

**LESZEK BOLIBOK**

## Lasy falowe, czyli o niezamierzonym lecz nieprzypadkowym podobieństwie pomiędzy rębnią Wagnera i lasami naturalnymi\*

Wave forests – not intended but not accidental similarity between Wagner's Blendersaumschlag silvicultural system and natural forests

### ABSTRACT

A characteristic spatial structure of natural forests called „wave forest” or „Shimagare forest” is very similar to structure which is shaped by silvicultural system invented by Christopher Wagner. This review presents regions of occurrence, mechanisms of arising and maintenance of mentioned natural forests and compares them with theory and praxis of Wagner's Blendersaumschlag.

### KEY WORDS

wave forest, wave-regenerated forests, Shimagare forest, Wagner's Blendersaumschlag silvicultural system, natural forests.

### Wstęp

Artykuł omawia podobieństwa występujące pomiędzy strukturą przestrzenną drzewostanów zagospodarowanych rębnią Wagnera a drzewostanami naturalnymi o strukturze falowej (wave regeneration forest, wave forest, Shimagare forest), rosnącymi w borach wysokogórskich. Niektórzy autorzy uważają, że rębnia brzegowo-smugowa niekorzystnie wpływa na walory krajobrazowe lasów nią zagospodarowanych tworząc nienaturalną strukturę przestrzenną drzewostanów. Niemniej jednak w niektórych warunkach przyrodniczych taka struktura przestrzenna jest naturalna.

### Założenia rębni Wagnera

Christof Wagner [1923, za Jaworski 1995] dążąc do wykorzystania zalet odnowienia naturalnego na brzegu drzewostanu stworzył oryginalny sposób odnowienia i użytkowania lasu nazywany rębnią brzegowo-smugową lub od jego nazwiska rębnią Wagnera. Istota rębni polega na inicjowaniu za pomocą cięć brzegowych odnowienia naturalnego na wybranym skraju drzewostanu, gdzie w danych warunkach przyrodniczych można oczekiwać najbardziej dogodnych warunków do rozwoju nalotów i podrostów. W miarę pojawiania się odnowienia naturalnego cięcia przesuwają się w głąb drzewostanu. Obserwator poruszający się od brzegu drzewostanu w kierunku przeciwnym do kierunku cięć będzie napotykał na coraz starsze drzewa aż do takich, które osiągnęły już wiek rębności. Te ostatnie znajdują się przy kolejnym brzegu drzewostanu,

#### LESZEK BOLIBOK

Katedra Hodowli Lasu, SGGW  
ul. Rakowiecka 26/30  
02-528 Warszawa  
bolibok@delta.sggw.waw.pl

w którym prowadzone są cięcia odnowieniowe. Analizując strukturę drzewostanu można zauważyć, że w kierunku równoległym do brzegu drzewostan jest wyrównany wiekowo i wysoko-

\* Wykonano w ramach Grantu KBN 6P06L 01121

ściowo natomiast w kierunku prostopadłym obserwuje się gradient zróżnicowania wieku i wysokości drzew. Fragment drzewostanu, w którym następują kolejno po sobie drzewa o coraz większych rozmiarach od podrostów do drzew dojrzałych do wyřębu jest określany mianem szeregu cięć. Dwa lub więcej szeregów cięć ustawionych jeden za drugim tworzy ostęp o powierzchni około 15-25 hektarów. Jak podaje Puchalski [1972] szeregi cięć przesuwają się przez powierzchnię lasu jak fale morza (ryc. 1a).

