewostanu w auermühlowskim programie produkcyjnym w porównaniu z modelem z tablic zasobności przedstawia ryc. 3. Auermühlowski program produkcyjny daje następujące korzyści:

— niewielkie koszty zakładania i pielęgnacji drzewostanów,  
— oszczędności poczynione na pielęgnacji zostają przeznaczone na fachowe podkrzesanie 400 do 700 drzew dorodnych,

— we wszystkich fazach wieku drzewostany są stabilne biologicznie i tylko w niewielkim stopniu zagrożone przez czynniki środowiska,

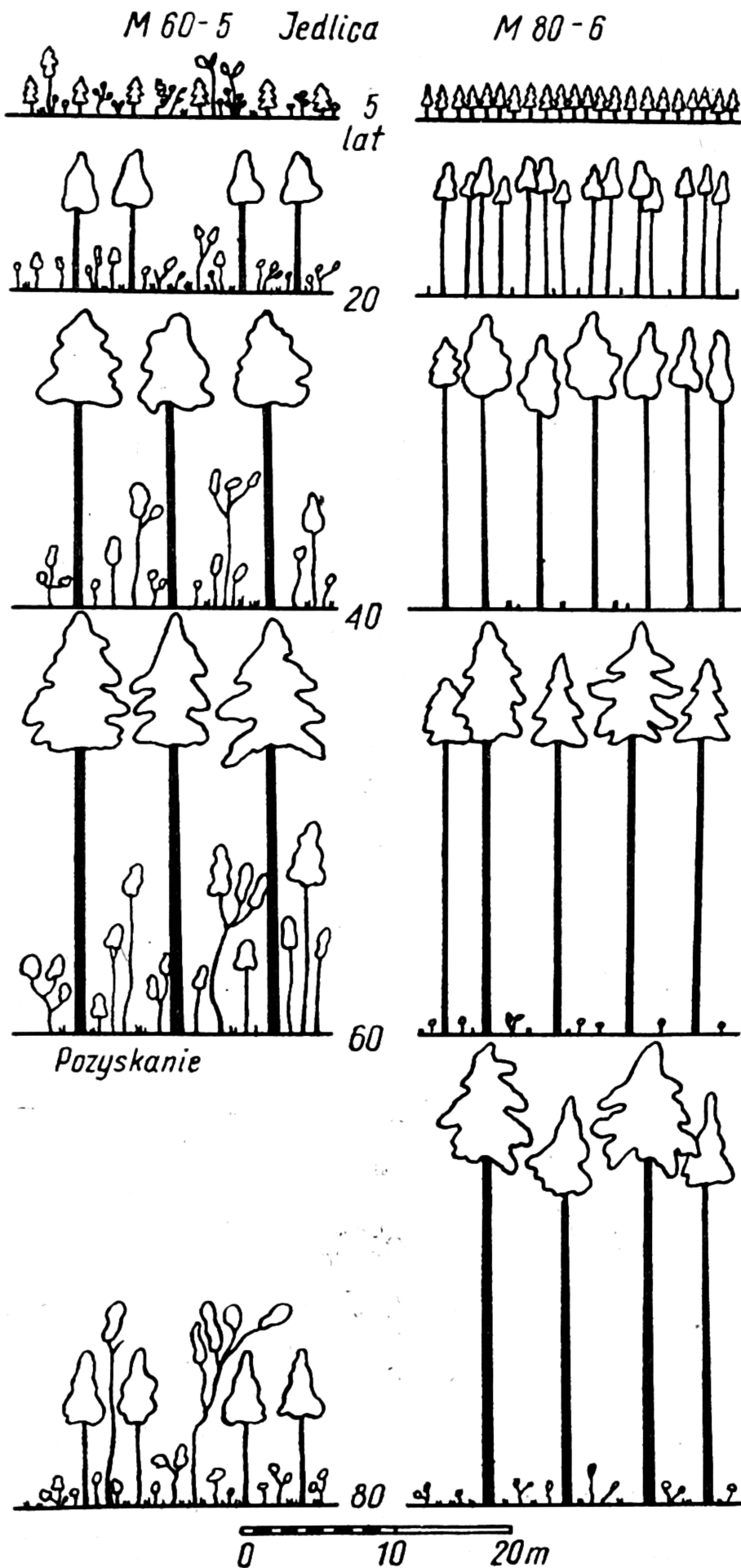
— ogólnie większa plastyczność produkcji i wykorzystania,  
— możliwość szybszego i tańszego uzyskania drewna o większych wymiarach,

