

JAROSŁAW SOCHA

Wpływ wybranych czynników ekologicznych na kształtowanie się stabilności górskich drzewostanów świerkowych w Beskidach Zachodnich*

Effect of selected ecological factors on the stability of Norway spruce stands in the Beskidy Zachodnie Mountains

ABSTRACT

Socha J. 2008. Wpływ wybranych czynników ekologicznych na kształtowanie się stabilności górskich drzewostanów świerkowych w Beskidach Zachodnich. Sylwan 3: 40-49.

The research focused on the effect of environmental factors on the stability of mountain spruce forests in the Beskidy Zachodnie. Stand stability was evaluated on the basis of slenderness, relative crown length and intensity of volume increment. The performed analyses show that stands growing at higher elevations are more stable. This is related, among other things, to worse environmental conditions resulting in the lower slenderness value and higher relative crown length.

KEY WORDS

slenderness, relative crown length, volume increment, topographic features, stand density

ADDRESSES

Jarosław Socha – Katedra Dendromerii; Wydział Leśny; Uniwersytet Rolniczy;
Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rISOCHA@cyf-kr.edu.pl

Wstęp i cel pracy

Stabilność drzewostanów rozumiana jest jako zbiór właściwości pozwalających mu na utrzymanie się przy życiu przez wystarczająco długi czas [Stępień 2002]. W skali regionalnej stabilność drzewostanów zależy od takich czynników abiotycznych jak warunki klimatyczne, topografia terenu oraz typ gleby [Moore 2000; Cucci, Bert 2003]. O stabilności drzewostanu w znacznym stopniu decyduje jego skład gatunkowy [Stępień 1986; Hasenauer 2006]. Drzewostany mieszane o odpowiednim, dopasowanym do warunków siedliskowych, składzie gatunkowym są na ogół bardziej odporne na czynniki biotyczne i abiotyczne. W przypadku drzewostanów świerkowych, narażonych szczególnie na szkody od wiatru, śniegu i oksiści, udział w składzie gatunkowym domieszek, takich jak buk czy jodła, przyczynia się do znacznego zwiększenia stabilności drzewostanów. O stabilności drzew i drzewostanów decyduje w znacznej mierze wskaźnik smukłości, będący ilorzem wysokości i pierśnicy drzewa. Ze wzrostem smukłości środek ciężkości drzewa przesuwają się ku wierzchołkowi, co zmniejsza jego odporność na uszkodzenia od wiatru, śniegu oraz innych czynników abiotycznych. Na położenie punktu ciężkości wpływa również długość korony. Im względna długość korony jest większa, tym środek ciężkości położony jest niżej. Z tego względu smukłość i długość korony są uznawane za mierniki stabilności drzew i drzewostanów [Stępień 1996; Cucchi i in. 2005; Hasenauer 2006]. W przy-

* Badania wykonano w ramach projektu nr 2 P06L 001 28 pt.: „Wpływ czynników środowiskowych na kształtowanie się produktywności i stabilność górskich drzewostanów świerkowych” finansowanego przez MNiSW

padku pojedynczych drzew stabilność związana jest również z występowaniem wewnętrznych uszkodzeń spowodowanych przez grzyby i owady [Silva i in. 1998]. Do oceny stabilności drzewostanu wykorzystywany jest również przyrost miąższości. Intensywny przyrost miąższości może świadczyć o dobrej kondycji zdrowotnej i w konsekwencji większej stabilności drzewostanu.

Celem pracy jest określenie czynników, które decydują o stabilności górskich drzewostanów świerkowych w Beskidach Zachodnich.

Materiał badawczy i metodyka badań

Badania przeprowadzono na materiale pochodzącym z 332 drzewostanów świerkowych z niewielką domieszką buka, jodły lub jaworu. Powierzchnie badawcze rozmieszczone są w Beskidzie Śląskim i Żywieckim na terenie nadleśnictw Jeleśnia, Ujsoły, Węgierska Górka i Wisła. Zlokalizowano je w stosunkowo szerokim zakresie wysokości nad poziom morza (540-1360 m n.p.m.). Do badań wykorzystano dwa rodzaje powierzchni: stałe powierzchnie badawcze w kształcie prostokąta o wielkości 0,5 ha (43 pow.) lub 0,25 ha (6 pow.), które zlokalizowano w wybranych drzewostanach świerkowych nadleśnictw Jeleśnia, Ujsoły, Ustroń, Węgierska Górka i Wisła oraz powierzchnie kołowe o wielkości od 2 do 10 arów usytuowane w wymienionych nadleśnictwach w założonej w latach 2005-2006 siatce kwadratów o boku 1250×1250 m (283 pow.).