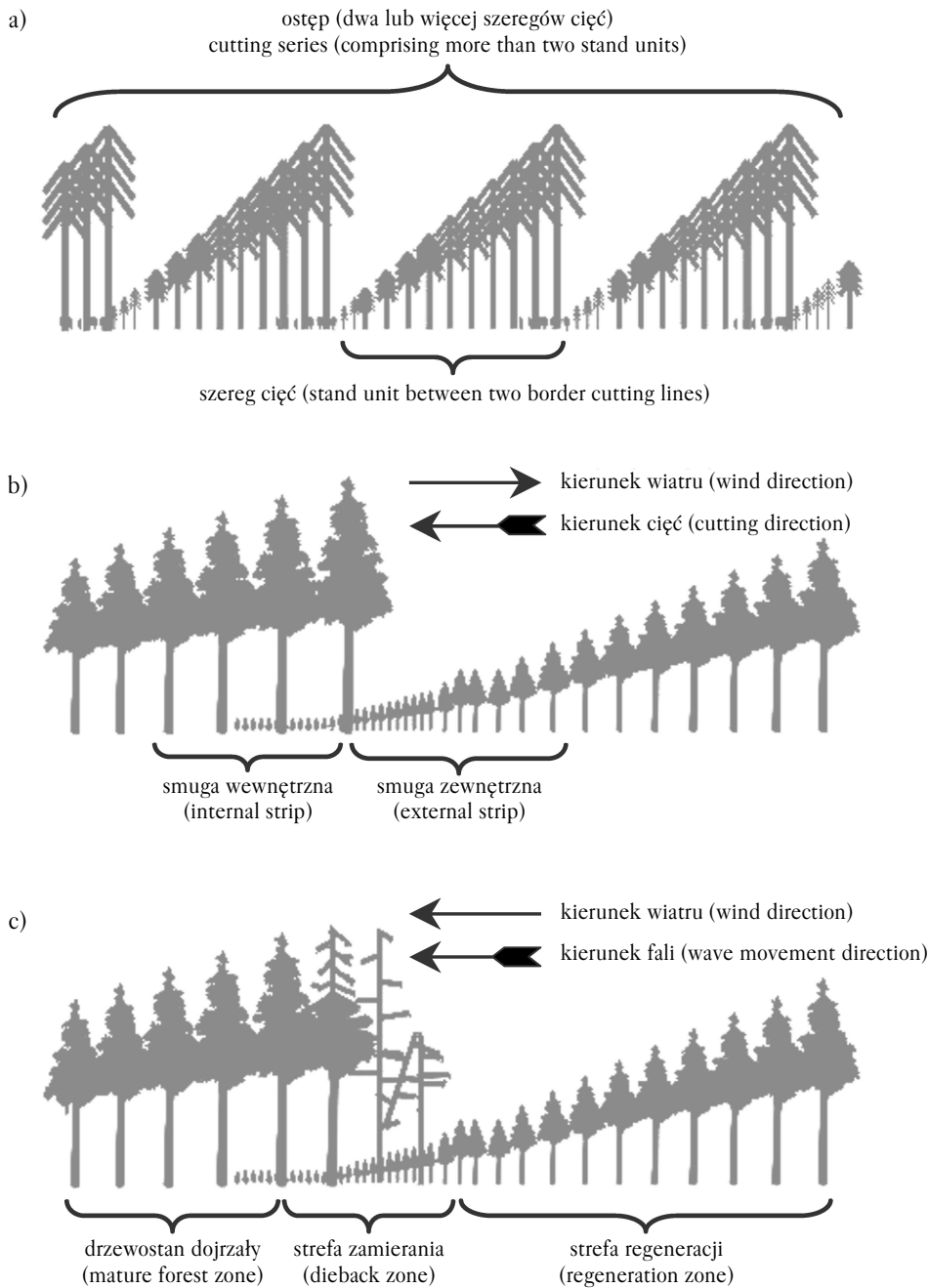
## Lasy falowe

Zaskakujące jest, że istnieją lasy naturalne o bardzo podobnej budowie przestrzennej, które powstały i utrzymują się samorzutnie w górnoreglowych borach jodłowych w Ameryce Północnej i Japonii. Wizualna różnica pomiędzy nimi, a lasami zagospodarowanymi rębnią Wagnera zasadniczo sprowadza się do tego, że w krajobrazie tam gdzie w rębni brzegowo smugowej znajduje się smuga zewnętrzna, w lasach naturalnych można obserwować pas stojących martwych drzew, pod którymi widoczne jest zaawansowane odnowienie naturalne.

