

ROLA FENÓW KARKONOSKICH W GOSPODARCE LEŚNEJ KOTLINY JELENIOGÓRSKIEJ

Jan Kwiatkowski

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział we Wrocławiu

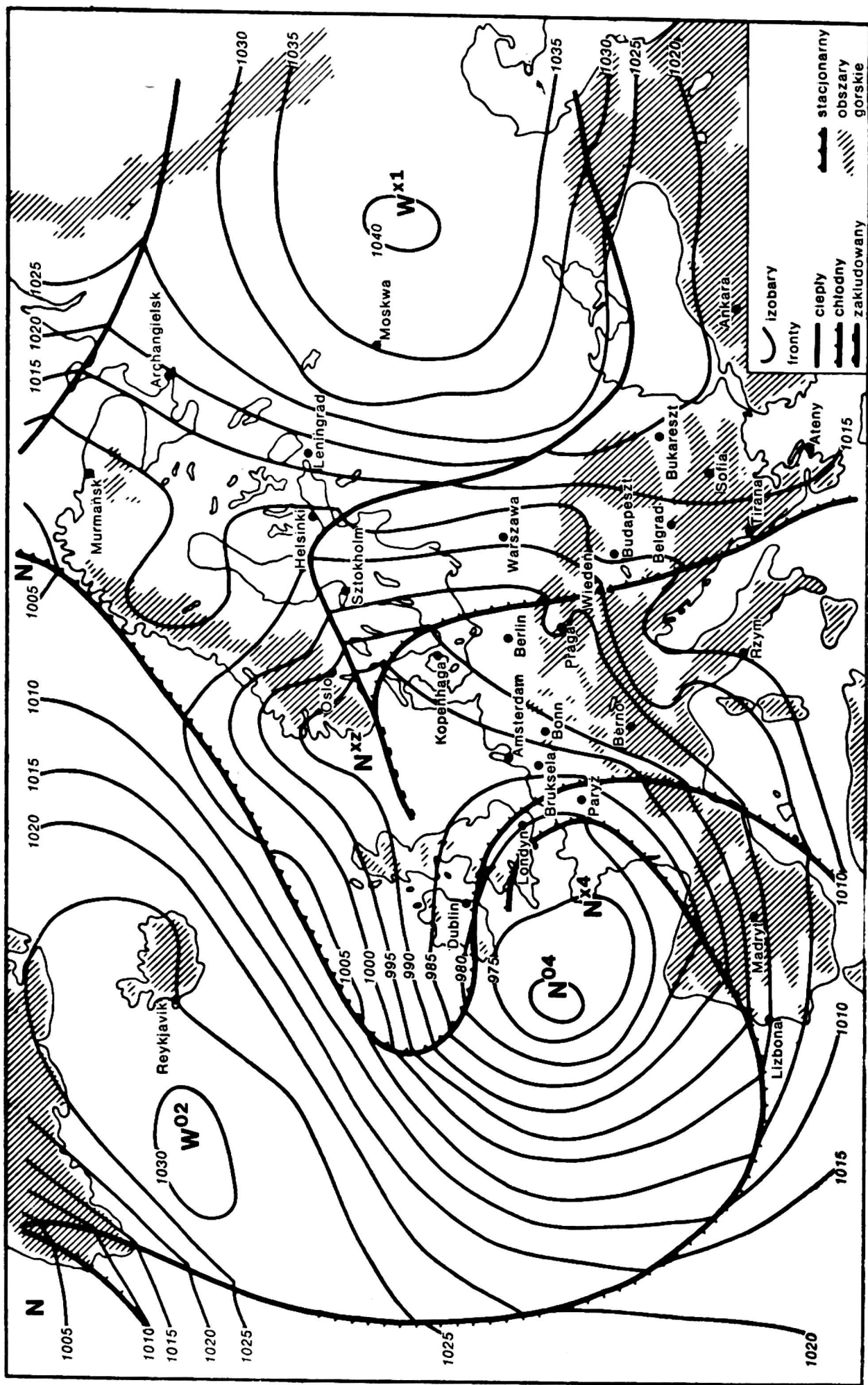
Wiatrołomy są obecnie nieodłączną częścią składową krajobrazu sudeckiego; występują w prawie wszystkich wyższych pasmach górskich tego regionu, najczęściej w strefie hipsometrycznej od 800 do 1200 m n.p.m. Szczególnie duże pola wyłomów leśnych są w Karkonoszach i w Górach Izerskich; ich obszar niepokojąco powiększył się w minionym dziesięcioleciu, a dalsze zwiększanie się ich powierzchni i powstawanie nowych wyłomów jest w przyszłości nieuniknione.

Powstanie rozległych wyłomów leśnych w Sudetach spowodowało szereg negatywnych skutków dla środowiska naturalnego tego regionu. Są to głównie zmiany ekologiczne: klimatologiczne (w skali mikro- a nawet mezo-), geomorfologiczne i hydrologiczne. W szczególnych przypadkach mogą to być zmiany nieodwracalne, a przez to bardzo utrudnią one ponowne zagospodarowanie pól wiatrołomów.

Jakkolwiek nie ma możliwości całkowitego zabezpieczenia lasów przed skutkami działania huraganów, to jednak należy dążyć, by w przyszłości zredukować rozmiary wiatrołomów. Dlatego też należy przede wszystkim poznać warunki i mechanizm powstawania wiatrołomów.

Wiatrołom jest efektem działania na powierzchnię lasu zespołu czynników, w którym duża prędkość wiatru jest warunkiem dostatecznym dla powstania wyłomów, lecz nie zawsze wystarczającym. Drugim nie mniej ważnym czynnikiem jest odpowiednia stratyfikacja termiczna atmosfery, a czynnikami dodatkowymi (o znaczeniu lokalnym) są: wiek drzewostanu, jego stan sanitarny, obciążenie okiścią śnieżną i szadzią, stan gruntu pod okapem lasu, oraz inne.

Według wstępnego rozeznania, na podstawie rekonstrukcji sytuacji synoptycznej i stratyfikacji termicznej dolnych warstw atmosfery w regionie Sudetów z okresów katastrofalnych wiatrołomów z listopada 1966 r. i wcześniejszych, przypuszczam, że ok. 90% powierzchni tych wiatrołomów powstało w wyniku działania mocnego fenu dynamicznego, wywołanego typem cyrkulacyjnym S_0 . Taka sytuacja synoptyczna jest przedstawiona na rysunku 1. Region Sudetów znajduje się w przejścio-