Na części dużych powierzchni, które założono w latach 1992-1997, pomiary wykonywano kilkakrotnie. Ostatni pomiar przeprowadzono w roku 2005. Mierzono pierśnicę każdego drzewa oraz jego wysokość, długość korony, grubość kory i przyrost grubości na co 4-tym drzewie. W celu określenia wieku drzewostanu pobrano odwierty świdrem przyrostowym Presslera. W przypadku powierzchni kołowych pomierzono pierśnicę każdego drzewa oraz jego wysokość i długość korony drzew na małym kole. Na małym kole wykonano także świdrem przyrostowym odwierty w celu określenia wieku drzewostanu oraz bieżącego przyrostu miąższości.

Wiek drzewostanów, w których zlokalizowano powierzchnie badawcze, wynosi od 40 do 157 lat (tab. 1). Charakteryzowały się one dużą zmiennością bonitacji określonej na podstawie wysokości górnej w wieku bazowym 100 lat (H_{100}). Wynosiła ona od 15,6 do 45,4 m. Przyrost miąższości w przeliczeniu na 1 ha wynosił dla poszczególnych powierzchni od 1,39 do 31,47 m³/ha/rok.

Podstawową jednostką statystyczną są w prezentowanych badaniach powierzchnie próbne. Opisano je za pomocą cech biometrycznych rosnących na nich drzew oraz za pomocą charakterystyk opisujących lokalizację. Dla każdej powierzchni badawczej określono: przeciętną pierśnicę (D) i wysokość (H), miąższość (V), bieżący roczny przyrost miąższości (Zv), pole pierśnicowego przekroju (G), liczbę drzew na jeden hektar (TPH), zagęszczenie (SDI), bonitację (B), smukłość (S), względną długość korony (Lkw), intensywność przyrostu miąższości (Iv).

Tabela 1.

Cechy określające stabilność oraz względny wskaźnik stabilności na powierzchniach badawczych
Parameters describing stand stability and relative stand stability index

Cecha	Średnia	Min.	Maks.	Odech. stand.	Współczynnik zmienności
Smukłość (S)	0,84	0,39	1,13	0,107	12,7
Względna długość korony (Lkw)	0,43	0,24	0,69	0,075	17,7
Intensywność przyrostu miąższości (Iv)	0,36	0,12	0,62	0,091	25,5
Względny wskaźnik stabilności (RSSF)	-0,01	-1,66	2,53	0,682	-

Zagęszczenie drzew na powierzchniach próbnych określono na podstawie wskaźnika zagęszczenia (*SDI*) [Zeide 2005]:

$$SDI = TPH \left(\frac{D}{25} \right)^{1.6} \quad [1]$$

Bonitację dla poszczególnych powierzchni badawczych określono na podstawie modelu wzrostu wysokości górnej opracowanego dla drzewostanów świerkowych z terenu Polski [Bruchwald i in. 1999]:

$$B = \frac{H_{100}}{A} \quad [2]$$

gdzie:

H_{100} – wysokość górna drzewostanu obliczona na podstawie średniej wysokości 100 najgrubszych drzew na jednym hektarze,

A – funkcja wzrostu wysokości górnej zależna od wieku (T):

$$A = \left(\frac{T}{7 + 0,25 \cdot T} \right)^{2,5} \cdot \frac{1}{17,26334915} \quad [3]$$

Lokalizację drzewostanu opisano za pomocą wysokości nad poziom morza (NPM), ekspozycji (K_1), nachylenia terenu (Nt) i rodzaju podłoża geologicznego (Geo). Wysokość nad poziom morza pomierzono w terenie z pomocą altimetru. Ekspozycję ustalono za pomocą busoli i wyrażono w postaci azymutu. Do celów modelowania regresyjnego wartości kąta poziomego wynoszące od 0 do 360 przekształcono na wartości z zakresu 0-2 zgodnie ze wzorem zaproponowanym przez Beersa i in. [1966]:

$$K_1 = \sin(A + (90 - A_{max})) + 1 \quad [4]$$

gdzie:

K_1 – jest wystawą transponowaną i przyjmuje wartości od 0 do 2,

A – oznacza azymut wyrażony w stopniach,

A_{max} – oznacza wystawę o skrajnych wartościach czynników klimatycznych.