— znaczne zmniejszenie chronicznego prześwietlenia i strat produkcyjnych w fazie starczej,

— dochody są wcześniejsze i pewniejsze,  
— taka sama produkcja masy, lecz o wyższej wartości, oraz wyższy udział grubszych sortymentów niż przy metodach konwencjonalnych,

— różnorodność ekologiczna — szczególnie w fazie młodzieńczej — jest większa i podnosi ekologiczną stabilność i wartość biotopu,

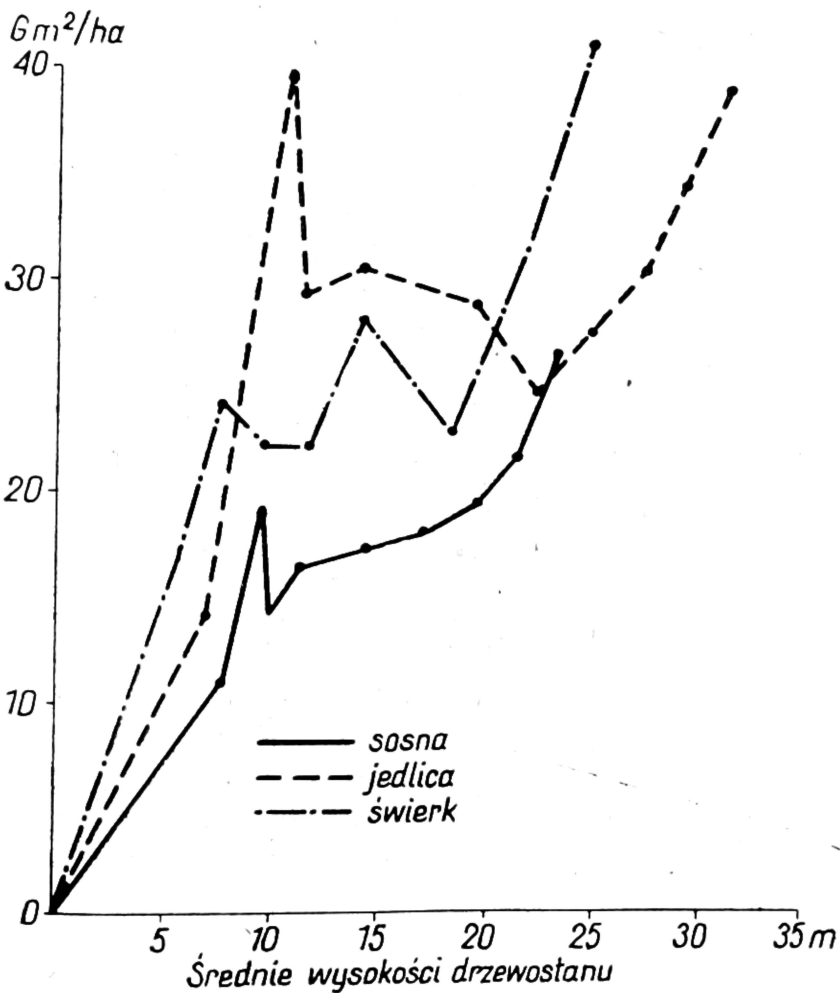
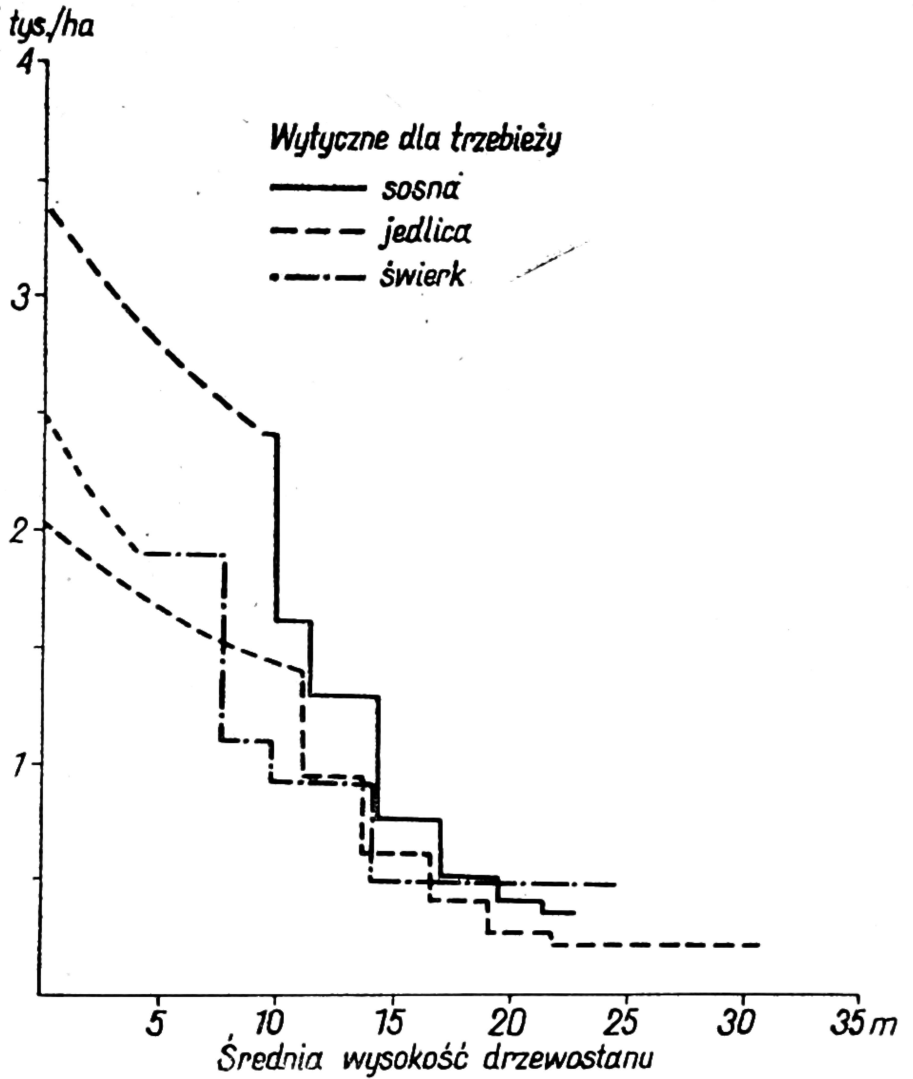
— bardziej otwarte młode i podkrzesane starsze drzewostany o silnych pniach stwarzają korzystniejsze warunki rekreacyjne niż wielokrotnie — i z racją — krytykowane „fabryki słupów” w konwencjonalnych metodach produkcji według tablic zasobności.



Ryc. 3. Rozwój struktury drzewostanu wg auermühlowskiego programu produkcyjnego dla jedlicy M 60-5 (lewa strona) i przy prowadzeniu wg tablic zasobności, silna trzebież, M 80-6 w II klasie produktywności (stopień produktywności 13 dGZ 100). Więźba wyjściowa  $4 \times 1,25$  m lub  $1,25 \times 1,25$  m. Odległości między drzewami i kształty drzew odpowiadają stanowi rzeczywistemu. Średnia pierśnica drzewostanu końcowego wynosi dla M 60-5 (wiek 60 lat) 49,7 cm i 48,2 w M 80-6 (wiek 80 lat). Całkowity przyrost miąższości w obu modelach jest taki sam, lecz udział grubszych sortymentów jest większy w przypadku M 60-5