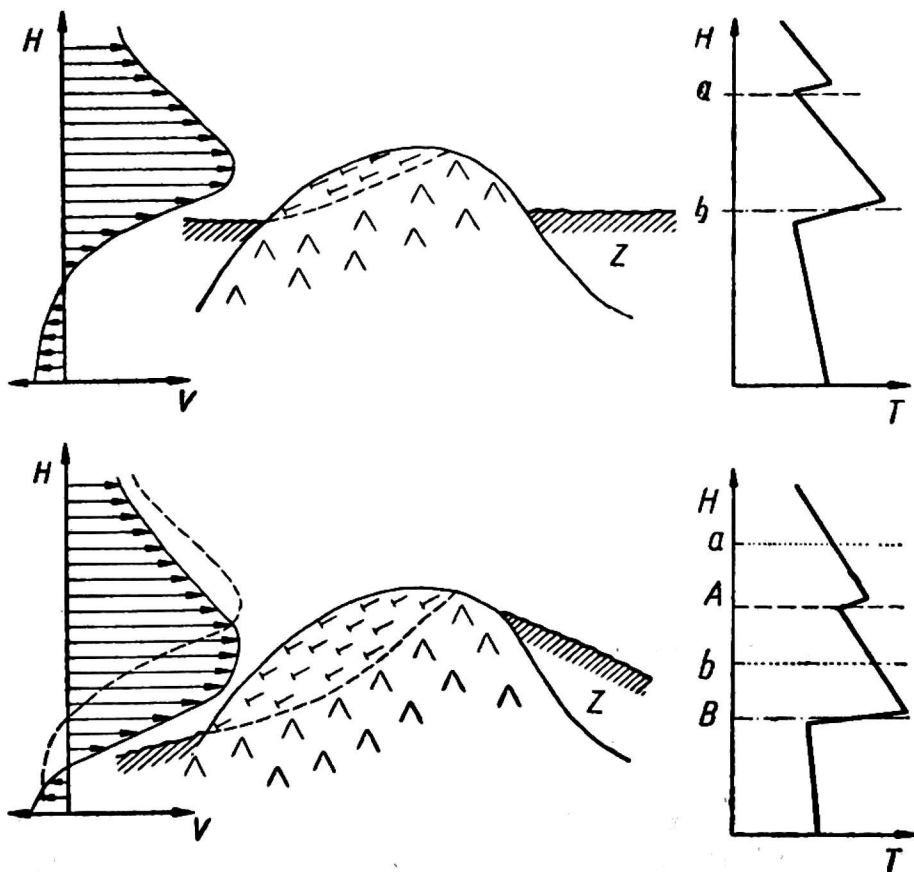
Rys. 1. Sytuacja synoptyczna w regionie środkowej Europy sprzyjająca powstawaniu wiatrołomów w Sudetach (typ cyrkulacji S_0);
 mapa synoptyczna dolna z dn. 5. XI. 1966 r.

wej strefie pomiędzy układem wyżowym z centrum na wschód od Polski, a układem niżowym z centrum nad zachodnią Europą. W regionie Sude-tów izobary mają przebieg południkowy i z południa napływa tu ciepłe powietrze zwrotnikowe. Prędkość ciepłej adwekcji jest bardzo duża. Jest ona warunkowana dużą różnicą ciśnień między ośrodkami wyżowym a ni-żowym, wynoszącą 68 mb.

Karkonoski cykl fenowy składa się zazwyczaj z trzech stadiów: wy-żowego — gdy region ten jest pod wpływem układu wyżowego, przejścio-wego — występującego zazwyczaj w takiej sytuacji jak przedstawiono na rysunku 1. — i stadium niżowego — gdy region jest w zasięgu układu niżowego. Prędkość wiatru fenowego jest największa w przejściowym stadium fenowym — wyłącznie w tym stadium fenowym powstają wyłomy w zwartej dotąd powierzchni lasu. W pozostałych stadiach fenowych oraz w sytuacjach niefenowych wiatrołomy powstają przez poszerzenie obrzeży istniejących już wyłomów.

Na podstawie własnych badań terenowych prowadzonych od kilku lat na wiatrołomach w Karkonoszach i w Górach Izerskich wyróżniłem dwa typy wiatrołomów:

- 1) wiatrołomy stoku dowietrznego — transfluencyjne,
- 2) wiatrołomy stoku odwietrznego — fenowe:
 - a) stokowe
 - b) dolinne



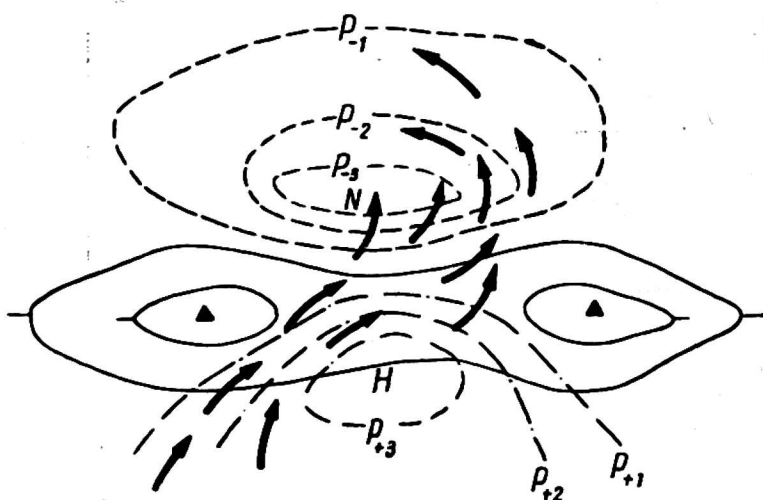
Rys. 2. Schemat powstawania wiatrołomów transfluencyjnych:
 H — wysokość, V — prędkość wiatru, T — temperatura, a, b — poziomy inwersji temperatury w pierwszej fazie sytuacji, A, B — poziomy inwersji temperatury w drugiej fazie sytuacji, Z — zastoisko chłodnego powietrza autochtonicznego

Kryterium tego podziału była forma terenu, na którym powstał wiatrołom, jego ekspozycja w stosunku do kierunku prądu powietrza oraz mechanizm powstawania wiatrołomu.

Warunkiem powstania wiatrołomów transfluencyjnych (rys. 2) jest istnienie silnego prądu powietrznego ze strefą maksymalnych prędkości na poziomie zalesionego grzbietu górskiego, lub nawet niższym. Ten warunek jest spełniany przy transfluencjach profenowych przed ciepłym frontem. Strumień powietrza mieści się w warstwie pomiędzy silną inwersją fenową (odcinającą go od podłoża) a inwersją ciepłego frontu (od góry). Intensywność inwersji fenowej musi być tak duża, by uniemożliwiała ona mieszanie się powietrza napływającego z autochtonicznym — podścielającym. Wtedy przemieszczanie się powietrza napływającego odbywa się bez strat prędkości.