Zgodnie z propozycją Beersa [1966] za A_{max} przyjęto wartość 45°. Nachylenie terenu pomierzono na poszczególnych powierzchniach wyrażając je w stopniach. Podłoże geologiczne uwzględniono dzieląc teren badań na dwa obszary, na których przeważają zbliżone pod względem budowy i pochodzenia geologicznego trzeciorzędowe piaskowce mağurskie i podmağurskie (1) oraz pochodzące z czwartorzędu piaskowce godulskie i istebniańskie (2). Dla celów obliczeniowych w modelu bonitacji dla grupy pierwszej przyjęto kod – 1, a dla grupy drugiej – 0.

W badaniach przeanalizowano związek smukłości, długości koron i intensywności przyrostu miąższości z cechami drzew wzrastających na danej powierzchni oraz ze zmiennymi określającymi warunki wzrostu. Według Hasenauera [2006] stabilność drzewostanu zależy od składu gatunkowego, smukłości drzew i względnej długości koron. W przypadku litych drzewostanów świerkowych o stabilności decydują więc głównie smukłość i długość koron. Dla uwzględnienia kondycji zdrowotnej drzewostanu do oceny stabilności drzewostanu zastosowano dodatkowo intensywność przyrostu miąższości drzewostanu (Iv). W celu porównania stabilności poszczególnych drzewostanów uwzględniającego jednocześnie smukłość, długość koron i intensywność przyrostu miąższości obliczono względny wskaźnik stabilności drzewostanu ($RSSF$), którego wartość określono według wzoru:

$$RSSF = \frac{-3S_{std} + 2L_{kwstd} + I_{vstd}}{6} \quad [5]$$

gdzie:

- S_{std} – oznacza standaryzowaną wartość smukłości,
- L_{kwdstd} – standaryzowaną długość koron,
- I_{vstd} – standaryzowaną wartość intensywności przyrostu miąższowości drzewostanu.

Analizy przeprowadzono z zastosowaniem metody regresji nieliniowej oraz regresji wielorakiej. Nadmiarowość zmiennych oceniano za pomocą współczynnika inflacji wariancji (*VIF*):

$$VIF_j = 1/(1 - R_j^2) \quad [6]$$

gdzie:

- R_j^2 – jest współczynnikiem determinacji danej zmiennej X_j na pozostałe zmienne wyjaśniające zawarte w modelu regresji wielorakiej.

Siłę związku cech określających stabilność drzewostanów ze zmiennymi wyjaśniającymi oceniano na podstawie skorygowanego współczynnika determinacji (R_{adj}^2). Za kryterium dokładności równań opisujących analizowane zależności, poza wartością skorygowanego współczynnika determinacji, przyjęto błąd standardowy estymacji oraz charakter rozrzutu wartości resztowych względem wartości przewidywanych równaniem.

Wyniki badań

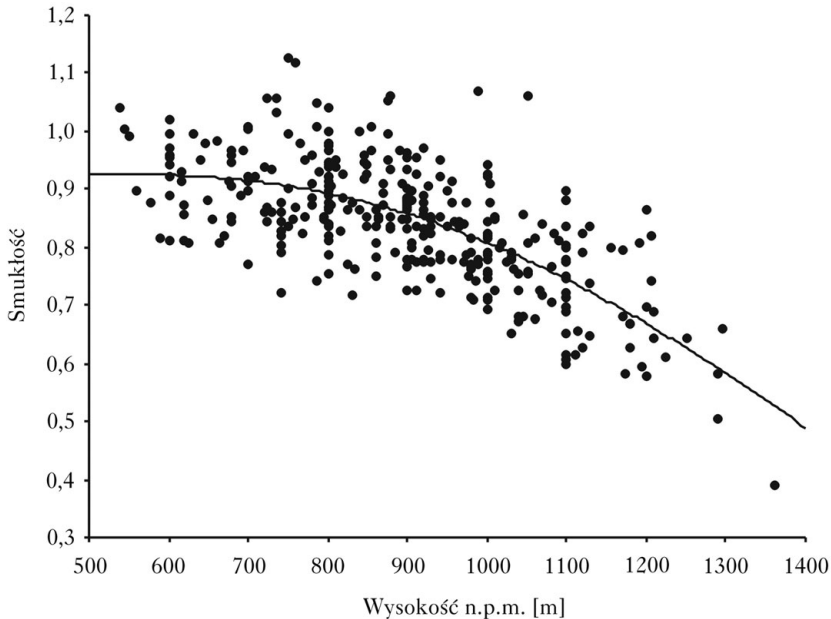
ANALIZA ZWIĄZKU CZĄSTKOWYCH SKŁADOWYCH STABILNOŚCI DRZEWOSTANU Z CECHAMI ORAZ LOKALIZACJĄ DRZEWOSTANU.