Po raz pierwszy zjawisko to zostało opisane przez Okubo [1933, za Kohyama 1988] na górze Shimagare w centralnej Japonii. Nazwa tej góry w języku japońskim dosłownie oznacza pasma martwych drzew i bezpośrednio opisuje obserwowane zjawisko. Autorzy japońscy konsekwentnie do opisu tego typu lasów używają określenia lasy Shimagare [ang. Shimagare forest, Shimagare phenomenon – Kohyama 1988]. W Ameryce Północnej po raz pierwszy zjawisko takie zostało opisane przez Sprugela [1976]. Autor zwrócił uwagę na falistą strukturę pionową drzewostanów i określił je mianem lasów odnawiających się falowo (ang. wave regenerated forest). W nowszych publikacjach można napotkać skrótowe określenie: lasy falowe [ang. wave forest np. Robertson 1991].

## Podobieństwa struktury przestrzennej drzewostanów w rębni Wagnera i w lasach falowych

Wagner prawdopodobnie nie wiedział o lasach falowych, a jednak zaproponowana przez niego budowa przestrzenna drzewostanu w ramach jednego szeregu cięć (ryc. 1b) jest uderzająco podobna do budowy przestrzennej pojedynczej fali w lesie odnawiającym się falowo (ryc. 1c). Największą część szeregu cięć zajmują drzewa tworzące drzewostan dojrzewający, na końcu szeregu cięć znajduje się drzewostan dojrzały. W nim wykonywane są na smudze wewnętrznej cięcia odnowieniowe, głównie brzegowe, lecz także dopuszczalne są inne rodzaje cięć np. częściowe mające na celu zainicjowanie odnowienia pod okapem drzewostanu macierzystego. Szereg cięć kończy się smugą zewnętrzną – stosunkowo wąskim pasem drzewostanu, na którym powinien się znajdować podrost, a w sprzyjających warunkach można oczekiwać na nalot z samosiewu bocznego uzupełniający ewentualne luki. Zazwyczaj szerokość smugi zewnętrznej wynosi od pół do jednej wysokości drzewostanu dojrzałego i jest ona uzależniona od zasięgu cienia rzuconego przez drzewostan [Puchalski 1972]. W lasach falowych układ stref w obrębie jednej fali można uznać za analogiczny. W strefie regeneracji [Foster 1988] drzewa stopniowo zwiększają swoje rozmiary oraz następuje redukcja ich liczebności. W strefie lasu dojrzałego drzewa osiągają największe rozmiary. Bezpośrednio do niej przylega strefa zamierania, w której drzewa rosnące na brzegu drzewostanu oraz w jego bliskim sąsiedztwie zamierają i przez pewien czas stoją martwe. Nazwa strefa zamierania może stwarzać mylne wrażenie, ale to właśnie tutaj zaczyna rozwijać się następna generacja drzewostanu. Podobnie jak w rębni brzegowo smugowej odnowienie wzrasta początkowo pod osłoną górną, a następnie boczną drzewostanu poprzedniej generacji i tworzy nieprzerwany ciąg od kiełkowania nasion, przez naloty do zwartych podrostów.



Ryc. 1

Porównanie budowy przestrzennej drzewostanów zagospodarowanych rębnią Wagnera i drzewostanów falowych: a) struktura ostępu w rębni Wagnera; b) struktura szeregu cięć w rębni Wagnera; c) struktura drzewostanu falowego

Spatial structure comparison between forests managed by Wagner's silvicultural system and natural wave forest: a) spatial structure of control unit; b) tree stand structure between two cuttings lines; c) spatial structure of single wave in natural forest

Specyficzne warunki panujące przy brzegu drzewostanu pozwalają na stopniowe przystosowanie się młodego pokolenia do warunków panujących na otwartej powierzchni. Metodyczne rozważania nad przydatnością brzegów drzewostanu o różnej wystawie wskazują, że w niższych położeniach, gdzie głównym czynnikiem ograniczającym udatność odnowienia jest dostępność wilgoci, najlepsze warunki stwarza północny brzeg drzewostanu. W warunkach górskich, gdzie większego znaczenia nabiera suma ciepła w okresie wegetacyjnym, sytuacja przedstawia się odwrotnie – najlepszy jest brzeg południowy [Puchalski 1972]. Tak właśnie jest ułożony względem stron świata brzeg wielu japońskich drzewostanów naturalnych, w których obserwuje się zjawisko Shimagare [Oka 1983, za Kohyama 1988]. Wnikanie światła i ciepła od południa w górnoreglowych borach jodłowych Japonii jest zjawiskiem korzystnym dla odnowienia [Kohyama 1988].

