

JAN HOLEKSA, BARBARA KRAWCZYK, PAWEŁ SKAWIŃSKI,  
MAŁGORZATA WESOŁOWSKA, STANISŁAW WIKA

## Zmiany górnoregłowego drzewostanu świerkowego w Tatrzańskim Parku Narodowym w latach 1973-2002

Changes of a subalpine spruce forest in the Tatra National Park  
in 1973-2002

### ABSTRACT

Holeksa J., Krawczyk B., Skawiński P., Wesołowska M., Wika S. 2007. Zmiany górnoregłowego drzewostanu świerkowego w Tatrzańskim Parku Narodowym w latach 1973-2002. Sylwan 9: 29-40.

The paper presents nearly 30-year changes in the structure of a 160 ha subalpine spruce stand in the Tatra National Park that has been subjected to strict protection during last 50 years. In 1973 a regular network of 65 small 0.05 ha circular plots was established over the whole area. In 2002 diameter and height of trees were remeasured in 61 plots. Similar changes were recorded nearly in the whole forest area. The density of trees decreased and the stand volume increased considerably on most plots. At the same time the variability among plots in trees' number and volume decreased and in 2002 the stand became more homogeneous in terms of both characteristics. The obtained results were compared to the suggestion of Korpeł that subalpine spruce stands reach the equilibrium between decay and growth processes on the area of 70 ha. The investigated forest was far from such equilibrium in spite of its area being more than two times bigger than that suggested by Korpeł.

### KEY WORDS

*Plagiothecio-Piceetum*, stand structure, volume, equilibrium

### ADDRESSES

Jan Holeksa – Instytut Botaniki PAN;  
ul. Lubicz 46; 31-512 Kraków; e-mail: ibholeksa@ib-pan.krakow.pl

Barbara Krawczyk – Instytut Botaniki PAN;  
ul. Lubicz 46; 31-512 Kraków

Paweł Skawiński – Tatrzański Park Narodowy;  
ul. Chałubińskiego 42a; 34-500 Zakopane

Małgorzata Wesołowska – Instytut Botaniki PAN;  
ul. Lubicz 46; 31-512 Kraków

Stanisław Wika – Katedra Geobotaniki i Ochrony Przyrody; Uniwersytet Śląski;  
ul. Jagiellońska 28; 40-032 Katowice

### Wstęp

Świerczyny górnoregłowe w polskich Karpatach Zachodnich cechują się skrajnym ubóstwem gatunkowym. Panującemu w drzewostanie świerkowi towarzyszy zazwyczaj tylko jarzębina, która pojawia się w miejscach, gdzie warstwa drzew uległa rozpadowi. Tylko na bardzo stromych stokach wschodniej części Tatr Wysokich w obrębie boru górnoregłowego rosną jeszcze pojedyncze okazy modrzewia europejskiego, limby i brzozy karpackiej [Myczkowski 1955, 1977].

Struktura i dynamika borów górnoregłowych kształtowana jest w głównej mierze przez surowe warunki klimatyczne i glebowe. Niewątpliwie istotny wpływ na przemiany boru mają

także gradacje owadów. Czynniki te inicjują charakterystyczne dla borów górnoreglowych zjawisko zamierania drzewostanów świerkowych na dużych powierzchniach [Korpel 1980, 1993; Holeksa i in. 1996]. Inicjuje ono jednoczesne odnawianie się drzew w dużej skali przestrzennej, co prowadzi do wyraźnego zawężenia zmienności wieku drzew w rozwijającym się drzewostanie. Jak jednak wykazał Holeksa [1998], taki sposób odnawiania się świerka ma miejsce nawet na tych obszarach, gdzie rozpad drzewostanu jest długotrwały i zachodzi przez pojawienie się najpierw niewielkich luk, które następnie powiększają się i łączą ze sobą tworząc większe obszary pozbawione warstwy drzew. Niewielkie zróżnicowanie wiekowe jest przyczyną wysokiej jednorodności drzewostanu pod względem grubości i wysokości budujących go osobników. Ta cecha drzewostanu wraz ze wspomnianym wcześniej ubóstwem gatunkowym przyczynia się do jego małej odporności na oddziaływanie niekorzystnych czynników zewnętrznych, takich jak wiatr, śnieg lub gradacje owadów.

Ze względu na specyfikę obumierania i odnawiania się drzew w borze górnoreglowym, nawet w skali kilku hektarów mogą prawdopodobnie zachodzić bardzo duże zmiany jego struktury. Zjawisko takie dotąd nie było obserwowane, ponieważ dotychczasowe badania nad dynamiką borów były realizowane na niewielkich powierzchniach o wielkości poniżej jednego hektara [Saniga, Sklenar 1989; Korpel 1989, 1993; Ceitel i in. 1998; Jaworski, Karczmarski 1995]. Na podstawie długoterminowych obserwacji prowadzonych na tych małych powierzchniach Korpel [1982] zasugerował, że świerczyny górnoreglowe, szczególnie w strefie zwartych drzewostanów, położonych w dolnej części regla górnego poniżej 1400 m n.p.m., osiągają stan równowagi na powierzchni nie mniejszej niż 70 ha. Chodzi tu o stan równowagi, w którym proces obumierania drzew jest równoważony przez ich dorost i przyrost miąższości, co w rezultacie powoduje niewielkie wahania przeciętnej miąższości i struktury drzewostanu [Shugart, West 1981].

Z racji trudnej dostępności i niskiej produktywności drzewostany górnoreglowe nie były nigdy intensywnie użytkowane gospodarczo. Dlatego też stan ich zachowania na niemal całym obszarze występowania jest stosunkowo dobry. W niektórych częściach regla górnego lasy zachowały cechy bliskie pierwotnym nawet na powierzchniach kilkuset hektarów, co stwarza niepowtarzalne warunki do badań nad naturalnymi zjawiskami zachodzącymi w ekosystemach leśnych w dużej skali przestrzennej. Przykładem może być obszar boru górnoreglowego (około 160 ha) zlokalizowany między dolinami Suchej Wody i Pańszczycy w Tatrzańskim Parku Narodowym. Według Myczkowskiego [1967] oraz Jagiełły i in. [1978] jest to jeden z najcenniejszych fragmentów acidofilnej zachodniokarpackiej świerczyny górnoreglowej w Tatrach. W 1973 roku na obszarze tym wykonano pomiar drzewostanu na kilkudziesięciu niewielkich, stałych powierzchni badawczych [Jagiełło i in. 1978], które dobrze reprezentują cały ponad 100 ha płat boru górnoreglowego. Wyniki tych pomiarów stanowią doskonały punkt odniesienia do badań nad dynamiką górnoreglowego drzewostanu w dużej skali przestrzennej.