Smukłość. Średnia wartość smukłości w badanej próbie wynosi 0,84. Dla pojedynczych powierzchni wskaźnik smukłości waha się od 0,39 do 1,13. Cecha ta charakteryzuje się stosunkowo małą zmiennością wynoszącą 12,7% (tab. 1). Współczynnik smukłości analizowanych drzewostanów zmniejsza się wraz ze wzrostem wysokości nad poziom morza (ryc. 1). Wzniesienie nad poziom morza wyjaśnia około 48% zmienności smukłości.

Silny wpływ na wartość wskaźnika smukłości wywiera również zagęszczenie drzewostanu określone na podstawie wskaźnika *SDI*. Wraz ze wzrostem zagęszczenia, wzrasta smukłość drzewostanu. Kolejnym z czynników, które w największym stopniu decydują o analizowanej cesze, jest podłoże geologiczne (*Geo*). Drzewostany wzrastające na piaskowcach magurskich i podmagurskich wykazują większy wskaźnik smukłości w porównaniu z drzewostanami z piaskowców godulskich i istebniańskich. Istotny choć nieco słabszy wpływ na kształtowanie się wskaźnika smukłości ma wiek drzewostanu. Wraz z wiekiem smukłość drzewostanów zmniejsza się. Pewną część zmienności wskaźnika smukłości wyjaśnia również pierścicowe pole przekroju drzewostanu, z którym jest on skorelowany dodatnio. Równanie opisujące zależność wskaźnika smukłości drzewostanu od wymienionych cech drzewostanów oraz wybranych czynników ekologicznych wyjaśnia około 65% zmienności tej cechy [wzór 7]:

$$S = -8,29862 + 9,20955 \cdot \left(\frac{E - 400}{E + 400} \right)^5 + 0,00006 \cdot SDI + 0,03906 \cdot Geo - 0,0007 \cdot T + 0,00094 \cdot G \quad [7]$$

Na podstawie statystyki t stwierdzono, że parametry analizowanego modelu regresji różnią się istotnie od 0 (tab. 2). Wartości korelacji cząstkowej potwierdzają, że największa część zmienności smukłości drzew wyjaśniana jest przez wzniesienie nad poziom morza. Spośród zastosowanych zmiennych wyjaśniających najmniejszy udział wariancji wyjaśniany jest przez pole pierścicowego przekroju drzewostanu. Na podstawie wartości współczynnika inflacji wariancji (tab. 2) można stwierdzić, że zastosowane w równaniu 6 zmienne niezależne nie są nadmiarowe, co potwierdza ich bezpośredni związek ze smukłością.



Ryc. 1.

Zależność smukłości drzewostanu od wysokości nad poziomem morza
Relationship between stand slenderness and elevation above sea level

Tabela 2.

Parametry modelu regresji opisującego zmienność smukłości drzewostanów świerkowych [wzór 7] i ocena ich istotności

Parameters of the regression model describing slenderness variation of spruce stands [equation 7] and evaluation of their significance

Zmienna	Wartość parametru	Błąd stand.	Wartość statystyki t	Poziom prawd.	Korelacja cząstkowa	Współczynnik inflacji wariancji
Wyraz wolny	-8,29862	0,439530	-18,8807	0,000000	-	-
Podłoże geologiczne (<i>Geo</i>)	0,03906	0,007208	5,4187	0,000000	0,287044	1,092705
Wiek (<i>T</i>)	-0,00070	0,000186	-3,7759	0,000189	-0,204401	1,575601
Powierzchnia pola przekroju (<i>G</i>)	0,00094	0,000345	2,7097	0,007090	0,148191	1,120187
Zagęszczenie (<i>SDI</i>)	0,00006	0,000009	6,6428	0,000000	0,344818	1,722714
Wysokość n.p.m. (<i>E</i>)	9,20955	0,43552	21,1461	0,000000	0,760003	1,269419