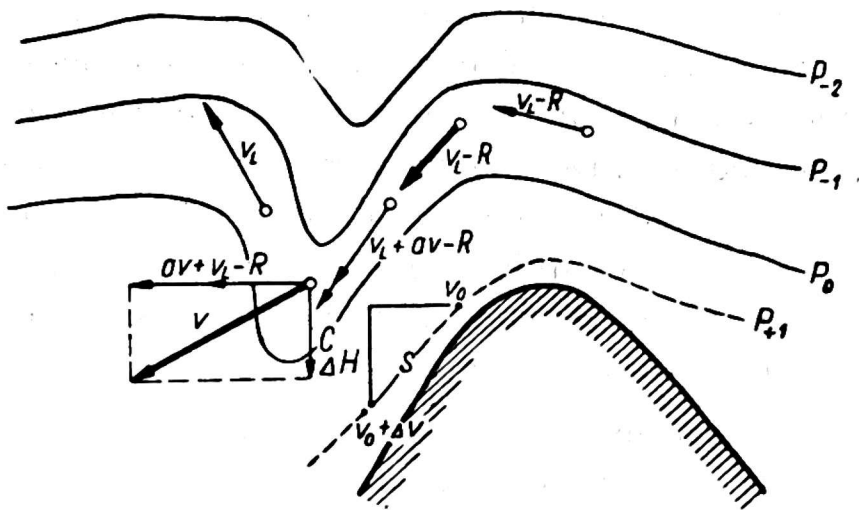
Wiatrołom transfluencyjny jest zakładany na kulminacji grzbietu. W miarę zbliżania się ciepłego frontu obniża się poziom inwersji fenowej (rugowanie lub swobodny odpływ masy autochtonicznej zalegającej w depresji terenowej). Obniża się też poziom inwersji frontalnej. Mieszcząca się pomiędzy tymi inwersjami strefa silnego wiatru obniża się. Wiatrołom rozbudowuje się od kulminacji grzbietu w kierunku przeciwnym do kierunku wiatru, tj. w dół stoku dowietrznego (rys. 2).

Wiatrołomy II typu powstają przy silnych fenach. Pola wyłomów są usytuowane na stoku odwietrznym, ok. 200-400 m poniżej poziomu grzbietu. Dla wyjaśnienia mechanizmu powstawania wiatrołomów fenowych niezbędna jest znajomość genezy fenów dynamicznych.



Rys. 3. Deformacja pola ciśnienia w regionie bariery górskiej podczas transfluencji
 H — lokalny układ wyżowy na stronie dowietrznej, N — lokalny układ niżowy na stronie odwietrznej

Przy transfluencjach fenowych na dowietrznej stronie bariery górskiej powstaje lokalny układ podwyższonego ciśnienia, a na stronie odwietrznej — układ ciśnienia ma genezę dynamiczną. Wielkość deformacji jest zależna od prędkości transfluencji. Przekrój pionowy przystokowej bruzdy barycznej (tj. lokalnego układu niżowego) przedstawia rysunek 4,



Rys. 4. Przystokowa bruzda baryczna — schemat mechaniki ruchu powietrza, P — powierzchnie izobaryczne, V_1 — prędkość liniowa — pochodna aktualnego gradientu ciśnienia, a_v — przyspieszenie ruchu w przystokowej bruzdzie wynikające z różnicy poziomów (ΔH) tej samej powierzchni izobarycznej (z prawa Bernoilliego), C — siła odśrodkowa, R — siła tarcia

Wskutek deformacji pola ciśnienia strumień powietrza przekraczający grzbiet górski ulega ugięciu (zakładamy iż tory ruchu cząstek powietrza są w przybliżeniu równoległe do powierzchni izobarycznych). Ugięcie powierzchni izobarycznych w przystokowej bruzdzie powoduje (zgodnie z prawem Bernoilliego) przyspieszenie ruchu powietrza w odstokowej części bruzdy. Wielkość przyspieszenia jest zależna od prędkości początkowej V_0 i wielkości deformacji pola ciśnienia H (tj. różnicy wysokości tej samej powierzchni barycznej nad grzbietem i w depresji bruzdy). np. przy

$$V_0 = 10 \text{ m/sek. i } H = 20 \text{ m, } V_1 = 22 \text{ m/sek.}$$

$$V_0 = 20 \text{ m/sek. i } H = 50 \text{ m, } V_1 = 37 \text{ m/sek.}$$

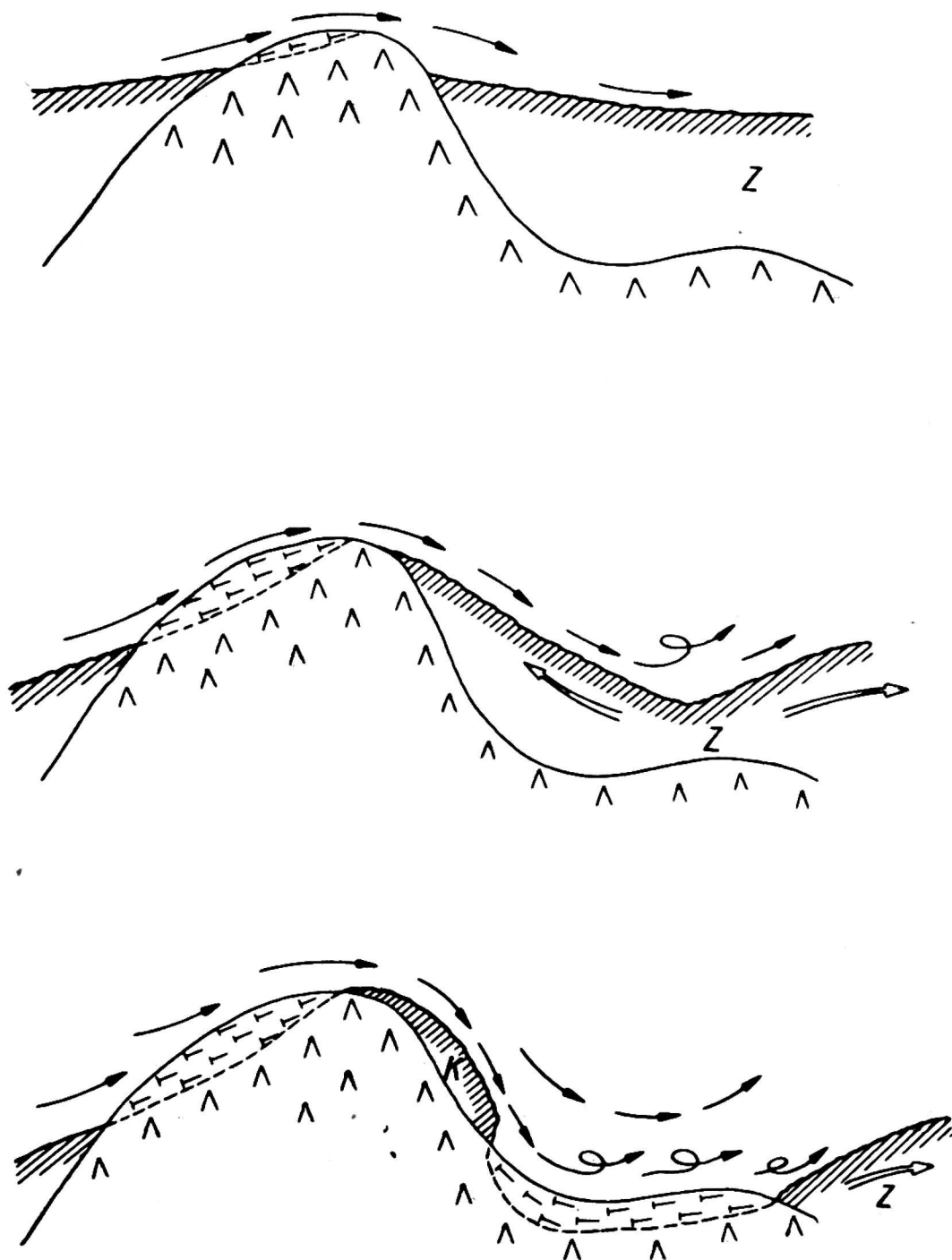
gdzie V_1 oznacza prędkość wiatru w depresji bruzdy, wyliczoną wg najprostszej formuły prawa Bernoilliego, zaniedbując straty prędkości spowodowane działaniem siły tarcia. Faktyczne prędkości strumienia powietrza w depresji przystokowej bruzdy będą nieco mniejsze od wyliczonych.