Celem naszych badań było przedstawienie prawie trzydziestoletnich zmian struktury drzewostanu na obszarze ponad 100 ha. Naszym zamierzeniem było także sprawdzenie, czy w badanym borze górnoreglowym na powierzchni 160 ha obumieranie drzew jest równoważone przez ich dorastanie i przyrost, co powinno mieć miejsce, jeśli przyjąć wniosek Korpela [1982].

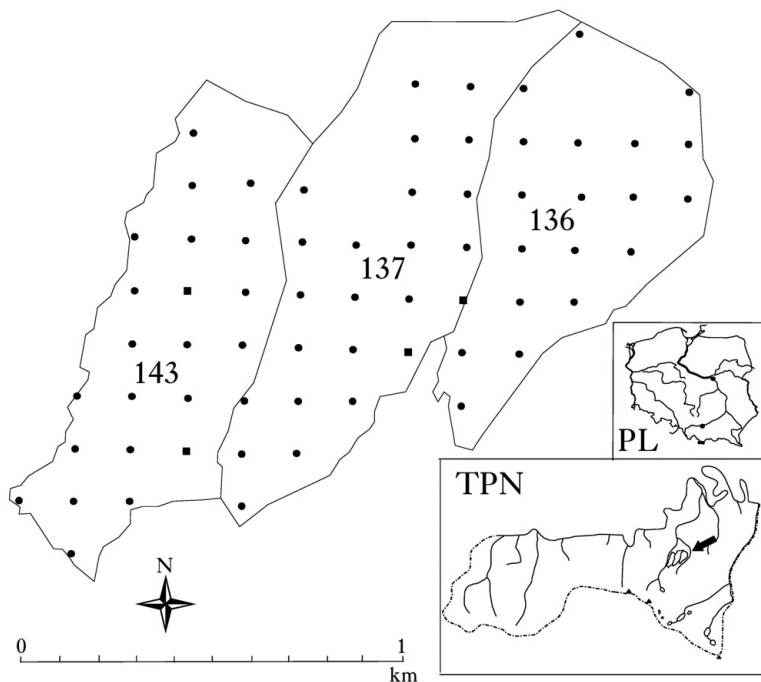
### **Teren badań i metodyka badań**

Badany fragment boru górnoreglowego, o łącznej powierzchni 163,96 ha, położony jest na grzbiecie opadającym spod Żółtej Turni ku północy, między 1300 a 1550 m n.p.m. Grzbiet ten oddziela Dolinę Suchej Wody od Doliny Pańszczycy i w dolnej części nosi nazwę „Skoruśniak”. Granice terenu badań wyznaczają: od południowego-wschodu Potok Pańszczycki i górna granica lasu,

od południowego-zachodu Żółty Potok, od północnego-zachodu Sucha Woda Gąsienicowa, od północy skraj starodrzewu świerkowego. Omawiany obszar stanowi granitową morenę, która niemal całkowicie przykrywa głębiej zalegające skały wapienne. Obecność utworów morenowych sprawia, że występujące tu gleby bielcowe i bielice są kamieniste i zasobne w części szkieletowe. Teren badań znajduje się w obrębie piętra klimatycznego chłodnego, gdzie średnia roczna temperatura mieści się w granicach 2-4°C [Hess 1974].

Powierzchnie badawcze, w liczbie 65, zostały założone w 1973 roku. Oznaczono je wtedy trwale przez umieszczenie drewnianego palika w centralnym punkcie i wymalowanie farbą olejną odpowiednich numerów na dwóch najbliższych świerkach. Powierzchnie zlokalizowano w obrębie trzech oddziałów: 136, 137, 143 (ryc. 1) pomijając w nich pododdziały z młodymi drzewostanami. Każda miała kształt koła i wielkość 500 m<sup>2</sup>. Centralne punkty powierzchni tworzyły regularną siatkę zorientowaną w układzie północ-południe, wschód-zachód, z węzłami oddalonymi od siebie o 160 m.

Pomiary drzew wykonane w 1973 roku obejmowały usytuowanie każdego drzewa, jego pierśnicę, a w przypadku drzew rosnących na współśrodkowym kole o wielkości 100 m<sup>2</sup> także wysokość. W celu określenia pozycji drzewa w obrębie powierzchni zmierzono odległość i azymut w stosunku do punktu centralnego. Pierśnice drzew mierzono dwa razy: najpierw kierując długie ramię średnicomierza do środka powierzchni, a następnie prostopadłe do tego kierunku. Jako dolny próg pomiaru grubości drzew przyjęto 8 cm. W raptularzach pochodzących z roku 1973 każde drzewo posiadało swój numer, a w oddzielnej tabelce zamieszczono informacje o liczbie świerków i jarzębin w warstwie nalotu i podrostu. Niestety nie podano powierzchni, na której młode osobniki były liczone.



Ryc. 1.

Rozmieszczenie powierzchni badawczych w oddziałach 136, 137 i 143 Tatrzańskiego Parku Narodowego  
Distribution of sampled plots in forest compartments 136, 137 and 143 of the Tatra National Park

W roku 2002 wszystkie powierzchnie odszukano, a ich oznakowanie zostało odnowione. Punkt centralny każdej powierzchni oznaczony został białą plastikową rurką o średnicy 5 cm, a na dwóch drzewach, rosnących najbliżej punktu centralnego, zieloną farbą olejną namalowano numery powierzchni i obręcze o szerokości około 5 cm. Na podstawie pomiarów odległości i azymutów z roku 1973 sporządzono plany rozmieszczenia mierzonych wówczas drzew. Planami tymi posłużono się przy odnajdywaniu poszczególnych świerków w roku 2002. Zidentyfikowanie wszystkich drzew mierzonych w 1973 roku było możliwe na 61 powierzchniach. Na trzech powierzchniach identyfikacja drzew nasuwała wątpliwości i nie zostały one uwzględnione w niniejszej pracy. Na jednej powierzchni w roku 1973 zmierzono tylko część drzew.