Względna długość koron. Średnia wartość względnej długości korony świerków z poszczególnych powierzchni badawczych, podobnie jak smukłość, w największym stopniu skorelowana jest z wysokością nad poziomem morza, która wyjaśnia około 16% zmienności tej cechy. Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza względna długość korony wzrasta. Cechami, które istotnie wpływają na długość korony, są również bonitacja oraz pierśnicowe pole przekroju drzewostanu. Wraz ze wzrostem bonitacji drzewostanu zwiększa się względna długość korony. Cecha ta zmniejsza się natomiast wraz ze wzrostem pierśnicowego pola przekroju drzewostanu. Model

regresji uwzględniający wysokość nad poziom morza, bonitację i powierzchnię pierśnicowego pola przekroju (wzór 8) wyjaśnia około 29% zmienności względnej długości koron. Parametry równania są istotne, a poszczególne zmienne nie wykazują nadmiarowości (tab. 3).

$$CL_R = 6,48613 \cdot \left(\frac{E - 400}{E + 400} \right)^5 + 0,00578 \cdot B - 0,00177 \cdot G \quad [8]$$

Intensywność przyrostu miąższości. Spośród cech drzewostanu największą część zmienności intensywności przyrostu miąższości (ponad 24,6%) wyjaśnia bonitacja. Kolejną z cech drzewostanu, z którymi istotnie skorelowana jest intensywność przyrostu miąższości, jest przeciętna pierśnica i pierśnicowe pole przekroju, które łącznie z bonitacją wyjaśniają około 44,9% zmienności intensywności przyrostu miąższości. Po uwzględnieniu powierzchni pierśnicowego pola przekroju drzewostanu, na intensywność przyrostu miąższości nie wpływa zagęszczenie określone zarówno na podstawie liczby drzew na hektar, jak i wskaźnika *SDI*.

Spośród zmiennych opisujących lokalizację powierzchni badawczych intensywność przyrostu miąższości skorelowana jest jedynie z podłożem geologicznym. Bardziej intensywny przyrost miąższości ma miejsce na powierzchniach, dla których podłoże geologiczne stanowią piaskowce magurskie i podmagurskie. Równoczesne uwzględnienie wspomnianych cech drzewostanu i podłoża geologicznego [wzór 9] pozwala na wyjaśnienie około 47% zmienności intensywności przyrostu miąższości.

$$I_V = 0,069165 + 0,025737 \cdot Geo - 0,004770 \cdot D + 0,002464 \cdot G + 0,009993 \cdot B \quad [9]$$

PORÓWNANIE STABILNOŚCI ANALIZOWANYCH DRZEWOSTANÓW – WZGLĘDNY WSKAŹNIK STABILNOŚCI. Z uwagi na sposób obliczania względnego wskaźnika stabilności, średnia wartość tej cechy jest zbliżona do zera. Oznacza to, że drzewostany o ujemnej wartości wskaźnika stabilności są mniej stabilne od drzewostanów o wskaźniku dodatnim. W badanych drzewostanach skrajne wartości wskaźnika stabilności wynosiły -1,66 i +2,53. Rozważana łącznie stabilność analizowanych drzewostanów świerkowych zależy w największym stopniu od wysokości nad poziom morza. Im wyżej położony jest dany drzewostan, tym względny wskaźnik stabilności jest większy (ryc. 2). Zależność ta jest krzywoliniowa, a opracowany model [wzór 10] wyjaśnia ponad 39,5% zmienności tej cechy.

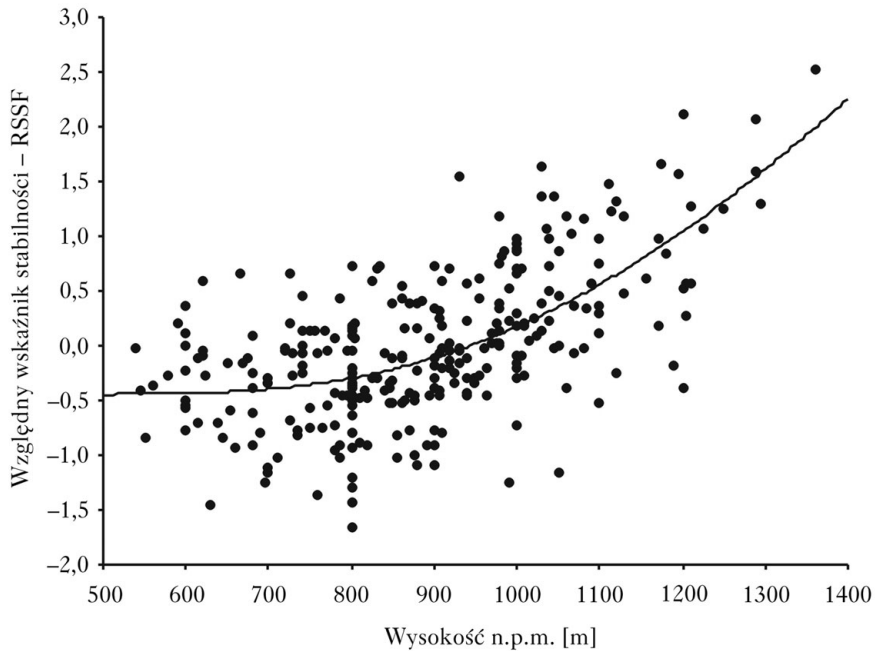
$$RSSF = -0,44353 + \frac{1}{0,013224} \left(\frac{E - 400}{E + 400} \right)^{5,67186} \quad [10]$$

