

Wzrost dekoncentryczny świerka pospolitego jako efekt oddziaływania dominującego kierunku wiatru (przykład z Hrubého Jeseníka, Sudety Wschodnie)

Małgorzata Wistuba, Tomasz Papciak, Ireneusz Malik, Agnieszka Barnaś, Marta Polowy, Wojciech Pilorz

Abstrakt. Zbadano 22 drzewa rosnące na górnej granicy lasu w Sudetach Wschodnich na stanowisku, gdzie oddziałuje wiatr o dominującym kierunku. Zbadano także 10 drzew z regla górnego na stanowisku pozbawionym stresu wiatrowego. Z każdego z drzew pobrano 4 rdzenie w 2 prostopadłych kierunkach i analizowano z zastosowaniem procentowego indeksu dekoncentryczności przyrostów rocznych. Stwierdzono, że wzrost drzew, które pod wpływem stresu wiatrowego wykształciły sztandarowe korony i pochylone pnie o wydłużonych przekrojach poprzecznych różni się znacząco od wzrostu drzew w reglu górnym. W osi zgodnej z kierunkiem wiatru drzewa te wykształcają odwietrzną dekoncentryczność przyrostów rocznych nasilającą się wraz z wiekiem drzewa. W osi poprzecznej przyrosty są mniej więcej koncentryczne. Nasilenie dekoncentryczności pnia i przyrostów u drzew pozostających pod wpływem wiatrów o dominującym kierunku jest znacznie zróżnicowane i prawdopodobnie zależne od lokalnych warunków ekspozycji każdego z osobników na wiatr.

Słowa kluczowe: dekoncentryczność przyrostów, dominujący kierunek wiatru, drzewa sztandarowe, *Picea abies*

Abstract. Eccentric growth of Norway spruce trees as a result of prevailing winds impact (example from Hrubý Jeseník, Eastern Sudetes). We have studied 22 trees growing on upper tree line in the Eastern Sudetes, on a site where prevailing winds occur. We have also sampled 10 trees from forest of upper montane vegetation belt, on a site devoid of wind stress. From each tree we have taken 4 cores in two perpendicular axes and analysed them with the use of per cent index of tree-ring eccentricity. We have found that growth of trees suffering from wind stress, which developed flag-shaped crowns and tilted stems with elongated cross-sections, is significantly different from growth of trees in the forest below. In the axis parallel to wind direction trees developed leeward eccentricity of rings increasing gradually with aging of trees. In the perpendicular axis ring are more or less concentric. The strength of stem and tree-ring eccentricity among trees suffering from wind stress is diverse and probably depends on the local conditions of exposition of each specimen to wind.

Key words: tree-ring eccentricity, prevailing winds, flag-shaped trees, *Picea abies*

Wprowadzenie

Wiatr jest jednym z czynników klimatycznych silnie warunkujących wzrost drzew. Zarówno wiatr o stałej wysokiej sile oddziaływania, jak i epizodyczne ekstremalne podmuchy oddziałują bezpośrednio na pokrój drzew, a przez to pośrednio na strukturę anatomiczną ich drewna (Schweingruber 1996). Stałe oddziaływanie wiatru może prowadzić do tak znaczących zmian morfologii, jak ukształtowanie form sztandarowych (ryc. 1), krzewiastych, krzewinkowych, a nawet mat roślinnych (Schweingruber 1996) u gatunków zwykle charakteryzujących się pokrojem drzewiastym. Zjawisko to przebiega na drodze adaptacji roślin do stałych, niekorzystnych warunków wiatrowych występujących w całym okresie życia osobników (Ennos 1997). Zmiany pokroju i stopniowa adaptacja drzewa są zapisywane w strukturze jego drewna (Schweingruber 1996).



Ryc. 1. Świerki o pokroju sztandarowym na stanowisku badawczym Mały Děd wraz ze strukturą przyrostów rocznych w pniu pochylonym odwrotnie (osie opróbowania o-d, a-b)

Fig. 1. Flag-shaped spruce trees on the Mały Děd study site with the structure of tree rings in a stem tilted to the lee side (o-d, a-b axes of sampling)

Przeciwnieństwem jest oddziaływanie epizodycznych, silnych wiatrów na drzewa o normalnym pokroju, rosnące w przeciętnych warunkach, co często prowadzi do uszkodzenia, pochylania, łamania i przewracania nieprzystosowanych pni i zniszczeń drzewostanu (np. Bzowski i Dziewolski 1973; Hasiński 1977; Holeksa i in. 2011). Drzewa, które przetrwają epizod, zapisują go w swoich przyrostach rocznych na skutek chwilowego lub trwałego pochylecia pnia przez wiatr oraz na skutek eliminacji osobników sąsiadujących (Zielonka i in. 2009).