Ryc. 4. Liczba drzew w zależności od wzrostu średniej wysokości drzewostanu dla sosny, jedlicy i świerka w auermühlowskim programie produkcyjnym w II klasie produktywności



Ryc. 5. Powierzchnia przekroju odpowiadająca liczbie drzew na ryc. 4. Szczególnie widoczny jest spadek powierzchni przekroju w średnim wieku u witalnej jedlicy, co jest spowodowane silną redukcją liczby drzew



Ryc. 6. 36-letni drzewostan sosnowy z sadzenia w więźbie rzędowej (II klasa produktywności), średnia wysokość 13 m, średnia pierśnica drzew panujących (400 drzew przyszłościowych) około 18,7 cm, średni współczynnik smukłości 69. W drzewostanie nie przeprowadzono dotychczas trzebieży i podkrzesywania i z tego względu zwarcie w rzędach jest zbyt duże (pierwsza redukcja liczby drzew wg auermühlowskiego programu produkcyjnego w wieku 25 lat). Z tego względu nikły rozwój wegetacji glebowej. Współczynnik smukłości i rozwój pierśnicy drzew panujących odpowiadają auermühlowskiemu programowi produkcyjnemu. Las chłopski koło Steinhorstu

Proponowane modele stanowią więc alternatywę w stosunku do powszechnie stosowanego w praktyce utrzymywania dużej liczby drzew na jednostce powierzchni. Modele te odnoszą się przede wszystkim do rzewostanów jednogatunkowych znajdujących się w stanie permanentnego zagrożenia huraganowego (w określonych warunkach także do drzewostanów mieszanych) na siedliskach, na których nadrzędną funkcją lasu jest produkcja surowca drzewnego.

Ewentualne zarzuty przeciwko zasadom auermühlowskiego programu produkcyjnego odnoszą się przede wszystkim do tego, czy istnieje wystarczająca liczba drzew umożliwiających wybór drzew dorodnych, jaka jest jakość drewna i jakie zachwaszczenie dna lasu. Przy prawidłowej liczbie sadzonek, stosowaniu gatunków i proveniencji dostosowanych do siedliska i starannym wysadzeniu zdrowych sadzonek liczba ich wystarcza w każdym przypadku do uzyskania wystarczającej liczby drzew dorodnych. Oddziaływanie luźnej więzby na gęstość drewna jest niewielka i waha się od 3 do 5%. Istotne znaczenie ma natomiast oczekiwany stromy gradient radialnego wzrostu gęstości zewnętrznej, bezsęczonej warstwy drewna otaczającej szerokosłoiście i usęczone drewno wewnętrzne. Tendencji tej można zapobiec przez nawożenie w ostatniej trzeciej części kolei rębu. Problem konkurencji chwastów nie istnieje w przypadku stosowania więzby rzędowej stwarzającej korzystne warunki dla czynności roboczo-technicznych. Chwasty w rzędach ulegają wczesnemu zduszeniu, natomiast przeprowadzenie koniecznych zabiegów pielęgnacyjnych wzdłuż rzędów jest proste i tanie.

#### V. UZDRAWIANIE MŁODYCH DRZEWOSTANÓW ZAŁOŻONYCH I PROWADZONYCH METODAMI TRADYCYJNYMI NA TERENACH ZAGROŻONYCH PRZEZ HURAGANY