Tabela 3.

Parametry modelu regresji opisującego zmienność średniej względnej długości korony drzewostanów świerkowych [wzór 8] i ocena ich istotności

Parameters of the regression model describing the variation in the mean crown length of spruce stands [equation 8] and evaluation of their significance

Zmienna	Wartość parametru	Błąd stand.	Wartość statystyki t	Poziom prawd.	Korelacja cząstkowa	Współczynnik inflacji wariancji
Wyraz wolny	6,82873	0,616610	11,0746	0	-	-
Powierzchnia pola przekroju (<i>G</i>)	-0,00191	0,000357	-5,3384	0	-0,301505	1,041450
Bonitacja (<i>B</i>)	0,00602	0,001034	5,8179	0	0,325820	2,338832
Wysokość n.p.m (<i>E</i>)	-6,59046	0,645912	-10,2033	0	-0,517258	2,386953



Ryc. 2.

Zależność względnego wskaźnika stabilności drzewostanu od wysokości nad poziom morza
Relationship between relative stand stability factor and elevation above sea level

Tabela 4.

Parametry modelu regresji opisującego zmienność intensywności przyrostu analizowanych drzewostanów świerkowych [wzór 9] i ocena ich istotności

Parameters of the regression model describing the variation in volume increment of spruce stands [equation 9] and evaluation of their significance

Zmienna	Wartość parametru	Błąd stand.	Wartość statystyki t	Poziom prawd.	Korelacja cząstkowa	Współczynnik inflacji wariancji
Wyraz wolny	0,069165	0,030735	2,25037	0,025167	–	–
Podłoże geologiczne (<i>Geo</i>)	0,025737	0,008170	3,15	0,001801	1,096285	0,180986
Przeciętna pierśnicą (<i>D</i>)	-0,004770	0,000536	-8,89056	0,000000	1,127730	-0,460928
Powierzchnia pola przekroju (<i>G</i>)	0,002464	0,000361	6,81684	0,000000	1,021302	0,369984
Bonitacja (<i>B</i>)	0,009993	0,000770	12,98243	0,000000	1,189298	0,604296

Poza wysokością nad poziom morza względny wskaźnik stabilności analizowanych drzewostanów jest skorelowany z przeciętną pierśnicą, a także wiekiem, nachyleniem terenu oraz powierzchnią pierśnicowego pola przekroju drzewostanu. Ze wzrostem przeciętnej pierśnicy stabilność drzewostanu zwiększa się. Wraz z wiekiem oraz ze wzrostem nachylenia terenu i powierzchni pierśnicowego przekroju drzewostanu stabilność drzewostanu ulega osłabieniu. Zastosowanie w modelu regresji podanych zmiennych pozwala na wyjaśnienie 55,2% zmienności względnego wskaźnika stabilności [równanie 11].

$$RSSF = -0,2507 + 91,4692 \cdot \left(\frac{E - 400}{E + 400} \right)^{5,6719} + 0,04519 \cdot D - 0,0161 \cdot Nt - 0,0085 \cdot G - 0,0079 \cdot T \quad [11]$$