Celem przeprowadzonych badań była analiza wykształcenia dekoncentryczności przyrostów u świerka pospolitego (*Picea abies*) pod wpływem ciągłego oddziaływania stresu wiatrowego

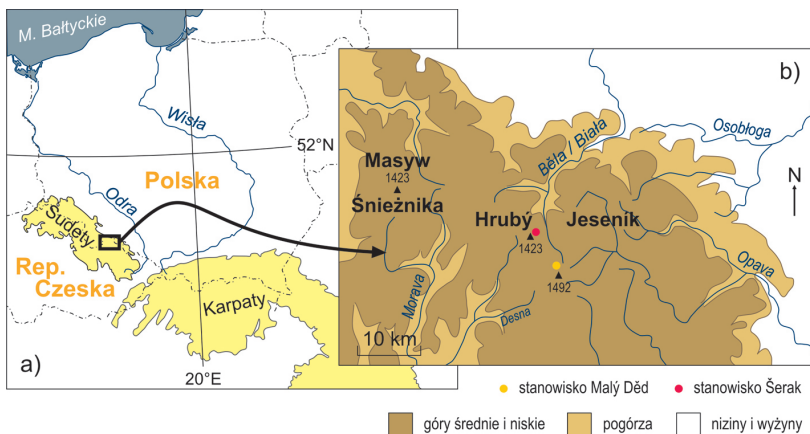
na górnej granicy lasu w Sudetach Wschodnich. Często analizowanymi wskaźnikami anatomicznymi oddziaływania wiatru są: uwolnienia przyrostów, kieszenie żywiczne, rozkład naczyń (Schweingruber 1996), czy drewno reakcyjne (np. Duncker i Spiecker 2005; Zielonka i in. 2009). Wzrost dekoncentryczny (ryc. 1) jest cechą braną pod uwagę głównie w odniesieniu do całego pnia (Robertson 1991; Duncker i Spiecker 2005; Tomczak i in. 2012), a nie pojedynczych przyrostów (Schweingruber 1996).

Charakterystyka obszaru badań i stanowisk

Hrubý Jeseník

Średniogórski masyw Hrubého Jesenika (najwyższy szczyt: Praděd 1492 m n.p.m.), część Sudetów Wschodnich (Republika Czeska; ryc. 2a) jest pod względem budowy geologicznej elementem struktury śląsko-morawskiej. W podłożu występują przefalowane i zmetamorfizowane utwory proterozoiku i starszego dewonu (Stupnicka 1989). W urozmaiconej rzeźbie, ukształtowanej po wypiętrzeniu obszaru podczas orogenezy alpejskiej, wyróżniają się wypłaszczenia szczytowe o wysokości około 1000 m n.p.m.

Sudety Wschodnie cechują się klimatem umiarkowanym przejściowym o wyraźnie zaznaczonych cechach oceanicznych, co wyraża się wysokimi sumami rocznymi opadów przekraczającymi 1500 mm w partiach szczytowych (Šafář 2003), z czego ponad połowa przypada na miesiące letnie (Štekl i in. 2001). W Hrubým Jeseníku wyróżniono następujące piętra roślinne (Šafář 2003): pogórzy <400 m n.p.m. (naturalne zbiorowisko roślinne: grąd środkowoeuropejski), regla dolnego 400–1000 m n.p.m. (kwaśna buczyna góraska, sudecka), regla górnego 1000–1250 m n.p.m. (górnoreglowa świerczyna sudecka). Najwyższe szczyty położone ponad górną granicą lasu porośnięte są płatami kosodrzewiny oraz roślinnością krzewinkowo-murawową – subalpejską formą sudeckiej murawy halnej (Šafář 2003). Szata roślinna obszaru została silnie przekształcona przez człowieka. W przeszłości prowadzono tam wyłesienia, a na miejsce naturalnych lasów wprowadzano monokultury świerkowe.



Ryc. 2. Położenie stanowisk badawczych w: a) Sudetach Wschodnich i b) Hrubým Jeseníku

Fig. 2. Location of study sites in a) Eastern Sudetes and b) Hrubý Jeseník

Stanowisko badawcze Mały Děd

Stanowisko zlokalizowane jest w masywie Praděda (1492 m n.p.m.), w centralnej części masywu Hrubého Jeseníka (ryc. 2b). Położone jest tuż poniżej szczytu Mały Děd (1368 m n.p.m.), w obrębie spłaszczenia wierzchowinowego (1362–1364 m n.p.m.), gdzie dominujące zachodnie kierunki napływu powietrza wraz z lokalną topografią ograniczającą przepływ powietrza spowodowały „skanalizowanie” wiatrów w wąskim zakresie kierunków.