Wdrożenie zasad auermühlowskich programów produkcyjnych do praktyki jest stosunkowo proste w przypadku, jeśli drzewostany są zakładane po raz pierwszy. Bardziej skomplikowanie przedstawia się sprawa w przypadku młodych drzewostanów założonych według metod konwencjonalnych. Jedynym możliwym wyjściem jest wybór wystarczającej liczby drzew dorodnych, u sosny 700, u świerka i jedlicy około 400 na hektar, ich drastyczne odsłonięcie przez tak zwaną trzebież posztuczną (Stockdurchforstung), przy równoczesnym podkrzesaniu. Wskazane jest przy tym dokonanie wyboru drzew dorodnych rzędowo, w dwóch rzędach na każde trzy, tak aby później opuszczone rzędy w których nie dokonano wyboru można było usunąć w całości, kiedy drzewa dorodne ustabilizują się w wystarczającym stopniu. Rzędy przewidziane do usunięcia stanowią w tym czasie rezerwę drzew dorodnych na wypadek zniszczenia pewnej części drzew dorodnych przez huragan, okiść lub inne czynniki. Starszych drzewostanów, o wysokości większej niż krytyczna wysokość drzewostanu (12 do 17 m), nie należy poddawać przebudowie, ponieważ ryzyko szkód i strat produkcyjnych jest większe niż korzystać, jakich można oczekiwać.



## LITERATURA

1. Brünig E. F. — Sturmschäden als Risikofaktor bei der Holzproduktion in den wichtigsten Holzerzeugnisgebieten der Erde. a) „Forstarchiv“, Hannover, 44, 1973, 7, 137—140; b) „Holz-Zentralbl.“, Stuttgart, 99, 1973, 85, 1305; c) „Mitt. Bundesforschungsanst. Forst-Holzwirtsch.“, Reinbek, nr 93, 1973, 17—34.
2. Hütte P. — Die standörtlichen Voraussetzungen der Sturmschäden. „Forstwiss. Centralbl.“ 86, 1967, 5: 276—295.
3. Brünig E. F. — Stand structure, physiognomy and environmental factors in some lowland forests in Sarawak. „Trop. Ecol.“, vol. 11, 1970, 26—43.
4. Brünig E. F. — Erkenntnisse forstökologischer Forschung in den Tropen für die Umweltökologie in der Bundesrepublik. „Forstarchiv“, Hannover, 43, 1972, 6: 114—119.
5. Brünig E. F. — Some further evidence on the amount of damage attributed to lightning and wind-throw in Shorea albida-forest in Sarawak. „Commonw. Forest. Rev.“ 52, 1973, 153: 260—265.
6. Fritzsche K. — Sturmgefahr und Anpassung. „Mitt. Sächs. Forstl. Versuchsanst.“, Thar. Forstl. Jb., 84, 1933, 1: 1—104.
7. Müller G. R. — Ein mathematisch-statistisches Modell für den Formaufbau der Bäume und Pflanzen und seine Folgerungen. Kurzbericht in „Allg. Forstzeitsch.“ 26, 1971, 15: 316, aus: Die einfache Exponentialfunktion und das Wachstum der Bäume. Giessen, nie publikowany maszynopis pracy habilitacyjnej, 1968.
8. Müller G. R. — Optimale Bauprinzipien bestimmen das Wachstum der Pflanzen. Własny nakład, Giessen, 1972.
9. Noack D. — Festigkeitsberechnung von Bäumen. Doniesienie listowne z 18.2.1974.
10. Banks C. C. — The strength of trees. I. Inst. Wood Science, 6, 1973, 2: 44—50.
11. Partridge G. W. — On the shape of trees. I. Theoret. Biol. 38, 1973, 1: 111—137.
12. Brünig E. F. — Interpretation of tree forms in terms of environmental conditions. Proc. IUFRO-Conference on genetical physiology, Edinburgh, Academic Press (w druku).
13. Brünig E. F., Heuvel dop J. — Structure and functions in natural and man-made forests in the tropics. 16 Kongres IUFRO, Oslo 1976.
14. Mitscherlich G. — Wald und Wind. „Allg. Forstzeitschrift“, 144, 1973, 4: 76—81.
15. Brünig E. F., Heuvel dop J. — Bemerkungen zum Thema umweltgerechter Waldbau. „Allg. Forstzeitschrift“, München (w druku).
16. Marcu G. H. — Massnahmen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Beständen gegen Windwürfe. „Rev. Pad.“ 2: 70; „Allgem. Forstz.“ 24, 1969, 28: 569.
17. Brünig E. F. — Grundsätze zum umweltgerechten Wiederaufbau des privaten Wirtschaftswaldes im Sturmschadensgebiet in Nordwestdeutschland. „Landwirtschaft-Angewandte Wissenschaft“, Heft 179, Hilstrup: Landwirtschaftsverlag GmbH.
18. Leibundgut H. — Die Waldpflege. Bern 1966, Paul Haupt-Verlag.
19. Chandler K. C. — Climatic damage to forests of the Tapauni District. „New Zeal. J. Forest“, 13, 1968, 1: 98—100.