### Czynniki abiotyczne utrzymujące strukturę przestrzenną lasów falowych

W przypadku rębni Wagnera podstawową przyczyną śmierci dojrzałych drzew jest użytkowanie rębne, a specyficzna struktura utrzymuje się na skutek planowego i konsekwentnego działania leśników. W drzewostanach naturalnych o strukturze falowej nie można wskazać jednej przyczyny śmiertelności drzew i utrzymywania się specyficznej struktury przestrzennej. Niemniej jako jeden z głównych czynników wymieniana jest działalność wiatru. Cięcia w rębni brzegowo smugowej powinny być tak prowadzone, aby brzeg drzewostanu nie był wystawiony na działanie dominujących silnych wiatrów. W omawianych lasach naturalnych jest najczęściej na odwrót. Przebieg pasów z zamierającymi drzewami jest zazwyczaj prawie prostopadły do kierunku panujących w danym rejonie wiatrów [Sprugel 1976], a więc brzeg drzewostanu dojrzałego jest wystawiony na działanie silnych wiatrów.

Jednakże w lasach falowych wiatrołomy i wiatrowały, jak się wydaje, nie są główną przyczyną śmiertelności dojrzałych drzew. Drzewa przystosowują budowę anatomiczną pni do znośzenia działania dominujących wiatrów [Robertson 1991]. Badacze wskazują raczej na pośrednie skutki działania wiatru. Jak pisze Sprugel [1976] specyficzne właściwości aerodynamiczne skraju lasu sprawiają, że gdy wiatr wieje na brzeg drzewostanu, prędkość przepływu powietrza przez korony drzew jest największa przy krawędzi drzewostanu, co pokrywa się ze strefą zamierania w lasach odnawiających się falowo. Badania klimatologiczne [Geiger 1966, za Sprugel 1976] wskazują, że im większy ruch powietrza, tym większa ilość szadzi osadza się na gałęziach. W lasach falowych największe ilości szadzi osadzają się na drzewach przy krawędzi drzewostanu. W skrajnych przypadkach ilość lodu osadzającego się na drzewach jest tak duża, że może prowadzić do łamania się pni drzew. Zazwyczaj osadzanie się szadzi jest mniejsze i ograniczone raczej do zewnętrznej części korony. Obciążone lodem cienkie gałązki stosunkowo łatwo odłamują się pod wpływem wiatru. Z czasem prowadzi to do redukcji korony drzew rosnących przy skraju drzewostanu, a następnie ich zamierania. Proces ten bywa określanej jako śmierć spowodowana wyczerpaniem. Drzewa w trudnym warunkach klimatycznych, przy krótkim okresie wegetacyjnym, nie nadążają z regeneracją korony i stają się coraz bardziej podatne na uszkodzenia. Marchand i in. [1986] uważają, że właśnie ten proces jest w głównej mierze odpowiedzialny za utrzymywanie się falowej struktury drzewostanów. Ponadto podkreślają oni niekorzystne oddziaływanie wiatru na korzenie drzew rosnących w płytkich kamienistych glebach górskich. Uderzenia wiatru przenoszone przez pień drzewa powodują liczne małe uszkodzenia korzeni, które z czasem znacznie osłabiają wydolność całego systemu korzeniowego oraz stają się drogą infekcji dla patogenów przyspieszających śmierć drzewa [Harrington 1986].

Sprugel [1976] poszukując czynników odpowiedzialnych za wydzielanie się drzew w strefie śmierci wskazał jeszcze dwa inne potencjalne groźne dla drzewostanu sposoby oddziaływania wiatru. Ruch powietrza w koronach drzew wzmacnia transpirację w okresie zimowym, gdy gleba jest zamrożona, a temperatura powietrza lekko podnosi się, może to pogarszać szanse przetrwania drzew iglastych. W okresie letnim natomiast wiatr może znacznie wychładzać korony skrajnych drzew w drzewostanie. Ponieważ aktywność procesów fizjologicznych jest spowalniana przez niską temperaturę w klimacie wysokogórskim, może to być poważny czynnik ograniczający szanse przetrwania drzew.

Zjawisko Shimagare jest obserwowane najczęściej na zboczach o południowej wystawie. Kohyama [1988] przypuszcza, że silna insolacja na południowym zboczu może być kolejnym istotnym czynnikiem powodującym wypadanie dojrzałych drzew w strefie zamierania.