Podczas badań terenowych w Karkonoszach stwierdziliśmy, że do poszerzenia istniejących już wyłomów wystarcza wiatr o prędkości 20-25 m/sek. Ten rząd wielkości prędkości wiatru fenowego na stoku Karkonoszy może być łatwo i często osiąganym, gdyż średnie roczne prędkości wiatru na grzbiecie Karkonoszy są rzędu 10 m/sek., a częstość średnia roczna fenów w Kotlinie Jeleniogórskiej wynosi 130 dni.

W depresji przystokowej bruzdy na cząstkę powietrza działa siła odśrodkowa (wprost proporcjonalna do kwadratu prędkości, a odwrotnie proporcjonalna do promienia krzywizny toru). Przystokowa bruzda jest formą stosunkowo małą (średnica od kilkudziesięciu metrów do 1-2 km), działanie siły odśrodkowej jest więc bardzo silne. Pod jej wpływem strumień powietrza odłącza się od toru nakreślonego przebiegiem powierzchni

izobarycznej i przemieszcza wzdłuż stoku w dół. W rzucie poziomym przystokowa bruzda jest wirum, którego średnica stopniowo maleje w dół stoku. Energia kinetyczna wiru jest zależna w sposób odwrotnie proporcjonalny od jego średnicy. Do centrum wiru jest wciągane chłodne powietrze autochtoniczne zalegające w depresjach terenowych stoku odwiernego. Duże zróżnicowanie właściwości fizycznych (gęstości, temperatury) mas powietrza, napływającej i autochtonicznej, przyczynia się do zwiększenia prędkości ruchu w wirze.

W początkowej fazie transfluencji (a zarazem i cyklu fenowego) przystokowa bruzda baryczna jest formą płytką. Pogłębia się ona stopniowo w miarę wzrostu prędkości transfluencji i w miarę rugowania z dolin powietrza autochtonicznego (rys. 5). Powietrze napływające traci część swo-



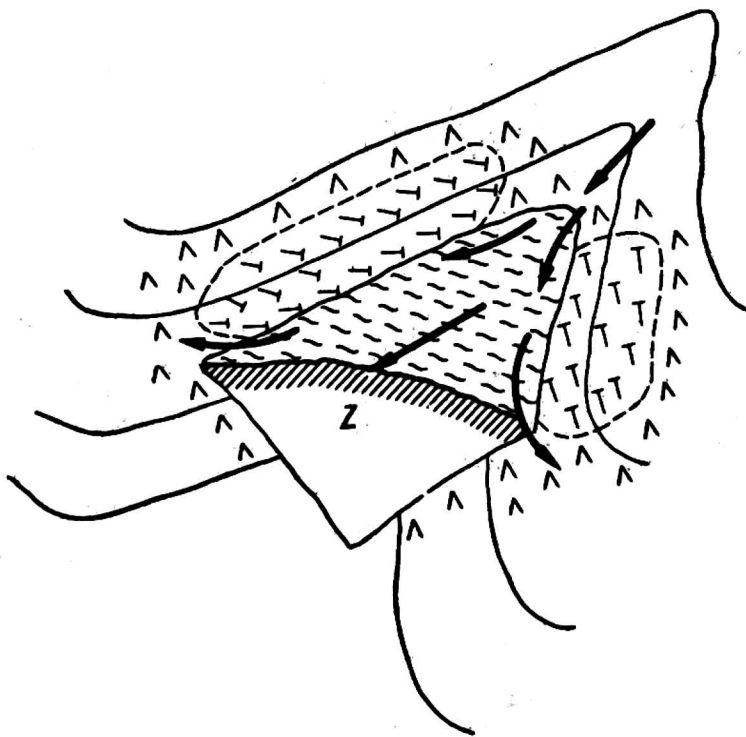
Rys. 5. Schemat powstawania wiatrołomów fenowych stokowych
 Z — zastoisko chłodnego powietrza autochtonicznego, K — przystokowy klin martwego powietrza autochtonicznego

jej energii kinetycznej na przełamywanie inwersji fenowej i rugowanie powietrza autochtonicznego. Zastoisko powietrza autochtonicznego na odwiertnych stokach Karkonoszy jest przez strumienie fenowe dzielone na dwie części: odstokową, która chroni las w górnej części odwiertnego stoku (tzw. klin martwego powietrza) i część oddolinną (rys. 5).

Wiatrołom stokowy powstaje w strefie zetknięcia się prądu fenowego z powierzchnią lasu, w strefie dolnego zasięgu przystokowej bruzdy, bądź też w strefie działalności mikroskalowych wirów powstałych wskutek mieszania się powietrza sfenizowanego z autochtonicznym. Kierunki ułożenia powalonych drzew na takich wiatrołomach wskazują na działanie wirów o średnicy od 50 do 200 m; są tam liczne drzewa skręcone i złamane na wysokości 2-4 m nad gruntem.

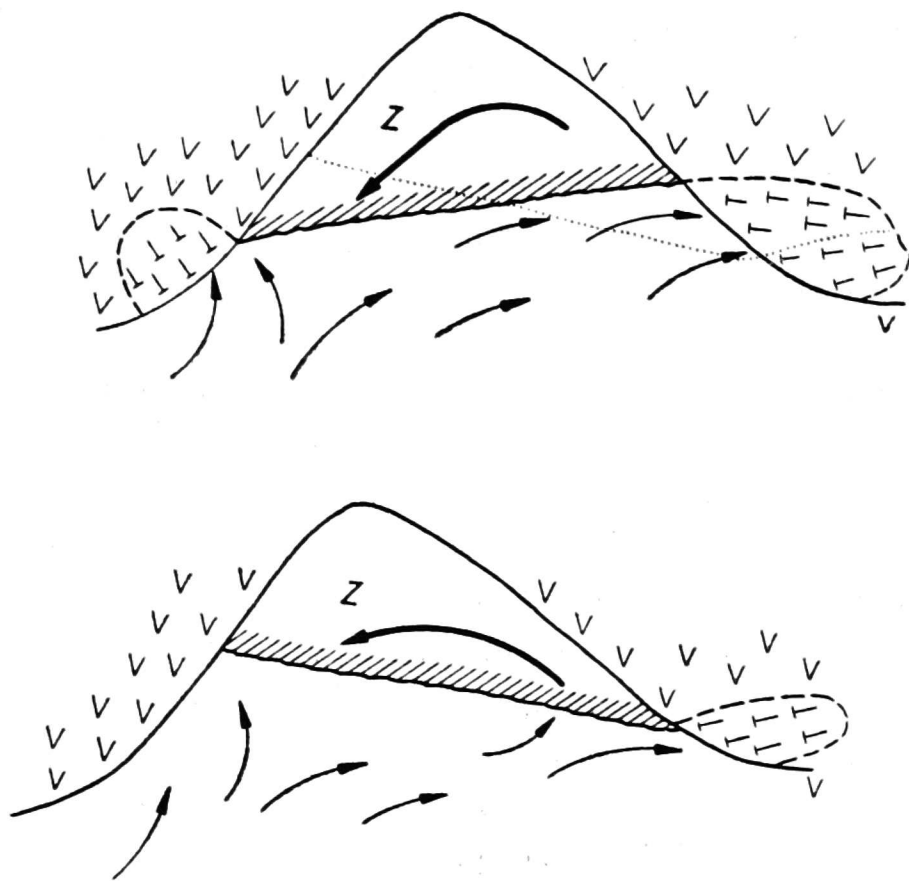
Wiatrołomy fenowe stokowe powstają w środkowej lub dolnej części stoku. Są one zakładane na drugorzędnych kulminacjach i rozbudowują się w górę stoku, tj. w kierunku przeciwnym do ruchu strumieni fenowych. Rozległe wiatrołomy stokowe powstają przez łączenie się mniejszych, przez poszerzenie ich obrzeży.