20. Kramer H. — Bestandesbegründung unter dem Aspekt der künftigen Durchforstung. „Forst- u. Holzwirt“, 30, 1975, 17: 324—330.
21. Brünig E. F., Schneider T. W. — Forstgut Auermühle, Gesichte und Wirtschaftsgrundsätze. Eigendruck der Günther Wagner Pelikan-Werke GmbH, Hann. 1975.

*Z niemieckiego tłumaczył  
Krzysztof Kosicki*

### Краткое содержание

13 ноября 1972 г. ураган вызвал очень чувствительные потери в северо-западной Германии. Особенно сильно были повреждены леса южносаксонской равнины. Повреждения охватили 76% площади сосновых посадок на верещатниках и негодьях на сильно деградированной почве. Ураганные потери, также как лесные пожары и градации вредных насекомых не являются специфической особенностью хозяйственных лесов созданных человеком. Такие бедствия известны на протяжении веков во всех частях света — также в первобытных лесах. Катастрофа 13.XI.1972 г. была логическим и неизбежным последствием развития поврежденных насаждений и высокой частоты ураганов в северо-западной Германии. После катастрофы возник вопрос, на которые из факторов влияющих на размер повреждений можно воздействовать и преобразовывать их в целях увеличения стабильности насаждений и улучшения их экологических и экономических производственных способностей.

Результаты исследований проведенных на площадях охваченных ураганом подтвердили результаты более ранних исследований в тропических дождевых лесах, свидетельствующие о том, что риск возникновения ураганных потерь определяют наряду с факторами условий местопроизрастания и характером урагана, прежде всего, особенности отдельного дерева и насаждения, а также способ ведения хозяйства. Из особенностей насаждения существенное значение для возникновения ураганной угрозы имеют:

- коэффициент стройности ( $H/d_{1,3}$ ) отдельного дерева,
- аэродинамическая шероховатость верхнего полога насаждений, особенно во второй половине оборота рубки,
- высота насаждения и участие периода времени в обороте рубки, в котором насаждение вырастает выше критической высоты, чтобы достигнуть производственную цель мероприятия по уходу за опушкой леса, её ажурность и здравостояние.

Исходя из схемы посадки с возможно небольшим количеством деревьев, которое ещё достаточно для достижения цели, созданы модели регуляции количества деревьев при восстановлении лесов поврежденных ураганом, а также реконструкции санитарного состояния насаждений заложенных и выращиваемых конвенциональными методами. Эти модели, учитывающие физиоэкологические аспекты, путем соответствующих структурных форм насаждений, стремятся к созданию стабильного и экономически выгодного лесоразведения приспособленного к условиям местопроизрастания.