Stanowisko znajduje się w ekotonie górnej granicy lasu (ryc. 1), gdzie na typową roślinność składają się zarośla kosodrzewiny (*Pinus mugo*), krzewinki borówki czarnej (*Vaccinium myrtillus*), murawy halne oraz pojedyncze, rosnące w rozproszeniu osobniki świerka pospolitego (*Picea abies*). Świerki charakteryzują się wybitnie asymetrycznym pokrojem koron rozbudowanych w kierunku odwietrznym – wschodnim (pokrój sztandarowy), pniami nieznacznie pochyłymi w kierunku odwietrznym oraz relatywnie niewielką wysokością wynoszącą w przypadku opróbowanych osobników około 5 m (ryc. 1). W szczególności pokrój sztandarowy jest cechą typową u drzew poddanych stresowi wiatrowemu. Według Schweingruber (1996) gałęzie wyrastające po stronie odwietrznej pnia mogą mieć wiek do kilkudziesięciu lat, natomiast od strony dowietrznej rzadko osiągają wiek powyżej kilku lat.

Stanowisko badawcze Šerak

Stanowisko zlokalizowane jest w masywie Keprníka (1423 m n.p.m.), w zachodniej części masywu Hrubého Jeseníka (ryc. 2b). Położone jest poniżej szczytu Šeraka (1351 m n.p.m.) oraz grzbietu Šumného (1073 m n.p.m.), na zboczu doliny potoku Keprnický. Stanowisko położone na wysokości 975–1000 m n.p.m. znajduje się w głębokiej dolinie poniżej rozległej bariery grzbietu górskiego o przebiegu N-S blokującego wiatr z kierunków zachodnich. Stanowisko to znajduje się w półnaturalnym zbiorowisku regla górnego, poddawanych ekstensywnej gospodarce leśnej, gdzie typową roślinnością są zwarte bory świerkowe i świerkowe monokultury (świerk pospolity *Picea abies*). Świerki na stanowisku mają typowy pokrój drzewiasty, znaczną wysokość, a ich pnie są proste.

Metody badawcze

Z badanych drzew na wysokości pierśnicy pobrano próby – odwierty dordzeniowe – z wykorzystaniem świdra Presslera. Z każdego drzewa pobierano 4 odwierty w 2 osiach. Jedna z osi była zgodna z kierunkiem oddziaływania czynnika potencjalnie deformującego wzrost: zgodna z pochyleniem pnia i asymetrią korony (a więc dominującym kierunkiem wiatru) na stanowisku Mały Děd (promień dowietrzny „d” i odwietrzny „o”; ryc. 1) oraz zgodna z nachyleniem stoku na stanowisku Šerak (promień dostokowy „d” i odstokowy „o”). Druga z osi poboru rdzeni była prostopadła do kierunku wiatru lub do nachylenia stoku (promienie „a i b”). Na stanowisku Mały Děd pobrano odwiert z 22 świerków pospolitych (88 rdzeni), a na stanowisku Šerak 10 świerków (40 rdzeni).

Pobrane próby wklejono w drewniane podstawki i zeszlifowano, pomierzono szerokości przyrostów rocznych z użyciem stacji pomiarowej LinTab z oprogramowaniem TSAPWin Professional 4.65 (dokładność 0,01 mm). Dane dla poszczególnych drzew zostały porównane

i skorelowane metodą wykresów szkieletowych i przekształcone w indeks dekoncentryczności przyrostów w osiach o-d i a-b przy użyciu wzorów opracowanych przez Wistubę i in. (2013 r.; ryc. 4–7):

gdy $E_x > 0$: dekoncentryczność dostokowa;
 gdy $E_x = 0$: brak dekoncentryczności;
 gdy $E_x < 0$: dekoncentryczność odstokowa;