Wiatrołomy fenowe dolinne powstają na zboczach głębokich dolin, których dno wypełnia zastoisko chłodnego powietrza autochtonicznego. Warunkiem ich powstania jest duża intensywność inwersji fenowej. Jest ona płaszczyzną poślizgu dla prądów fenowych (rys. 6). Wiatrołomy do-

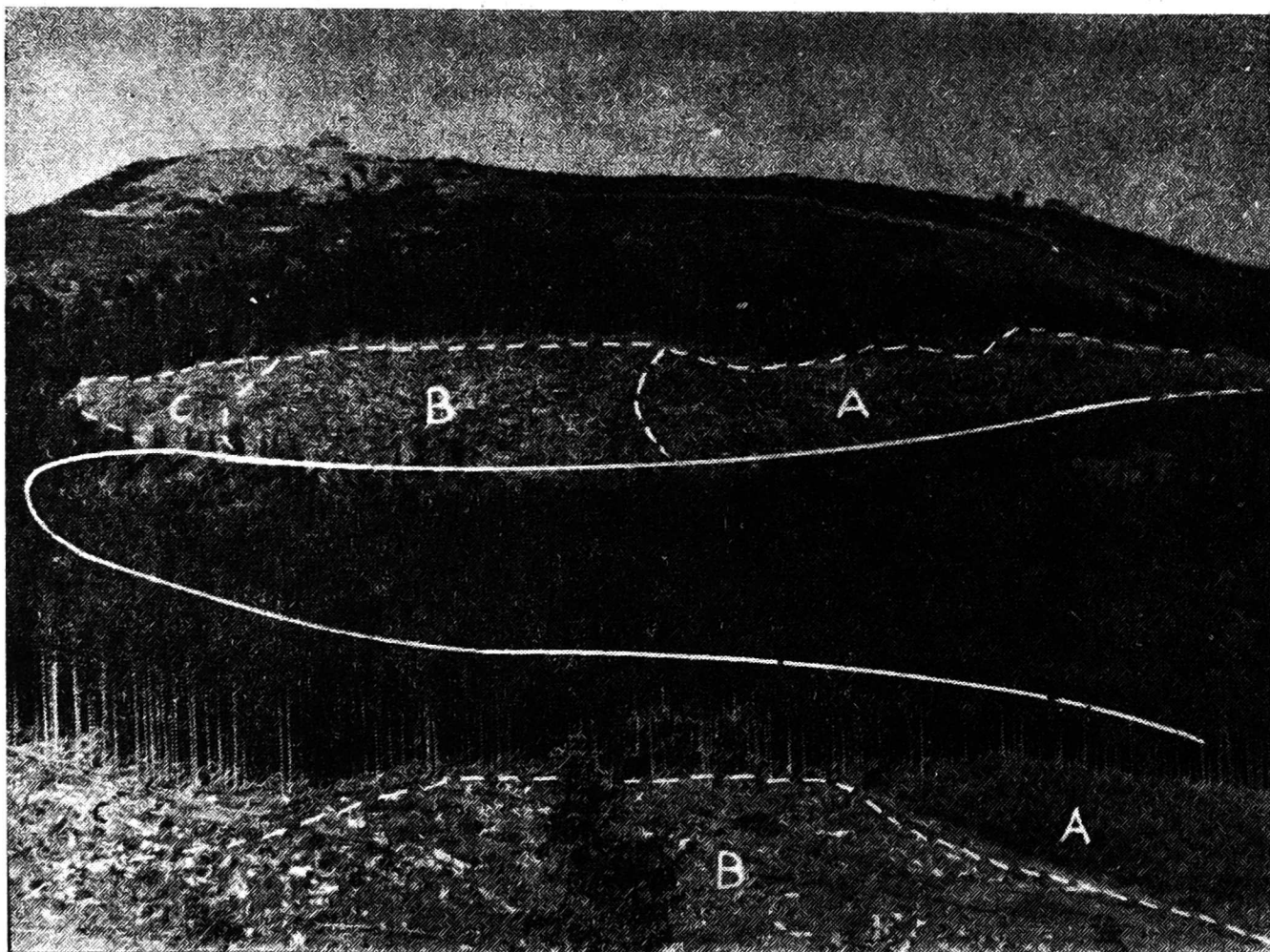


Rys. 6. Schemat powstawania wiatrołomów fenowych dolinnych
Z — zastoisko chłodnego powietrza autochtonicznego na dnie doliny

linne powstają zazwyczaj na obu zboczach doliny. Ich osie są wzajemnie równoległe, gdy kierunek strumienia fenowego pokrywa się z kierunkiem osi doliny, a w przypadku, gdy jest on nierównoległy do osi doliny — wtedy wiatrołomy na obu zboczach są zakładane na różnych poziomach



Rys. 7. Schemat powstawania wiatrołomów fenowych dolinnych przy kierunku wiatru równoległym do osi doliny. Oznaczenia jak na rys. 5