Pomiary wysokości i pierśnicy drzew zostały powtórzone w roku 2002 według metodyki zastosowanej w roku 1973. Pomiary objęły zarówno drzewa żywe, jak i te, które obumarły w latach 1973-2002. Wszystkie nowe okazy, które w tym okresie osiągnęły grubość 8 cm, zostały zmierzone podobnie, jak w roku 1973 i naniesione na plany.

W obrębie każdej powierzchni określono zmianę liczby drzew z uwzględnieniem osobników, które przeżyły, obumarły oraz osiągnęły 8-cm próg pomiaru. Przy użyciu tablic miąższości drzew stojących [Czuraj 1991] obliczono oddzielnie dla każdego terminu równanie krzywej miąższości. Posłużyły one do obliczenia miąższości drzew na wszystkich powierzchniach w roku 1973 i 2002. Na wszystkich powierzchniach w obu terminach zanotowano zaledwie po 8 jarzębin i dlatego gatunek ten nie został uwzględniony.

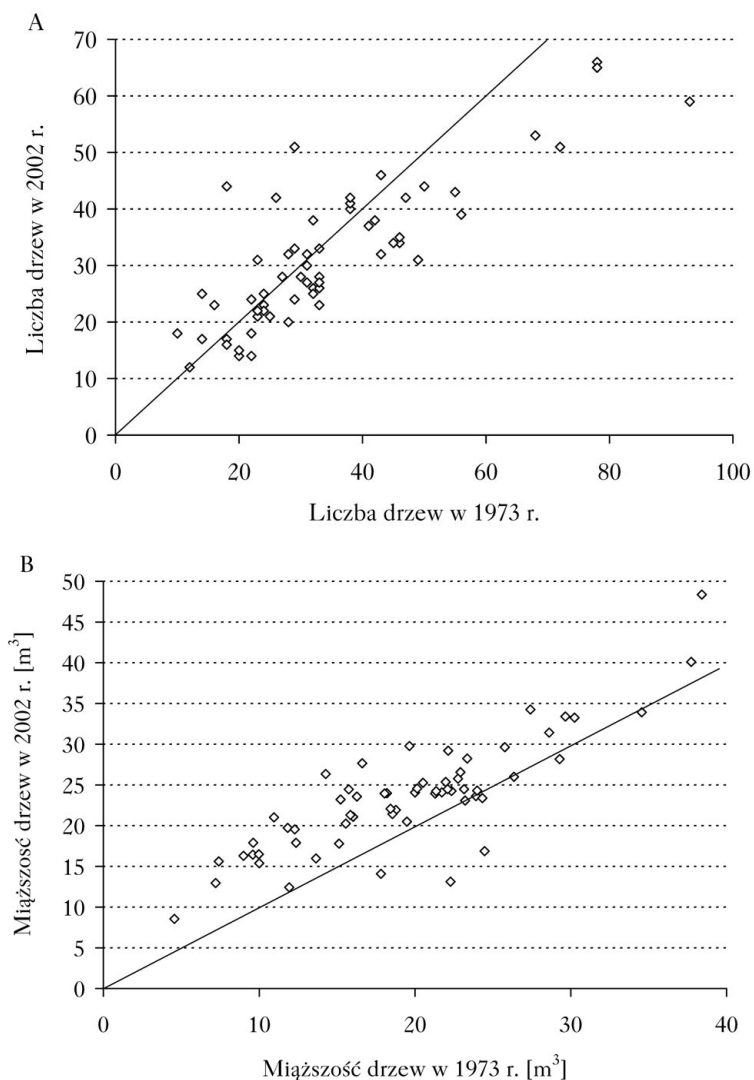
Analizę istotności zmian zagęszczenia i miąższości wykonano za pomocą testu *t*-Studenta zarówno dla par wiązanych, jak i dla dwóch prób niezależnych sprawdzając wcześniej podobieństwo rozkładu różnic z rozkładem normalnym. W celu określenia zmian w wielkości zróżnicowania drzewostanu obliczono odchylenie standardowe i współczynnik zmienności liczby drzew i miąższości drzewostanu na powierzchniach 0,05 ha. Istotność zmian zróżnicowania obu cech zanalizowano za pomocą testu *F*.

## Wyniki

Zagęszczenie świerków w latach 1973-2002 zmniejszyło się z 681 do 624 drzew/ha. Oznacza to, że w ciągu jednego roku na powierzchni na 1 ha liczba drzew zmniejszała się średnio o 2 sztuki. Na 40 powierzchniach o wielkości 0,05 ha odnotowano spadek, a na 19 wzrost liczby drzew. Na większości powierzchni zmiany te były stosunkowo niewielkie (ryc. 2A). Zmiana zagęszczenia drzew była istotna statystycznie (test *t* dla prób zależnych,  $p=0,021$ ), natomiast różnica w zagęszczeniu drzew między rokiem 1973 a 2002 nie była istotna (test *t* dla prób niezależnych,  $p=0,29$ ).

Wielkość i kierunek zmian zagęszczenia były efektem dwóch procesów: obumierania i dorastania świerków. W ciągu 29 lat spośród 2078 drzew rosnących na powierzchniach w roku 1973 obumarło 379, czyli 18,2%. Średnie tempo obumierania świerków wynosiło 4,3 drzew·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. W tym samym czasie próg 8 cm osiągnęły 203 świerki, co oznacza, że przeciętne tempo ich dorastania wynosiło 2,3 drzew·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> i było prawie dwa razy mniejsze od tempa obumierania. W roku 2002 te młode osobniki stanowiły 10,7% wszystkich 1902 żywych świerków. W rezultacie obumierania i dorastania liczba świerków w latach 1973-2003 zmniejszyła się o 8,5% w stosunku do stanu z roku 1973.