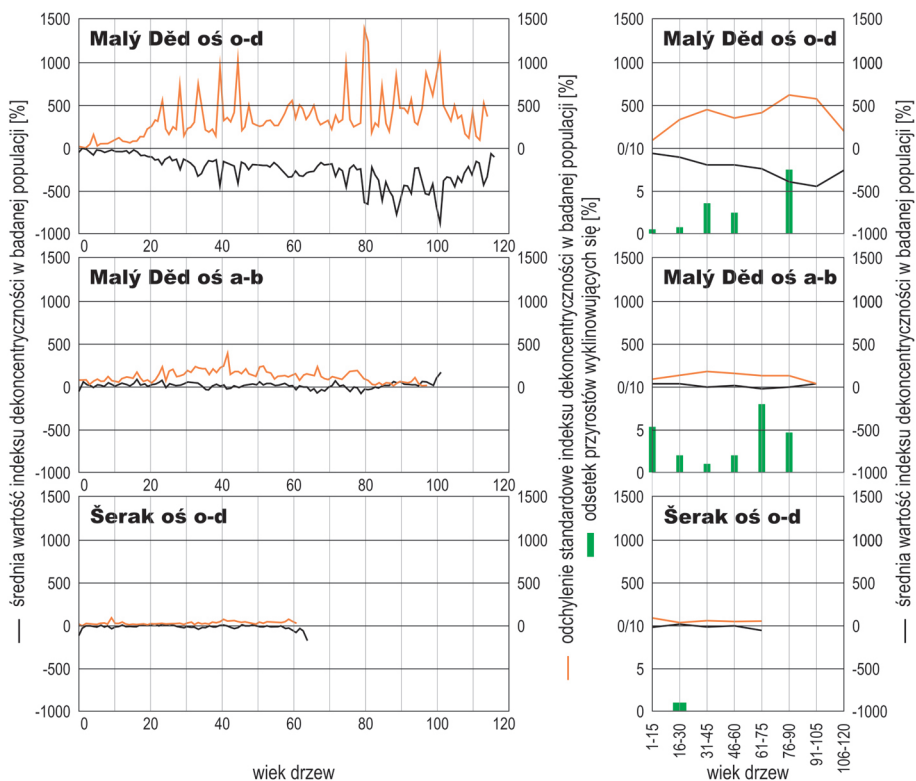
$$E_x = U_x - D_x; \quad [1]$$

$$Eix = (E_x / D_x) \times 100\% > 0; \quad [2a]$$

$$Eix = E_x \text{ [mm]} = 0; \quad [2b]$$

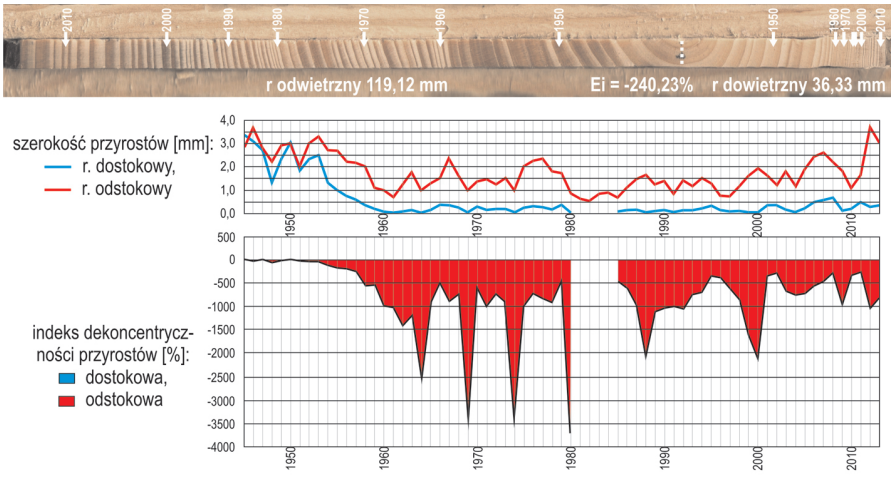
$$Eix = (E_x / U_x) \times 100\% < 0; \quad [2c]$$

gdzie: U – szerokość przyrostu rocznego po stronie dostokowej pnia [mm]; D – szerokość przyrostu rocznego po odstokowej stronie pnia [mm]; E – dekoncentryczność przyrostu rocznego [mm]; Ei – indeks dekoncentryczności przyrostu rocznego [%]; x – rok (przyrost roczny).

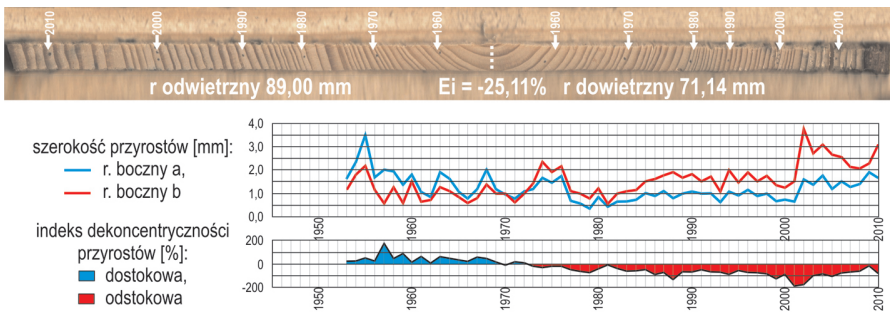


Ryc. 3. Średnie odchylenia i standardowe wartości indeksu dekoncentryczności w zależności od wieku drzew

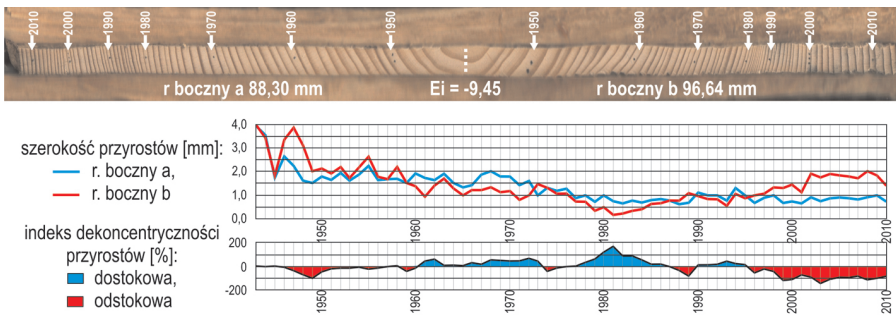
Fig. 3. Average values and standard deviation of the eccentricity index in relation to tree age