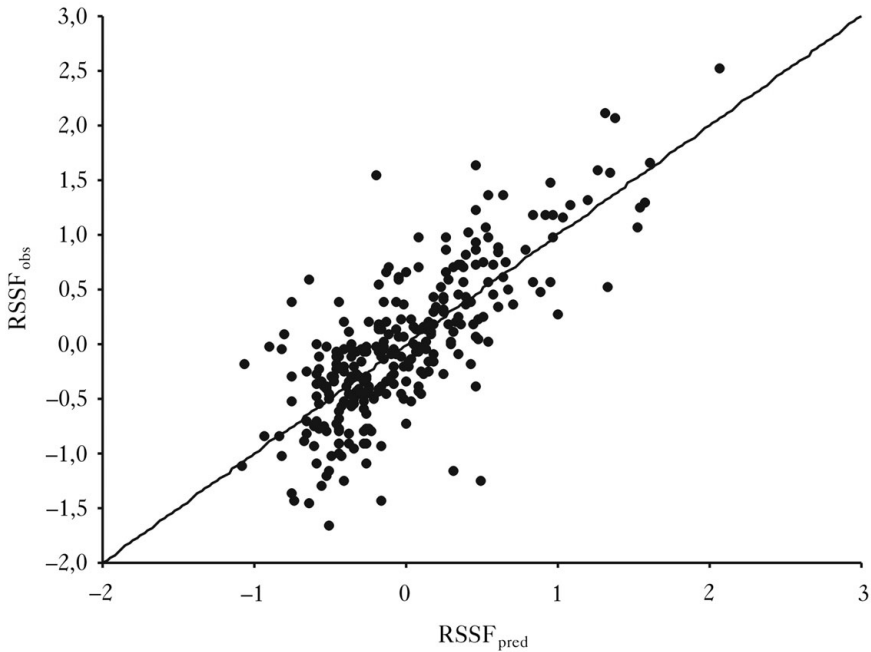
Opracowany model regresji nie wykazuje błędów systematycznych w całym zakresie zmienności względnego wskaźnika stabilności drzewostanu (ryc. 3).

Tabela 5.

Parametry równania regresji opisującego zależność względnego wskaźnika stabilności drzewostanu [równanie 10]

Parameters of the regression equation describing the relationship of the relative stand stability factor [equation 10]

Zmienna	Wartość parametru	Błąd stand.	Wartość statystyki t	Poziom prawd.	Korelacja częściowa	Współczynnik inflacji wariancji
Wyraz wolny	-0,250711	0,165698	-1,51306	0,131381	-	-
Nachylenie (<i>Nt</i>)	-0,016062	0,004133	-3,88581	0,000127	-0,225061	1,04837949
Wiek (<i>T</i>)	-0,007916	0,001761	-4,49455	0,000010	-0,258119	2,44095391
Przeciętna pierśnica (<i>D</i>)	0,045192	0,005322	8,49102	0	0,450595	2,31289702
Powierzchnia pola przekroju (<i>G</i>)	-0,008485	0,002563	-3,31052	0,001052	-0,193087	1,03655388
Wysokość n.p.m (<i>E</i>)	1,209593	0,069822	17,32404	0	0,717413	1,24925954



Ryc. 3.

Obserwowane wartości względnego wskaźnika stabilności ($RSSF_{obs}$) względem wartości wyznaczonych równaniem regresji ($RSSF_{pred}$)

Observed relative stand stability factor values ($RSSF_{obs}$) compared with the values calculated from the regression analysis ($RSSF_{pred}$)

Dyskusja

Jednym z podstawowych czynników wpływających na stabilność drzewostanów jest ich położenie nad poziomem morza. Drzewostany zlokalizowane w niższych partiach gór charakteryzują się większą smukłością i mniejszą względną długością koron drzew, co w konsekwencji negatywnie wpływa na ich stabilność. Naturalnie wyższą stabilnością charakteryzują się natomiast drzewostany zlokalizowane w wyższych partiach gór, na ogół powyżej 950-1000 m n.p.m. W wyższych położeniach, w miejscach naturalnego występowania świerka, stabilność tych drzewostanów jest większa. Stwierdzono, że zależy ona od zagęszczenia oraz przeciętnej pierśnicy, dlatego dla jej zwiększenia korzystne jest odpowiednio wczesne rozpoczęcie intensywnych zabiegów pielęgnacyjnych, których celem byłoby zmniejszenie zagęszczenia, a w konsekwencji stosunkowo zwiększenie przeciętnej pierśnicy, zmniejszenie smukłości oraz zwiększenie względnej długości koron.