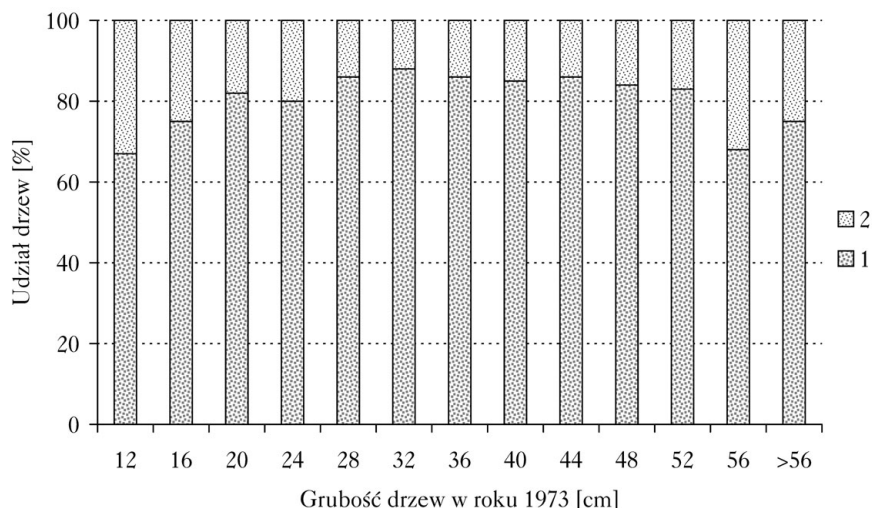
Obumieranie świerków było związane z ich grubością. Najintensywniej wydzielali się okazy, które w roku 1973 należały do najmniejszych i największych klas grubości (obumarło w nich około 25% świerków), natomiast najsłabsze obumieranie zanotowano wśród drzew o grubości 30-40 cm (ryc. 3). Wśród wszystkich 379 obumarłych świerków, drzewa o pierśnicy poniżej 20 cm stanowiły dokładnie 50%, a te o grubości ponad 40 cm – 10%.



Ryc. 2.

Zmiany liczby (A) i miąższości (B) świerków na 61 powierzchniach w latach 1973-2002. Położenie punktów powyżej lub poniżej linii oznacza odpowiednio przyrost albo spadek liczby drzew lub ich miąższości  
 Changes in number (A) and volume (B) of trees on 61 sample plots in 1973-2002. Points above and under lines represent plots with increase or decrease in number and volume of trees respectively

Mimo zmniejszenia się zagęszczenia miąższość świerkowego drzewostanu wzrosła o 20% – z 388,8 m<sup>3</sup> w 1973 roku do 467,8 m<sup>3</sup> w 2002 roku. Każdego roku miąższość drzew w przeliczeniu na jeden hektar lasu zwiększała się o 2,7 m<sup>3</sup>. Zakres zmian miąższości na części analizowanych powierzchni był znaczny; zmiany te sięgały nawet 45% wartości z 1973 roku. Na 85% powierzchni nastąpił wzrost miąższości, a tylko na nielicznych zanotowano jej spadek (ryc. 2B). Zmiana miąższości w skali całego drzewostanu istotnie różniła się od zera (test *t* dla prób zależnych,  $p < 0,001$ ). Istotna była również różnica w miąższości drzewostanu między rokiem 1973 a 2002 (test *t* dla prób niezależnych,  $p = 0,002$ ).



Ryc. 3.

Udział świerków, które przeżyły od roku 1973 do roku 2002 (1) oraz tych, które obumarły w latach 1973-2002 (2) w poszczególnych klasach grubości z 1973 roku

Percentage of trees from different diameter classes that survived (1) and died (2) in 1973-2002

W latach 1973-2002 nastąpiło zmniejszenie się zróżnicowania drzewostanu w obrębie badanego fragmentu regla górnego. Wyraża się to mniejszymi wartościami współczynnika zmienności i odchylenia standardowego dla liczby drzew i ich miąższości na powierzchniach 0,05 ha. Zmniejszenie zmienności drzewostanu między powierzchniami było istotne statystycznie tylko w przypadku liczby drzew (Test F,  $p=0,008$ ) (ryc. 4).