Самыми существенными пунктами этих программ являются:

- сохранение небольшого количества деревьев от момента заложения насаждения до возраста рубки путем применения свободной схемы посадки и ранней, сильной редукции количества деревьев,

— сохранение относительно небольшой площади сечения насаждения в средних классах возраста,

— относительно большая площадь сечения при самом большом количестве деревьев в спелом насаждении,

— открытый полог крон в молодости и сомкнутый полог крон в старом насаждении;

Модели показывают целый ряд выгод по сравнению с конвенциональными методами таблиц, а именно:

— все насаждения биологически более стабильны,

— гарантируют более высокую рентабельность,

— толстомерные сортименты производятся быстрее и дешевле,

— путем сокращения возраста рубки, но при таком же самом производстве запаса, улучшается экономическая сторона производства и уменьшается риск производственных потерь.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Am 13. November 1972 verursachte ein Orkan in Nordwestdeutschland schwere Schäden. Besonders schwer geschädigt wurden die Wälder im niedersächsischen Flachland. 76% der Schadfläche waren Kiefernerstaufforstungen auf Heide und Ödland mit schwer degradierten Böden. Sturmschäden sind ebenso wie Waldbrände und Insektenkalamitäten keine Besonderheit des vom Menschen geschaffenen Wirtschaftswald. Kalamitäten wurden seit Jahrhunderten aus allen Gebieten der Erde, insbesondere auch aus Urwäldern gemeldet. Die Katastrophe vom 13.11.1972 war die logische und unvermeidliche Folge der Entwicklung der geschädigten Bestände und der hohen Sturmhäufigkeiten in Nordwestdeutschland. Nach der Katastrophe stellt die Frage, welche Faktoren, die für das Ausmaß der Waldzerstörung verantwortlich waren, vom Menschen beeinflusst und beim Wiederaufbau entsprechend verändert werden können, mit dem Ziel, die Stabilität der Bestände zu erhöhen und gleichzeitig ihre ökologische und ökonomische Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Unsere Untersuchungen im Sturmschadensgebiet bestätigten frühere Untersuchungen im tropischen Regenwald, daß neben den gegebenen Standortfaktoren und den jeweiligen Eigenschaften des Sturms vor allem die Merkmale des Einzelbaumes und des Bestandes, sowie die Bestandesbehandlung das Sturmschadensrisiko bestimmen. Vor allem folgende Bestandesmerkmale sind im Hinblick auf die Sturmgefährdung wesentlich:

— der Schlankheitsgrad (H/d) des Einzelbaumes,

— die aerodynamische Rauigkeit des Kronendaches des Bestandes vor allem in der zweiten Umtriebshälfte,

— die Bestandeshöhe und der Anteil der Umtriebszeit, in der Bestand oberhalb der kritischen Bestandeshöhe wächst um das Produktionsziel zu erreichen,

— die waldbauliche Behandlung des Bestandesrandes, seine Durchlässigkeit und Gesundheit.

Aufbauend auf Pflanzverbänden mit möglichst niedrigen Pflanzenzahlen, die für die Zielerreichung gerade ausreichen, wurden Modelle der Stammzahlhaltung für den Wiederaufbau des sturmgeschädigten Waldes und für die Sanierung konventionell begründeter und erzogener Bestände entwickelt, die den Forderungen



nach einem umweltgerechten stabilen und rentablen Waldbau durch physio-ökologisch angepaßte Bestandesaufbauformen gerecht werden.

Wesentliche Merkmale dieser Programme sind:

- niedrige Stammzahlhaltung von der Begründung bis zum Umtriebsende durch weitständige Ausgangspflanzenverbände und frühe, starke Stammzahlreduzierungen
- relativ niedrige Kreisflächenhaltung in den mittleren Altersklassen
- relativ hohe Kreisfläche bei geringer Stammzahl im Endbestand
- offenes Kronendach in der Jugend und geschlossenes Kronendach im Altholz.

Die Modelle haben entscheidende Vorteile gegenüber den konventionellen, ertragstafelmäßigen Behandlungsmethoden:

- die Bestände sind biologisch stabiler
- sie gewährleisten eine größere Flexibilität und Liquidität
- stärkeres Holz wird schneller und billiger erzeugt
- durch Verkürzung der Umtriebszeit, aber gleichhoher Volumenerzeugung und höherer Werterzeugung, wird die Wirtschaftlichkeit verbessert und das Risiko von Ertragsverlusten durch Schäden vermindert.