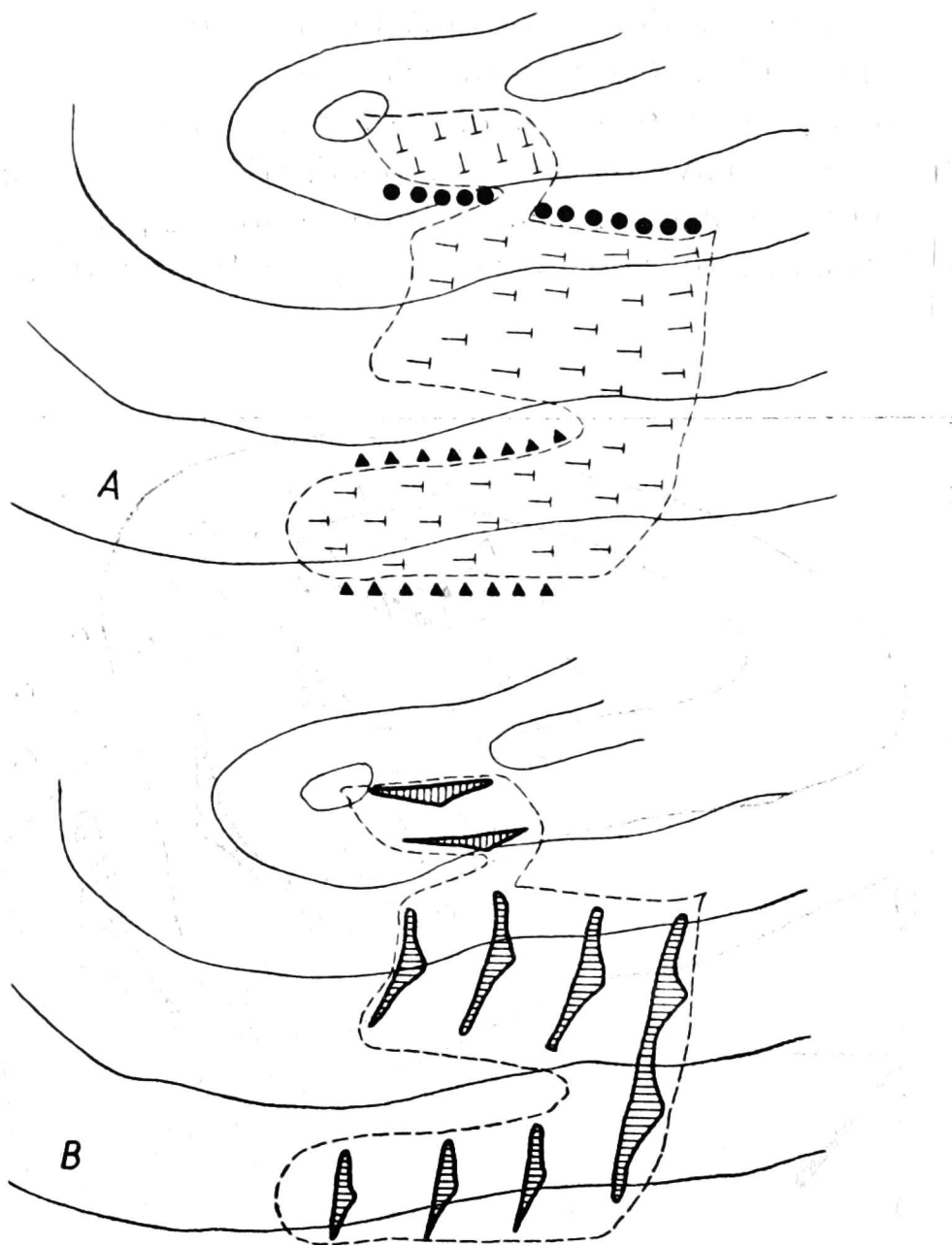


Rys. 8. Rozwój wiatrołomów fenowych dolinnych na stoku Szrenicy, w Kotle Szrenickim i w Kotle pod Łabskim Szczytem w zachodnich Karkonoszach
 linia ciągła — pułap zastoiska masy autochtonicznej podczas wiatrołomów (rekonstrukcja), linia przerywana — granice wiatrołomów, A — powierzchnia wiatrołomów do listopada 1966 r. B — powierzchnia wiatrołomów do końca 1970 r., C — wiatrołomy powstałe po 1970 r.

(rys. 7). Wiatrołom dolinny jest zakładany u wylotu doliny, a rozbudowuje się w kierunku przeciwnym do ruchu powietrza (rys. 8).

Ogólnie uważa się, iż główną przyczyną klęsk wiatrołomów w Sudech jest zbyt mała odporność na działanie wiatru lasów sudeckich (jak wiadomo — większość ich powierzchni zajmuje sztucznie tu wprowadzona monokultura świerka).

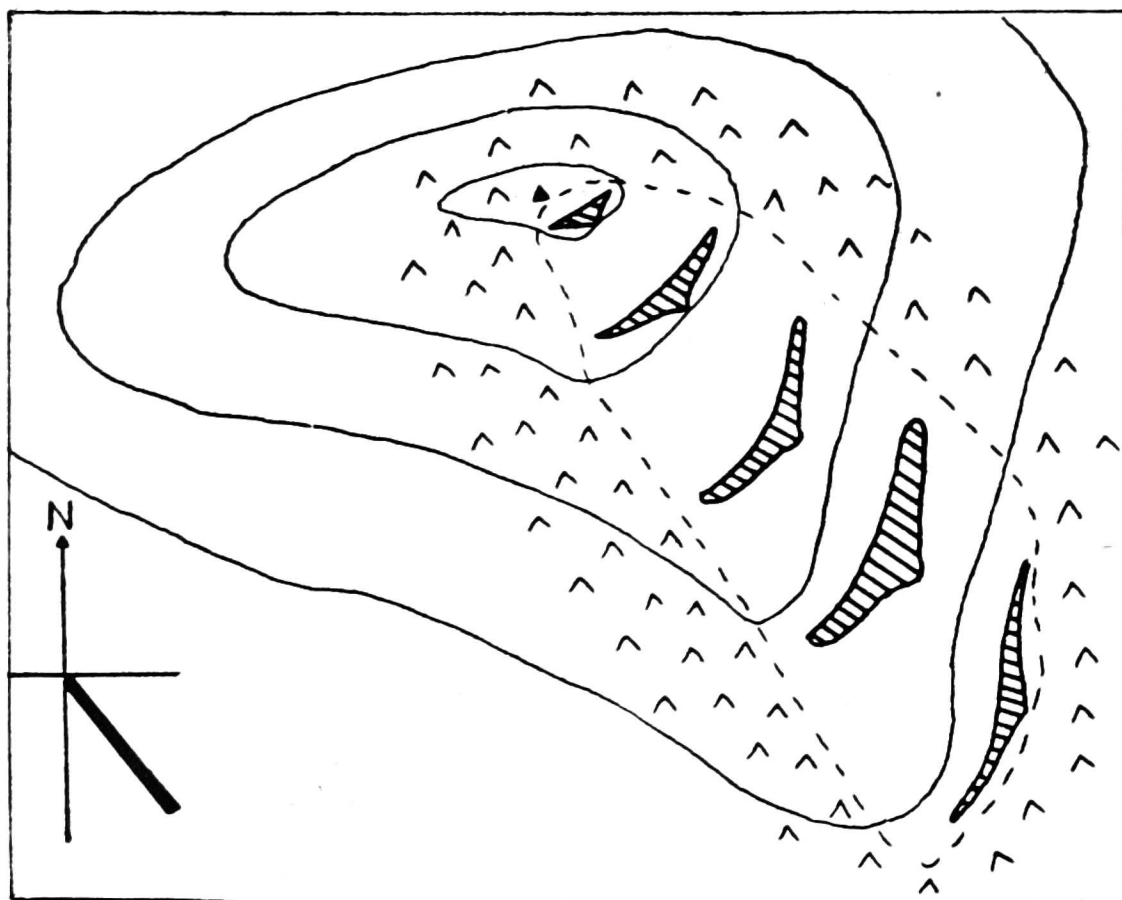
Przypuszczalnie można by zmniejszyć rozmiary klęsk wiatrołomów (całkowicie nigdy tej groźby się nie wyeliminuje) przez radykalną zmianę struktury lasów sudeckich — przez przywrócenie w nich takiego składu gatunkowego, jaki jest w zachowanych jeszcze fragmentach naturalnej sudeckiej puszczy. Oznaczało by to redukcję udziału świerka w przyszłych drzewostanach o 30-50%. Ten postulat jest w obecnych warunkach nierealny z wielu powodów, m.in. z braku odpowiedniej ilości sadzonek pożądanych gatunków. Stosowana obecnie kilkuprocentowa domieszka innych poza świerkiem gatunków praktycznie nie ma znaczenia w aspek-