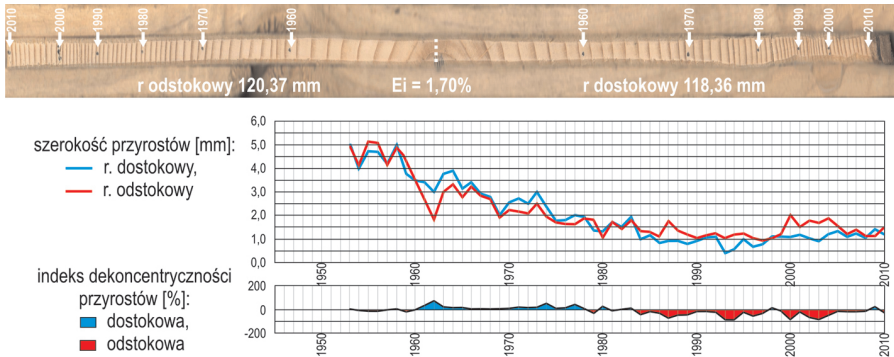
Ryc. 4. Przykład rdzenia o-d ze stanowiska Mały Děd o znacznej dekoncentryczności
Fig. 4. An example of o-d core from Mały Děd site with large eccentricity



Ryc. 5. Przykład rdzenia o-d ze stanowiska Mały Děd o małej dekoncentryczności
Fig. 5. An example of o-d core from Mały Děd site with small eccentricity



Ryc. 6. Przykład rdzenia a-b ze stanowiska Mały Děd o śladowej dekoncentryczności
Fig. 6. An example of a-b core from Mały Děd site with very slight eccentricity



Ryc. 7. Przykład niemal koncentrycznego rdzenia o-d ze stanowiska Šerak
Fig. 7. An example of almost concentric a-b core from Malý Děd site

W dalszej kolejności uzyskane dane analizowano oddzielnie dla osi o-d i a-b. Obliczono średnie dla poszczególnych kolejnych lat życia drzew, począwszy od pierwszego przyrostu w poszczególnych promieniach (średnie kolejno dla 1, 2, 3 itd. przyrostu we wszystkich próbach). Obliczono średnie i odchylenia standardowe indeksu dekoncentryczności dla kolejnych 15-letnich przedziałów wiekowych w badanych drzewach (1–15 lat, 16–30 lat itd.). Analiza wykresów szkieletowych pozwoliła wykryć przyrosty wyklinowujące. Analiza pozwoliła uzyskać zapis zróżnicowania w wykształcaniu dekoncentryczności na poszczególnych etapach życia drzew. Porównano ze sobą także typowe wykresy indeksu dekoncentryczności w osiach o-d i a-b drzew pozostających pod wpływem wiatru na górnej granicy lasu oraz drzew ze zwartego lasu regla górnego.

Wyniki i dyskusja

Dekoncentryczność pni opróbowanych drzew

Ogólna dekoncentryczność wyrażona wartością indeksu procentowego w osi o-d drzew analizowanych na górnej granicy lasu pod Malým Dědem jest odwieczna i silna. Średnia wartość indeksu w tej osi w 22 badanych drzewach wynosi -80,87%. Osie a-b pni, dla których średnia 10,98%, są bardziej symetryczne. Wartości indeksu dla osi o-d pni wahają się od -240 do -18%, a dla osi a-b od -30% do 193%. Pnie drzew są więc wyraźnie dekoncentryczne zgodnie z kierunkiem oddziaływania wiatru formującego asymetryczne korony i pochylające pnie. Uzyskane wyniki wskazują także, że w populacji drzew z Malého Děda osie o-d pni są także nieznacznie, średnio o około 15 mm, dłuższe w porównaniu z osiami a-b. Cechy te ukształtowały się pod wpływem oddziaływania wiatru o dominującym kierunku polegającym na eliminacji gałęzi po stronie dowietrznej (Schweingruber 1996), która może polegać na wyłamywaniu, wyginaniu gałęzi na skutek wiatru, obciążenia śniegiem lub osadem szadzi. Rozwój asymetrycznej korony oraz sam wiatr powodują także jednorodne pochylenie pni drzew w kierunku odwiecznym, czego konsekwencją jest wyłącznie odwieczna dekoncentryczność osi o-d pni. Związek pomiędzy stopniem asymetrii koron drzew iglastych oraz stopniem dekoncentryczności pni obserwował wcześniej Burkhalter (za Schweingruber 1996). Także Tomczak i in. (2012) stwierdzili

zmniejszanie dekoncentryczności pni sosen wraz z oddalaniem się od wystawionej na działanie silnych wiatrów krawędzi lasu. U *Pinus longaeva* Schweingruber (1996) stwierdził dodatkowo erozję wiatrową kambium po stronie dowietrznej, co musiało powodować przyrost drewna jedynie po stronie osłoniętej, gdzie zachowała się żywa tkanka.