Ponieważ zdecydowanie największa część zmienności stabilności drzewostanów świerkowych wyjaśniana jest przez wysokość nad poziom morza, zdecydowaną poprawę stabilności drzewostanów z niższych położen uzyskać można jedynie przez przebudowę drzewostanów zmierzającą do uzupełnienia świerka gatunkami charakteryzującymi się naturalnie wyższą stabilnością, na przykład bukiem i jodłą, które w niższych położeniach występowały w Beskidach Zachodnich naturalnie.

Podsumowanie wyników i wnioski

Przeprowadzone badania wskazują na środowiskowe uwarunkowania stabilności górskich drzewostanów świerkowych. Naturalnie wyższą stabilnością charakteryzują się drzewostany świerkowe wzrastające w wyższych położeniach nad poziom morza, które między innymi w związku z uboższymi warunkami siedliskowymi mają zdecydowanie mniejsze wartości smukłości oraz charakteryzują się większą względną długością koron. Drzewostany z niższych położen cechują się znacznie mniejszą stabilnością i w ich przypadku konieczne jest prowadzenie gospodarki leśnej w sposób zmierzający do jej powiększenia. Stabilność drzewostanów uzależniona jest w pewnym stopniu od ich zagęszczenia i przeciętnej pierśnicy. W związku z tym, w celu jej zwiększenia, należy prowadzić silniejsze zabiegi pielęgnacyjne, dzięki którym uzyskuje się mniejszą smukłość drzew oraz większą względną długość korony. Ze względu na obniżoną stabilność drzewostanów świerkowych z niższych położen, co wynika z dużej żyzności siedlisk, znaczną poprawę ich stabilności uzyskać można jedynie przez uwzględnienie w składzie gatunkowym drzewostanów gatunków charakteryzujących się naturalnie wyższą stabilnością.

Literatura

- Beers T. W., Dress P. E., Wensel L. C. 1966. Aspect transformation in site productivity research. *Journal of Forestry* 64: 691-692.
- Bruchwald A., Dudek A., Michalak K., Rymer-Dudzińska T., Wróblewski L., Zasada M. 1999. Model wzrostu dla drzewostanów świerkowych. *Sylwan* 1: 19-31.
- Cucci V., Bert D. 2003. Wind-firmness in *Pinus pinaster* Ait. stands in Southwest France: influence of stand density, fertilisation and breeding in two experimental stands damaged during the 1999 storm. *Annals of Forest Science*, 60: 209-226.
- Cucchi V., Meredieu C., Stokes A., De Coligny F., Suarez J., Gardiner B. A. 2005. Modelling the windthrow risk for simulated forest stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Ecology and Management* 213: 184-196.
- Hasenauer H. 2006. Sustainable Forest Management: Growth Models for Europe. Springer Berlin, Heidelberg.
- Moore J. R. 2000. Differences in maximum resisting bending moments of *Pinus radiata* trees growing on a range of soil types. *Forest Ecology and Management*, 135: 63-71.

- Silva G., Ruel J. C., Samson M., Pin D. 1998. Influence of some external defects on the resistance of trees to the mechanical simulation of wind. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 123-131.
- Stępień E. 1986. Zwiększenie stabilności drzewostanów przy pracach odnowieniowych. *Sylwan* 1: 13-21.
- Stępień E. 1996. Metodyczne podstawy kompleksowej oceny stanu lasu. *Sylwan* 10: 15-25.
- Stępień E. 2002. Koncepcja oceny stabilności drzewostanów na przykładzie wybranego obiektu leśnego. *Acta Scientiarum Polonorum* 1: 87-100.
- Zeide B. 2005. How to measure stand density. *Trees* 19: 1-14.

SUMMARY

Effect of selected ecological factors on the stability of Norway spruce stands in the Beskidy Zachodnie Mountains

The objective of the research was to study the effect of environmental factors on the stability of mountain spruce forests in the Beskidy Zachodnie. The material used in the research was collected in 332 sample plots. Stand stability was evaluated on the basis of slenderness, relative crown length and intensity of volume increment. In order to compare stand stability featuring different values of biometric parameters and growing at different elevations it was proposed to use a stability factor RSSF considering all the described attributes of stand stability. The performed analyses point out to the environmental impact on the stability of mountain spruce stands. Evidently, stands growing at higher elevations featuring lower slenderness and higher relative crown length are more stable. Stand stability is, in certain degree, related to density and average diameter at breast height. Therefore, heavier tending treatments should be applied to decrease the tree height to dbh ratio and to increase the relative crown length. As spruce stands at lower elevations above sea level exhibit lower stability resulting from high site fertility, their stability can be significantly improved only through the introduction of species of high natural stability.