### Czynniki endogenne utrzymujące strukturę przestrzenną lasów falowych

Przy analizie procesu zamierania brane są pod uwagę również czynniki endogenne. Sprugel [1976] zwraca uwagę, że jodła balsamiczna (*Abies balsamea*) tworząca drzewostany falowe w Ameryce Północnej jest gatunkiem raczej krótkowiecznym. W lasach falowych zanim znajdzie się na skraju drzewostanu i zamrze, osiąga wiek około 60-70 lat. W niższych położeniach górskich gatunek ten żyje dłużej, ale starsze osobniki są bardzo podatne na ataki patogenów, głównie grzybowych, w związku z tym w lasach gospodarczych zalecany wiek rębności wynosi 70 lat.

Badacze japońscy sugerują, że w fenomenie Shimagare ważną rolę może odgrywać bardzo silna konkurencja wewnątrzgatunkowa. Kohyama i Fujita [1981, za Kohyama 1988] badali kształtowanie się typu rozmieszczenia drzew w obrębie jednej fali. Stwierdzono, że naloty i podrosty jodeł (*Abies Veitchii* i *A. mariesii*) są rozmieszczone skupiskowo, starsze drzewa losowo, a drzewa dojrzałe w pobliżu strefy zamierania równomiernie. Zmiany te autorzy interpretują jako wynik śmiertelności związanej z przegęszczeniem, która prowadzi do bardziej równomiernego rozmieszczenia drzew. Innym efektem ostrej konkurencji jest silne skrócenie koron i wyrównanie rozmiarów osobników w grupie drzew dojrzałych. Struktura taka według Kohyamy [1988] jest szczególnie podatna na załamanie. Jak podaje autor te same gatunki jodeł rosnące w zmieszaniu z brzoza-  
mi (*Betula ermanii* i *B. corylifolia*) osiągają większe rozmiary, mają dłuższe korony, a to ze względu na większą długość życia w drzewostanach mieszanych oraz lepsze oświetlenie dolnych partii korony.

Zamieranie drzew na brzegu drzewostanu powoduje ciągle przemieszczanie się strefy zamierania drzew w głąb drzewostanu, zgodnie z kierunkiem dominujących wiatrów. Fala odnowienia posuwa się razem z zamieraniem starych drzew w głąb drzewostanu w tempie od 1 do 3 m na rok (średnio 1,25 m/rok) tak, że strefa regeneracji wraca w to samo miejsce co 60-80 lat [Foster 1988]. W lasach Japonii tempo przesuwania się strefy zamierania jest wolniejsze (od 1 do 1,3 m na rok), a więc wymiana pokoleń w danym fragmencie drzewostanu następuje po upływie około 100 lat [Kohyama i Fujita 1981, za Kohyama 1988]. Ma to zapewne związek z nieco wolniejszym wzrostem oraz większą długością życia japońskich jodeł. W rębni brzegowo-smugowej zalecane jest większe tempo przesuwania brzegu drzewostanu (2 do 5 m/rok) i w związku z tym szereg cięć jest zazwyczaj dłuższy niż długość fali w lesie falowym. Warta podkreślenia jest wspólna dla obu typów drzewostanów prawidłowość: do utrzymania falistej struktury przestrzennej niezbędny jest ustawiczny ruch brzegu drzewostanu. Puchalski [1972] zwraca uwagę, że zbyt długie zatrzymywanie brzegu drzewostanu może powodować rozwój korzeni drzew dojrzałych rosnących na skraju w kierunku smugi zewnętrznej i pogorszenie warunków wzrostu znajdującego się tam odnowienia.