Struktura przyróstów w pniach drzew ze zwartego lasu regla górnego na stanowisku Šerak znacznie różni się od cech omówionych wyżej. Dekoncentryczność w osi o-d ma tam co prawda jednorodny odstokowy kierunek, o czym świadczą uzyskane wartości indeksu mieszczące się w przedziale od -13,85% do -0,44%, jednak wartość średnia indeksu jest zbliżona do 0 (-3,45%), co sugeruje niemal koncentryczny układ przyróstów w pniach. Słaba dekoncentryczność odstokowa może być efektem nieznacznego wyginania pni drzew pod wpływem własnej masy i siły grawitacji na silnie nachylonym stoku.

Podobne do powyższych tendencje występują także w przypadku skrajnych wartości indeksu dla pojedynczych przyróstów rocznych. W osi o-d na stanowisku Mały Děd, przy górnej granicy lasu są to: -4350% i 316%, w osi a-b: -1606% i 967%, a na stanowisku Šerak, w lesie górnoreglowym: -522% i 127%.

Zmiany dekoncentryczności przyróstów rocznych wraz z wiekiem drzew

Analiza średnich wartości indeksu w poszczególnych latach życia drzew (ryc. 3) wskazuje, że dekoncentryczność osobników znajdujących się pod wpływem wiatru w osi o-d nasila się wraz z ich wiekiem. W początkowych latach życia dekoncentryczność w osi o-d jest bliska 0, a wzrost jest niemal koncentryczny o małej zmienności z roku na rok. Około 15 roku życia drzew dekoncentryczność gwałtownie nasila się. Rośnie wówczas także amplituda zmian dekoncentryczności z roku na rok.

Zmianę tę powoduje prawdopodobnie fakt, że w badanym stanowisku Mały Děd drzewa w początkowym okresie wzrostu osłonięte są przed wpływem wiatru przez otaczające zarośla kosodrzewiny. W miarę upływu czasu, gdy świerki zaczynają wyrastać ponad kosodrzewinę, przestają być chronione przed wiatrem. Dekoncentryczność może się także w naturalnie nasilać wraz z wiekiem drzewa i wzrostem jego masy, ponieważ jest efektem wewnętrznych naprężeń w pochylonym pniu (Schweingruber 1996). Wraz ze wzrostem masy osobnika zwiększać się będą także siły działające wewnątrz pnia. W procesie kształtowania przyróstów dekoncentrycznych rolę odgrywa także czas potrzebny na ukształtowanie się asymetrycznej korony i wygiętego pnia, ponieważ to one, a nie samo oddziaływanie wiatru są bezpośrednimi czynnikami decydującymi o przebiegu wzrostu radialnego. Nasilenie dekoncentryczności wraz ze wzrostem stopnia asymetrii korony obserwował Burkhalter (za Schweingruber 1996). Średnie wartości indeksu dekoncentryczności w osi o-d na stanowisku Mały Děd zmniejszają się ponownie, gdy drzewa przekraczają wiek 100 lat (ryc. 3). Może być to efektem: trendu starczego, przerzedzenia koron drzew na skutek długotrwałego stresu lub prostowania górnych części pnia w miarę wzrostu. Na skutek przerzedzenia koron drzewa stawałyby mniejszy opór podmuchom wiatru. Natomiast prostujące oddziaływanie stożka wzrostu powodowałoby przesunięcie środka ciężkości i zmiany rozkładu naprężeń wewnątrz pnia.

Dodatkowo stwierdzono, że im silniejsza średnia dekoncentryczność w osi o-d, tym większe odchylenie standardowe wartości indeksu (ryc. 3). Wzrost populacji opróbowanych drzew w młodym wieku był uporządkowany, natomiast z czasem oddziaływanie wiatru sprawiło, że stał się bardziej przypadkowy.

Dobrą ilustracją omówionych powyżej tendencji są także wykresy dla 15-letnich przedziałów wiekowych wzrostu analizowanych drzew (ryc. 3), gdzie widoczne są te same, zgeneralizowane trendy. Stwierdzono też, że silnej dekoncentryczności i wysokiemu odchyleniu standardowemu wartości indeksu dekoncentryczności w osi o-d towarzyszy zwiększona ilość przyrostów wyklinowujących się, co dodatkowo podkreśla nieregularny, dekoncentryczny wzrost w pniach w osi zgodnej z oddziaływaniem wiatru.