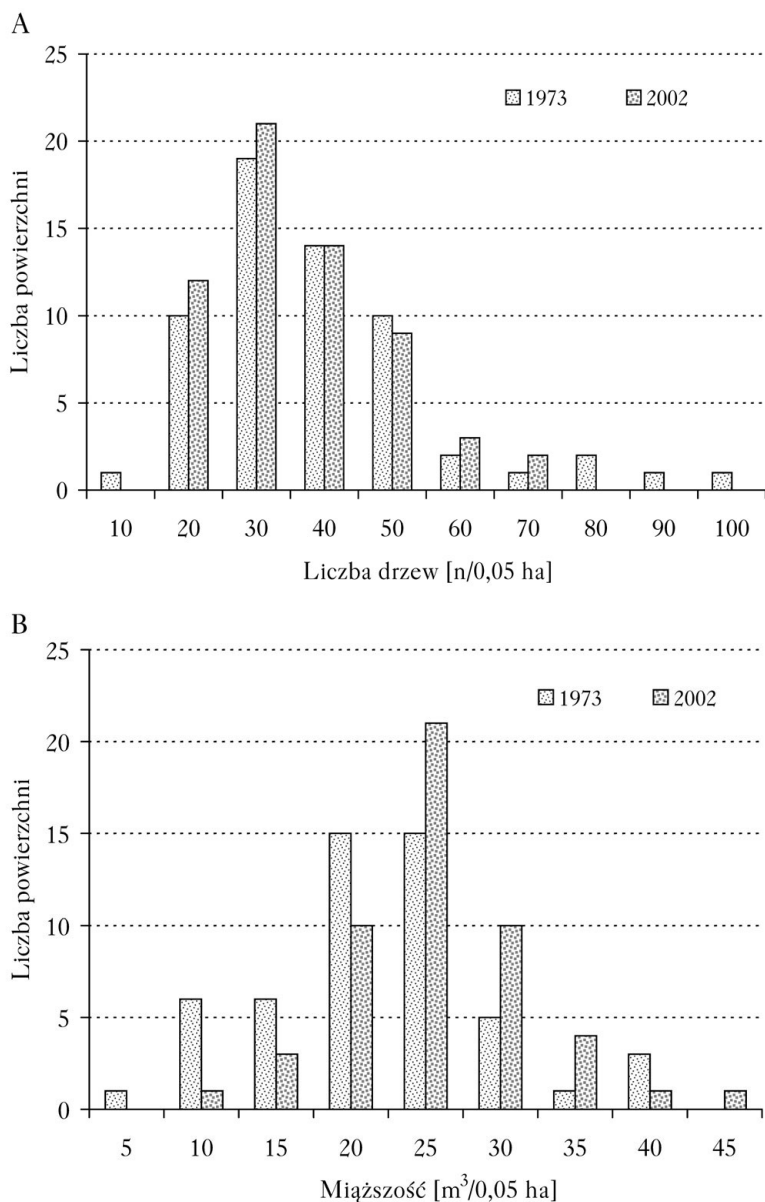
Obumieranie i dorastania świerków znajduje odzwierciedlenie w zmianie struktury grubościowej drzewostanu. W 1973 roku rozkład ten na całym obszarze badań zbliżony był do krzywej jednostronnej, z nieznaczną przewagą drzew w najniższych klasach grubości (ryc. 5). W ciągu 29 lat doszło do zmniejszenia się udziału procentowego drzew z mniejszych klas grubości na rzecz grubszych. Rozkład grubości w 2002 roku charakteryzuje się bardziej wyrównaną liczebnością klas grubości od 8 do 40 cm.

## Dyskusja

Przeciętne zagęszczenie świerków na grzbiecie oddzielającym doliny Suchej Wody i Pańszczycy w Tatrach Wysokich było znacznie większe w porównaniu z danymi uzyskanymi w beskidzkich świerczynach górnoeregłowych pod koniec XX wieku. Średnie wartości uzyskane na północnym [Jaworski, Karczmarski 1995] i południowym [Korpeł 1989] stoku Babiej Góry są znacznie mniejsze. Niższe jest również zagęszczenie drzewostanu świerkowego w reglu górnym Pilska [Saniga, Sklenar 1989]. Trzeba jednak pamiętać, że wszystkie te dane pochodzą z kilku powierzchni o wielkości 0,5 ha, lokalizowanych w taki sposób, aby reprezentowały wybrane stadia rozwojowe. Stąd wyniki uzyskane w niniejszych badaniach i w pozostałych publikowanych pracach nie są w pełni porównywalne. Wyniki pomiarów ze Skoruśniaka można natomiast uznać za w pełni porównywalne z danymi uzyskanymi w trakcie przygotowywania Planu Ochrony Babiogórskiego Parku Narodowego. W trakcie tych prac na południowym i północnym stoku Babiej Góry zmierzono drzewostan na 105 powierzchniach kołowych o wielkości 0,05 ha, rozmieszczonych regularnie w całym reglu górnym [Szwagrzyk i in. 1999]. Uzyskane przeciętne

zagęszczenie świerków w reglu górnym Babiej Góry na obszarze około 600 hektarów wyniosło 386 drzew/ha, co stanowi zaledwie 62% zagęszczenia zanotowanego na Skoruśniaku.

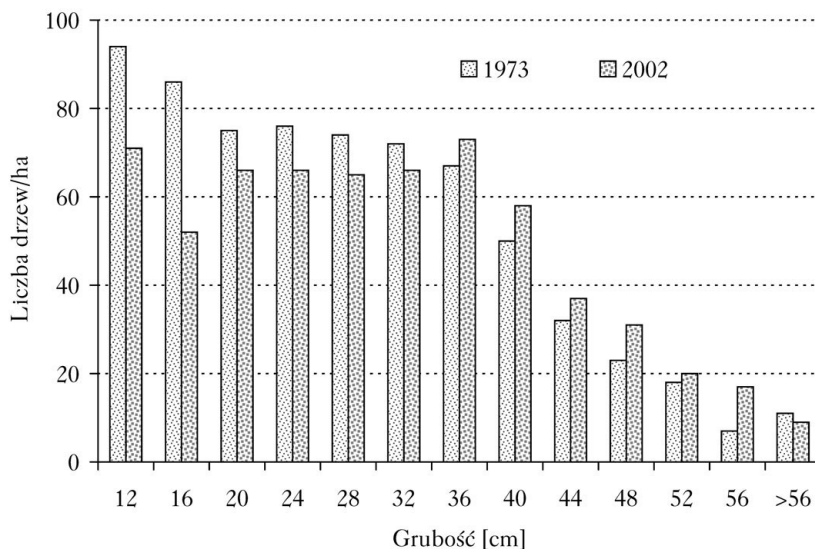
Takich różnic nie obserwuje się w przypadku miąższości. W skali całego regła górnego Babiej Góry wynosi ona 431 m<sup>3</sup>/ha, co jest wartością bardzo bliską do tej, którą zanotowano w roku 2002 na grzbiecie Skoruśniaka. Obie te wartości są podobne do notowanych na niewielkich 0,5 ha powierzchniach na Babiej Górze [Jaworski, Karczmarski 1995; Korpeł 1989], lecz są



Ryc. 4.

Rozkład liczby drzew (A) i miąższości drzewostanu (B) na 0,05 ha powierzchniach latach 1973 i 2002  
Distributions of stand density (A) and stand volume (B) on 0.05 ha plots in 1973 and 2002





Ryc. 5.