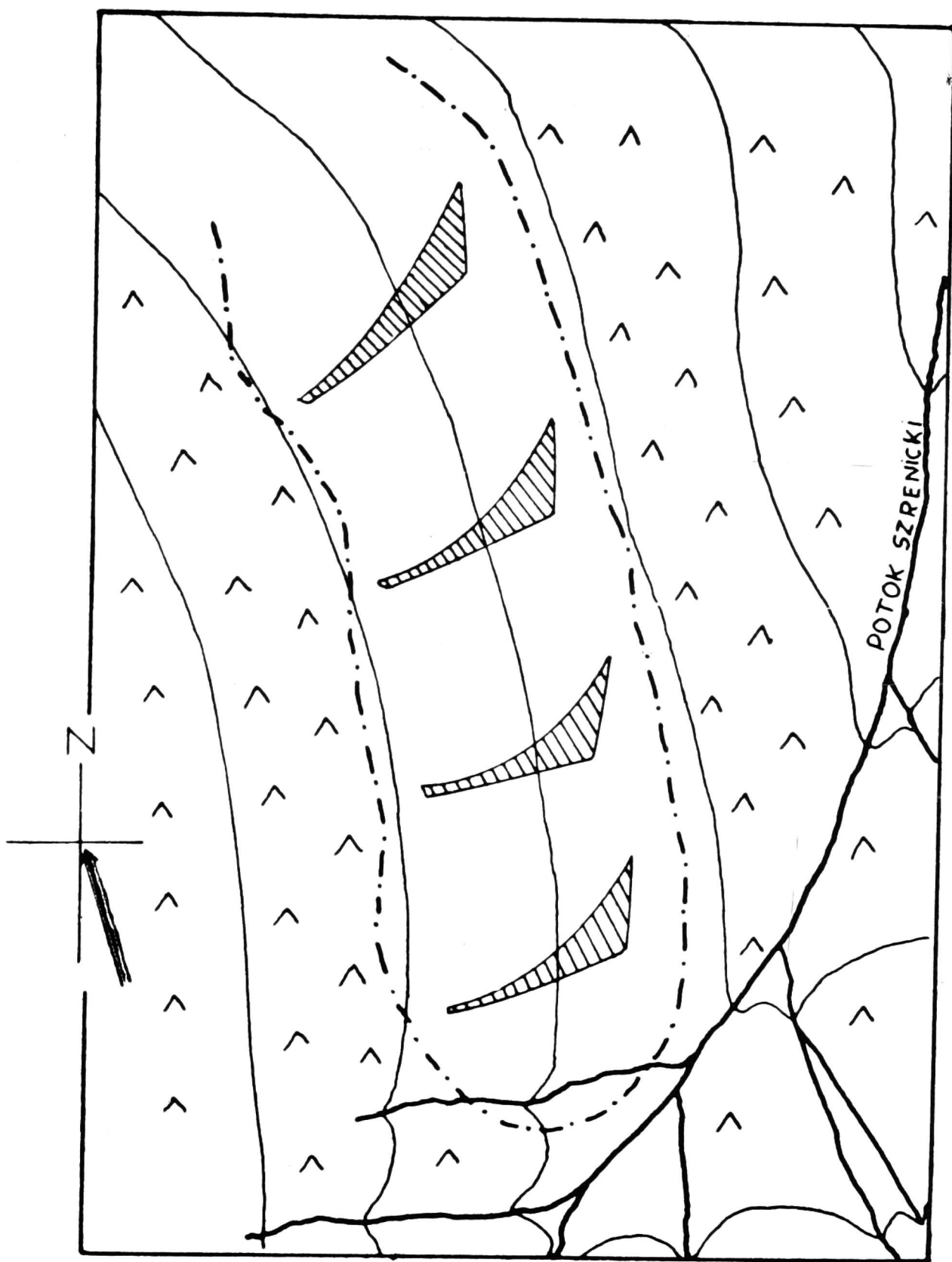
Rys. 9. Szkic sytuacyjny wiatrołomu na stokach Sępiej Góry (Góry Izerskie, Grzbiet Kamieniecki); kółkami oznaczono szpaler jodłowy, a trójkącikami — szpalery modrzewiowe

cie ochrony lasu przed działaniem wiatru, tym bardziej, iż te pojedyncze okazy są rozproszone w masie świerka.

Rysunek 9 przedstawia szkic sytuacyjny części zachodniej wiatrołomu znajdującego się na południowym stoku Sępiej Góry (Góry Izerskie, Grzbiet Kamieniecki, nadl. Świeradów Zdrój). Ten wiatrołom składa się z dwóch oddzielnych wyłomów różniących się czasem powstania, kierunkiem ułożenia powalonych drzew oraz genezą wyłomu. Część górna — założona wcześniej, to wiatrołom typu I, transfluencyjny. Rozbudowa jego w dół stoku została powstrzymana przez szpaler jodeł. Te drzewa rozsiały się wzdłuż najwyżej położonej granicy lasu z połowy ubiegłego stulecia. Część dolną wiatrołomu reprezentuje typ II — fenowy, dolinny. Przypuszczalnie powstał on w dwóch kolejnych fazach tego samego cyklu fenowego. Część usytuowana wyżej jest wcześniejsza od części usytuowanej niżej. Ten wiatrołom jest ograniczony od góry szpalerem jodeł, a od dołu szpalerem modrzewia. W środkowej części wiatrołomu zachowały się fragmenty warstwicowo usytuowanego szpalera modrzewiowego. Te szpalery to pozostałości starych granic lasu z drugiej połowy ubiegłego wieku. Rozbudowa wiatrołomu transfluencyjnego została powstrzymana przez szpaler jodeł (zapewne odporniejszych na działanie wiatru od świerka) usytuowany prostopadłe do kierunku prądu powietrza. Szpalery modrzewiowe na wiatrołomie fenowym, usytuowane równoległe do kierunku prądu powietrza, nie wpłynęły na redukcję jego rozmiarów.



Rys. 10. Schemat rozmieszczenia szpalerów i klinów ochronnych na wiatrołomie typu transfluencyjnego



Rys. 11. Schemat rozmieszczenia szpalerów i klinów ochronnych na wiatrołomie fenowym dolinnym (na stoku Szrenicy, rys. 7).

Przytoczony przykład dowodzi, iż można przeciwstawić się klęskom wiatrołomów w lasach sudeckich przez stopniowe zmiany struktury lasu. Zwiększenie domieszki gatunków wiatroodpornych i formowanie z nich szpalerów lub klinów ochronnych (w zależności od formy terenu, rozmiarów wiatrołomu itp.). Rozmiary wiatrołomów na stokach Sępiej Góry byłyby znikome, gdyby szpalery wiatroochronne były usytuowane tak jak na rysunku 9 b.