Podobną analizę przeprowadzono dla osi a-b w tych samych drzewach spod Malého Děda oraz dla osi o-d w drzewach na stanowisku Šerak (zwały las górnoreglowy; ryc. 3). W pierwszym przypadku średnie roczne i 15-letnie oraz odchylenia standardowe mają zdecydowanie mniejsze wartości i zmienność niż w osi o-d. Dowodzi to, że oddziaływanie wiatru różnicuje wzrost drzew głównie w osi zgodnej z jego kierunkiem. Przez cały okres życia drzew wartości średnie indeksu dekoncentryczności wahają się stale około 0%, natomiast nieznaczny wzrost wartości odchylenia standardowego wraz z wiekiem może wynikać z omówionych wyżej przyczyn. W osi o-d na stanowisku Šerak, gdzie drzewa pozbawione są stresu wiatrowego obecnego na górnej granicy lasu, niemal zupełnie brak zmian średniego poziomu dekoncentryczności i odchylenia standardowego wraz z wiekiem drzew (ryc. 3).

Porównanie przebiegu dekoncentryczności w pniach pojedynczych drzew

Na podstawie ogólnej dekoncentryczności pnia oraz przebiegu dekoncentryczności rok po roku w osi o-d drzewa poddane stresowi wiatrowemu na górnej granicy lasu (Mały Děd) można podzielić na dwie grupy:

- o silnej ogólnej dekoncentryczności pnia oraz ekstremalnie silnej dekoncentryczności pojedynczych przyrostów – np. rdzeń na rycinie 4, o dekoncentryczności ogólnej: 240,23% i dekoncentryczności pojedynczych przyrostów przekraczającej -3500%;
- o słabej ogólnej dekoncentryczności pnia oraz znikomej dekoncentryczności pojedynczych przyrostów – np. rdzeń na rycinie 5, o dekoncentryczności ogólnej: 25,11% i dekoncentryczności pojedynczych przyrostów w przedziale +200 do -200%.

Przyczyn silnego zróżnicowania przebiegu dekoncentryczności należy prawdopodobnie szukać w lokalnych i indywidualnych cechach oraz warunkach wzrostu: dokładnej orientacji osi opróbowania względem kierunku napływających mas powietrza lub indywidualnej ekspozycji drzew na wiatr zależnej od otoczenia. Osobniki rosnące samotnie lub znajdujące się po stronie dowietrznej grup drzew są nieosłonięte i w największym stopniu narażone na oddziaływanie wiatru, a ich reakcja może być najsilniejsza. Świerki rosnące w grupach, osłonięte przez inne osobniki i mniej eksponowane w kierunku dominującego napływu mas powietrza mogą wykazywać słabszą reakcję przyrostową.

Oba przeanalizowane przypadki cechują się stałą tendencją do zmniejszania wartości indeksu dekoncentryczności w czasie wraz ze wzrostem drzew. Dekoncentryczność w przykładzie na rycinie 4 jest jednorodnie odwietrzna w całym okresie życia drzewa. Natomiast w drugim przypadku w początkowym okresie wzrostu dekoncentryczność jest dowietrzna, stopniowo zmniejsza się i odwraca po około 20 latach, a później jest już wyłącznie odwietrzna.

Przebieg dekoncentryczności w osi a-b jest inny: ogólna dekoncentryczność rdzeni jest nieznaczna i wynosi -9,45% (ryc. 6), a krzywe indeksu dla poszczególnych przyrostów rocznych nie wykazują jednorodnych tendencji (ryc. 6). W ciągu życia drzewa szerokość przyrostów

zwiększa się raz w promieniu a, raz w promieniu b, co widoczne jest na wykresach jako naprzemiennie dodatnie i ujemne wartości indeksu.

W drzewach ze zwartego lasu regla górnego (Šerak) oba badane promienie są niemal symetryczne, a pień koncentryczny. W tym przypadku niewielkiej dekoncentryczności pni w osi o-d towarzyszy wyrównany, bliski 0% przebieg krzywej dekoncentryczności poszczególnych przyrostów (ryc. 7). Podobnie jak w przypadku osi a-b na stanowisku Mały Děd kierunek dekoncentryczności często się zmienia: na przemian występuje dekoncentryczność odstokowa i dostokowa.

Ciekawe jest porównanie przebiegu dekoncentryczności spowodowanej oddziaływaniem wiatru do dekoncentryczności spowodowanej osuwaniem podłoża opisanej przez Wistubę i in. (2013). Pomimo podobnie silnej, jak w przypadku wiatru, dekoncentryczności pojedynczych przyrostów na osuwiskach stwierdzono znacznie mniejszą ogólną dekoncentryczność pni oraz skokowe zmiany dekoncentryczności przyrostów rok po roku, z wyraźnymi pikami rozdzielonymi okresami wzrostu koncentrycznego. Dodatkowo, w przypadku drzew porastających stoki osuwiskowe, kierunek dekoncentryczności może zmieniać się kilkakrotnie w czasie życia drzewa.