## Mechanizm powstawania struktury falowej

Iwaki i Totsuka [1959, za Kohyama 1988] uważają, że pojedyncza luka w drzewostanie o niefalowej strukturze na skutek zamierania drzew po jej nawietrznej stronie, może z czasem przekształcić się w fałę odnowienia. Proces taki z czasem prowadzi do poszerzania się luki w kierunku prostopadłym do kierunku panujących wiatrów. Początkowo strefa zamierania ma kształt półksiężycowaty, lecz z czasem staje się coraz bardziej prosta. Hipotezę tą potwierdzają zdjęcia lotnicze góry Shimagare [Kohyama 1984, za Kohyama 1988]. Powstanie i rozprzestrzenianie się fali odnowienia może być spowodowane również działalnością człowieka. Jak zauważyli Kashimura i Iwabuchi [1977 za Kohyama 1988] w dojrzewających drzewostanach jodłowych, przy okazji wycinania przesiek pod budowę dróg, obserwowano powstawanie strefy zamierania i postępującą za nią strefę regeneracji. Powstanie zjawiska Shimagare było najczęściej obserwowane gdy ściana drzewostanu była otwarta w kierunku panujących wiatrów, na południowych zboczach w partiach podwierzchołkowych stoku.

Wyniki badań z Japonii i z Ameryki Północnej wskazują, że za utrzymanie się struktury falowej odpowiedzialna jest śmiertelność drzew związana z kierunkowym działaniem wiatru. Takie założenia uzyskało potwierdzenie teoretyczne. Satō i Iwasa [1993] przedstawili matematyczny model zjawiska Shimagare. Symulacje komputerowe oparte na tym modelu wskazują, że drzewostan początkowy, o losowym zróżnicowaniu wysokości drzew, z czasem może uzyskać postać falową. Warunkiem jest stałe kierunkowe oddziaływanie czynnika zaburzającego, w tym przypadku wiatru, który powoduje wypadanie drzew pozbawionych osłony bocznej drzewostanu. Dalsze analizy modelowe wskazują, że ważną rolę dla istnienia zjawiska Shimagare odgrywają również właściwości gatunku drzewa tworzącego drzewostany o takiej strukturze. Jak wynika z badań Yokozawy i in. [1999] tylko gatunki, w których konkurencja wewnątrzgatunkowa ma charakter symetryczny, mogą wytworzyć strukturę falową. W przypadku konkurencji asymetrycznej (tzn. gdy mniejsze osobniki tracą dużo więcej w konfrontacji z większymi sąsiadami, niżby to wynikało z różnicy wielkości) nie należy oczekiwać struktury falowej. Zdaniem Yokozawy i in. [1999] te teoretyczne rozważania tłumaczą fakt, dlaczego w drzewostanach brzożowych rosnących w identycznych warunkach jak jodłowe nie powstaje struktura typu Shimagare.

## Gatunki tworzące lasy o strukturze falowej

Struktura falowa drzewostanów naturalnych powstaje głównie w wysokogórskich drzewostanach jodłowych. W Ameryce Północnej tworzy je *Abies balsamea*, a w Japonii *A. mariesii* i *A. veitchii*. Wyjątkowo w północnej Japonii obserwowane są podobne struktury w nadmorskich drzewostanach *Abies sachalinensis* [Kohyama 1988]. Zbliżone zjawisko związane z przemieszczeniem się strefy śmierci powodowanej przez patogeniczne grzyby obserwował Runkle [1990, za Szwarzryk 1994] w drzewostanach z udziałem buka *Fagus grandifolia*. Okresowe powstawanie tego typu struktury w drzewostanach tworzonych przez drzewa z rodzaju *Nothofagus* opisują Rebertus i Veblen [1993]. Campbell [1998] zaobserwował tworzenie się pojedynczej fali odnowienia w drzewostanach nadmorskich *Pinus pinaster* introdukowanej w Nowej Zelandii. Niemniej najbardziej trwałe naturalne lasy falowe powstają z gatunków cienioznośnych. Ma to niewątpliwie związek z warunkami świetlnymi, jakie stwarza brzeg drzewostanu. Wagner zakładał, że jego rębnia nadaje się zarówno dla gatunków o umiarkowanych jak i dużych wymaganiach świetlnych. Późniejsze doświadczenia z rębnią brzegowo smugową wskazują jednak, że bardziej nadaje się ona do odnowienia gatunków cienioznośnych [Puchalski 1972]. Można w tym dopa-

trywać się kolejnego podobieństwa między strukturą tworzoną w rębni Wagnera a lasami naturalnymi.