Zastosowanie w praktyce szpalerów i klinów wiatroochronnych wy-

magać będzie przeprowadzenia odpowiednich badań terenowych. Celem tych prac będzie:

1) stwierdzenie i określenie regionalnych systemów anemo-orograficznych (lub nawet lokalnych systemów anemo-topograficznych). Badania te są niezbędne dla określenia częstości i kierunków wiatrów ekstremalnie silnych;

2) określenie typu wiatrołomu, jaki w danej formie terenu (przy danej wysokości względnej i ekspozycji) może powstać. Celem tych prac jest określenie punktu początkowego przyszłego wiatrołomu i domniemanego kierunku jego rozwoju oraz głębokości rozwoju;

3) zaprojektowanie pasa wiatroochronnego, jego formy (szpaler lub klin), rozmiarów, kierunku ekspozycji w zależności od lokalnych systemów anemo-topograficznych;

4) określenie składu gatunkowego pasa ochronnego w zależności od naturalnych predyspozycji terenu (wysokość nad poziom morza, gleba, warunki klimatyczne i in.).

Rysunek 10 przedstawia szkic szpalerów ochronnych dla wiatrołomu transfluencyjnego, a rysunek 11 dla wiatrołomu fenowego dolinnego znajdującego się na stoku Szrenicy (rys. 8).

STRESZCZENIE

Transfluencje mas powietrza przez grzbiety górskie okalające Kotlinę Jeleniogórką, przy odpowiedniej stratyfikacji mogą wywołać na stokach odwieznych procesy fenowe. Feny karkonoskie notowane są w dnie Kotliny przez 132 dni w roku, przy czym częstość ich zmienia się od 100 do 163 dni. W przebiegu rocznym najczęściej występują w sierpniu, październiku i w listopadzie, najmniej jest ich w styczniu i grudniu.

W omawianym regionie występują feny typu północnego — cyklonalny N_c i wyżowy N_a oraz feny typu południowego — wyżowy S_a , przejściowy S_p i cyklonalny S_c . Każdy z nich wywołuje w Kotlinie charakterystyczne dla siebie stany pogodowe.

Najczęstsze kierunki wiatrów fenowych to SE, SW i W. Największą dynamiką odznaczają się feny południowe.

Silne feny powodują w Karkonoszach rozległe wyłomy leśne, które najczęściej usytuowane są we wklęsłych formach terenu. Poza dużą prędkością wiatru warunkiem niezbędnym do powstawania wiatrołomów jest odpowiednia stratyfikacja powietrza w Kotlinie — zastoisko chłodnego powietrza.

Wiatrołomy powstają w strefach zetknięcia się prądu fenowego na powierzchni lasu z pułapem zastoiska, efektem tego są małoskalowe, ale energiczne wiry.

Specyficzna struktura higr termiczna w czasie występowania fenów przyczynia się do zmniejszania zasobów wodnych regionu przez wzmożone parowanie i ewapotranspirację. W okresach fenowych w Kotlinie parowanie stanowi 55—60% sumy rocznej parowania. Najintensywniejsze jest w dnie Kotliny oraz w piętrze od 1100—1300 m n.p.m. (wiatrołomy).

Na terenie wiatrołomów zachodzą negatywne i często nieodwracalne zmiany mikroklimatyczne, hydrologiczne i morfologiczne, które powodują wzrost parowania terenowego oraz zmniejszanie się retencji gruntowej. W tym celu należy jak najszybciej przystąpić do ponownego zalesienia pól wiatrołomów.

Ян Квятковски

РОЛЬ КАРКОНОШСКИХ ФЁНОВ В ЛЕСНОМ И ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЕЛЕНЁГУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Резюме

Трансфлюэнции воздушных масс через горные хребты, окружающие Еленёгурскую котловину, при соответствующей стратификации, могут вызвать на подветренных склонах фёновые процессы. Карконошские фёны отмечены на дне котловины в течение 132 дней в году, причём их частота изменяется от 100 до 163 дней. Наиболее часто отмечаются в августе, октябре и ноябре, а наименьше в январе и декабре.

В исследуемом районе отмечаются фёны северного типа-циклонные N_c и антициклонные N_a , а также южного типа-антициклонные S_a , переходные S_p и циклонные S_c . Наиболее часто замечено следующее направление фёнов: SE, SW и W. Наиболее динамичны южные фёны.

Сильные фёны вызывают в Карконошах ветроломы в лесах, особенно, в углубленной местности. Кроме большой скорости ветра, необходимым условием к образованию ветроломов является соответствующая стратификация воздуха в котловине — застой холодного воздуха.

Ветроломы образуются в зоне соприкосновения фёнового течения с верхним уровнем застоя. Эффектом этого являются маломасштабные, но энергичные завихрения.

Специфическая гидротермическая структура во время действия фёнов способствует уменьшению водных ресурсов района путём усиленного испарения и эвапотранспирации. В период фёна испарение составляет 55-60% годовых сумм испарения. Наиболее интенсивное испарение отмечено на дне котловины, а также в ярусе 1100-1300 м н.у.м. (ветролом).

В местах ветроломов происходят негативные и часто необратимые микроклиматические, гидрологические и морфологические изменения, способствующие усилению возрастанию местного испарения и уменьшения задержки грунтом. Поэтому следует немедленно приступить к повторному лесонасаждению ветроломных полей.

Jan Kwiatkowski

THE ROLE OF FOEHNS OF THE KARKONOSZE MTS IN THE FOREST AND WATER MANAGEMENT OF THE JELENIOGÓRSKA VALLEY

Summary

The transfluence of air masses over mountain ridges surrounding the Jeleniogórska Valley may under suitable stratification results in foehns on the windward slopes. In the Valley bottom the Karkonosze foehns are noted during 132 days in the year, while their frequency varies from 100 to 163 days. In the course of a year they most often occur in August, October, and November, and least often in January and December.

In the discussed region the foehns of the northern type — cyclonic N_c and high pressure N_a , and those of the southern type — high pressure S_a , transitory S_p , and cyclonic S_c , each of them bringing about specific weather conditions in the Valley, occur.

The most frequent directions of foehns are SE, SW, and W. The highest dynamics is noted for southern foehns.

Strong foehns result in vast areas of wind breaks most often in depressed parts of forests. Besides the wind speed the necessary condition for wind breaks is specific air stratification in the Valley, i.e. the stagnation of cool air.

The wind breaks occur in the zones of the contact of the foehn flow on a forest surface with the ceiling of the stagnation, where low scale but vigorous whirls result.

In the periods of foehns specific hygrothermic structure contributes to the decrease in water resources of the region, due to more intense evaporation and evapotranspiration. In these periods the evaporation amounts to 55-60 per cent of the annual sum in the Valley. It is most intensive in the Valley bottom and in the zone of 11,000—13,000 m above sea level (wind breaks).

On the areas of wind breaks negative and often irrevocable microclimatic, hydrological, and morphologic changes occur, contributing to the increase in the ground evaporation and decrease in the soil retention. Hence fast re-afforestation of the wind break areas is imperative.