Struktura grubościowa drzewostanu świerkowego na całym 160 ha obszarze badań w 1973 i w 2002 roku  
Diameter distribution of spruce stand over the whole area of 160 ha in 1973 and 2002

znacznie mniejsze w porównaniu z miąższością drzewostanów stwierdzoną na niewielkich powierzchniach na Pilsku [Saniga, Sklenar 1989] i w rezerwacie Kotlový Žľab w Tatrach Zachodnich [Korpeľ 1993].

W ciągu 29 lat niemal na wszystkich powierzchniach zmniejszyła się liczba świerków i jednocześnie zwiększyła się ich sumaryczna miąższość. W ciągu 29 lat miąższość drzewostanu w skali całego 160-ha obszaru badań wzrosła o 80 m<sup>3</sup> w przeliczeniu na hektar. Na tle dotychczasowych badań w zachodniokarpackich borach świerkowych regła górnego ta wzrostowa tendencja w ostatnich dekadach jest czymś wyjątkowym, ponieważ od lat osiemdziesiątych prawie powszechnie obserwowano spadek miąższości górnoreglowych drzewostanów, zarówno tatrzańskich [Korpeľ 1993], jak i beskidzkich [Korpeľ 1989; Saniga, Sklenar 1989; Jaworski, Karczmarski 1995; Holeksa i in. 2004]. Duże zagęszczenie drzewostanu na Skoruśniaku oraz zanotowany w nim wyraźny przyrost miąższości w ostatnich dekadach wskazują, że ten tatrzański bór górnoreglowy niemal w całości reprezentuje dość wczesne etapy rozwoju. Stosując terminologię Jaworskiego [1991] można stwierdzić, że jest to w niewielkiej części późna faza stadium dorastania, a większości wczesna faza stadium optymalnego. Tylko niewielkie fragmenty badanego boru znajdują się jeszcze na początku stadium dorastania, bądź osiągnęły już stadium rozpadu. W przeciwieństwie do tego drzewostany w Zachodnich Tatrach i w Beskidach w większości reprezentują końcową fazę stadium optymalnego albo znajdują się na początku stadium rozpadu. Według wstępnych badań [Giemza 2004] wiek znacznej części drzew na Skoruśniaku przekroczył 150 lat i pod tym względem badany drzewostan nie różni się od świerczyn w masynie Babiej Góry [Zientarski 1976].

Oprócz zagęszczenia i miąższości w ciągu 29 lat zmieniła się także struktura grubościowa drzewostanu w skali całego 160-ha obszaru. Zmiana ta jest efektem czterech zjawisk zachodzących w badanym fragmencie regła górnego. W kolejności od najbardziej do najmniej znaczącego zjawiska są to: (1) wysoka śmiertelność cienkich drzew, (2) mała liczba dorostów,



(3) powolny przyrost drzew na grubość oraz (4) mała śmiertelność grubych świerków. Przerzedzanie się górnoregłowego drzewostanu na Skoruśniaku było przede wszystkim efektem obumierania drzew najcieńszych, zapewne na skutek konkurencji o światło. Efektem tego zjawiska w połączeniu z niewielką liczbą świerków, które przekroczyły próg pomiaru jest wyraźny spadek liczebności świerków o grubości kilkunastu centymetrów. Z kolei przyrost drzew na grubość miał mniejsze znaczenie dla zmian struktury grubościowej, ponieważ w ciągu 29 lat przyrosły one przeciętnie o około 4 cm [Wesołowska 2002], czyli przesunęły się o jedną klasę w górę. Znajduje to odzwierciedlenie w niewielkim zwiększeniu się liczebności drzew we wszystkich klasach grubości powyżej 32 cm (ryc. 5). Najmniejsze znaczenie miało wywracanie grubych drzew przez wiatr i aktywność kornika drukarza. Jest to wynik zupełnie inny od tego, jaki zanotowano w reglu górnym Babiej Góry, gdzie w ostatnich latach intensywność obumierania świerków o pierśnicy ponad 50 cm była nawet nieco wyższa niż świerków o grubości poniżej 20 cm [Holeksa i in. 2004].

Analizując zmiany drzewostanu w reglu górnym Tatrzańskiego Parku Narodowego warto przypomnieć, że ostatnie trzy dekady XX wieku były czasem gwałtownego wzrostu zanieczyszczeń powietrza. W latach osiemdziesiątych zwrócono nawet uwagę na bardzo złą kondycję świerków w Lesie Gąsienicowym [Gąsienica-Byrcyn, Holeksa 1986]. W ostatnich latach Modrzyński [2002] po raz kolejny wykazał silną defoliację w tatrzańskich drzewostanach świerkowych. Winą za ten stan rzeczy obarczano przede wszystkim tlenki azotu i siarki będące głównym składnikiem kwaśnych deszczy. Ubogie podłoże, słabo neutralizujące kwaśne deszcze, wysokość nad poziomem morza sprzyjająca kondensacji pary i wzmożeniu oddziaływania tzw. kwaśnych mgieł, ubóstwo gatunkowe, wiek znacznie przekraczający 100 lat oraz usytuowanie na grzbiecie są czynnikami, które sytuują badany drzewostan wśród najbardziej narażonych na imisję. Rozpoczynając powtórny serię pomiarów spodziewano się uzyskania danych potwierdzających intensywne obumieranie drzew w ostatnich kilkudziesięciu latach. Tymczasem zamieranie drzew przebiegało z niewielką intensywnością – na powierzchni jednego hektara każdego roku obumierały zaledwie 4 świerki, z których połowa nie przekroczyła jeszcze grubości 20 cm.