### Zaburzenia naturalne a trwałość lasów falowych

Krytycy koncepcji Wagnera zwracają uwagę, że na etapie wprowadzania rębni brzegowo-smugowej na rozległych powierzchniach dojrzałych drzewostanów świerkowych, zachodzi konieczność wykonywania wielu wrębów. Zabieg taki niestety niekorzystnie odbija się na stabilności drzewostanów i może doprowadzić do znacznych szkód z powodu wiatrów. Tak więc większe szanse na powodzenie tego typu postępowania są w miejscach mniej narażonych na huraganowe wiatry. Podobnie, rzecz się ma w przypadku naturalnych drzewostanów falowych. Badania Reinersa i Langa [1979] wskazują, że w strefie lasów wysokogórskich, w której występuje jodła balsamiczna, lasy falowe stanowią około 11% powierzchni drzewostanów. Na pozostałej powierzchni struktura drzewostanów została ukształtowana przez inne czynniki takie jak lawiny czy huraganowe wiatry. Struktura falowa, chociaż trwała, nie jest odporna na nagłe i silne zaburzenia, dlatego może się ona utrzymywać jedynie w specyficznych warunkach. Analiza wysokości nad poziomem morza na jakiej obserwuje się lasy falowe wskazuje, że tworzą się one w reglu górnym – w Ameryce Północnej na wysokościach od 1220 do 1450 m n.p.m. [Reiners i Lang 1979], a w Japonii na wysokościach 2100-2700 m n.p.m. [Kohyama 1988]. W obu przypadkach zasięg ten jest węższy od zasięgu wysokości na jakich spotyka się tworzące je gatunki jodeł. Zbyt silne wiatry przy górnej granicy lasu sprawiają, że rosnące tam jodły nie tworzą zwartych drzewostanów, a rzadko rosnące osobniki mają postać chorągiewkowatą [Sprugel 1976, Reiners i Lang 1979]. Z drugiej strony, w niższych położeniach, zbyt mała siła wiatru również nie sprzyja powstawaniu struktury falowej. Wydaje się, że omawiane gatunki jodeł przystosowały się do życia w strukturze falowej i wykorzystują ją w konkurencji z innymi gatunkami. W warunkach sprzyjających powstawaniu struktury falowej, nawet jeśli pojawi się domieszka gatunku długowiecznego np. świerka (*Picea rubens*) w Ameryce Północnej i przeżyje do wieku 70-80 lat, to i tak nie będzie w stanie utrzymać się przy życiu, gdy zostanie odsłonięty przez obumierające w tym wieku jodły. Ponieważ jodła w tych warunkach wcześniej, częściej i obficie obradza, ma ona przewagę konkurencyjną nad innymi gatunkami. W niższych położeniach długowieczność świerka przy niższym poziomie zakłóceń sprawia, że synchroniczne obumieranie jodły nie zapewnia utrzymania się struktury falowej i powstają drzewostany mieszane o innej strukturze [Sprugel 1976]. Z kolei w Japonii dla jodeł największą konkurencję w drzewostanach wysokogórskich stanowią tamtejsze gatunki brzozy (*Betula ermanii*, *B. corylifolia*). Struktura falowa również w tym przypadku może być traktowana jako atut jodły w walce o przetrwanie. Cieniożośne odnowienie jodłowe zajmuje całą dostępną przestrzeń wzrostu w pobliżu brzegu drzewostanu dojrzałego, zanim pojawią się tam warunki świetlne dla wzrostu nalotów brzozowych [Kohyama 1988]. Możliwość utrzymania się w tym rejonie brzozom stwarzają jedynie pojawiające się zakłócenia w dużej skali (np. tajfuny), niszczące okresowo strukturę falową. Z kolei pod drzewostany brzozowe dzięki swojej cieniożośności wkraczają jodły i z czasem struktura falowa się odtwarza zapewniając dominację jodłom.

### Podsumowanie

Pogląd, że las naturalny składa się ze zróżnicowanej mozaiki drzewostanów, tworzonych przez drzewa w zbliżonych fazach rozwoju osobniczego [Leibundgut 1959, Miścicki 1994] jest dość powszechny. Na tym tle lasy naturalne, w których można obserwować ściśle, czasowe i przestrzenne, uporządkowanie rozmieszczenia drzew w kolejnych fazach rozwoju osobniczego wyglądają zaskakująco „nienaturalnie”.