Wnioski

- Badane drzewa rosnące pod wpływem wiatru o stałym kierunku wykształciły sztandarowy pokrój korony oraz pochylone pnie, co skutkuje wyraźną dekoncentrycznością i wydłużeniem przekroju poprzecznego pni zgodnie z kierunkiem oddziaływania wiatru. Drzewa te wykształcają także w osi oddziaływania wiatru odwrotną dekoncentryczność przyrostów rocznych nasilającą się wraz z wiekiem drzewa. W osi prostopadłej względem kierunku wiatru przyrosty są mniej więcej koncentryczne.
- Nasilenie dekoncentryczności pnia i przyrostów u drzew pozostających pod wpływem wiatrów o dominującym kierunku jest znacznie zróżnicowane. Prawdopodobnie zależne jest od lokalnych warunków ekspozycji każdego z osobników na czynnik zaburzający wzrost, jakim jest wiatr.
- Drzewa rosnące w reglu górnym, pozbawione wpływu wiatru o dominującym kierunku rosną mniej więcej koncentrycznie i nie wykazują żadnych tendencji do zmian dekoncentryczności wraz z wiekiem.
- Dekoncentryczność spowodowana wiatrem o dominującym kierunku znacząco różni się od powodowanej osuwaniem, co może pozwolić odróżnić w sekwencjach przyrostowych wpływ tych dwóch czynników na wzrost drzew.

Podziękowania

Badania sfinansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu badawczego PRELUDIUM nr 2011/03/N/ST10/05576.

Literatura

- Bzowski M., Dziwowski J. 1973. Zniszczenia w lasach Tatrzańskiego Parku Narodowego spowodowane przez wiatr halny wiosną 1968 r. *Ochrona Przyrody*, 38: 115–153.
- Duncker P., Spiecker H. 2005. Compression wood formation and pith eccentricity in *Picea abies* L. depending on selected site-related factors: Detection of compression wood by its spectral properties in reflected light. *TRACE*, 3: 150–158.
- Ennos A.R. 1997. Wind as an ecological factor. *Trends in Ecology & Evolution*, 12 (3):108–111.
- Hasiński W. 1977. Szkody atmosferyczne w lasach Sudetów. *Czasopismo Geograficzne*, 48: 451–455.
- Holeksa J., Zielonka T., Żywiec M., Fleischer P. 2011. Disturbance history before 2004 in the area of the large windstorm „Velka Kalamita”. *Štúdie o Tatranskom Národnom Parku*, 10 (43): 25–35.
- Robertson A. 1991. Centroid of wood density, bole eccentricity, and tree-ring width in relation to vector winds in wave forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 21 (1): 73–82.
- Schweingruber F.H. 1996. *Tree rings and Environment. Dendroecology*. Swiss Federal Institute for Forests, Snow and Landscape Research, WSL/FNP Birmensdorf, Paul Haupt Publishers Berne, Stuttgart, Vienna.
- Stupnicka E. 1989. *Geologia regionalna Polski*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Šafář J. 2003. Olomoucko. Chráněná území CR VI. Agentura ochrany přírody a krajiny CR, Ekocentrum, Brno, Praha.
- Štekl J., Brázdil R., Kakos V., Jeř J., Tolasz R., Sokol Z. 2001. Extrémní denní srážkové úhrny ČR v období 1879–2000 a jejich synoptické příčiny. *Narodí Kimatický Program ČR*. Praha.
- Tomczak A., Jelonek T., Pazdrowski W. 2012. Ekscentryczność pni sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów silnie eksponowanych na wiatr. *Prace komisji nauk rolniczych i komisji nauk leśnych*, 103: 41–46.
- Wistuba M., Malik I., Gärtner H., Kojs P., Owczarek P. 2013. Application of eccentric growth of trees as a tool for landslide analyses: The example of *Picea abies* Karst. in the Carpathian and Sudeten Mountains (Central Europe). *Catena*, 111: 41–55.
- Zielonka T., Malcher P. 2009. The dynamics of a mountain mixed forest under wind disturbances in the Tatra Mountains, central Europe – a dendroecological reconstruction. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (11): 2215–2223.

**Malgorzata Wistuba, Tomasz Papciak, Ireneusz Malik,
Agnieszka Barnaś, Marta Polowy, Wojciech Pilorz**
Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi
malgorzatawistuba@gazeta.pl
t.papciak20@gmail.com
irekgeo@wp.pl
agnieszkabarnas@op.pl
mpolowy@us.edu.pl
skazonesowice@poczta.onet.pl (W. Pilorz)