Na podstawie wieloletnich badań prowadzonych w lasach górskich Słowacji Korpeľ [1982] doszedł do wniosku, że już na powierzchni kilkudziesięciu hektarów osiągają one stan równowagi charakteryzujący się niewielkimi zmianami cech drzewostanu. Autor ten zwracał przy tym głównie uwagę na miąższość drzewostanów. Stwierdził, że już na powierzchni 30 hektarów taką równowagę mogą się charakteryzować lite buczyny. Z kolei w dolnoregłowych lasach mieszanych z bukiem, jodłą i świerkiem niewielkie wahania miąższości mogą być notowane dopiero powyżej 50 ha. Jeszcze większy minimalny obszar, bo powyżej 70 ha, wymagany jest według Korpeľa [1982] w przypadku górnoregłowych drzewostanów świerkowych. Powierzchnia boru górnoregłowego uwzględniona w niniejszych badaniach wynosi 160 ha, a więc dwa razy przekracza sugerowaną wielkość minimalną. Mimo to stwierdzono, że miąższość drzewostanu była w roku 2002 istotnie większa niż 29 lat wcześniej. Wzrost ten wyniósł aż 20% w stosunku do stanu początkowego. Co więcej, w okresie tym drzewostan stał się bardziej jednorodny pod względem zagęszczenia drzew i ich sumarycznej miąższości – różnice między powierzchniami były w 2002 roku mniejsze niż w 1973 roku. Podobny kierunek zmian świerczyny w skali niemal całego obszaru badań jest związany ze słabym początkowym zróżnicowaniem jej struktury. Niemal w całości reprezentowała ona w latach siedemdziesiątych i nadal reprezentuje to samo, optymalne stadium rozwoju. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że badany 160-ha fragment boru górnoregłowego nie wykazuje cech lasu będącego

w stanie równowagi. W ciągu 29 lat przeważały w nim procesy wzrostu drzew, które nie były równoważone przez ich obumieranie.

Wydaje się, że zjawisko wyraźnej wielkopowierzchniowej synchronizacji rozwoju drzewostanów, zaobserwowane na grzbiecie Skoruśniaka w Tatrzańskim Parku Narodowym, nie jest czymś wyjątkowym w świerczynach górnoregulowych. Przepuszczalnie zachodzi ono również w reglu górnym Babiej Góry, gdzie w skali całego masywu stwierdzono wyraźne ujednoczenie struktury grubościowej [Holeksa i Zielonka 2005], a na powierzchni kilku hektarów wykazano niewielkie zróżnicowanie struktury wiekowej [Zientarski 1976]. Dopiero jednak objęcie badaniami innych, rozległych fragmentów lasów w reglu górnym mogłoby pozwolić na wyznaczenie minimalnej powierzchni, na której osiągają one stan równowagi. Warto na koniec zaznaczyć, że wartości podane przez Korpela [1982] nie zostały uzyskane na podstawie badań prowadzonych według jasno sprecyzowanej metodyki, podporządkowanej poznaniu warunków równowagi lasu. Autor ten nigdzie nie ujawnia, w jaki sposób dane gromadzone przez lata na kilkudziesięciu powierzchniach badawczych o wielkości 0,5 ha pozwoliły na wnioskowanie o zjawiskach zachodzących w znacznie większej skali przestrzennej. Można na tej podstawie przypuszczać, że liczby podane przez Korpela w publikacji z roku 1982 mają raczej intuicyjny charakter.

## Podsumowanie

Na obszarze 160 ha w tatrzańskim borze górnoregulowym w latach 1973-2002 zmniejszyło się zagęszczenie drzew, zwiększyła się wyraźnie miąższość drzewostanu i modyfikacji uległa jego struktura grubościowa. Zaobserwowane zmiany świadczą o braku równowagi między procesami wzrostu i obumierania drzew. Zmiany te zachodziły w sposób synchroniczny w skali całego rozległego fragmentu świerczyny i doprowadziły do obniżenia przestrzennej zmienności drzewostanu. Na rozwój drzewostanu w ostatnich dekadach wpływ miały przede wszystkim czynniki naturalne, natomiast zanieczyszczenia powietrza odgrywały prawdopodobnie niewielką rolę, co ujawniło się w bardzo małej intensywności obumierania świerków.

## Literatura

- Ceitel J., Szymański S., Zientarski J. 1998. Dynamika naturalnego górnoregulowego boru świerkowego w Rezerwacie Pilsko. W: Saniga M. [red.]. Stav, vyvoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska. Lesnicka fakulta Vysokej Školy lesnickej a drevarskej Zvolen. 27-33.
- Czuraj M. 1991. Tablice miąższości kłód odziomkowych i drzew stojących. PWRiL, Warszawa.
- Gąsienica-Byrcyn W., Holeksa J. 1986. Czy las tatrzański zginie? Las Polski. 24:16.
- Giemza P. 2004. Struktura wiekowa górnoregulowej świerczyny w Lesie Gąsienicowym w Tatrzańskim Parku Narodowym. Praca magisterska, Katedra Botaniki Leśnej, Akademia Rolnicza, Kraków.
- Hess M. 1974. Piętra klimatyczne Tatr. Czasopismo Geograficzne 45,1: 75-83.
- Holeksa J. 1998. Rozpad drzewostanu i odnawianie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoregulowego. *Monographiae Botanicae* 82: 1-209.
- Holeksa J., Karczmarski J., Wilczek Z., Ciapała S. 1996. Rezerwat „Romanka w Beskidzie Żywieckim” jako przykład niewłaściwej ochrony ekosystemu leśnego. *Ochr. Przyr.* 53: 19-35.
- Holeksa J., Szwaagrzyk J., Musiałowicz W., Parusel J. 2004. Struktura i dynamika lasów Babiej Góry. W: B. Wołoszyn J. Szwaagrzyk. A. Jaworski [red.]. Park Narodowy na Babiej Górze. Kraków.
- Holeksa J., Zielonka T. 2005. Different landscape patterns of subalpine spruce forests in the Tatra Mts and Babia Góra massif (West Carpathians). *Polish Botanical Studies* 19: 167-175.
- Jagiello Z., Poznański R., Raimer J., Rutkowski B. 1978. Zastosowanie wielkoobszarowej metody losowych powierzchni próbnych do inwentaryzacji oraz kontroli zapasu i przyrostu w projektowanym rezerwacie ścisłym Skoruśniak w Tatrzańskim Parku Narodowym. *Sylwan* 122, 1: 31-41.
- Jaworski A. 1991. Struktura i dynamika rozwoju drzewostanów oraz powstawanie odnowień w lasach górskich o charakterze pierwotnym. *Post. Techniki w Leśn.* 49: 5-20.
- Jaworski A., Karczmarski J. 1995. Budowa, struktura, dynamika i możliwości produkcyjne górnoregulowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.* 33: 75-113.
- Korpel Š. 1980. Vývoj a štruktúra prírodných smrekových lesov Slovenska vo vzťahu k protivlávňovej ochrannej funkcii. *Acta Fac. For. Zvolen* 22: 9-36.