Z definicji każda struktura przestrzenna lasów zagospodarowanych jest nienaturalna gdyż wynika z ingerencji człowieka. Jednak efekt wizualny zagospodarowania lasu może w różnym stopniu odbiegać od krajobrazów obserwowanych w lasach naturalnych. Trudno dopatrzeć się cech naturalności w strukturze drzewostanów kształtowanych przez zrębowy sposób zagospodarowania lasu, szczególnie gdy kształt zrębów powiela prostokątny szablon narzucony przez granice ostępu.

Bogactwo struktur przestrzennych, jakie powstają w lasach naturalnych skłania do ostrożności przy używaniu określeń typu „nienaturalny” bądź „sztuczny” w odniesieniu do wyglądu drzewostanów zagospodarowanych, szczególnie w przypadku zrębowo-przerębowego sposobu zagospodarowania lasu.

## Literatura

- Campbell D.J. 1988. Salt-wind induced wave regeneration in coastal pine forests in New Zealand. *Can. J. For. Res.* 28: 953-960.
- Foster J.R. 1988. The potential role of rime ice defoliation in tree mortality of wave-regenerated balsam fir forests. *J. Ecol.* 76: 172-180.
- Harrington T. C. 1986. Growth decline of wind-exposed red spruce and balsam fir in the White Mountains. *Can. J. For. Res.*, 16: 232-238.
- Jaworski A. 1995. Hodowla lasu, rębnie, zasady projektowania upraw. Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie.
- Kohyama T. 1988. Etiology of 'Shimagare' dieback and regeneration in subalpine *Abies* forests of Japan. *GeoJournal* 17: 201-208.
- Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur – und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweiz. Z. Forstwes.* 110:111-124.
- Marchand P. J., Goulet F. L., Harrington T. C. 1986. Death by attrition: a hypothesis for wave mortality in subalpine balsam fir forests. *Can. J. For. Res.* 16: 591-596.
- Miścicki S. 1994. Naturalne fazy rozwojowe drzewostanów – podstawa taksacji leśnych rezerwatów przyrody. *Sylwan* 4: 29-39.
- Puchalski T. 1972. Rębnie w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Rebertus A. J., Veblen T. T. 1993. Partial wave formation in old-growth *Nothofagus* forests on Tierra del Fuego, Argentina. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 120: 461-470.
- Reiners W. A., Lang G. E. 1979. Vegetational patterns and processes in the balsam fir zone, White Mountains, New Hampshire. *Ecology* 60: 403-417.
- Robertson A.I. 1991. Centroid of wood density, bole eccentricity, and tree-ring width in relation to vector winds in wave forests. *Can. J. For. Res.* 21: 73-82.
- Sprugel D. G. 1976. Dynamic structure of wave-regenerated *Abies balsamea* (L.) Mill. forests in the northeastern United States. *J. Ecol.* 64: 889-911.
- Szwagrzyk J. 1994. Symulacyjne modele dynamiki lasu oparte na koncepcji odnawiania drzewostanu w lukach. Simulation models of forest dynamics based upon the concept of tree stand regeneration in gaps. *Wiad. Ekol.* 40(2): 57-75.
- Wagner Ch. 1923. Die Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde. Verlag von P. Parey, Berlin.

## SUMMARY

### Wave forests – not intended but not accidental similarity between Wagner's Blendersaumschlag silvicultural system and natural forests

The phenomenon of wave forest occurs mainly in subalpine fir stands in North America and central Japan. For readers accustomed with concept of developmental stages proposed by Leibundgut (1959) the spatial structure of wave regenerated forests may seem "not natural". In contradiction to this concept in wave forests trees are not arranged in patches, created by individuals in similar development stage. Instead individuals are arranged in space according to growing size and age. This kind of arrangement is very similar to spatial structure generated by



Wagner's Blendersaumschlag silvicultural system. The important mechanism of maintenance of wave pattern is adult trees mortality concentrated on the border of a stand. The wind related agents are seen as main reason of adult tree death in such natural stands. In silvicultural system the death of adult trees is caused by logging. In spite of difference in mortality type both structures have a common feature. The border of tree stand creates especially favorable condition for vigorous natural regeneration. This is the second important mechanism of maintenance of this spatial structure. An unusual appearance of wave forests in landscape may alter the use of world "unnatural" in connection to structures generated by Wagner's silvicultural system.