- Korpeľ Š. 1981. Štruktúra, produkcia a regenerácia smrekových porastov v závislosti od nadmorskej výšky a vývojevej fázy v ŠPR Pilsko. W: Korpeľ Š. [red.], Warunki przyrodnicze i charakterystyka lasów świerkowych w kompleksie Pilska. Wyd. Lesnicka fakulta Vysokej Školy lesnickej a drevarskej Zvolen, Wydział Leśny Akademii Roln. Poznań. 63-93.
- Korpeľ Š. 1982. Degree of equilibrium and dynamical changes of the forest on example of natural forests of Slovakia. Acta Fac. For. Zvolen 24: 9-31.
- Korpeľ Š. 1989. Štruktúra, vývoj, regenerácia, produkčné schopnosti smrekových prírodných lesov na Babej Hore. W: Korpeľ Š. [red.], Stav, vvoj, produkčné schopnosti a funkčné využívanie lesov v oblasti Babej Hory a Pilska. Wyd. Lesnicka fakulta Vysokej Školy lesnickej a drevarskej Zvolen, Wydział Leśny Akademii Roln. Poznań, Wydział Leśny Akademii Roln. Kraków. 78-121.
- Korpeľ Š. 1993. Dynamika prírodného smrekového lesa v Západných Tatrách na príklade ŠPR Kotlový Žlab. Zbornik prac o TANAP 33: 193-225.
- Modrzyński J. 2002. Defoliacja wybranych drzewostanów świerkowych w Tatrach i Beskidzie Wysokim. Sylwan 146, 11: 15-28.
- Myczkowski S. 1955. Ekologia zespołów leśnych Tatr Polskich ze szczególnym uwzględnieniem jej związku z pokrywą śnieżną. Ochr. Przyr. 25: 112-203.
- Myczkowski S. 1967. Projekt sieci rezerwatów ścisłych w Tatrzańskim Parku Narodowym. Ochr. Przyr. 32: 41-88.
- Myczkowski S. 1977. Świerczyny gór i wyżyn w Polsce. W: Obmiński Z. [red.], Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. PWN. Warszawa – Poznań. 448-455.
- Róžański W. 1998. Struktura górnoregłowych borów świerkowych na szczycie Turbacza w Gorcach i problemy ich ochrony. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie nr 332. 56: 135-159.
- Saniga M., Sklenar P. 1989. Štruktúra, vývoj, produkčné a regeneračné pomery prírodných lesov v ŠPR Pilsko. W: Korpeľ Š. [red.], Stav, vvoj, produkčné schopnosti a funkčné využívanie lesov v oblasti Babej Hory a Pilska. Wyd. Lesnicka fakulta Vysokej Školy lesnickej a drevarskej Zvolen, Wydział Leśny Akademii Roln. Poznań, Wydział Leśny Akademii Roln. Kraków. 28-49.
- Shugart H. H., West D. C. 1981. Long-term dynamics of forest ecosystems. Amer. Sci. 69: 647-652.
- Szwańgrzyk J., Holeksa J., Musiałowicz W. 1999. Operat ochrony ekosystemów leśnych i nieleśnych wraz z elementami ochrony gatunkowej roślin. W: Plan ochrony Babiogórskiego Parku Narodowego. Maszynopis, Zawoja.
- Szymański S. 1981. Zmiany wieku, struktury, wzrostu, zwarcia i zagęszczenia drzew pod wpływem różnego wzniesienia nad poziomem morza w Rezerwacie Pilsko (Beskid Żywiecki). W: Korpeľ Š. [red.], Warunki przyrodnicze i charakterystyka lasów świerkowych w kompleksie Pilska. Wyd. Lesnicka fakulta Vysokej Školy lesnickej a drevarskej Zvolen, Wydział Leśny Akademii Roln. Poznań. 190-218.
- Wesołowska M. 2002. Przemiany boru górnoregłowego w Tatrzańskim Parku Narodowym w latach 1973-2002. Praca magisterska, Katedra Geobotaniki i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski, Katowice.
- Zientarski J. 1976. Wpływ wzniesienia nad poziomem morza na zagęszczenie i ukształtowanie górnoregłowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. 42: 137-149.

## SUMMARY

### Changes of a subalpine spruce forest in the Tatra National Park in 1973-2002

The paper presents nearly 30-year changes in the structure of a 160 ha subalpine spruce stand in the Tatra National Park that has been subjected to strict protection during last 50 years. In 1973 a regular network of small 0.05 ha circular plots was established over the whole area between 1300 and 1550 m a.s.l. Their central points formed a regular grid spaced by 160 m. In 1973 the location of all trees in relation to central points and their diameters were measured. Height of trees growing in 0.01 ha concentric circles were also measured. In 2002 diameter and height of trees were remeasured in 61 out of earlier 65 plots.

Density of the spruce stand decreased by 8.5% - from 681 to 624 trees/ha. Similar changes were recorded nearly in the whole area. As much as 18.2% of spruces living in 1973 died during 29 years. In the same time new trees passed the 8 cm limit of measurement and they constituted 10.7% of the tree stand in 2002. On the contrary, the stand volume increased over the whole

area by 20% from 389 m<sup>3</sup>/ha in 1973 to 468 m<sup>3</sup>/ha in 2002. The variability among plots in trees' number and volume decreased and in 2002 the stand became more homogenous in terms of both characteristics. The decay, ingrowth and enlargement of trees that survived caused considerable changes in diameter structure of the whole stand. The number of thin tree diminished while the contribution of thick trees increased.

The obtained results were compared to the suggestion of Korpel that in subalpine spruce stands equilibrium is reached between decay and growth processes on the area of 70 ha. The investigated forest was far from such equilibrium in spite of its area being more than two times bigger than that suggested by Korpel.